

Distr.  
RESTRINGIDA

LC/R.1619  
12 de enero de 1996

ORIGINAL: ESPAÑOL

---

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

LAS FUENTES DE ENERGÍA NUEVAS Y RENOVABLES (FENR)  
UNA OPCIÓN ENERGÉTICA \*/

\*/ Este trabajo fue preparado para la Unidad de Recursos Naturales, División de Medio Ambiente y Desarrollo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) por el Programa de Investigaciones en Energía (PRIEN) de la Universidad de Chile. Su elaboración estuvo a cargo de Pedro Maldonado y Miguel Márquez y contó con la colaboración de Iván Jaques y William Sánchez. Agradecemos los comentarios y sugerencias de Fernando Sánchez Albavera y de Manlio Coviello. Las opiniones expresadas en este informe son de la exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Este documento no ha sido sometido a revisión editorial.



## INDICE

	<u>Página</u>
SINTESIS Y CONCLUSIONES	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO CONCEPTUAL .....	4
A. DESARROLLO SUSTENTABLE Y ENERGIA .....	4
B. LOS NUEVOS DESAFIOS QUE EL DESARROLLO SUSTENTABLE IMPONE A LA ENERGIA .....	6
C. LAS OPCIONES DISPONIBLES .....	8
D. LAS FUENTES DE ENERGIA NUEVAS Y RENOVABLES .....	8
E. LAS FENR Y LAS POTENCIALIDADES DE DESARROLLO DE LAS COMUNIDADES RURALES Y AISLADAS .....	11
F. OBSTACULOS A LA DIFUSION DE LAS FENR .....	15
G. BASES CONCEPTUALES PARA EL DISEÑO INSTITUCIONAL DE UNA POLITICA DE FOMENTO DE LAS FENR .....	22
III. LAS FUENTES NUEVAS Y RENOVABLES DE ENERGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE .....	26
A. LAS FENR Y SU CONTRIBUCION AL BALANCE ENERGETICO DE LA REGION .....	26
B. LA INSTITUCIONALIDAD Y LAS FENR EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE .....	35
C. EL PROCESO DE REESTRUCTURACION DEL SECTOR Y LAS FENR: LIMITACIONES, INDIFERENCIA Y ENSEÑANZAS .....	41
IV. ELEMENTOS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA POLITICA ESPECIFICA PARA LAS ENERGIAS RENOVABLES ....	44
A. POLITICAS ENERGETICAS, ENERGIAS RENOVABLES Y SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO .....	45
B. INSTITUCIONALIDAD REQUERIDA PARA EL DESARROLLO DE LAS FENR EN EL CONTEXTO DE LA ENERGIZACION RURAL .....	54
NOTAS Y BIBLIOGRAFIA .....	60
ANEXO 1 Elementos de selección de TER .....	63

## Indice de Figuras

		<u>Página</u>
Figura 2.1	Costos unitarios en la generación centralizada de electricidad .....	9
Figura 2.2	Conceptualización de la metodología de evaluación .....	19

## Indice de Cuadros

Cuadro 2.1	Potencialidades de desarrollo de las comunidades rurales .....	12
Cuadro 2.2	Fuentes y usos de energía doméstica más común.....	12
Cuadro 2.3	Fuentes y usos de energía productiva y comercial más común .....	13
Cuadro 3.1	Estado de la geotermia en América Latina y el Caribe .....	32
Cuadro 3.2	Capacidad instalada y producción de electricidad en algunos países de América Latina .....	33
Cuadro 3.3	Definición de pequeña, mini y micro plantas hidráulicas encontradas en la literatura ..	34

## Indice de Recuadros

Recuadro 2.1	Beneficios derivados de la utilización de las FENR no considerados en las evaluaciones convencionales .....	16
Recuadro 2.2	Esquema organizacional sugerido para localidades de 30 a 100 viviendas o menores de 30 con consumos productivos de importancia en Chile .....	20
Recuadro 3.1	Situación de las energías no convencionales en Chile .....	26
Recuadro 3.2	Bomba de agua a partir de energía eólica ..	29
Recuadro 3.3	El desarrollo eólico en México y Brasil: una responsabilidad asumida por sus empresas eléctricas públicas .....	38
Recuadro 4.1	Programa de Energías Renovables de Estados Unidos .....	45

## Indice de Tablas

Tabla 1	Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles Fotovoltaicas .....	65
Tabla 2	Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles Eólicas .....	66
Tabla 3	Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles Aerobombazo .....	67
Tabla 4	Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles Mini-micro hidráulicas .....	68
Tabla 5	Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles Solar-térmica .....	69

## SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

El presente trabajo se inscribe dentro del conjunto de esfuerzos desarrollados por la División de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la CEPAL tendientes a identificar opciones energéticas consistentes con el desarrollo sustentable.

La energía constituye un componente fundamental en cualquier estrategia de desarrollo sustentable, debido no sólo a su peculiar ubicuidad en toda actividad humana, sino también debido al rol decisivo que las distintas opciones energéticas juegan en la calidad de vida del conjunto de la sociedad.

Desde el punto de vista de la energía, la sustentabilidad del desarrollo supone adoptar una estrategia que: asegure un abastecimiento oportuno, continuo, de calidad y a costo razonable, reduzca la vulnerabilidad del sistema, priorice las opciones energéticas que minimicen los impactos ambientales negativos, y contribuya a la equidad, aumentando la cantidad y calidad de los servicios energéticos que se ofrecen a los sectores desfavorecidos de la población.

Los nuevos desafíos imponen la búsqueda de opciones energéticas que permitan conciliar el crecimiento económico y la energización de las distintas actividades de la sociedad, con el uso racional de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente. Estos desafíos que enfrenta América Latina y el Caribe, similares a aquellos que enfrentan los países en desarrollo en su conjunto, tienen que ver con que: su proceso de desarrollo se traducirá en mayores requerimientos energéticos, los que deberán ser satisfechos de forma sustentable; millones de personas en los países de la Región no tienen acceso adecuado a las energías comerciales y, especialmente, a la electricidad; tanto a nivel local, nacional, regional y mundial la implementación de soluciones para enfrentar los problemas mencionados suponen impactos ambientales de importancia; y, es necesario asegurar la disponibilidad de los recursos energéticos para las futuras generaciones.

Desde esta perspectiva, las opciones energéticas pasan por: el uso eficiente de la energía, el rediseño de procesos y sistemas usuarios, la flexibilización del sistema energético, la diversificación de fuentes, y el desarrollo y fomento de las fuentes de energía nuevas y renovables (FENR). Una estrategia energética debe contemplarlas todas, ya que ellas se complementan y refuerzan mutuamente.

El estudio expone algunos conceptos tendientes a demostrar que las FENR representan para América Latina y el Caribe, no sólo una opción viable, sino además una opción amistosa desde el punto ambiental y que propende a la equidad. En el corto plazo, las fuentes renovables contribuyen a la equidad al mejorar la calidad de vida de la gente y la productividad. En el mediano y largo plazo, disminuyen la vulnerabilidad de los sistemas energéticos y reducen los impactos ambientales.

Para los fines de este trabajo, las FENR consideradas se reducen sólo a cuatro: solar, eólica, minihidráulica y geotermia. Se consideran sus aplicaciones, beneficios e impactos, para luego,

establecer las principales condiciones y aspectos que deben contemplarse a fin de fomentar su desarrollo y difusión.

Las FENR presentan aún una escasa participación en los balances energéticos de los países de la Región, lo que se debe entre otras razones a los bajos precios de los combustibles fósiles en los mercados mundiales, comparados con los relativamente altos costos ligados a la explotación de las fuentes renovables de energía; la inexistencia de políticas específicas destinadas al fomento de ellas; y, la no consideración de los impactos ambientales positivos derivados de las fuentes renovables o, dicho de otra forma, la no internalización de las externalidades, en el caso de las energías convencionales.

Un balance de las experiencias ocurridas en torno a las FENR en la Región, permite afirmar que para superar su participación marginal se requiere de la correcta identificación de los obstáculos de mercado, tecnológicos y ligados a la investigación y desarrollo, relativos al establecimiento de catastros y ambientales, institucionales, legales y gestión de los sistemas energéticos y socioeconómicas, que impiden su mayor difusión, para luego establecer adecuadas políticas de intervención.

Si bien en este proceso cabe un rol de liderazgo indiscutido al Estado, asumiendo una política energética que incluya como prioritaria aquellas específicas a las fuentes renovables, su implementación debe considerar, tanto los mecanismos que permitan superar las barreras que impiden su desarrollo bajo las actuales condiciones de mercado, como la forma de involucrar al sector privado, investigadores y usuarios.

Las lecciones que derivan de las experiencias del mundo industrializado sugieren que el desarrollo y difusión de las energías renovables debe concebirse inserto en una política energética global, como una de las opciones importantes y estrechamente vinculadas a las políticas ambientales. Las medidas de política, tanto generales como específicas a las FENR -hoy día inexistentes en la mayor parte de los países de la Región- generarán las condiciones mínimas para que ellas puedan asumir más adelante un papel relevante en el balance energético.

## INTRODUCCIÓN

Cualquiera sea la perspectiva a partir de la cual se evalúen los esfuerzos que el mundo en desarrollo deberá destinar para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, el resultado, desde el punto de vista de la energía, es un aumento en el consumo de energía útil. En efecto, ya sea que el punto de partida sea satisfacer las necesidades de energía derivadas del crecimiento de la población, superar los problemas de pobreza o aumentar el ritmo de expansión de las economías, el resultado final será un requerimiento de energía mayor que el actual.

Además de los esfuerzos que América Latina deberá destinar para abastecer de energía las actividades insuficientemente energizadas, se requiere que las opciones energéticas que se adopten sean ambientalmente sustentables y sus costos, razonables. La búsqueda de nuevas estrategias de desarrollo energético que cumplan con estas condiciones parte del convencimiento de que la respuesta vigente, consistente en aumentar el abastecimiento mediante instalaciones cada vez más costosas, complejas y de mayor tamaño, está virtualmente agotada debido a las dificultades cada vez mayores que ella enfrenta desde el punto de vista económico, financiero y ambiental.

Una de las respuestas para enfrentar estos desafíos se apoya en las fuentes de energía nuevas y renovables (FENR) y en el desarrollo y difusión de las tecnologías ligadas a ellas, las que, con el adecuado apoyo, en especial del Estado, podrían aumentar de manera significativa su contribución en el suministro de energía, en el mediano y largo plazo, a precios similares a los de las energías convencionales, más aún si se consideran las externalidades vinculadas a estas últimas.

En el corto plazo, ellas constituyen una opción energética que permite mejorar la equidad. En efecto, una de las condiciones necesarias para mejorar las condiciones de vida de la población es, sin ser la única, el acceso a la energía. En los países de América Latina aquello exige mejorar significativamente el abastecimiento de energía de los sectores rurales y aislados a fin de que éstos puedan satisfacer sus necesidades domésticas y mejorar el rendimiento de sus actividades productivas.

Las FENR poseen ciertas cualidades y características que las identifican y las hacen atractivas en el contexto del desarrollo sustentable. Como su nombre lo indica, son renovables, pero, mejor aún, son abundantes. Ello se aplica, no sólo para la más atractiva de éstas, la energía solar, sino que también a las energías micro y mini hidráulica, eólica y geotérmica, entre otras. Ambientalmente, la explotación de estas fuentes conlleva impactos menores que aquellos derivados de los combustibles fósiles y de la construcción de grandes centrales hidroeléctricas, y, por último, involucra riesgos globales mucho menores que la generación termonuclear.

La biomasa<sup>1</sup>, pese a ser una de las energías renovables más importantes en los balances energéticos de la mayor parte de los países de la Región, no será abordada aquí porque: (1) la energía que suministra supera en varios órdenes de magnitud al resto de las renovables, (2) las políticas destinadas a asegurar la sustentabilidad de los recursos dendroenergéticos aparecen más directamente relacionadas a políticas agro-silvoculturales que a aquellas estrictamente

energéticas, como es el caso de las otras fuentes, (3) las formas tradicionales de uso de la biomasa no están sujetas a los requerimientos técnicos y organizacionales que normalmente determinan el aprovechamiento del resto de las FENR, y (4) presentan extraordinarias potencialidades, en la medida que se tecnifiquen sus procesos de conversión y utilización. Estas diferencias justifican el tratamiento de la biomasa como un tema aparte.

El desarrollo de las tecnologías ligadas a las fuentes renovables ha conocido interesantes progresos al beneficiarse de logros en otras áreas tecnológicas tales como: la microelectrónica, la biotecnología y el desarrollo de nuevos materiales, aumentando no sólo su confiabilidad técnica, sino además su viabilidad y competitividad económica.

En los países desarrollados, el impacto de la crisis energética sobre sus economías impuso la necesidad de explorar opciones que redujeran su dependencia energética. El uso eficiente de energía y las fuentes renovables, entre otras opciones, fueron las respuestas. En estos países, la importancia que adquirió la investigación tecnológica en el campo de las energías renovables, a diferencia de lo acontecido en la Región, se explica por la implementación de decididas políticas energéticas, la asignación de elevados recursos financieros, la disponibilidad y asignación de numerosos investigadores científicos y tecnológicos especializados en campos y áreas afines, etc. Sin embargo, a pesar de los logros alcanzados y la importancia asignada a la investigación y a los proyectos demostrativos, la difusión y masificación de estas tecnologías decayó significativamente cuando los precios del petróleo en el mercado internacional descendieron, en términos reales, a niveles similares a los que tenía este energético antes de la crisis.

Esta situación afectó a la Región en tanto consumidor de tecnologías e incluso como laboratorio para la investigación originada en otras latitudes.

Además de las razones mencionadas, las fuentes renovables presentan aún una escasa participación en los balances energéticos de los países de la Región, lo que se debe a: los bajos precios de los combustibles fósiles en los mercados mundiales, comparados con los relativamente altos costos ligados a la explotación de las fuentes renovables de energía; las dificultades financieras para enfrentar las inversiones, las que por lo general deben ser costeadas por los usuarios, a diferencia de lo que ocurre con las convencionales; la mantención, en algunos países, de subsidios a las fuentes convencionales; las debilidades de las instituciones encargadas de la difusión y comercialización de las energías renovables; la inexistencia de políticas específicas destinadas al fomento de ellas; el descrédito derivado de la no sustentabilidad en el tiempo de algunos proyectos de este tipo; y, finalmente, la no consideración de los impactos ambientales positivos derivados de las fuentes renovables o, dicho de otra forma, la no internalización de las externalidades, en el caso de las energías convencionales.

Este conjunto de razones conduce a pensar que, salvo en áreas aisladas y bajo las actuales condiciones imperantes en los mercados energéticos de los países de la Región, las fuentes renovables enfrentan barreras que dificultan su competitividad y viabilidad.

Este estudio forma parte de los esfuerzos de la División de Recursos Naturales y Energía de la CEPAL por operativizar, desde el campo de la energía, la idea fuerza del desarrollo sustentable. En él se intenta avanzar en la discusión relativa a las vías accesibles para que las fuentes renovables de energía se constituyan en una opción real para la satisfacción sustentable de los requerimientos energéticos de la Región, intentando identificar las dificultades que éstas enfrentan para su difusión en la Región y los requisitos para el diseño de políticas específicas.

En el Capítulo II se exponen algunos conceptos tendientes a demostrar que las fuentes renovables representan no sólo una opción viable, sino además una opción amistosa desde el punto ambiental y que propende a la equidad. Se identifican las opciones energéticas consistentes con un desarrollo sustentable, enfatizando las FENR, reducidas, para los fines de este trabajo, a sólo cuatro: solar, eólica, minihidráulica y geotermia. Se consideran sus aplicaciones, beneficios e impactos, para luego, establecer las principales condiciones y aspectos que deben contemplarse a fin de fomentar su desarrollo y difusión.

En el Capítulo III, este trabajo hace un breve recuento de las experiencias en América Latina, la importancia de su contribución al balance energético de la Región, la institucionalidad vigente, así como las implicaciones del proceso de reestructuración del sector energía en el desarrollo de las FENR.

Finalmente, en el Capítulo IV, se expone las bases para el diseño e implementación de una política específica para las energías renovables, considerando, los desafíos que derivan de diseñar estrategias de desarrollo energético ambientalmente sustentables y la institucionalidad requerida para el desarrollo de las FENR en el marco de la energización de los sectores rurales y/o aislados.

La experiencia de los países desarrollados en el campo de las FENR, así como los parciales y limitados resultados obtenidos en algunos países de la Región, demuestran la necesidad de un compromiso real que convoque al conjunto de los actores involucrados a fin lograr una mayor difusión y penetración de estas fuentes de energía. Si bien en este proceso cabe un rol de liderazgo al Estado, asumiendo una política energética que incluya como prioritaria aquellas específicas a las fuentes renovables, su implementación debe considerar, tanto los mecanismos que permitan superar las barreras que impiden su desarrollo bajo las actuales condiciones de mercado, como la forma de involucrar al sector privado, investigadores y usuarios.

De un adecuado cumplimiento de las condiciones señaladas dependerá el ritmo al cual las renovables, junto a otras opciones energéticas sustentables, contribuyan de manera significativa a mejorar la calidad de vida de la población.

## II. MARCO CONCEPTUAL

### A. Desarrollo sustentable y energía

La energía constituye un componente fundamental en cualquier estrategia de desarrollo sustentable, debido no sólo a su peculiar ubicuidad en toda actividad humana, sino también debido al rol decisivo que las distintas opciones energéticas juegan en la calidad de vida del conjunto de la sociedad.

Desde el punto de vista de la energía, la sustentabilidad del desarrollo supone adoptar una estrategia que: (1) asegure un abastecimiento oportuno, continuo, de calidad y a costo razonable, (2) reduzca la vulnerabilidad del sistema, (3) priorice las opciones energéticas que minimicen los impactos ambientales negativos, y (4) contribuya a la equidad, aumentando la cantidad y calidad de los servicios energéticos que se ofrecen a los sectores desfavorecidos de la población.

#### a) Abastecimiento oportuno, continuo, de calidad y a costo razonable

El sistema energético deberá satisfacer a costo razonable, oportunamente y sin fallas los requerimientos energéticos de la actividad productiva, de los servicios y de los hogares. El cumplimiento inadecuado de alguno de estos requisitos atenta contra el progreso económico, la competitividad global del país, la calidad de vida de las personas y la equidad.

La reestructuración de los mercados energéticos de la región, debería asignar una elevada prioridad a estos objetivos. Desde este punto de vista, los marcos regulatorios no sólo deberían asegurar que los precios sean adecuados sino que, además, estimular a que las inversiones que demanda el proceso de desarrollo se realicen oportunamente. Aquello, incluye el abastecimiento de los sectores aislados, incluso en la perspectiva de que existan opciones de inversión más atractivas desde el punto de vista privado, primando, en este caso, el criterio de subsidiariedad del Estado.

#### b) La dependencia energética y la vulnerabilidad del desarrollo

La región dispone de vastos recursos energéticos, aunque distribuidos de manera dispar. En su heterogeneidad, existen países exportadores y otros cuyo abastecimiento energético depende de las importaciones, especialmente de petróleo. Es posible afirmar que a menor disponibilidad de recursos energéticos mayor es la vulnerabilidad y por ende, menores los grados de libertad para el diseño e implementación de estrategias energéticas acordes a esquemas de autodeterminación en las prioridades de desarrollo nacionales.

Este es un punto particularmente polémico, ya que hay quienes afirman que tal problema no existiría o habría perdido relevancia. En efecto, el enfoque economicista en boga, sugiere básicamente que este problema deja de ser tal al disponerse de los recursos económicos o financieros suficientes para financiar la importación de los recursos energéticos necesarios por lo que este problema podría encuadrarse, finalmente, en los esfuerzos que las autoridades

respectivas destinan a la búsqueda de equilibrios adecuados de la balanza de pagos más que a través del diseño de estrategias energéticas, normalmente "distorsionadoras" de los mercados.

Esta restringida percepción de la dependencia energética, que en los hechos no se aplica en la mayor parte de los países desarrollados, soslaya aspectos que dicen relación con el mayor o menor grado de autodeterminación de los países, tema en el cual la definición de políticas energéticas y ambientales -léase la diversificación de fuentes energéticas y fuentes de aprovisionamiento, por ej.- constituye un capítulo fundamental.

En consecuencia, en el marco del desarrollo sustentable, el tema de la dependencia energética debe ser asumido como la necesidad de generar espacios cada vez más amplios a fin de disminuir el grado de vulnerabilidad energética, y responder a cuestiones tales como: ¿qué tipo de perfil energético es deseable establecer?, ¿cuáles son las opciones energéticas que permiten obtener dicho perfil?, ¿cuáles son las condiciones que permiten establecer tales opciones?, y finalmente, ¿qué precio -ambiental y económico- se está dispuesto a pagar por ellas?

### c) La energía y el medio ambiente

En la producción y uso de la energía se pueden producir impactos ambientales de importancia. La contaminación atmosférica en ciudades tales como Santiago, Ciudad de México y Los Angeles, así como la discusión acerca de la construcción de grandes centrales termo o hidroeléctricas, no son sino las primeras manifestaciones de la inquietud ciudadana al respecto e, incluso, de una cierta resistencia a los grandes proyectos energéticos.

En términos generales, si los países no establecen una clara regulación al respecto, los usos de energía en el transporte urbano o de combustibles fósiles en la industria, agudizarán dichos problemas, con una intensidad que dependerá de la tecnología utilizada, de la calidad del combustible y del estado de mantención de los equipos; a su vez, la deficiente calidad térmica de las viviendas y de los artefactos utilizados para la cocción de alimentos y calefacción continuarán afectando la calidad de vida y la salud de las personas.

El efecto invernadero -y su influencia sobre el cambio climático global- constituirá probablemente un detonante a mediano plazo, para forzar el cambio de combustibles y una mayor introducción de la electricidad en las actividades domésticas y productivas.

Referirse a los desafíos de la energía en su relación con el medio ambiente, supone necesariamente abordar el tema de la internalización de los costos externos derivados de la explotación y uso de los energéticos; vale decir, de los impactos causados a terceros o a la sociedad en su conjunto, pero cuyos costos no son asumidos por quien produce dichos impactos. La internalización de dichas externalidades debiera permitir seleccionar las opciones energéticas en función de los costos que ellas tienen para la sociedad.

#### d) La energía y la equidad

En América Latina y el Caribe existen graves problemas de equidad. Si bien ello constituye en sí un problema ineludible desde el punto de vista social, también supone serios obstáculos para la obtención de ritmos de crecimiento económico sostenidos en el largo plazo.

La pobreza y la falta de equidad, son problemas de dimensiones globales. Una de las áreas donde las desigualdades se hacen manifiestas, es en la satisfacción de las necesidades vinculadas al uso de la energía.

Esta relación entre energía y equidad es posible analizarla, ya sea a partir de: su dispar distribución o facilidad de acceso, de la relación entre los requerimientos y las carencias energéticas, y de las políticas públicas destinadas a reducir los problemas de equidad.<sup>2</sup>

La disponibilidad de energía condiciona tanto la calidad de vida de la población como su productividad. El desabastecimiento absoluto o intermitente de este insumo afecta gravemente la calidad de vida de una colectividad -tanto a nivel doméstico como comunitario- marginándola de ciertos usos considerados esenciales. Igualmente, dicho desabastecimiento limita la productividad de estos agentes económicos y, por ende, los ingresos que obtienen por su trabajo.

Desde la perspectiva de la equidad, el proceso de energización debería apuntar a los sectores que tienen mayores dificultades para acceder a la energía o para satisfacer sus requerimientos energéticos.<sup>3</sup> En América Latina y el Caribe, son los sectores rurales los que padecen en mayor grado este tipo de carencias.

La escasa energización de las actividades económicas rurales, atenta contra la productividad de los campesinos o de los pescadores artesanales, o contra la posibilidad de desarrollar las potencialidades productivas de las zonas aisladas o contribuir a la diversificación económica de éstas. Tal fenómeno se traduce en un bajo valor agregado, menor rendimiento en los cultivos, pérdidas o deterioro de productos superiores a los normales, y una insatisfactoria provisión de servicios rurales, para los cuales la energía es indispensable.

Dadas las condiciones de aislamiento que caracterizan, en general, a los sectores de la sociedad que sufren de desabastecimiento energético, las formas convencionales de proveer la energía resultan excesivamente onerosas. Ello obliga, en muchos casos, a recurrir a las energías renovables o no convencionales que encuentran aquí un nicho privilegiado.

#### B. Los nuevos desafíos que el desarrollo sustentable impone a la energía

Los nuevos desafíos imponen la búsqueda de opciones energéticas que permitan conciliar el crecimiento económico y la energización de las distintas actividades de la sociedad, con el uso racional de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente.

otorgando un papel protagónico en el debate internacional a los factores políticos relativos a la seguridad del suministro de petróleo y los precios en torno a los cuales éste oscilaba.

Posteriormente, en la década de los ochenta, los factores políticos fueron desplazados del debate por la dinámica innovadora y la introducción de agresivas políticas de uso eficiente de energía, especialmente en los países industrializados.

En los noventa y, con toda seguridad, durante las primeras décadas del próximo siglo, serán el medio ambiente y los aspectos relacionados con el efecto invernadero los que tomarán el relevo, estimulando y exigiendo la búsqueda de opciones energéticas que, habida cuenta de los aspectos mencionados, permitan recuperar en algunos países de la Región, y continuar en otros, la dinámica de crecimiento alcanzada en los primeros años de la década.

Los nuevos desafíos que enfrenta América Latina y el Caribe, similares a aquellos que enfrentan los países en desarrollo en su conjunto, tienen que ver con que:

- su proceso de desarrollo se traducirá en mayores requerimientos energéticos, los que deberán ser satisfechos de forma sustentable;
- millones de personas en los países de la Región no tienen acceso adecuado a las energías comerciales y, especialmente, a la electricidad;
- tanto a nivel local, nacional, regional y mundial la implementación de soluciones para enfrentar los problemas mencionados suponen impactos ambientales de importancia; y
- es necesario asegurar la disponibilidad de los recursos energéticos para las futuras generaciones.

Desde esta perspectiva, las opciones seleccionadas deberían considerar que:

- los recursos energéticos son limitados, así como lo es el resto de los recursos naturales. El desarrollo sostenible debe encarar tanto la suficiencia (cantidad) como la eficiencia (calidad);
- es necesario, a nivel social, asignar de manera óptima tales recursos. Ello tiene que ver no solamente con un problema de precios relativos o de un mercado eficiente, sino además con aquellos mecanismos que eviten las distorsiones del mercado;
- el progreso tecnológico debería preocuparse de aumentar la eficiencia antes que el flujo de recursos-productos-desechos resultante de los procesos de transformación y regreso a la naturaleza; y finalmente,
- es necesario una activa participación por parte de la población, no sólo en lo que respecta a la toma de decisiones concernientes a los grandes proyectos energéticos, sino también en tanto que consumidor organizado.

### C. Las opciones disponibles

Los países de la Región podrán enfrentar exitosamente los desafíos previamente expuestos, si logran definir e implementar una estrategia energética acorde con las exigencias que derivan de ellos, lo que supondría, desde la perspectiva de los autores de este estudio, asumir los principios enunciados.

Para ello, es necesario romper con el paradigma histórico que vincula el problema energético al aumento del abastecimiento mediante instalaciones cada vez más costosas, complejas y de mayor tamaño. Esta vía estaría encontrando dificultades cada vez mayores desde el punto de vista económico, financiero y ambiental<sup>4</sup>.

Parte importante de las emisiones contaminantes y de los gases efecto invernadero resultantes de las actividades humanas provienen de la producción, transformación y utilización de combustibles fósiles. El control decidido de las mismas supone mejorar la eficiencia con que ellas se llevan a cabo. Los esfuerzos necesarios deben ser emprendidos a nivel local, regional y global, en una perspectiva de corto, mediano y largo plazo.

Desde esta perspectiva, las opciones energéticas pasan por: el uso eficiente de la energía, el rediseño de procesos y sistemas usuarios, la flexibilización del sistema energético, la diversificación de fuentes, y el desarrollo y fomento de las fuentes renovables de energía. Una estrategia energética debe contemplarlas todas, ya que ellas se complementan y refuerzan mutuamente.

En el corto plazo, el uso eficiente de la energía, en sus distintas acepciones,<sup>5</sup> constituye la opción con mayores potencialidades. Una política decidida y eficaz en este campo contribuirá a la protección ambiental, al mejoramiento de la competitividad internacional, a la preservación de los recursos energéticos nacionales y a la reducción de las desigualdades sociales. La inversión en eficiencia energética presenta además, una elevada rentabilidad privada y social, haciéndola por lo tanto doblemente atractiva.

Las fuentes renovables, por su parte, pueden contribuir de manera significativa al desarrollo sustentable. En el corto plazo, reduciendo las inequidades en el acceso al abastecimiento energético de las localidades rurales aisladas, compuestas normalmente por los grupos más vulnerables de la sociedad y, en el mediano y largo plazo, al constituir un componente relevante del balance energético, con las implicancias medio ambientales positivas y d reducción de la vulnerabilidad energética que ello implica.

### D. Las fuentes de energía nuevas y renovables

La literatura especializada considera como FENR, entre otras, a: las energías solar y eólica, la geotermia, la hidroelectricidad, la biomasa, la energía maremotriz y de las olas, así como el aprovechamiento de los desechos urbanos. Este trabajo sólo abordará las tres primeras y la energía hidroeléctrica en pequeña escala.

En líneas previas, se destacaba la contribución de las energías renovables en el corto plazo y se señalaba además, que en el mediano y largo plazo es en donde éstas constituyen una de las opciones más interesantes en el afán de responder, con costos similares a los de las convencionales y de manera sustentable, a una demanda creciente.

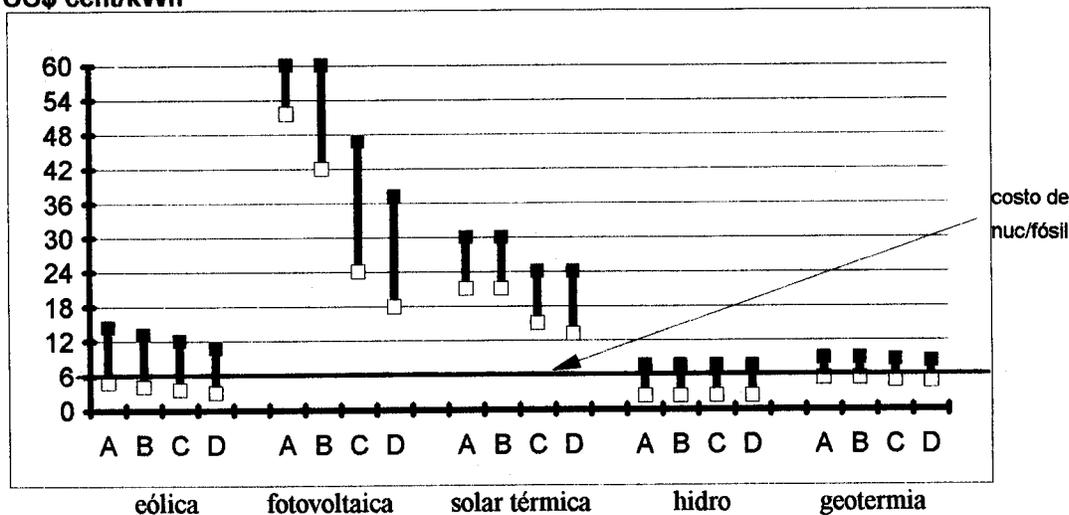
De acuerdo a estimaciones publicadas por los responsables del Programa Altener de la Comunidad Europea, los costos de las tecnologías ligadas a las renovables muestran una disminución tal que, en la mayoría de los casos abordados, y bajo las bases consideradas en el estudio de la Comunidad, serían viables comercialmente de aquí al año 2010 (Figura 2.1).

Los resultados de esas proyecciones están basados en una detallada evaluación del estado actual de las respectivas tecnologías y las potencialidades de reducción de los costos derivadas del crecimiento del mercado.

Figura 2.1.

Costos unitarios en la generación centralizada de electricidad: comparación entre tecnologías renovables (tasa de descuento al 5%) y fósil/nuclear

US\$ cent/kWh



A: 1992  
B: 1995  
C: 2000  
D: 2010

El costo de fósil/nuclear está indicado por la línea gruesa

Fuente: E C. The European Renewable Energy Study. Altener Programme. 1994, Brussels.

La figura expuesta permite comparar los costos unitarios, para la generación de electricidad centralizada (>1 MW<sub>e</sub>), de las distintas opciones consideradas, a una tasa de descuento del 5%. Los costos de producción de las convencionales son cifradas en 0,06 US\$/kWh, representados en el gráfico por la línea gruesa. Los rangos cubren los extremos encontrados en los países miembros de la Comunidad Europea.

De acuerdo a la fuente, en 1992, la hidroelectricidad competía adecuadamente con los combustibles fósiles y nuclear, mientras que la geotermia era marginalmente competitiva. La

energía fotovoltaica estaba lejos de poder competir con aquellas como fuente centralizada de suministro, al igual que la generación solar térmica (concentradores parabólicos).

Para el año 2010, la situación de las centrales hidroeléctricas no variaría sustancialmente, ya que la tecnología es comercial y técnicamente madura. La energía eólica se haría más competitiva; los rangos de costos de la geotermia reforzarían su competitividad, y, tanto la solar térmica como la fotovoltaica, continuarían siendo no competitivas para la generación de electricidad centralizada bajo las condiciones establecidas.

La diversidad de situaciones posibles de establecer, a partir de, por ejemplo: tasas de descuento superiores, lugar escogido para el emplazamiento de centrales hidroeléctricas y eólicas, operación en base o en punta, generación descentralizada, tamaños de plantas, pueden hacer variar las conclusiones derivadas de las condiciones asumidas en el gráfico precedente. No obstante, salvo en el caso de las fotovoltaicas, la situación descrita representa en buena medida un escenario posible, en el cual, la disminución en los costos de generación, las hará competitivas en las próximas décadas.

Otros estudios (Thomas Johansson et al, 1993), difieren de las estimaciones anteriores sugiriendo que los costos para la generación de electricidad usando concentradores fotovoltaicos podrían bajar por debajo de los US\$ 0,15 por kWh en el futuro inmediato, en la medida en que se establezcan adecuados mercados, y que costos de alrededor de US\$ 0,05 kWh serían posibles de alcanzar en diez o quince años más.

Finalmente, en el caso de la energía hidroeléctrica, es necesario señalar que los costos asociados son altamente variables, dependiendo del lugar, condiciones de financiamiento, costos de las externalidades y eficiencia en la administración. Normalmente, las centrales grandes y medianas tienden a ser más baratas -por kilowatt instalado- que las más pequeñas, pero aún cuando ello es cierto, esta relación no siempre es fácil de establecer, pudiendo existir centrales relativamente pequeñas que estén entre las más baratas, especialmente en el caso de aquellas que pueden explotar altas caídas.

Cualesquiera sean las estimaciones relativas a costos de las FENR, un gran número de ellas coincide en afirmar que la posibilidad de aumentar de manera significativa su participación en el mercado eléctrico y en el de ciertos usos hoy cubiertos por los combustibles fósiles es más que cierta. En efecto, de acuerdo a algunos especialistas, para la mitad del siglo XXI, las fuentes renovables de energía (incluidas las grandes centrales hidroeléctricas) podrían representar cerca de tres quintos del mercado mundial de electricidad y dos quintos del mercado de los combustibles. Según la misma fuente, para el 2050, las emisiones de CO<sub>2</sub> podrían ser reducidas al 75% de los niveles detectados en 1985 de implementarse agresivas políticas de uso eficiente y de fomento de las fuentes renovables; estos análisis presuponen que los desarrollos tecnológicos en curso y los que se obtengan de continuar los esfuerzos actuales, permitirán que las fuentes renovables sean cada vez más competitivas, y que dichos beneficios se obtengan sin costos adicionales.<sup>6</sup>

La Agencia Internacional de la Energía (IEA), estimó un significativo aumento de la importancia relativa de las fuentes renovables para el año 2020, afirmando que para dicho año se prevé que un 30% de la energía primaria provendrá de estas fuentes y de éstas un 12% corresponderá a nuevas fuentes.<sup>7</sup>

En realidad, la utilización de las energías renovables no es nada nuevo, sin embargo, lo que les otorga un alto interés, es la posibilidad de obtención de energía a gran escala, especialmente eléctrica, a costos competitivos, explotando recursos renovables con impactos ambientales menores a aquellos que resultan de la explotación de las energías convencionales.<sup>8</sup>

Salvo en el caso de la geotermia, actualmente la explotación de las FENR se asocia normalmente a sistemas descentralizados de energía. Los proyectos respectivos se concretan en plazos relativamente reducidos, gran parte de los materiales utilizados pueden ser fabricados localmente y lo reducido de las inversiones permite que ellas puedan ser abordadas por la comunidad local. En el caso de los sistemas fotovoltaicos, algunas de estas ventajas deben ser relativizadas.

#### E. Las FENR y las potencialidades de desarrollo de las comunidades rurales aisladas

##### a) Las potencialidades de desarrollo

El grado de concreción de las potencialidades de desarrollo de una localidad está condicionado, en parte, por el acceso a los recursos y la envergadura del proceso de energización que ellos permiten. Dichas potencialidades derivan de acciones relacionadas con el abastecimiento y uso de la energía, la protección y desarrollo de los recursos, la introducción en la localidad de nuevas tecnologías energéticas, y el diseño e implementación de adecuados esquemas organizacionales. La identificación y análisis cualitativo de las potencialidades de desarrollo puede estructurarse en la forma ilustrada en el Cuadro 2.1.

La materialización de las potencialidades de desarrollo depende de diversos factores, como por ejemplo de los costos de las opciones tecnológicas, de la aceptación social de las mismas, del nivel de las inversiones requeridas, así como de otros factores de índole social, cultural, antropológicos, etc.



**Cuadro 2.3**  
Fuentes y usos de energía productiva y comercial más común

Fuentes	Energía mecánica	Refrigeración	Secado	Irrigación	Comunicaciones
Hidráulica	xxxxx	xxxxx		xxxxx	xxxxx
Solar			xxxxx	xxxxx	xxxxx
Eólica	xxxxx	xxxxx		xxxxx	xxxxx
Geotermia		xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx

En el caso de la energía hidráulica, ésta puede ser utilizada tanto en su forma de energía mecánica como transformada en electricidad, en los tres sectores considerados. En el caso de la energía solar se refiere a la solar térmica de baja temperatura y a la fotovoltaica. Por su parte, la energía eólica es considerada bajo su forma de energía mecánica transformada en electricidad; y por último, la geotermia puede utilizarse ya sea como recurso de baja entalpía (vapor o agua caliente) o transformada en electricidad.

c) Identificación y evaluación de las opciones tecnológicas posibles

Una de las mayores limitantes que ha tenido el desarrollo de las energías renovables, lo constituye el hecho que los responsables del desarrollo energético de las zonas aisladas no disponen de metodologías que les permitan evaluar las distintas tecnologías disponibles en función de los usos para los cuales se las requieren, atendiendo a los impactos económicos, ambientales, culturales, sociales, institucionales, su rentabilidad, etc.<sup>9</sup>

d) Los recursos geotérmicos

Existen básicamente dos categorías de utilización de la energía geotérmica: la producción de electricidad y las aplicaciones directas de esta fuente energética. Los límites entre ambas no son estrictos y deben considerarse como referenciales. La producción de electricidad se limita normalmente a la explotación de recursos en que la temperatura del fluido supera los 150°C, mientras que las aplicaciones directas recurren a temperaturas más bajas, incluso cuando se en el caso de las bombas de calor, son suficientes unos pocos grados sobre la temperatura ambiente.

En relación a la producción de electricidad, la utilización directa de esta fuente de energía se realiza con una elevada eficiencia de conversión (50 a 70% en comparación con el 5 a 20% de las plantas eléctricas), generalmente su tiempo de desarrollo es más reducido y requiere menos recursos de capital. Sin embargo, su utilización, normalmente, se vincula a la satisfacción de requerimientos energéticos cercanos a la fuente.<sup>10</sup>

Algunos de los usos más frecuentes de la geotermia de baja entalpía son los siguientes: calefacción y agua caliente residencial, individual y mediante sistemas distritales (Islandia y

Francia, por ejemplo), acondicionamiento de invernaderos, acuicultivos, centros curativos, etc. y, en menor medida, usos industriales, básicamente secado.

Lund señala que a nivel mundial existe una capacidad instalada superior a 11.000 MW<sub>t</sub> con una producción total de 36.000 GWh<sub>t</sub> en aplicaciones directas, la investigación que evaluó este nivel de explotación de recursos no consideró el uso de las bombas de calor, las que, sólo en Estados Unidos, se estimaban en un equivalente a 2.000 MW<sub>t</sub>.<sup>11</sup>

En la Región, el uso de la energía geotérmica se ha limitado a la producción de electricidad y a la explotación, es el caso de Chile, por ejemplo, de fuentes termales con fines curativos o recreativos. El uso restringido de estos recursos se debe, en parte importante, al desconocimiento que se tiene de ellos, lo que debería constituir una motivación importante para destinar esfuerzos a evaluar las potencialidades de los recursos existentes en muchos de los países de la Región, dada la importancia que su explotación podría tener en la solución de los problemas energéticos de las zonas aisladas, no sólo en el caso de los países que requieren de calefacción sino como una fuente de agua caliente residencial y un soporte para la actividad productiva de dichas zonas (en invernaderos y crianza de peces).

Desde el punto de vista de la sustentabilidad del desarrollo, la explotación de los recursos geotérmicos tiene las siguientes ventajas:

i) Se le considera un recurso renovable. Si se le mira como un flujo constante de calor desde el interior de la tierra, ello es cierto. Esto no ocurre en muchas de las explotaciones destinada a producir electricidad, las que con el tiempo van reduciendo su capacidad de generación. Sin embargo, si la tasa de extracción de calor no excede la capacidad de regeneración del yacimiento, su carácter de renovable sería verdadero; para que esto ocurra se deberá asegurar un adecuado equilibrio entre el uso y el rendimiento del pozo, las temperaturas involucradas, la masa extraída y la presión de dicho pozo. Esto es perfectamente posible en el caso de las utilidades directas de pequeña escala y lo ha sido incluso en el caso de campos geotérmicos en Islandia (incluso, sin reinyección).<sup>12</sup>

ii) Impactos ambientales. La energía geotérmica casi no es contaminante comparada con los combustibles fósiles. En efecto, su emisión de gases invernadero es mínima, particularmente en el caso de los recursos de baja temperatura (en la producción de electricidad los recursos geotérmicos aportan entre 100 y 380 g/kWh y los fósiles entre 450 y 1000 g/kWh). Algo similar ocurre con las emisiones de gases sulfurosos, en que los primeros emiten aproximadamente la mitad que el carbón y el petróleo, pero significativamente muchas veces más que el gas natural. Por último, de observarse ciertas condiciones, la explotación de yacimientos geotérmicos afecta menos el medio ambiente circundante que las grandes centrales hidroeléctricas.

Las consideraciones anteriores no deben conducir a suponer que la explotación de estos recursos no impacta el medio ambiente. En efecto, los vapores contienen productos químicos tóxicos y si se descargan en cursos de agua provocan una carga

química y térmica. Además, a veces se producen problemas en la superficie de los yacimientos, ruido e impactos provocados por la tubería. En el caso de los recursos de baja entalpía estos impactos son mínimos comparados con los que corresponden al uso de los combustibles fósiles y la leña.

iii) Tiempo de desarrollo de los proyectos de explotación del recurso. Si bien el desarrollo de los recursos de alta entalpía demanda entre 7 a 10 años, la utilización de los recursos de baja temperatura, demanda un tiempo sensiblemente menor.

En el Anexo N° 1, se presentan las tablas que resumen algunos de los elementos que permiten seleccionar las tecnologías más adecuadas a cada situación, lo que no excluye la necesidad de utilizar una metodología que permita evaluar los distintos impactos derivados de la construcción, operación y mantenimiento de las distintas alternativas.

#### F. Obstáculos a la difusión de las FENR

Aún cuando los beneficios derivados de la aplicación de las tecnologías ligadas a las fuentes renovables (TER) parecieran estar fuera de toda duda y, su viabilidad y madurez tecnológica, es, en muchos casos, reconocida, su participación en los balances energéticos sigue siendo marginal. Esta situación se explica, en parte, por su menor competitividad, tanto en precio como en calidad de servicio, respecto de las convencionales (incluida entre estas últimas la hidroelectricidad a gran escala).

Sin embargo, existen otro tipo de barreras que impiden el desarrollo y difusión de las fuentes renovables y que tienen su origen en los desequilibrios de tipo financiero, económico, técnico e institucional que caracterizan el mercado de las convencionales y el de las energías renovables. Incluso el hecho que los precios de las distintas fuentes energéticas no incorporen las externalidades que provoca su explotación y uso penaliza en mayor medida a las energías renovables que a ciertas convencionales (Recuadro 2.1).

De acuerdo a su naturaleza, es posible agrupar las principales barreras al desarrollo de las FENR en cinco grandes grupos: (1) propias al mercado, (2) tecnológicas y ligadas a la investigación y desarrollo (I-D), (3) catastro de recursos y evaluación de las potencialidades asociadas, (4) institucionalidad, legislación vigente y gestión de los sistemas energéticos, y (5) socioeconómicas.

Un análisis preliminar de los procesos de reestructuración del sector energético, conduciría a reforzar la percepción respecto del escaso interés que ha existido en la Región en relación a las fuentes renovables y difusión de las tecnologías ligadas a las fuentes renovables de energía. Dicha percepción deriva del hecho de que los marcos regulatorios no las consideran o lo hacen más bien formalmente; las empresas, por su parte, privatizadas o no, no les asignan una importancia mayor en sus planes de desarrollo y el Estado, cuando lo hace, tiene escasa presencia en las tareas relativas a la exploración y explotación de nuevas fuentes.

No obstante, es necesario señalar que, derivado del deterioro del medio ambiente, así como de aquellas iniciativas tendientes a mejorar las condiciones de vida de vastos sectores de la población, lo más probable es que aumenten las presiones tendientes a considerar alternativas energéticamente sustentables en las que las FENR habrán de jugar un rol primordial.

a) barreras económico-financieras

Son éstas, sin duda, las que más han acaparado la atención de los especialistas, prueba de ello es la extensa y variada literatura elaborada al respecto<sup>14</sup>. Éstas tienen relación fundamentalmente, con las condiciones económicas y financieras bajo las cuales se establece la comparación entre las tecnologías ligadas a las fuentes convencionales y las FENR.

El bajo precio de los combustibles fósiles en comparación a los relativamente altos costos de los equipos que utilizan las fuentes renovables, es una de las barreras más importantes que impide o dificulta, al menos en el corto plazo, la adopción de las FENR.<sup>15</sup> Aquello, además, se ve agravado por la no consideración, bajo las actuales condiciones de mercado, de las externalidades, lo que penaliza a estas tecnologías al compararlas con aquellas ligadas a las convencionales.

**RECUADRO 2.1**

**Beneficios derivados de la utilización de las FENR no considerados en las evaluaciones convencionales**

**Desarrollo económico y social:** La obtención de energía a partir de fuentes renovables, puede dinamizar el desarrollo económico y crear empleos, especialmente en las áreas rurales. Las energías renovables, permiten reducir la pobreza en las áreas rurales y reducir las presiones sobre las ciudades derivadas de las migraciones.

**Reducción de la contaminación del aire:** Las tecnologías ligadas a las fuentes renovables no producen virtualmente ninguna de las emisiones asociadas a la contaminación del aire ni demandan costosas inversiones en control y mitigación de las mismas.

**Reducción de los gases de efecto invernadero:** Las tecnologías ligadas a las fuentes renovables no producen dióxido de carbono y otras emisiones de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.

**Diversificación de fuentes:** En un escenario con intenso uso de las fuentes renovables, podría crearse un significativo comercio interregional, involucrando una amplia gama de compradores y oferentes de energía. Los importadores de energía podrían elegir entre más productores y tipos de fuentes energéticas que los actualmente disponibles, reduciendo su vulnerabilidad frente a manipulaciones de precios o súbitas interrupciones del suministro. Tal aumento en la competencia del mercado energético, provocaría oscilaciones más suaves en los precios de la energía, conduciendo, eventualmente, a una estabilización de los precios mundiales del crudo, en el corto plazo.

Reducción de los riesgos de la proliferación de armas nucleares: La mayor competitividad de las fuentes renovables de energía reduce los incentivos que existen por construir una amplia infraestructura para el desarrollo de la energía nuclear, evitando el incremento en la producción, transporte y almacenamiento de plutonio y otros compuestos radioactivos que podrían utilizarse para la producción de armas nucleares.

b) barreras tecnológicas y relativas a las actividades de I-D

El tema al cual se alude tiene que ver con los escasos recursos aportados -por los gobiernos y empresas- a las actividades de I-D relacionadas con las FENR, comparados con aquellos destinados al desarrollo de tecnologías ligadas a las actividades de exploración, explotación, transporte-distribución y uso de las energías convencionales.

No se excluye que dicha asignación se vea dificultada por el complejo e intrincado conflicto de intereses, entre un amplio y variado grupo de actores que incluye: gobierno, sector público, sector privado, industrial, comercial, investigadores y grupos de poder diversos, que pugnan por tales fondos. Las FENR, carentes de grupos de poder organizados, como es el caso de aquellos ligados a las fuentes convencionales, quedan sujetas a la percepción que respecto su importancia posean las instituciones (nacionales e internacionales) encargadas de fomentar tales actividades.

c) catastros de recursos y potencialidades tecnológicas asociadas

Como su nombre lo indica, la escasez o falta de información actualizada respecto de la disponibilidad de recursos renovables y de sus potencialidades de explotación, atenta contra las posibilidades de implementación de proyectos energéticos basados en estas fuentes.

La carencia de este tipo de información básica o de redes de medición de los recursos que permitan disponer de la información requerida en los lugares que se quiere energizar, no debe ser obstáculo para el diseño de proyectos que exploten las FENR. En su lugar, conviene adaptar soluciones en pequeña escala, evaluadas en forma conservadora y eventualmente desplazables (caso de las micro centrales hidroeléctricas, diseñadas según el caudal mínimo); realizar visitas frecuentes a la zona, especialmente en las estaciones del año en que los recursos aparecen más disminuidos (período estival para los recursos hídricos); observar detalladamente la topografía y el grado de deformación de los árboles (recursos hídricos y eólicos); consultar a los miembros de la comunidad, para verificar si las condiciones detectadas son normales o si incluso ellas pueden ser aún inferiores, informarse respecto de la nubosidad en los meses en que la radiación solar será requerida; utilizar equipos de medición móviles y de bajo costo, o instalar equipos piloto o de demostración que permitan confirmar la existencia de los recursos; y realizar investigaciones destinadas a validar técnica y socioeconómicamente los equipos.<sup>16</sup>

#### d) barreras institucionales

Las limitaciones institucionales van desde el establecimiento de las políticas energéticas, las que normalmente no contemplan políticas específicas para el desarrollo de las FENR y la consecuente adjudicación de responsabilidades a niveles gubernamentales, hasta la inexistencia de metodologías que permitan a los planificadores responsables de la gestión del sistema energético evaluar proyectos ligados a las FENR.

Sin ser, probablemente, la más importante, esta última restricción reviste particular importancia y requiere de una atención preferente. En efecto, de acuerdo a estudios realizados en Chile<sup>17</sup>, la clásica evaluación costo-beneficio penaliza la adopción de las fuentes no convencionales al no contemplar las externalidades positivas que ellas aportan. Una metodología que incorpore los impactos económicos, ambientales, sociales, culturales e institucionales, permitiría evaluar en forma más adecuada las distintas opciones disponibles para satisfacer los requerimientos energéticos en que ellas presentan ventajas. En la Figura 2.2, se presenta un esquema conceptual de esta metodología.

Básicamente, dicha metodología tiene por objeto evaluar los costos y beneficios sociales y privados de distintas opciones tecnológicas, destinadas a satisfacer los requerimientos energéticos de localidades rurales y/o aisladas pobres y con desarrollo productivo incipiente o nulo. Las opciones a considerar, normalmente basadas en el empleo de las energías no convencionales, son comparadas bajo los mismos parámetros de evaluación con la extensión de la red eléctrica.

Las principales diferencias de esta propuesta con aquella normalmente utilizada por los organismos gubernamentales son: (1) considera la energización y no sólo la electrificación; (2) considera los beneficios derivados de los usos residenciales, productivos, comerciales y los de los servicios públicos (alumbrado público, escuelas, postas rurales, centros comunitarios y servicios policiales) y los impactos ambientales del proyecto; y, (3) se enfatiza el uso final de la energía (iluminación, fuerza motriz, calor, etc.), lo cual permite ampliar la gama de proyectos a ser evaluados.

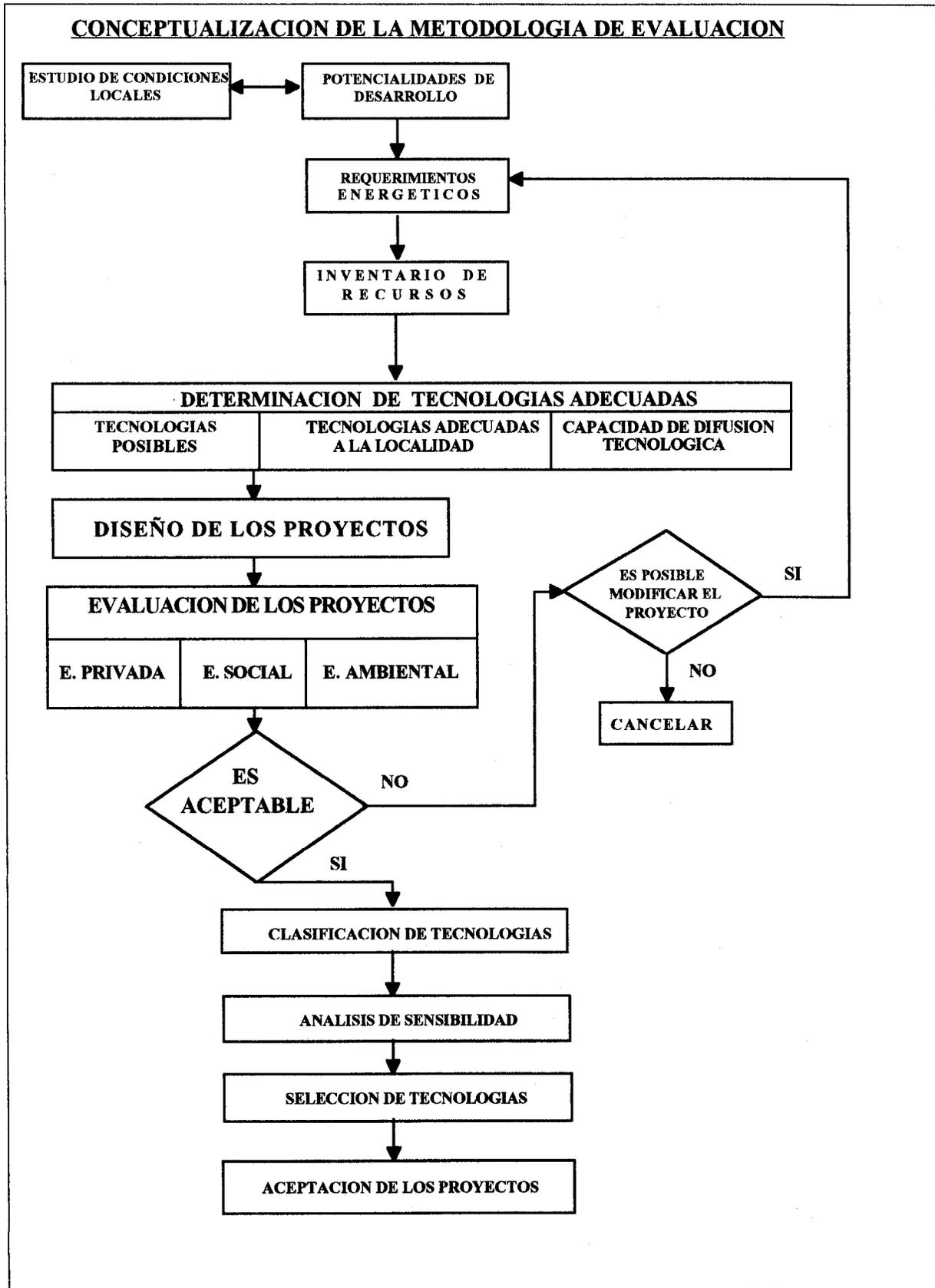
#### e) barreras socioeconómicas

Son aquellas que tienen que ver con las especificidades propias a las regiones o localidades rurales y/o aisladas, usualmente pobres, y su incidencia en la viabilidad y frecuente no sustentabilidad en el tiempo de los sistemas energéticos basados en FENR, normalmente aislados o no conectados a la red.

En este contexto, y con el fin de asegurar el funcionamiento y sustentabilidad de las soluciones tecnológicas retenidas, los proyectos deben basarse en un conjunto de condiciones tales como:

- la definición de esquemas organizativos de acuerdo a la realidad local
- la participación de los usuarios en el financiamiento del sistema
- la satisfacción de los requerimientos y/o las expectativas de los usuarios

Figura 2.2



- la definición de precios satisfactorios para los usuarios
- la adecuada administración de los servicios
- un correcto desempeño y uso de la tecnología
- una adecuada y sustentable rentabilidad económica para los eventuales suministradores de los servicios
- la existencia de actividades productivas, las que, en la mayoría de los casos, permitirán una mayor rentabilidad a la inversión y a los usuarios, cancelar las facturas.

A continuación se especifican algunos criterios desarrollados en una propuesta de esquemas organizacionales para autogeneración de energía eléctrica en zonas rurales en Chile.

El planteamiento de cualquier esquema organizativo sustentable debería evitar el aumento del aparato estatal. Sin embargo, ello dependerá de las condiciones específicas de la localidad o región, sin ignorar que existen responsabilidades ineludibles de parte del Estado en la materia.

El Estado no debería financiar la totalidad de los costos de instalación de los proyectos. Ello supone la participación de los usuarios y de los prestadores del servicio en el financiamiento de las inversiones necesarias. El aporte estatal debe orientarse básicamente al financiamiento de las inversiones y de los gastos derivados de administrar el programa global en el cual el proyecto se inserta.

Los esquemas desarrollados deberán ser, idealmente capaces de cubrir a través de la tarifa los costos de explotación y administración del sistema.

Finalmente, sólo podrán ser dueños de la infraestructura financiada parcialmente por el Estado, asociaciones de usuarios, municipalidades, gobiernos regionales, o empresas privadas, en ningún caso personas naturales.<sup>18</sup>

En el Recuadro 2.2 se presenta un caso diseñado a partir de algunos de los principios antes enunciados para una localidad específica en Chile.

#### RECUADRO 2.2

Esquema organizacional sugerido para localidades de 30 a 100 viviendas o menores de 30 con consumos productivos de importancia en Chile.

La diversidad de situaciones -de acuerdo a requerimientos y tipos de localidades- permitía plantear gran variedad de casos y por ende de esquemas organizacionales. En el cuadro más abajo expuesto se expone aquel de localidades de 30 a 100 viviendas o menores de 30 con consumos productivos de importancia.

Tipo de organización	Empresa distribuidora, cooperativa eléctrica existente <sup>a</sup> o empresa eléctrica municipal.
Tecnologías más factibles	Microhidráulica, eólica, híbrida (eólico-diesel)
Financiamiento de la inversión	Subsidio estatal: 40 a 70% Aporte de los usuarios: 5 a 10% Aporte del servidor: 30 a 50%
Financiamiento de los gastos de operación y mantención	En este caso los gastos corren por cuenta del usuario.
Esquema de propiedad	Los equipos serán de propiedad del servidor.
Sistema tarifario	Si las tarifas reguladas para zonas de baja densidad cubren los gastos de operación y mantención se aplicarán estas tarifas; en caso contrario, las tarifas se calcularán de manera que éstas cubran dichos gastos.

Notas: <sup>a</sup>) Se trata de cooperativas eléctricas que por su tamaño y organización pueden ser asimiladas a una empresa distribuidora.

## G. Bases conceptuales para el diseño institucional de una política de fomento de las FENR.

Los obstáculos identificados en el punto anterior demuestran la necesidad de consolidar cierta capacidad institucional, hoy incipiente, que posibilite el diseño e implementación de planes y programas específicos para desarrollar las FENR, la superación de las barreras económicas, tecnológicas, financieras, políticas, jurídicas, etc. que restringen su presencia en el balance energético regional y, sobretodo, el rol que se espera éstas desempeñen en el futuro, como una opción válida en las estrategias de desarrollo sustentable.

Ello supone que los distintos actores involucrados, de manera directa o indirecta (Estado, empresas, consumidores y ciudadanos) orienten coordinadamente sus acciones hacia el logro de dicho objetivo.

En este contexto, el desarrollo de las energías renovables se da en los planos que definen el desenvolvimiento de la sociedad: económico, físico, ambiental, jurídico, político y social.

### a) En el plano económico

Aún cuando la mayoría de los impactos económicos se circunscriben actualmente al ámbito local o regional, en una perspectiva de más largo plazo, la implantación de estos sistemas energéticos puede tener efectos que -en la medida que la tecnología se masifique- superen el ámbito local.

En términos generales, los impactos económicos se manifiestan sobre:

- los recursos locales humanos, naturales, materiales o financieros
- la generación de nuevas actividades productivas, mediante:
  - la identificación de los principales recursos locales y de la viabilidad de explotación de éstos
  - la factibilidad de aumentar el valor agregado de los recursos
  - el aumento de la productividad derivado de una mayor energización de las actividades, vía la introducción o mejoramiento del riego,
  - reducción de las pérdidas de productos, aumento de la actividad comercial
- los cambios en la estructura del empleo, resultante de las inversiones y operación de las instalaciones de explotación de las energías renovables
- los cambios en la sustentabilidad económica de la comunidad, normalmente como resultado de la disminución de la dependencia de las fuentes energéticas externas y de la mejora en el nivel de ingresos.

### b) En el plano físico

La distribución espacial de los recursos energéticos limita el acceso a la energía, condicionando, en buena medida, las posibilidades de desarrollo de las zonas rurales aisladas. Los recursos energéticos renovables, pueden constituir una respuesta, económica y ambientalmente adecuada a los requerimientos locales, aún cuando su disponibilidad y

potencialidades de explotación sean menos conocidos que los convencionales, debido a las debilidades o inexistencia de una institucionalidad responsable de su evaluación, desarrollo y explotación.

En la mayoría de los países de la región no se dispone de redes de medición de los recursos que sean lo suficientemente difundidas como para disponer de la información requerida en los lugares que se quiere energizar, como es, por ejemplo, el caso de las estaciones meteorológicas. En términos generales, estas últimas registran el tipo de información necesaria, pero su número es insuficiente para cubrir adecuadamente el territorio, raramente disponen de equipos de calidad satisfactoria y los datos disponibles son almacenados en forma agregada.

Como se señalara, las limitaciones descritas no deben constituir un impedimento para el desarrollo de sistemas energéticos descentralizados basados en estas fuentes, ya que existen formas de abordar el problema que, sin ser óptimas, permiten explotar estos recursos y satisfacer los requerimientos energéticos de localidades aisladas.<sup>19</sup>

Desde una perspectiva de mediano y largo plazo, la implantación masiva de sistemas energéticos basados en las FENR pueden conducir a la disuasión de instalaciones de grandes sistemas energéticos depredadores del medio ambiente. En este último caso se encuentran las grandes centrales hidroeléctricas, cuya construcción puede provocar inundaciones de terrenos agrícolas, relocalización de asentamientos humanos y alteraciones del hábitat que rodea la central.

#### c) En el plano jurídico

El derecho a la energía no está suficientemente admitido como tal, incluso en las definiciones de pobreza. Sin embargo, desde el punto de vista del derecho es posible advertir vinculaciones entre el acceso a los recursos hídricos, el uso de los bienes públicos y las energías renovables.

En efecto, esta vinculación es clara y las legislaciones la hacen específica en el caso de los derechos de agua y las servidumbres para hacer uso de terrenos públicos y privados para el trazado de líneas de transmisión y distribución eléctrica. Las limitaciones que en algunos casos se producen para el uso de estos bienes, demandan de políticas que concilien las restricciones de carácter legal con la obligación de abastecer de energía a los sectores económica- y geográficamente marginados.

#### d) En el plano político

Desde el punto de vista político, es posible distinguir una estrecha relación entre energía y equidad. En efecto, las discusiones respecto de las subvenciones a la energía -indiscriminadas en el pasado, más selectivas y dirigidas en la actualidad- enfatizan la búsqueda de mecanismos redistributivos y reparadores de la inequidad. La electrificación rural, aún cuando responda parcialmente al objetivo de incorporar las zonas aisladas al desarrollo nacional, forma parte del discurso político y de la preocupación de las autoridades.<sup>20</sup>

En estos programas, las energías renovables juegan un rol de primera importancia, debido a las características propias a los sistemas que las explotan: demandan poco tiempo para su construcción, instalación y puesta en marcha; pueden ser fabricadas, en parte importante, localmente; requieren de inversiones reducidas; son miradas por la comunidad como "amistosas" con el medio ambiente; en muchos casos, pueden satisfacer los requerimientos de las zonas aisladas en forma más económica que las alternativas convencionales; y, resueltos los problemas organizacionales, principal limitante de este tipo de proyectos, son más sustentables en el tiempo al independizarse del abastecimiento proveniente de los grandes centros urbanos.<sup>21</sup>

#### e) En el plano social

En el plano social, las FENR constituyen un catalizador para la organización de la comunidad en la búsqueda de soluciones a sus problemas energéticos, permitiéndoles participar en la identificación de los problemas, la evaluación de los requerimientos, la identificación de las soluciones, el financiamiento de las inversiones e, incluso, la gestión de las instalaciones.<sup>22</sup>

Obviamente, la organización de la comunidad se da con mayor facilidad en algunos tipos de comunidad que en otras, lo que sugiere la necesidad de generar los mecanismos institucionales y de asegurar la existencia de entes gubernamentales, que favorezcan el desarrollo de tales organizaciones y que presten las asesorías que correspondan hasta que puedan funcionar en forma autónoma.

Por otra parte, la energización de las zonas aisladas contribuye al desarrollo del tejido social. Ello se expresa, en el caso de la familia, generando tiempo libre, prolongando la convivencia familiar, aumentando la recreación y la disponibilidad de información.

A nivel comunitario, la energización contribuye a disminuir la emigración de la población rural, a la intensificación de las relaciones sociales mediante la existencia o uso más intenso de centros culturales, centros sociales y escuelas para adultos; y, por último, mejoramiento de las condiciones de seguridad y salubridad de la población al introducir el alumbrado público o asegurar el adecuado funcionamiento de los centros de salud y servicios policiales.

#### f) En el plano educacional

El desarrollo de las FENR supone, dada la amplitud de los actores involucrados, cambios culturales de importancia. Ello implica incorporar en los programas educacionales la temática de los recursos renovables, su evaluación y explotación así como de los impactos ambientales derivados de su explotación. El grado de profundidad y orientación de la enseñanza en este campo dependerá del tipo y nivel de enseñanza que se trate: básica, medio-humanística, técnico industrial o agrícola, o profesional universitaria. En este último caso, la orientación y objetivos serán diferentes según se trate de estudios de ingeniería, arquitectura, medioambientales y/o geofísica y meteorología.

La educación tendrá, por lo tanto, objetivos distintos pero complementarios, contemplando desde la toma de conciencia respecto de la existencia de opciones sustentables para enfrentar

los problemas de abastecimiento de los requerimientos energéticos del desarrollo hasta la expansión de las fronteras del conocimiento, pasando la evaluación de los recursos y el diseño de instalaciones de conversión y aprovechamiento de los mismos.

g) En el plano institucional

En este plano, el desarrollo de las energías renovables pasa tanto por el establecimiento de un ente dedicado a la tarea de promover y desarrollar las FENR, como por el diseño de mecanismos de promoción, financiamiento, investigación y desarrollo, capacitación y formación, coordinación de los actores relevantes, eliminación de las barreras que impiden el pleno funcionamiento del mercado, desarrollo de la participación y organización de las comunidades aisladas, etc.

### III. LAS FUENTES NUEVAS Y RENOVABLES DE ENERGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

#### A. Las FENR y su contribución al balance energético de la Región

De acuerdo a cifras publicadas en 1994, la demanda mundial de energía alcanzó 168,3 millones de barriles diarios equivalentes de petróleo (bdep) de los cuales las energías renovables -solar, eólica y geotermia- representan un poco más del 2%, la nuclear aporta un poco más del 5%, un 6% la hidroelectricidad, y un poco más del 85% los combustibles fósiles. Las FENR aumentarían de manera significativa su participación en el consumo de incluirse la energía no comercial estimada en alrededor del 14% de la energía mundial -principalmente biomasa- fundamentalmente consumida en los países en desarrollo.<sup>23</sup>

Pese a que no se dispone de cifras precisas respecto de la importancia relativa de las renovables para el conjunto de la Región, la situación pareciera ser similar a la descrita para el mundo en su conjunto, es decir, estas fuentes -salvo la biomasa- tienen una participación marginal en los consumos energéticos de la Región, lo que pareciera confirmarse al escrutar la situación individual de algunos de los países o el desarrollo que han alcanzado individualmente las distintas fuentes (Recuadro 3.1).

#### RECUADRO 3.1

##### Situación de las energías no convencionales en Chile

De acuerdo al estudio Catastro de Instalaciones de Energías no Convencionales (ENC) encargado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), se detectaron 1.160 instalaciones de ENC en el país.

##### Situación de las energías renovables en Chile

Tecnología	Potencial instalado	Energía generada MWh/a	Inversión US\$ de 1993
Fotovoltaica	94 kWp	150	849.930
Solar térmica	8.550 m <sup>2</sup>	4.291	4.206.200
Cocinas solares	74 m <sup>2</sup>	40	7.460
Destilación	107 m <sup>2</sup>	19	4.953
Secado	491 m <sup>2</sup>	85	1.070
		4.585	5.069.595
Aerogeneración	27,5 kW	38	42.750
Aerobombeo	51,5 kW	11	103.000
		49	145.750
Biogás	48 x 106 m <sup>3</sup> /a	309.083	1.981.502
Hidroenergía (micro)	8,68 MW	30.411	13.018.350
<b>Total</b>		<b>344.128</b>	<b>20.215.197</b>

El total de energía generada, representa alrededor del 0,2% del consumo de energía del país.

El mayor número de aplicaciones corresponde al uso de calentadores solares planos (551), de los cuales más de la mitad se encuentran en la Región Metropolitana. La segunda aplicación en número corresponde al uso de paneles fotovoltaicos (233); 16,3%, en la Iª Región y 16,7% en la IVª Región.

Las tecnologías que siguen en número de aplicaciones son: centrales hidráulicas (154), aerobombas (61), bombas de ariete (46), aerogeneradores (36), secadores solares (30), plantas de biogás (21), destiladores solares (14) y cocinas solares (15). Este recuento fue efectuado sobre la base del número de instalaciones informadas, lo que no guarda relación con el tamaño de las instalaciones, su aporte energético o la importancia de cada una. Así, por ejemplo, el biogás, con sólo tres plantas, aporta más energía que todo el resto de las FENR. No obstante, el número de aplicaciones da un índice del grado de aceptación o adaptación de las tecnologías a las necesidades y condiciones de aplicación, ya que permite determinar con mayor confiabilidad -por el mayor número de casos considerados- las características de funcionamiento de la tecnología en distintas circunstancias y condiciones de operación.

Fuente: Comisión Nacional de Energía, "Fuentes no convencionales y uso eficiente de energía", cap III, Santiago de Chile, 1994.

#### a) Solar

Existen básicamente dos tecnologías para generar electricidad a partir de la radiación solar: la fotovoltaica y la térmica. La primera sólo es competitiva para producir electricidad en pequeña escala y para sistemas aislados. La energía termosolar, en cambio, puede usarse para la generación de electricidad en gran escala.

En lo que respecta a la difusión de esta fuente, la situación varía de país en país. Algunos reflejan una intensa actividad con notables progresos y resultados, mientras en otros, se manifiesta un escaso desarrollo. Ello se debe, entre otros factores, a las diferencias en la asignación de esfuerzos y recursos -sean éstos económicos, financieros, institucionales, etc.- con el fin de desarrollar estas tecnologías.

De acuerdo a un estudio publicado por las Naciones Unidas, hasta principios de los noventa al menos, ningún país de la Región había establecido políticas específicas para el uso de la energía solar. En ciertos países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala y México) existían empresas que fabricaban colectores solares con una cierta continuidad, en otros (Bolivia, Paraguay y Honduras) ello se efectuaba en forma esporádica.<sup>24</sup>

Una de las razones que explican este limitado desarrollo provendría del hecho que los países con mayores grados de desarrollo tecnológico y económico disponen de menores recursos solares. En aquellos en que el recurso es abundante, América Central y el Caribe, las tecnologías son explotadas en pequeña escala pero se encuentran en operación desde hace algún tiempo, y requieren de pequeños cambios para hacerlas más eficientes.

Así como dispar ha sido el desarrollo de algunas de las FENR en los países de la Región, también lo ha sido la experiencia en la difusión de estas fuentes. En efecto, de acuerdo a la bibliografía especializada, no guarda relación la importancia -lo que no debe conducir a pensar que por ello ha sido suficiente- de los recursos asignados al desarrollo de éstas con su escasa utilización, número de aplicaciones y menguada participación en el consumo de energía de los países. Ello pareciera sugerir la necesidad de una reorientación de los esfuerzos.

Aunque en distinto grado, la mayoría de los países de la Región, posee una amplia experiencia en el diseño y aplicación del secado solar, en granjas y asentamientos humanos. Ejemplo de ello son algunas experiencias en Argentina, Brasil, Colombia, El Salvador, México y Perú, países en los que estas tecnologías han sido efectivas para la erradicación de plagas y control de la humedad. Sin embargo, no se poseen datos respecto del impacto de éstas en la productividad agrícola.

En países como México, la utilización de paneles fotovoltaicos es elevada, básicamente en comunicaciones y en la electrificación rural de comunidades marginales y aisladas, existiendo a la fecha más de 7,5 MW instalados. En lo que respecta a la termosolar, la Comisión Federal de Electricidad ha instalado incluso proyectos de gran capacidad de hasta 900 MW.<sup>25</sup>

Otros ejemplos de aplicación, relativamente difundidos, son la utilización de la tecnología del invernadero (cobertores plásticos), tratamiento de agua salada, destilación e irrigación. Su aplicación a nivel industrial, sin embargo, parece no haber sido significativa en ningún país, existiendo antecedentes de su empleo en la minería del cobre y salitre en Chile.<sup>26</sup>

En el sector residencial se evidencia un amplio uso a nivel de la arquitectura. México incluso se ha dotado de una regulación respecto de diseños solares para casas. En el caso de Brasil y Argentina, si bien no existen proyectos masivos en la construcción, los investigadores universitarios trabajan activamente en el tema y a nivel oficial se ha intentado regular la actividad.

En todos los países que poseen compañías fabricantes de colectores solares, existía un común denominador: la escasa o nula existencia de normas de control de calidad para la fabricación, instalación y uso de los equipos; las consecuencias de ello han sido: ineficientes resultados en la utilización del recurso y el descrédito de su uso.

## b) Energía eólica

En el caso de la energía eólica, la explotación y desarrollo de las tecnologías ligadas no sólo pareciera ser menor que en el caso de la solar sino que además, lo son sus expectativas a pesar del desarrollo tecnológico alcanzado en los últimos años.<sup>27</sup> Pese a la escasa participación de esta fuente en los balances energéticos de los países de la Región, se constata una cierta difusión en el caso de algunas tecnologías, como es el caso del aereobombeo (Recuadro 3.2), la que pareciera haber alcanzado un razonable grado de madurez y desarrollo en algunos países de la Región, tal es el caso de Argentina, Brasil, Colombia, Bolivia, Haití y Perú.

De acuerdo a la información disponible, a principios de los noventa existía, a nivel mundial, un total de 2.600 MW de capacidad instalada en aerogeneradores concentrados en 24 países, incluyendo, en el caso de la Región: México (1,5 MW), Argentina (1 MW) y Haití (0,15 MW); bastante alejados de aquélla que ostentan países como Estados Unidos (1.870 MW), Dinamarca (350 MW) u Holanda (170 MW). En años recientes se han incorporado otros países de la Región a este listado tales como: Brasil, Colombia, Bolivia y Perú.

### RECUADRO 3.2

#### Bombas de agua a partir de energía eólica

Uno de los principales usos de la energía eólica en los países en desarrollo es el bombeo de agua, ya sea para la obtención y suministro de agua para riego o para labores de drenaje, especialmente en los sectores rurales. Durante los ochenta, en este campo se ha alcanzado un considerable progreso tecnológico en las bombas de agua, haciéndolas más baratas, más manejables y de fácil mantención.

El desarrollo y difusión de estas bombas deriva de sus beneficios: es una de las formas más económicas de obtener agua en áreas aisladas en lugares donde el promedio de velocidad del viento es al menos de 3 m/seg y no existe red eléctrica; no requiere de combustibles, son seguras si se les da buen mantenimiento y son menos vulnerables que otros sistemas, y, en gran parte, pueden ser construidas localmente.

No obstante, desde principios de 1980 la difusión de las aerobombas en los países en desarrollo se ha visto limitada, debido a que: la mayor parte de la ayuda financiera se destinó a proyectos de energía en gran escala, parte importante de los recursos fue destinado al diseño de nuevas bombas, proceso dificultoso y que demanda tiempo, el acceso a las fuentes de financiamiento es difícil y existe escasa información para la evaluación de su factibilidad.

Buenos ejemplos de utilización de este tipo de bombas se han dado en la Patagonia Argentina. La primera aerobomba fue importada, en 1876, para luego ser manufacturadas por una compañía nacional. Éstas comenzaron a ser producidas en gran escala a partir de 1937.

El éxito de estas bombas en Argentina se debe a: la existencia de un buen recurso (la velocidad del viento en la Patagonia es, en promedio, de 4,5 m/s); una amplia industria ganadera; la subcontratación de ciertos componentes y la existencia de gran número de proveedores; la mantención y reparación fueron subcontratadas, dejando a los fabricantes la producción y comercialización; y, por último, una buena mantención por parte de los usuarios.

Al igual que el caso de Argentina, se han censado casos interesantes en Brasil, Colombia, Bolivia, Perú.

(Fuente: Renewable Energy for Development, "Windpumps. A Guide for Development Workers", Stockholm Environment Institute Newsletter, June 1993 Vol.6 Nº 1).

En el caso de México, si bien las potencialidades son muchas, y los esfuerzos por parte de entidades gubernamentales sostenidos, su desarrollo ha sido reducido y los escasos proyectos de cierta importancia no han sido del todo exitosos, o de acuerdo a las fuentes revisadas, recién están en su fase de instalación. La factibilidad económica de los sistemas eólicos de conversión, no depende tanto del nivel alcanzado por el estado del arte de las tecnologías de conversión sino más bien del reducido tamaño de los mercados y la infraestructura requerida para la difusión de estas tecnologías.<sup>28</sup>

En Chile, de acuerdo a los resultados de un estudio realizado por la Universidad de Chile, existen escasos lugares donde la utilización de la energía eólica pareciera ser interesante. Cabe señalar, sin embargo, que las mediciones cubren una parte reducida del territorio nacional, aunque obviamente se seleccionaron los lugares en que los recursos aparecen como más atractivos.<sup>29</sup>

En algunos países del Caribe, en cambio, las perspectivas parecen ser más halagüeñas, a juzgar por algunos proyectos actualmente en funcionamiento. Los problemas encontrados en algunos de éstos tienen que ver con: problemas técnicos no previstos en su diseño inicial, la falta de personal capacitado en control computarizado y pequeños sistemas hidromecánicos incorporados, o inadecuada mantención.<sup>30</sup>

### c) Geotermia

De las FENR -aparte de aquella de origen hidráulico- la geotermia es la que con mayor grado de seguridad ha demostrado su factibilidad técnica y económica para la producción a mediana y gran escala de energía eléctrica (de 30 a 725 MW por campo). Existen en el mundo más de 6.000 MW<sub>e</sub> instalados en 17 países y un potencial de 1000 GW<sub>e</sub>.

Inmensas cantidades de energía térmica se encuentran almacenadas bajo la corteza terrestre y se transfieren hacia la superficie por conducción, siendo la gradiente térmica de 25 a 30°C/km. Los recursos explotables se dividen en dos categorías, según si están asociados a volcanes en actividad o no. Aquellos que no están asociados a los volcanes se dividen en cuatro tipos: (1) aquéllos relacionados con la circulación profunda de agua meteórica a través de fallas o fracturas (normalmente es el que corresponde a los *warm springs*, (2) bolsones de agua caliente de 50 a 100°C, sin salida a la superficie, y que constituye uno de los recursos más importantes, (3) yacimientos geopresurizados, el recurso alcanza temperaturas elevadas, habiéndose registrado temperaturas de hasta 275°C, y (4) roca seca caliente (HDR), se trata de calor almacenado en rocas impermeables, este recurso contiene cantidades gigantescas de calor, pero su explotación todavía no ha probado su viabilidad.

Hasta la fecha se han explotado a escala comercial los recursos hidrotérmicos (agua caliente y/o vapor atrapados en rocas porosas o fracturadas, a profundidades que van de 100 a 4.400 m), vale decir de los tipos 1) y 2) mencionados más arriba. El desarrollo de técnicas para explotar los recursos restantes permitirá agregar enormes potenciales a los ya explotados, pero ello no aparece como viable en el corto plazo.

En la Región sólo se explota comercialmente la geotermia de alta entalpía, a pesar de que existen evidencias de la existencia de recursos de baja temperatura en muchos países. En términos generales, de acuerdo a un estudio llevado a cabo por GeothermEx (1985) para el Banco Mundial, todos los países de la Región poseían recursos geotermiales excepto Paraguay. Algunos han sido clasificados con potencialidades que superan el centenar de MW (México,<sup>31</sup> América Central y Chile). Otros con potencialidades moderadas (Argentina, Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela), y el resto, con bajo potencial para generación eléctrica, pero con recursos de media y baja entalpía.

En el Cuadro 3.1 se resume un estado de la situación de la geotermia en la Región, presentada en un taller organizado por la OLADE a fines de 1988.<sup>32</sup> La discrepancia de algunos de estos datos con otras fuentes consultadas sugieren utilizar éstas con reservas y al mismo tiempo, la necesidad de actualizarlas.

A la hora actual, la utilización de la geotermia en la Región se limita básicamente a la generación de electricidad, la que se concentra en cuatro países, con una capacidad instalada de 920 MW (Cuadro 3.2). La generación a partir de la geotermia representa un porcentaje significativo de su generación total en al menos uno de ellos (13% en El Salvador) e importante en otro (6% en Costa Rica). Además existen unos 110 MW que están bajo construcción o que entrarán pronto en operación.<sup>33</sup>

Las potencialidades para usos directos de los recursos geotérmicos de baja y media entalpía son vastos, especialmente teniendo en cuenta no sólo que éstos son mayores que los de alta entalpía, sino que además, los riesgos asociados a la exploración y explotación son despreciables comparados con los de alta entalpía dedicados a la generación de electricidad.

El establecimiento de políticas específicas para el mayor desarrollo de estas fuentes, limitada a un número reducido de países, sugiere además, el que se adopten tales políticas en un contexto de largo plazo e incorporando en dicha evaluación las externalidades positivas que se derivan de su adopción, siendo ésta tal vez una de las más importantes vías para contrarrestar la tendencia a la baja observada algunos años atrás en la expansión de la geotermia motivada por la disminución en el precio del petróleo.

Cuadro 3.1  
Estado de la geotermia en América Latina y el Caribe

País	AG	AA	PF	F	D	E	CI	CC	PC
Argentina	15	15	3	1	1	1	1		50
Bolivia	8	8	2	1					30
Brasil	11	3							
Chile	20	20	4	1					135
Colombia	10	10	2						35
Costa Rica	7	7	2	1	1			55	110
Rep. Dominicana	4	4							
Ecuador	17	12	3						15
El Salvador	6	6	6	4	3	1	95	20	180
Guadalupe	1					1	4		
Guatemala	23	23	5	1				15	
Grenada	1	1							
Haití	4	4	1						
Honduras	16	16	3						
Jamaica	4	4							
México	545	42	42	4	4	2	700	50	418
Nicaragua	10	10	3	1	1	1	35	35	
Panamá	5	5	3						
Perú	6	6	1						
Santa Lucía	1	1							
Venezuela	4	2							
<b>Total</b>	<b>718</b>	<b>199</b>	<b>80</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>835</b>	<b>175</b>	<b>973</b>

## Notas:

- AG: Áreas geotérmicas identificadas a nivel nacional  
 AA: Áreas de interés de alta entalpía  
 PF: Áreas donde se han desarrollado estudios de prefactibilidad  
 F: Campos donde se han efectuado estudios de factibilidad  
 D: Campos a ser explotados, en estado de desarrollo  
 E: Campos comercialmente explotados  
 CI: Capacidad instalada (MW)  
 CC: Capacidad instalada en construcción (MW)  
 PC: Capacidad mínima proyectada de instalación (MW)

Fuente: OLADE. (1988), citado por Almeida, Eduardo. ATAS. 1991.

**Cuadro 3.2**  
**Capacidad instalada y producción de electricidad en algunos países**  
**de América Latina**

	geotermia		fósiles		hidro		nuclear		Total	
	cap.	prod.	cap.	prod.	cap.	prod.	cap.	prod.	cap.	prod.
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
México (a)	753	5.867	21.565	89.522	8.891	26.235	675	4.931	31.88	126.555
El Salvador (b)	105	380	325	885	388	1.518	0	0	818	2.783
Costa Rica (c)	60	447	157	701	793	3.773	0	0	1.010	4.921
Guatemala (d)			313	1.13	423	1.922	0	0	736	3.051

Fuente: Calderón, Gustavo. "Desarrollo de la energía geotérmica en países en desarrollo: ventajas y restricciones", pp 457-462. Inter-American Development Bank, febrero, 1995.

a) Los datos relativos a capacidad corresponden a agosto 1994 y de producción a 1993.

b) Datos a diciembre de 1993.

c) Datos a enero de 1995.

d) Datos de 1994. Para 1995 se espera cubrir la demanda en 178 GWh de origen geotermal.

Un estudio dedicado a las aplicaciones directas de la geotermia en la Región entrega algunas conclusiones, entre las que destacan<sup>34</sup>:

- en la mayoría de los países de América Latina, el recurso aflora a nivel de superficie, pero incluso si no emerge a la superficie, la exploración no representa dificultades mayores desde el punto de vista tecnológico;
- los problemas medioambientales son mínimos comparados con aquellos provocados por las fuentes convencionales. Más aún si los fluidos residuales son reinyectados en la periferia del campo, con el fin de reducir al mínimo el peligro de deterioro del ecosistema.

#### d) Mini y micro hidráulicas

La calificación de pequeñas centrales hidráulicas es arbitraria y diferente según la fuente que se considere (Cuadro 3.3). Para algunos, ésta puede incluir a las centrales menores que 2 MW ó 1 MW, mientras para otros, puede referirse a sistemas de algunos cientos de Watts con un máximo aproximado de 300 kW de capacidad o algunas veces menores.

De acuerdo a una publicación del Stockholm Environment Research Institute (SERI), 9% de las potencialidades hidroeléctricas mundiales han sido desarrolladas, lo que significa un 23% de los aproximadamente 375.000 MW de capacidad total instalada. De este aprovechamiento, una parte mayoritaria corresponde a las grandes centrales, pero las micro y mini aumentan paulatinamente su importancia.<sup>35</sup>

Cuadro 3.3

Definición de pequeñas, mini y micro plantas hidráulicas encontradas en la literatura

País	Micro kW	Mini kW	Pequeña MW	Referencias encontradas
Estados Unidos	< 100	100 - 1.000	1 - 30	32
Estados Unidos	< 100	100 - 1.000	-	33
China	-	< 500	0,5 - 25	34
ex Unión Sov.	< 100	-	0,1 - 30	35
Francia	5 - 5.000	-	-	36
India	< 100	101 - 1.000	1 - 15	37
Brasil	< 100	100 - 1.000	1 - 30	12
varios	< 100	< 1.000	< 10	38

Fuente: Johansson, Thomas B., Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, Robert H. Williams (Editors). *Renewable Energy. Source for Fuels and Electricity*. Island Press, Washington D.C., 1993, p. 86.

La Región posee un enorme potencial hidroeléctrico, estimado en más de 800 GW para centrales medianas y grandes, de las cuales, un escaso 14 % ha sido utilizado. En el caso de centrales micro y mini hidráulicas el potencial no ha podido ser evaluado y se explota en reducida proporción. Se estima que en la Región existen alrededor de 6.000 sistemas basados en pequeños recursos hidroeléctricos.<sup>36</sup>

Según las mismas fuentes, la capacidad más adecuada para las pequeñas centrales se establece en alrededor de 300 kW, no sólo porque es el tamaño máximo de la mayoría de los sistemas aislados no conectados a la red, sino además, porque es el tamaño ideal para evitar impactos ambientales.

En general, estos sistemas juegan un importante rol energético en las economías locales. El caso de China, aunque especial por sus dimensiones, es ejemplificador no solo en cuanto a la electrificación de sectores rurales, sino también como una efectiva opción de suministro en períodos de escasez de energía en las áreas cubiertas por la red. A fines de 1990, en este país, la capacidad total instalada en pequeñas centrales hidroeléctricas era de 13.189 MW con una generación anual de un poco más de 39.000 GWh, de un total de 192.200 GWh generados por el sistema en su conjunto.<sup>37</sup>

Las principales ventajas de esta fuente de energía pueden resumirse como sigue: disponibilidad continua de la electricidad, se puede acumular la energía, la energía disponible es razonablemente previsible,<sup>38</sup> no se requiere de combustibles, exige una limitada mantención (por lo que los costos de operación son bajos), se trata de una tecnología madura y una vida útil prolongada, sin necesitar significativas y nuevas inversiones.

No obstante, es una tecnología que está sujeta a ciertas restricciones: es aplicable en un determinado y específico lugar, además, debe estar próxima del consumo para que sea económicamente explotable, supone un límite a las actividades que pueden desarrollarse, la hidrología es cambiante lo que limita su aplicación, y la falta de familiaridad con la tecnología y desconocimiento de su aplicación inhibe su uso.<sup>39</sup>

Las experiencias en la instalación e implementación de las tecnologías ligadas a las mini y micro centrales hidráulicas en la Región es vasta; parte importante de los esfuerzos destinados a desarrollar la explotación de estos recursos se concentra en la primera mitad de este siglo. Dicho desarrollo aparece vinculado a la modernización de la agricultura y la minería en pequeña escala, lo que condujo a incrementar la demanda de energía en regiones aisladas en momentos en que el proceso de electrificación masivo recién comenzaba.<sup>40</sup>

La mayor parte de los países de la Región desarrollaron sistemas aislados, en muchos casos en base a pequeñas centrales para luego entrar al desarrollo de sistemas más complejos; no obstante, a pesar del relativamente elevado número de sistemas desarrollados, éstos son claramente insuficientes para proveer de energía a la mayoría de las localidades aisladas existentes en la Región y que cuentan con recursos hídricos.

Desde el punto de vista tecnológico, las diversas experiencias en este campo dan cuenta de una adecuada y suficiente capacidad para diseñar y construir este tipo de plantas, constatándose que la mayor parte de los componentes de estos sistemas, incluidos los de transmisión y distribución, son o pueden ser producidos en la Región.

#### B. La institucionalidad y las FENR en América Latina y el Caribe

La limitada participación de las FENR en el consumo de energía de la Región, se debe, en parte importante, a las diversas barreras señaladas en el capítulo anterior, destacando el costo de las convencionales y la inexistencia de políticas específicas a las FENR, aspectos que son abordados con mayor detalle en el capítulo siguiente.

La complejidad social, económica, política e institucional imperante en la gran mayoría de los países de la Región, hacen que las tareas relativas a la difusión y competitividad de las FENR, sean de naturaleza distinta y más compleja, en relación a lo que ocurre en los países desarrollados. En los primeros se deberá incorporar, al menos, un aspecto relevante y diferenciador: el establecimiento de una institucionalidad adecuada a tales fines, en un contexto en que persisten vastos sectores sociales carenciados, ajenos o marginados de las economías de mercado y en que el deterioro del medio ambiente alcanza niveles preocupantes.

Salvo excepciones, en América Latina y el Caribe no existen políticas específicas para las fuentes renovables, entendiendo por éstas, la adopción de objetivos cuantitativos, la asignación de recursos suficientes, la implementación de mecanismos e incentivos y la definición de plazos en los cuales dichos objetivos habrán de ser alcanzados. La debilidad de las estructuras institucionales, en algunos países, y la inexistencia de las mismas en otros, tiene relación con la percepción que existe en la Región respecto de la escasa importancia de las

fuentes renovables en tanto opción energética válida y complementaria a las convencionales en una perspectiva de corto y mediano plazo.

El limitado compromiso asumido por los diversos actores involucrados en el tema de las renovables: gubernamentales, empresariales, financieros, universitarios y tecnológicos; y la escasa importancia concedida a las actividades de I-D, parecieran confirmar tal aserto. En contrapartida, tanto la cooperación internacional como el financiamiento proveniente de fuentes internacionales está presente en casi todos los proyectos ligados a las FENR, e incluso en el diseño de políticas específicas a estas fuentes y la implementación de programas de difusión de las mismas.

#### a) Las instituciones gubernamentales

Se estima que el rol del Estado es insoslayable en el establecimiento de políticas específicas para las FENR, la promoción y difusión de éstas, la adopción de mecanismos que establezcan condiciones más equilibradas de competencia con las fuentes convencionales, el establecimiento de marcos regulatorios y el diseño e implementación de incentivos que tiendan a compatibilizar el beneficio social con el interés privado.

Igualmente, el Estado debería asumir las tareas de exploración e identificación de los recursos, así como la demostración de nuevos procesos. En la Región tales tareas no forman parte de preocupaciones de los países o constituyen una componente formal de su política energética. Sin embargo, cabe reconocer que la situación no es homogénea y existen algunas excepciones.

En efecto, un reducido número de países de la Región se ha dotado de una estructura organizacional al menos similar a aquellas que sostienen el desarrollo de las fuentes convencionales, de acuerdo a los antecedentes disponibles, ese sería el caso de Argentina, Guatemala y México.

Guatemala estableció la División General de Fuentes Nuevas y Renovables con el mismo status que la División General de Hidrocarburos y similares responsabilidades que la oficina de planificación del subsector eléctrico. Argentina, desde principios de los noventa posee la Oficina Nacional para el Uso Eficiente y Nuevas Fuentes de Energía; México designó una División Técnica de Energías Alternativas en la Secretaría de Energías y Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), en el Perú se creó el Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGÍA) institución privada sin fines de lucro conformada por las más importantes empresas del sector e instituciones privadas, una de cuyas áreas de preocupación e interés son las renovables. La mayor parte de los países restantes, pareciera ser, que sólo han llegado a establecer comités, comisiones, departamentos o secciones especiales a cargo de las FENR, sin presupuesto suficiente ni recursos humanos adecuados. Sus roles se han limitado a proveer información estadística o elaborar informes sobre los consumos de energía.<sup>41</sup>

En otros países, el establecimiento de estrategias de energización rural, provistos de auspiciosos esquemas institucionales basados en la participación activa de organizaciones de base (Municipalidades, cooperativas, por ejemplo), si bien constituyen esfuerzos loables al

reservar un papel importante a las FENR, se revelan insuficientes en la medida en que el objetivo explícito prioritario es la energización bajo cualquier medio, convencional o no, por lo que habida cuenta de las barreras de mercado existentes, lo más probable es que se desdibujen los propósitos de fomento y desarrollo de estas fuentes al prevalecer consideraciones de carácter económico y financiero en el funcionamiento de dichas entidades.<sup>42</sup>

En aquellos casos en que se han establecido programas de relativa importancia, éstos parecieran haber carecido del necesario contexto reglamentario, fiscal y sobre todo financiero que permita hacerlos sustentables en el tiempo. Al respecto, es necesario señalar que parte importante de los fondos asignados por las instancias gubernamentales al desarrollo y difusión de las FENR, provienen de la cooperación internacional o de organismos financieros internacionales.

Los autores consultados afirman que las diversas fuentes renovables podrían aumentar de manera sustantiva su participación en el suministro de energía en los países de la Región que disponen de recursos abundantes o favorables. No obstante, ello podrá realizarse sólo si el Estado asume su rol de promotor, creando el marco legal, fiscal e institucional para fomentar las tecnologías ligadas a estas fuentes.

En efecto, pese a que en diversos países de la Región se ha consagrado como prioritario el acceso a la energía de las zonas rurales y/o aisladas, el desarrollo de las FENR ha sido limitado. Las razones que explican tal comportamiento parecieran derivar en parte, del hecho que en el caso de la generación eléctrica, por ejemplo, las renovables suponen una inversión más elevada por kW instalado que las fuentes convencionales.<sup>43</sup>

En un contexto en el cual las restricciones financieras priman por sobre el resto de las consideraciones vinculadas a este tipo de proyectos, los mecanismos, incentivos y criterios de evaluación vigentes tienden a reforzar las opciones energéticas que favorecen las fuentes convencionales de energía

#### b) actividad del sector productivo, público y privado

En los países de la Región, sin ignorar lo limitado de los esfuerzos realizados, han sido las empresas públicas las que han asumido los riesgos tecnológicos y financieros en la promoción de estas tecnologías, implementando proyectos demostrativos e incluso operando instalaciones basadas en las fuentes renovables. El Recuadro 3.3. presenta la experiencia de una empresa brasileña y una mexicana.

En su faceta de operador, aún cuando su eficiencia puede ser cuestionable, ha sido el Estado vía las empresas públicas, uno de los mecanismos más pujantes en la difusión de las renovables y en el desarrollo de las TER. Sin duda, los casos más elocuentes lo conforman Brasil y México, en ambos teniendo como protagonistas centrales a las empresas eléctricas estatales o a los institutos tecnológicos ligadas a éstas.

Por el contrario, el papel de la empresa privada ha sido marginal, salvo en el caso de algunas fuentes (invernaderos y secadores solares, por ejemplo) y bajo condiciones de mercado especiales (bombas eólicas, caso de Argentina) o, al tratarse de comunidades rurales y/o aisladas en que gracias a un subsidio estatal los proyectos fueron viables.

### RECUADRO 3.3

El desarrollo eólico en México y Brasil: una responsabilidad asumida por sus empresas eléctricas públicas.

La Compañía Energética de Minas Gerais (CEMIG) en Brasil, a través del Programa El Dorado del gobierno alemán y en el contexto del acuerdo de Cooperación Técnico-Científica firmado por los gobiernos respectivos, instaló en el municipio de Gouveia (Minas Gerais) una central eolo-eléctrica con capacidad de 1.000 kW de potencia nominal.

La central tiene un carácter experimental y utiliza cuatro turbinas eólicas de 250 kW cada una, montadas sobre una torre tubular cónica de acero de 30 m de altura. El rotor es del tipo eje horizontal con tres palas, diámetro de 26 m y está acoplada, a través de una caja de engranajes, a un generador eléctrico asincrónico. La energía eléctrica es generada a una tensión de 380 V y elevada a 13,8 kV hasta la subestación instalada en la propia usina. En ese lugar, la tensión es nuevamente elevada hasta 34,5 kV y conectada a una línea de transmisión de la CEMIG.

El generador eólico comienza a producir electricidad cuando el viento alcanza una velocidad superior a 3,0 m/s a través de la primera etapa del generador de 80 kW, que gira a 900 rpm. Cuando el viento alcanza una velocidad superior a 7 m/s, la segunda etapa del generador entra en operación y alcanza la potencia nominal de 250 kW a 1.200 rpm.

México cuenta con sitios de potencial extraordinario, con velocidades de viento de más de 10m/s, promedio anual con capacidades para instalar más de 2.000 MW como es el caso de la costa sur del Istmo de Tehuantepec.

La Comisión Federal de Electricidad construyó una planta eólica prototipo con capacidad de 1,5 MW, en La Venta, Oaxaca, obteniendo factores de planta superiores a 60% y a costos menores de 4 centavos de dólar por kWh generado, corroborando la competitividad de la tecnología y la bondad del recurso eólico.

Las posibilidades de la energía eólica se ubican también en aplicaciones para generación a menor escala, como lo es la electrificación rural o bien el bombeo de agua en sistemas de riego agrícola.

Fuente: Revista "Energía" de la CEMIG, N° 15 y 16, 1994; y, Revista Ingeniería Civil N° 313, mayo 1995, México D.F; p.26.

El desarrollo de fabricantes locales ha conocido dificultades diversas. En el caso de la energía eólica por ejemplo, a mediados de los ochenta, la empresa Movisa de México tuvo que cerrar su fábrica de materiales para aerobombas porque el costo de los materiales era mucho más alto que el que los potenciales usuarios estaban dispuestos a pagar y los esfuerzos de la compañía para vincular estos equipos con los programas institucionales del Ministerio de Agricultura y Recursos Hidráulicos no dieron resultados positivos, ya que si bien el Ministerio apoyaba financieramente diversas actividades relacionadas con la producción agrícola, éstas no incluían las aerobombas. Esta situación demuestra la falta de comprensión de las autoridades gubernamentales respecto los beneficios de estas fuentes, así como su dificultad de aceptar tecnologías innovativas.

Las dificultades encontradas por parte de algunas empresas manufactureras de equipos solares, tanto aquellos que explotan la energía solar térmica como la fotovoltaica, parecieran provenir de las reducidas dimensiones del mercado. En algunos países ello pareciera explicarse por varias razones, mencionándose entre otras: la falta de credibilidad en relación a la operación y beneficios de la energía solar; los altos costos de fabricación; los largos periodos de recuperación de la inversión; los precios de las fuentes convencionales; y, la falta de apoyo del gobierno.

Tal falta de apoyo por parte del gobierno se manifiesta también en la inexistencia de una reglamentación que fomente el desarrollo y fabricación de los equipos o, simplemente, el aprovechamiento de las energías renovables. En el Caribe, por ejemplo, si bien muchos países han establecido la libre importación para las turbinas eólicas, contribuyendo a disminuir la importación de hidrocarburos, faltan aún leyes y regulaciones que permitan que estas operaciones sean hechas de manera expedita. Actualmente, es el propio usuario quien debe postular a los beneficios que le proporciona la legislación, lo que genera incertidumbre de la parte del inversor y desestimula el uso del recurso.

#### c) instituciones financieras

Al conjunto de barreras que impiden un mayor grado de penetración de las renovables en los países de América Latina y el Caribe, se añade el fenómeno inflacionario que afectó a muchos de los países de la Región, generando incertidumbre e inestabilidad para proyectos ligados a estas fuentes, distorsión en los precios por la existencia de subsidios a los combustibles convencionales y dificultad en el acceso al crédito.

En la mayor parte de los países de la Región no existen instituciones financieras dedicadas al financiamiento de proyectos ligados a las FENR, en circunstancias que su mercado de capitales es habitualmente poco desarrollado y las instituciones financieras tradicionales exigen condiciones difíciles de cumplir para acceder al crédito y/o no disponen de metodologías adecuadas para evaluarlos. Estas dificultades son mayores cuando el inversor es un usuario particular.

Por su parte, los bancos estatales de desarrollo no disponen de instrucciones claras respecto de la necesidad de apoyar iniciativas basadas en las FENR ni personal especializado y métodos

para evaluar estos proyectos. Los bancos comerciales privados, por su parte, actúan fundamentalmente en áreas urbanas, concediendo escaso interés a los requerimientos crediticios rurales que se caracterizan por ser pequeños y por ofrecer baja seguridad en su recuperación.<sup>44</sup>

#### d) instituciones de investigación y desarrollo (I-D)

Muy pocas universidades impulsan investigaciones tecnológicas ligadas a estas fuentes y cuando lo hacen se trata de esfuerzos individuales y esporádicos, más orientados a probar que sus diseños funcionan que a masificar las soluciones, o en el mejor de los casos, las empresas públicas integran en sus actividades a profesionales universitarios sólo parcialmente dedicados a la I-D.

En parte importante, esta atomización y falta de integración de esfuerzos en programas más estructurados y planificados, se debe a la dificultad por adecuar las actividades de I-D en este campo a los sistemas de financiamiento de la investigación, los que promueven la "excelencia" académica por sobre la trascendencia.

Aunque limitado, el rol del Estado ha sido importante para la I-D en el área. Este ha sido el caso, por ejemplo, de México, donde el mayor contribuyente en términos de profesionales universitarios dedicados a actividades ligadas a las geotermias eran las empresas eléctricas, es decir, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) con 202 investigadores, y a la zaga, las universidades y las empresas privadas con 39 y 19 profesionales universitarios respectivamente.<sup>45</sup>

Por el contrario, pocos países han establecido institutos, centros y/o programas, especialmente dedicados a las FENR, los que, en general, cuando existen, son más técnicos o ingenieriles que dedicados a la investigación.

#### e) la cooperación internacional y el fomento de las FENR

Es sabido el rol que la cooperación internacional ha jugado en diversos aspectos del desarrollo de los países de la Región, siendo ésta más abundante en los países con menor desarrollo relativo. En el caso de las FENR, tal fenómeno es casi generalizado, siendo común encontrar una activa participación de la cooperación internacional o de las fuentes internacionales de financiamiento en casi todos los proyectos e incluso en estudios dedicados al establecimiento de políticas específicas para el desarrollo de estas fuentes.

El destacar el rol de la cooperación internacional obedece a tres razones: (1) por su importancia en el desarrollo de FENR y especialmente en la transferencia de las TER, la que se estima será creciente en los años venideros, como resultado de la preocupación de los países industrializados por los problemas ambientales, particularmente el efecto invernadero; (2) porque, si bien ella es necesaria, en no pocas ocasiones sustituye el aporte de los actores nativos, especialmente del Estado; y (3) porque, habida cuenta de su importancia, es

responsabilidad del país que la acoge establecer las posibilidades y las condiciones bajo las cuales ésta debe ingresar, única forma de potenciar y hacer eficiente tales aportes.

Al respecto no debe olvidarse, que si bien la cooperación o asistencia -especialmente bilateral- para el desarrollo de las energías renovables es necesaria, comporta también objetivos de promoción de bienes y servicios por parte de los países donantes, como condición para otorgar créditos u otras ayudas financieras.<sup>46</sup>

### C. El proceso de reestructuración del sector y las FENR: limitaciones, indiferencia y enseñanzas

Los procesos de reestructuración del sector energético en América Latina y el Caribe, si bien difieren en sus formas y ritmos de implementación comparten algunos aspectos de los objetivos explícitos les dieron origen, así como ciertas limitaciones o rasgos de indiferencia en lo que atañe al desarrollo sustentable, y en particular, al rol que deben jugar las fuentes renovables de energía en las estrategias de desarrollo energético.

En efecto, los principales argumentos esgrimidos en favor de los procesos reestructuradores de los mercados energéticos, tienen que ver más con aspectos de carácter financiero o económico que energéticos. De ellos destacan, la privatización de las empresas públicas, el establecimiento de mercados más eficientes en tanto mecanismo de asignación de recursos y la redefinición del rol del Estado, restringiendo su rol de operador y enfantizando su rol regulador y de subsidiariedad.

En general, existe un importante grado de consenso respecto de la necesidad de la reestructuración, tanto por la crítica situación financiera de las empresas del sector, como por los desafíos financieros derivados del elevado dinamismo de la demanda, difícilmente abordables mediante el solo concurso de los fondos públicos, en particular en el sector eléctrico. Sin embargo, la reestructuración, en su concepción actual, sería aparentemente insuficiente para abordar los desafíos energéticos derivados de las exigencias del desarrollo sustentable.

Los procesos reestructuradores y la privatización de las empresas públicas del sector energético no han considerado el hecho que estas empresas han desarrollado una considerable "expertise", y en no pocas ocasiones, generado y sistematizado considerable información respecto de los recursos renovables de energía, por lo que éstas se encuentran en condiciones inmejorables para el desarrollo y difusión de las fuentes renovables. Si bien, en no pocos casos, puede argüirse que los resultados de sus esfuerzos en este campo fueron limitados, su experiencia y conocimiento de los recursos deberían aprovecharse para la futura implementación de proyectos, por lo que será necesario considerar, al momento de privatizar, claras y adecuadas reglas del juego -deberes y derechos- que viabilicen la explotación de las FENR por parte de las empresas privatizadas.

El marco asignado a la planificación por la reforma, pareciera desconocer en los hechos la incidencia de la energía en la sustentabilidad del desarrollo, entendido éste como un proceso que incorpora componentes de equidad, sustentabilidad del sistema y medio ambientales.

Desde el punto de vista del medio ambiente, ello se traduce en un escaso o nulo interés respecto de las externalidades derivadas del uso y explotación de las fuentes convencionales. La internalización de dichos impactos, sean emisiones contaminantes o perturbaciones provocadas por la instalación y construcción de las centrales hidroeléctricas (desplazamientos de poblaciones, inundaciones de terrenos agrícolas o forestales, alteración del caudal del río, etc.) se incorpora parcialmente al costo, a través de las eventuales mayores inversiones en la mitigación de dichos impactos.

En principio, el enfoque adoptado no internaliza los impactos que no superan las normas ambientales, de existir éstas. Esta situación restringe la consideración de las externalidades de los proyectos a un número limitado de impactos. Un análisis más completo presupone la posibilidad de comparar proyectos alternativos. Esta no es la norma actualmente, y con ello se está penalizando el desarrollo de las energías renovables y, particularmente, las TER.

En efecto, la reforma ha ignorado el desarrollo y fomento de las FENR suponiendo que éste era un tema o campo de acción que podía asumir el mercado, sin reconocer que en ninguno de los países donde el tema ha sido abordado con seriedad y las TER han alcanzado un grado de difusión significativo el tema ha sido entregado exclusivamente al mercado.

De hecho, los países industrializados no sólo han establecido agencias especializadas destinadas a promover el uso de estas fuentes sino que además han diseñado e implementado políticas específicas, implementado normas y diversos incentivos, programas de concientización y capacitación, etc.

Así ha sido el caso, por ejemplo, de los países que poseen una mayor capacidad instalada en generación eólica: Dinamarca y Estados Unidos. El primero de ellos fue uno de los primeros en introducir un impuesto al CO<sub>2</sub>, práctica que se está generalizando en la Unión Europea; y en el segundo, las políticas fiscales y regulatorias han sido claves para el desarrollo de esta tecnología.

La reforma, al parecer, tampoco ha contemplado, en la selección de las tecnologías, criterios de sustentabilidad y un adecuado compromiso entre el interés privado y el del país. En principio, de no existir políticas o incentivos que lo motiven, el sector privado tiende a orientar la inversión hacia proyectos que satisfacen sus intereses de corto plazo, en desmedro de aquellos de largo plazo.

La definición de estrategias de desarrollo energético sustentable son una responsabilidad insoslayable del Estado. Éstas, además de incorporar los mecanismos para asegurar un abastecimiento seguro y a costos razonables, deben ser explícitas acerca de las formas y medios que se emplearán para posibilitar el acceso a la energía de los sectores que carecen de ella. Tales objetivos de equidad no han sido debidamente resguardados en los procesos de

reestructuración realizados a la fecha, desconociendo las posibilidades que en tanto opción viable constituyen las FENR, en especial, para los sectores rurales y/o aislados.<sup>47</sup>

Teniendo en cuenta las desventajas que estas fuentes enfrentan a nivel de mercado, respecto de las fuentes convencionales, dicha omisión podría conspirar en contra de los objetivos de energización de los sectores mencionados, particularmente, si se considera que su abastecimiento implica costos más elevados, debido a que se trata de consumos atomizados y, en general, de poblaciones de escasos recursos, normalmente, de escaso interés para las empresas privadas.

Finalmente, a partir de la experiencia de algunos de los países de la Región que han avanzado en el proceso de reestructuración, pareciera ser necesario, previo a abordar este proceso, definir en forma prioritaria los objetivos que deberá cumplir la reestructuración en el marco del desarrollo sustentable, así como las características óptimas que debe poseer el sistema energético y el aparato regulador. Sólo una vez cumplida esta tarea, podrán identificarse los actores y los diversos roles que deberían jugar éstos en el desarrollo y difusión de las FENR.

#### IV. ELEMENTOS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA POLÍTICA ESPECÍFICA PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Los desafíos derivados del crecimiento y desarrollo de la Región permiten afirmar que desde el punto de vista de la energía, las fuentes convencionales continuarán jugando un rol primordial; esta vez, sin embargo, de manera tal que su explotación y uso minimicen los impactos ambientales.

En este contexto, las FENR constituyen opciones válidas desde el punto de vista energético, tecnológico, económico y ambiental, en el caso de los sistemas energéticos aislados, y tenderán a ser complementarias con las convencionales en el mediano y largo plazo.

En una primera etapa, las FENR contribuirán a reducir las inequidades que atentan contra la sustentabilidad del desarrollo en la Región, permitiendo la energización de las zonas aisladas, mejorando la calidad de vida de las comunidades rurales y la productividad de sus actividades económicas. Su aporte no se reducirá a la electrificación de dichas localidades, sino que además al aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja entalpía en la satisfacción de los requerimientos térmicos domésticos, secado de productos agrícolas, acuicultura, etc; de la energía solar en el secado de productos agrícolas y de la energía mecánica del viento y del agua, para el riego, molienda de granos y otras actividades locales.

En el largo plazo, las FENR deberían contribuir a la protección del medio ambiente, a la reducción de la vulnerabilidad del sistema, a la desconcentración del sector, mediante la multiplicación de los actores, y a la generación de actividad económica, vinculada a la ingeniería, consultoría, fabricación de equipos y creación de empresas abastecedoras de energía a partir de estas fuentes.

El que los costos de las tecnologías de conversión de estas fuentes energéticas sean competitivos es una condición necesaria pero no suficiente para que ellas asuman el rol que les corresponde en el marco de una estrategia energética acorde al desarrollo sustentable.

En efecto, los obstáculos al desarrollo, difusión y masificación de las energías renovables imponen la necesidad de diseñar e implementar decididas políticas que les permitan jugar el rol que sus potencialidades le asignan en dicha estrategia.

Ello será posible sólo si los gobiernos dan muestras fehacientes de su voluntad política para impulsar las FENR, lo que pasa por un decidido apoyo a las actividades de I-D, la realización de proyectos demostrativos de importancia, la generación de incentivos relevantes para los diseñadores, fabricantes y usuarios, y el establecimiento de regulaciones y normativas que pongan en un pie de igualdad las fuentes convencionales y las renovables.

Si bien algunas de estas iniciativas deben formar parte de una política energética global, consistente con el desarrollo sustentable, existen acciones o políticas propias a este tipo de fuentes. Los obstáculos a su desarrollo y sus características particulares determinan la necesidad de definir incentivos especiales.

Aunque los nuevos paradigmas han desterrado los subsidios y las políticas discriminatorias, la superación de las causas de inequidad legitiman el recurrir a estas opciones, básicamente financiando parte o la totalidad de las inversiones y apoyando los esquemas organizacionales responsables de la implementación y/o explotación de los proyectos energéticos en zonas aisladas.

Por otra parte, la evaluación de los recursos, indispensable para la explotación de estas fuentes, impone responsabilidades al Estado, similares a las que éste asumió en el pasado en el caso de las fuentes convencionales y que en la actualidad explican la madurez del sector energía en muchos de los países de la región.

#### A. Políticas energéticas, energías renovables y sustentabilidad del desarrollo

Una de las diferencias más flagrantes entre los países en desarrollo y los industrializados, en el campo de la energía, es la ausencia, en los primeros, de una política energética acorde a sus objetivos de crecimiento y desarrollo, e inserto en ella, políticas específicas para las renovables, con objetivos, grados de penetración, responsabilidades y mecanismos claros, como ocurre en los segundos (Recuadro 4.1).

Las lecciones que derivan de las experiencias del mundo industrializado sugieren que el desarrollo y difusión de las energías renovables -así como de otras opciones energéticas sustentables mencionadas en las primeras páginas del estudio- debe concebirse inserto en una política energética global, como una de las opciones importantes y estrechamente vinculadas a las políticas ambientales.

#### RECUADRO 4.1

##### Programa de Energías Renovables de Estados Unidos

En el recientemente publicado National Energy Policy Plan, Sustainable Energy Strategy - Clean and Secure for a Competitive Economy, el Programa de Energías Renovables constituye un elemento clave de la política energética, recibiendo un fuerte apoyo por parte del gobierno. Una oficina o instancia -Office of Utility Technologies- dependiente del Department of Energy (DOE) es quien encabeza dicho programa.

Formalmente, la misión de esta organización es:

- apoyar a las empresas eléctricas, en sus procesos de decisión, para que consideren sobre bases más equitativas las tecnologías ligadas al uso eficiente de energía y a las fuentes renovables respecto a las tecnologías convencionales
- enfrentar los obstáculos tecnológicos e institucionales que impiden a las empresas eléctricas adoptar tecnologías ligadas al uso eficiente de energía y las fuentes renovables; y
- trabajar de manera mancomunada con la industria y las empresas eléctricas a fin de realizar las potencialidades para éstas tecnologías, tanto en Estados Unidos como en otros países.

Un breve recuento de lo logrado por este Programa en la década recién pasada en cada una de las fuentes renovables da cuenta de enormes progresos tanto en la disminución de costos, eficiencia de las tecnologías para la generación de electricidad, mejoras tecnológicas en diseños y aplicación de nuevos materiales, etc., que han redundado en una mayor competitividad frente a las convencionales.

La propuesta de dicho Programa para los años venideros es de continuar cumpliendo diversos objetivos que permitan a las fuentes renovables incrementar de manera sustantiva su participación en el consumo de energía, tales como la reducción de costos en la generación eléctrica de aquí al 2000 (por ej. a menos de US\$ 0,12 kWh en el caso de las fotovoltaica, a US\$ 0,025 kWh para la eólica en zonas con buenas condiciones de viento; en un 20% y 40% menos que los costos actuales en el caso de recursos geotermales de alta entalpía y media entalpía, respectivamente).

Fuente: Office of Utility Technologies, US Department of Energy; "Renewable Energy Programs in the United States", Grand Solar Challenge International Symposium, Tokyo 7 October, 1995.

La internalización de las externalidades provocadas por la producción, transformación, transporte y uso de la energía, debería determinar una estructura de precios para las distintas fuentes energéticas que oriente al mercado hacia las opciones energéticas que conjuguen los menores costos privados con el respeto del medio ambiente; es el caso por ejemplo del uso eficiente de energía y de las energías renovables. Igualmente, la incorporación de la planificación integrada de recursos como herramienta de política energética, conduce a los mismos objetivos.

Complementariamente con las políticas generales, existen políticas específicas destinadas a superar las barreras al desarrollo de las energías renovables y que serán objeto de un tratamiento particular.

En lo que sigue, se enfatizarán las políticas, los mecanismos y la institucionalidad requerida para fomentar las energías renovables en el contexto del desarrollo energético de las zonas aisladas; vale decir, aquellas destinadas a superar los obstáculos a la introducción de soluciones de pequeña escala, cuya vocación es la energización de las comunidades rurales, enfatizando la perspectiva de la equidad por sobre la relevancia para el balance energético de los países de la Región.

Las medidas de política, generales y específicas a las FENR, destinadas a superar los obstáculos que limitan el desarrollo de estas fuentes, generarán las condiciones mínimas para que ellas puedan asumir más adelante un papel relevante en el balance energético. En efecto, en la medida que los principales obstáculos hayan sido superados, estas fuentes se parecerán a las convencionales, siendo válidas para aquellas, por ende, desde la perspectiva del desarrollo sustentable, las políticas energéticas que se adopten para estas últimas.

El Cuadro 4.2 sintetiza las principales barreras que limitan el desarrollo y difusión de las FENR, especificando además los tipos de intervención para superar dichos obstáculos. En él se aprecia el rol activo que se estima deberá jugar el Estado, lo que parecería contradictorio con el paradigma

dominante de asignar al mercado la responsabilidad de introducir y promover las tecnologías emergentes. Más adelante se analizarán las razones que conducen a sugerir este rol protagónico por parte del Estado en el fomento de las FENR.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, es posible afirmar que una política específica para el fomento de las energías renovables presupone:

- la existencia de una política energética definida a partir de una estrategia de desarrollo sustentable
- la voluntad política del Estado de fomentar estas tecnologías considerándolas en igualdad de condiciones respecto de las convencionales
- la existencia de sistemas de evaluación de las tecnologías de conversión de las FENR que incorporen los impactos económicos, ambientales, sociales, institucionales y otros, y no sólo la rentabilidad privada de las mismas.
- la existencia de una institucionalidad dotada de recursos humanos, financieros, legales y de respaldo político acorde a la misión de promover y difundir las FENR.

Una política destinada a desarrollar las FENR, deberá tener en cuenta las consideraciones que se describen en los párrafos siguientes.

#### a) Incorporación de la dimensión ambiental en la planificación energética

La política ambiental constituye uno de los mecanismos más importantes para la introducción y difusión de las tecnologías de conversión de las FENR. En algunos países de la Región -y no existen razones para que ello no se extienda con el tiempo a la mayoría de ellos- los organismos públicos encargados de la política ambiental están recibiendo crecientes presiones por parte de la ciudadanía, de las agencias multi y bilaterales de cooperación y de sus nuevos socios comerciales para reducir las emisiones contaminantes vinculadas a la generación térmica y la utilización de combustibles fósiles, y mitigar los impactos derivados de la construcción de grandes centrales hidroeléctricas. Lo anterior se traducirá en regulaciones y prohibiciones que conducirán, en un primer tiempo, a incentivar el uso eficiente de energía y, a más largo plazo, a combinar esta opción con las FENR.

La internalización de las externalidades constituirá, en conjunto con las normas ambientales, un mecanismo privilegiado para promover las FENR, debido a que ella permitirá el establecimiento de precios “comparables” para las distintas opciones y fuentes energéticas, permitiendo que el mercado asigne los recursos en función de los costos que la sociedad determine o esté dispuesta a asumir por la explotación, conversión y uso de cada una de las opciones, lo que redundará en una mayor competitividad de las FENR.

Cuadro 4.2

Principales barreras y obstáculos para su difusión	Opciones de intervención
<p><b>1) de mercado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bajo precio de los combustibles fósiles y elevados costos unitarios de FERN</li> <li>- no consideración de las externalidades</li> <li>- doble rol de usuario y productor en contraste a las convencionales en que el usuario es requerido para el pago del suministro</li> <li>- riesgos económicos asociados a las TER</li> <li>- la mantención de subsidios a algunas de las fuentes convencionales</li> <li>- altos costos de exploración (geotermia)</li> <li>- escasos fabricantes y reducida capacidad local en fabricación de equipos</li> <li>- inexistencia o inadecuación de herramientas financieras y crediticias para explotación de FER y de TER</li> <li>- inexistencia de servicios financieros (instalación y operación de sistemas)</li> <li>- falta de educación e información a empresarios y usuarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apoyo del Estado y empresas en el desarrollo y difusión de TER</li> <li>- consideración de externalidades, especialmente ambientales</li> <li>- revisión de políticas de subsidios a convencionales e identificación de medidas correctivas en el ámbito de políticas energéticas sustentables</li> <li>- mantención del rol promotor del Estado en las actividades de exploración y explotación de sistemas</li> <li>- promoción y establecimiento de mecanismos financieros diversos tendientes a "premiar" el desarrollo y difusión de las TER</li> <li>- establecimiento de subsidios a las TER y dirigidas al establecimiento y desarrollo de mercados</li> </ul>
<p><b>2) tecnológicas y ligadas a la I-D</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- debilidad, inexistencia o inadecuación a las condiciones locales de capacidades científicas, tecnológicas e ingenieriles</li> <li>- prioridad y montos asignados en I-D a convencionales respecto de las TER</li> <li>- altos riegos asociados a nuevas fuentes</li> <li>- exigencias técnicas para la conexión a la red (frecuencias, voltajes, sistemas de respaldo, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apoyo a las actividades de I-D ligadas a las TER</li> <li>- capacitación en evaluación de proyectos, diseño, construcción y explotación de sistemas basados en TER</li> <li>- apoyo y fortalecimiento de las actividades destinadas a prevenir y mitigar impactos ambientales de las TER</li> <li>- promoción de diseños económicos y eficientes</li> </ul>
<p><b>3) relativas al establecimiento de catastros y ambientales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- falta de catastros, datos e información relativa a recursos y potencialidades</li> <li>- ambientales (eólica: visual; geotermia: gases tóxicos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apoyo por parte del Estado y de las empresas a las actividades de exploración de recursos</li> </ul>

Cuadro 4.2

<p><b>4) institucionales, legales y gestión de los sistemas energéticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- falta de políticas específicas para el desarrollo de las FER</li> <li>- inexistencia de entes dedicados al fomento y desarrollo de las FER</li> <li>- la planificación de la expansión del sistema no considera a las FER en igualdad de condiciones</li> <li>- debilidad, inexistencia de instituciones dedicadas a la comercialización de TER</li> <li>- limitaciones en el acceso y uso de los recursos (derechos de agua)</li> <li>- inexistencia de metodologías de evaluación</li> <li>- incertidumbre respecto una adecuada operación y mantenimiento de sistemas energéticos basados en TER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diseño e implementación de políticas energéticas en el marco de la planificación integrada de recursos</li> <li>- revisión/adequación de la legislación respecto derechos de agua</li> <li>- promover y asesorar organizaciones locales encargadas del manejo de sistemas ligados a TER</li> <li>- implementación de mecanismos que "premién" a usuarios que adopten TER</li> <li>- establecimiento de la institucionalidad, dotada de recursos humanos, financieros y de las atribuciones legales adecuadas, para el fomento y desarrollo de las TER</li> <li>- capacitación de instituciones financieras y crediticias en la evaluación de proyectos</li> </ul>
<p><b>5) socioeconómicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dificultad por parte del usuario para financiar los sistemas basados en TER</li> <li>- escasa familiaridad con tecnologías</li> <li>- rechazo cultural frente a nuevas tecnologías</li> <li>- escaso desarrollo económico de zonas rurales/aisladas dificulta implementación</li> <li>- escasos esfuerzos tendientes a identificar esquemas organizacionales adecuados</li> <li>- bajos ingresos de usuarios dificulta el pago de costos de operación y mantenimiento de las TER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- campañas de información y educación respecto beneficios de TER</li> <li>- priorización de la energización en programas sociales</li> <li>- subsidios a los proyectos</li> </ul>

## b) Institucionalidad y disponibilidad de recursos financieros

En el caso de las fuentes convencionales de energía existen instituciones, públicas y privadas, plenamente establecidas que las extraen, convierten, transportan y distribuyen y que, además, disponen de recursos financieros importantes tanto para la investigación y desarrollo como para la ampliación de su capacidad productiva o mejoramiento de la eficiencia de sus instalaciones.

Esta situación contrasta con lo que ocurre en el caso de las FENR, donde prácticamente no se cumplen casi ninguna las condiciones anteriores. En efecto, en la mayoría de los países de la Región el desarrollo de las energías renovables ha sido parcialmente asumida por el Estado, organizaciones no gubernamentales o por la comunidad científico-técnica interesada en aplicar la experiencia acumulada en sus laboratorios o en sus programas de perfeccionamiento. Vinculados a los organismos anteriores, existen iniciativas promovidas por agencias de cooperación internacional que apoyan programas basados en tecnologías coincidentes con aquellas en que la I-D o la producción de equipos en sus respectivos países es más fuerte.

En los casos en que existen organismos a cargo de la promoción y desarrollo de fuentes renovables, normalmente estatales, éstos no disponen de los recursos suficientes ni de las atribuciones necesarias, asumiendo una función menor dentro de las instituciones encargadas de la planificación o regulación del sector

La experiencia indica que institucionalidad resulta determinante para lograr que las FENR contribuyan en forma significativa a la superación de las inequidades energéticas que enfrentan las zonas aisladas y, en una perspectiva de largo plazo, a la sustentabilidad del sistema energético de los países de la Región. En lo conceptual, el tema de los esquemas organizacionales locales fue tratado en el capítulo II, los aspectos más generales de la institucionalidad serán tratados en extenso en el punto B de este capítulo.

## c) Criterios para elegir entre fuentes energéticas alternativas

El desarrollo de una comunidad tiene múltiples dimensiones; el desarrollo de su capacidad productiva, el mejoramiento de su productividad, el incremento de la capacidad de la comunidad para enfrentar los desafíos del entorno natural y construido, y el desarrollo del tejido social. La energización de una comunidad juega un rol decisivo para el logro de dichos objetivos y sus impactos serán mayores en la medida que comprometa y movilice a los actores y recursos locales involucrados. Ello exige elaborar una metodología para evaluar las tecnologías disponibles para la energización de la comunidad, que tenga en cuenta las dimensiones del desarrollo y las características propias a dicha comunidad.<sup>48</sup>

En consecuencia, se entenderá por evaluación de un proyecto de energización de una comunidad no integrada a la red, al proceso sistémico destinado a evaluar los efectos de su implantación y operación sobre un conjunto de objetivos relacionados con las distintas dimensiones y ámbitos que dan cuenta del desarrollo de esa colectividad: su actividad económica, el medio ambiente, su capacidad tecnológica, y la preservación y desarrollo de la cultura local. Ello supone la existencia de criterios de evaluación destinados a juzgar la adecuación de las metas específicas del proyecto

a un objetivo perseguido por la sociedad, y la realización de juicios de valor de los efectos del proyecto sobre dicho objetivo, medidos en base a indicadores de tipo cualitativo o cuantitativo.

Las etapas de la evaluación de este tipo de proyectos fueron individualizadas en el capítulo II y su desarrollo conceptual supera el alcance del presente trabajo.<sup>49</sup>

#### d) Programas de difusión, capacitación y formación en el campo de las FENR

El éxito de la introducción de una determinada tecnología no consiste en demostrar que ella funciona o incluso que ella es útil sino que ella puede operar en la realidad socioeconómica concreta de la localidad o región donde ella se implantará; vale decir, que la localidad o región haya logrado aprehenderla. Dicha apropiación deberá cubrir, en lo posible, las fases de innovación, adaptación, instalación, fabricación, operación y mantención de las instalaciones correspondientes. Para algunas de ellas, sin embargo, sólo la operación y mantención podrán llegar a constituir actividades locales, siendo las otras etapas asumidas a un nivel nacional.

El logro de este objetivo impone traspasar la responsabilidad del proceso de difusión tecnológica de la institución que genera o adapta la tecnología a una institución idónea con irradiación geográfica hacia la zona del proyecto. Tanto la generación y adaptación como la difusión imponen la necesidad de realizar actividades de capacitación y formación de los distintos actores involucrados: ingenieros, fabricantes, evaluadores, instaladores, operadores, técnicos de mantención y usuarios, lo que supone, entre otras:

- la concepción, organización y realización de cursos para investigadores, profesionales, técnicos y prácticos;
- la incorporación de estas materias en los programas de la enseñanza básica y media
- la incorporación de los conceptos de diseño y fabricación de equipos sencillos en la enseñanza profesional, industrial y agrícola
- la incorporación de estas materias en los programas de la enseñanza universitaria, básicamente de ingeniería, arquitectura y meteorología
- la elaboración de boletines de difusión

#### e) Orientación y cobertura del marco regulatorio

La posibilidad de que las FENR adquieran una importancia relevante en el balance energético de los países pasa por un conjunto de requisitos, algunos de los cuales ya han sido mencionados. Entre éstos destaca como fundamental, el reconocimiento por parte de las autoridades responsables de la planificación y regulación del sector de su carácter de opción válida, y de la necesidad ineludible de considerarla al evaluar las alternativas para satisfacer los requerimientos energéticos del desarrollo nacional.

Sin ser el único, la introducción de mecanismos como la planificación integrada de recursos (conocida en inglés como IRP), incorporando las externalidades derivadas de la producción y uso

de la energía, constituye uno de los mecanismos más eficaces para promover la introducción de las energías renovables.<sup>50</sup>

Uno de los problemas que enfrentan los productores de electricidad a partir de las FENR es la venta de su producción al Servicio Público, debido a que las empresas eléctricas generadoras y distribuidoras normalmente se muestran reticentes a adquirir la electricidad proveniente de productores independientes. En los países en que se ha asumido a las FENR como una opción energética válida y deseable se les ha impuesto a dichas empresas la obligación de comprar la energía proveniente de estas fuentes al precio regulado, en la medida que se respeten las normas de calidad del producto, en el caso de la Región ello debería contemplarse igualmente.

#### f) Intervención del Estado, la reestructuración del sector y papel del mercado

La reforma del sector, en curso en la Región, no ha contribuido ni presenta indicadores que permitan afirmar que vaya a contribuir al desarrollo de las energías renovables.

En efecto, la reestructuración del sector ha tendido a reducir el rol histórico del Estado en tanto que actor protagónico del desarrollo del sector energía. En el caso de las energías convencionales, la madurez alcanzada por su mercado indicaría que sería menos necesaria una intervención estatal, aún cuando objetivos vinculados a la sustentabilidad del desarrollo parecieran justificarla. En el caso de las energías renovables, que no han alcanzado dicha madurez, es imprescindible la intervención del Estado, implementando mecanismos que den señales que promuevan las TER entre las empresas y los usuarios.

La intervención del Estado se hace necesaria, debido a que: (1) muchas de las barreras identificadas en el Cuadro 4.2 impiden el funcionamiento adecuado del mercado, (2) las empresas del sector no contemplan estas opciones en sus programas, (3) existe un claro desequilibrio entre las instituciones y empresas que promueven y operan los sistemas basados en las fuentes convencionales y las que asumen la responsabilidad de desarrollar las FENR, si las hay, (4) los beneficios sociales de los proyectos basados en TER superan muchas veces a los beneficios privados, (5) la evaluación de los recursos es costosa y su rentabilidad se obtiene en el largo plazo, etc.

La amplitud de las tareas vinculadas al desarrollo rural, así como la magnitud y variedad de las demandas de las comunidades aisladas, exigen hacer más eficiente la acción del Estado, evitando la duplicación de entidades con funciones similares. Con este fin, éste debería diseñar e implementar a nivel local o regional, las capacidades tecnológicas y de gestión en una suerte de “servicios rurales integrados”, que deberían, entre otras tareas, abordar aquellas destinadas al desarrollo de las FENR.

Dado el dinamismo y características del crecimiento económico de la Región y de las exigencias de carácter social y ambientales, no es realista pensar que las necesidades de expansión de las FENR colmadas ayer, parcial pero casi íntegramente, por el sector público, sean traspasadas en el corto y mediano plazo, al sector privado. Éste debe ser un proceso parcial y gradual. En este

contexto, antes que la explotación de las FENR sea atractiva, deben establecerse políticas por parte del gobierno, que faciliten el acceso al recurso y se adopten los incentivos apropiados.

El debate actual en torno al desarrollo sustentable, agregará nuevos roles y objetivos a los que tradicionalmente asumió la planificación del sector energético. En efecto, la incidencia del sector en el uso de los recursos nacionales (naturales, económicos, financieros, etc.), los impactos sobre el medio ambiente de los proyectos energéticos, y su efecto sobre la equidad, imponen desafíos metodológicos y conceptuales no sólo en la definición de las tareas, sino también en la institucionalidad requerida a fin de asegurar la sustentabilidad del desarrollo energético.

En un esquema de desarrollo sustentable, el diseño y la expansión física del sistema debería abordarse considerando, entre otros aspectos, el uso óptimo de los recursos energéticos. La planificación del sistema energético debería hacerse considerando el mínimo costo social de los proyectos, incorporando, obviamente, las externalidades, lo que presupone entre otras cosas, garantizar el libre acceso a los recursos energéticos con el fin de establecer mercados competitivos especialmente en lo que respecta a los recursos hídricos.

La crisis de la industria energética de la Región durante los años ochenta hizo peligrar la capacidad de los países para asegurar el abastecimiento energético derivado de los requerimientos del desarrollo. Ello ha ido generando la necesidad de realizar esfuerzos legales e institucionales tendientes a asegurar la flexibilidad y estabilidad necesarias para adaptarse a los nuevos desafíos impuestos por la sustentabilidad del desarrollo.

Previo a cambios mayores, particularmente aquellos vinculados a cambios en la propiedad de las empresas, se deberá integrar el desarrollo sustentable al nuevo esquema regulatorio y de planificación, de manera de introducir las externalidades y los mecanismos de acceso a la energía por parte de los sectores marginalizados en las variables instrumentales que orientarán el desarrollo del sector.

Es necesario que los procesos de reestructuración, desde sus orígenes, incorporen no sólo los medios, instrumentos legales e incentivos para energizar las zonas aisladas, sino que además definan los roles de los diferentes actores responsables de asegurar la sustentabilidad de los sistemas energéticos basados en las FENR, para las localidades dotadas de suficientes y económicamente explotables recursos renovables.

La existencia y consolidación de mercados "libres", objetivo al cual se vuelcan gran parte de los esfuerzos en los procesos de reforma, no puede hacer olvidar que los precios de mercado reflejan de manera aún imperfecta los costos reales de los energéticos y sus impactos sobre el medio ambiente. Las reglamentaciones o reformas debieran tender a corregir tales distorsiones, internalizando dichas externalidades de tal manera de sentar las bases de procesos de selección de las opciones tecnológicas desde el punto de vista de la sustentabilidad.

Las experiencias internacionales permiten afirmar que la participación -en distintos grados, según sean los ámbitos en que ella se produce y específicas a las localidades o países en cuestión- de los diversos sectores de la población en las distintas fases o aspectos que involucra la reforma,

constituye una condición necesaria para el éxito de tales procesos. A grandes rasgos, dicha participación debería considerar: la reestructuración del sector, incluyendo, por ejemplo, la privatización y el diseño del marco regulatorio; el funcionamiento del sistema; la selección de las opciones tecnológicas, y la debida información de los impactos que éstas comportan.

#### B. Institucionalidad requerida para el desarrollo de las FENR en el contexto de la energización rural

El desarrollo de sistemas de energización rural, requiere de una institucionalidad adecuada y de un mecanismo de financiamiento que cubra las distintas etapas del proceso. La metodología de evaluación de los proyectos basados en las FENR, solamente conducirá a resolver los problemas de falta de energía de los sectores rurales, si cada uno de los actores involucrados en la difusión, masificación, implementación, operación y mantención de los sistemas, dispone de los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios y si existe una institucionalidad que coordine, promueva y oriente el proceso.

La complejidad y extensión de los temas planteados, superan largamente el alcance de este trabajo, en consecuencia se expondrán a continuación sólo los lineamientos principales de lo que debería ser la institucionalidad para enfrentar la promoción de las FENR en los sectores rurales.

##### a) Institucionalidad

La introducción en una comunidad aislada de sistemas energéticos descentralizados (SED), tiene impactos significativos en la comunidad. En consecuencia, si se desea desarrollar estas fuentes se deberá definir la institucionalidad requerida, la que por las características de los proyectos ligados a las TER, no puede limitarse a un organismo central, por fuerte y bien dotado que sea, sino que deberá contemplar las distintas instancias involucradas desde el nivel central hasta los usuarios organizados, incluyendo: cooperativas, municipalidades, empresas distribuidoras, agencias gubernamentales de asistencia técnica, normalmente agrícolas, implantadas en la localidad, etc.

La institucionalidad que se genere para fomentar, desarrollar, implementar y administrar los SED debe ser evaluada, enjuiciando algunos aspectos claves de su funcionamiento, preguntándose, por ejemplo, sí: (1) está completa su estructura, (2) puede lograr los objetivos previstos; (3) tiene la capacidad para evolucionar satisfactoriamente; (4) es aceptada por la comunidad; (5) tiene respaldo jurídico para funcionar; (6) permite generar políticas.<sup>51</sup>

El diseño institucional requiere de un adecuado diagnóstico de las capacidades, mandatos, limitaciones legales y recursos de que disponen las distintas instituciones existentes y que tienen una vinculación con el tema. Además, se deberá evaluar la aceptación social y voluntad política de dichas instituciones en las distintas zonas donde se establecerán los SED, lo que podría conducir a recomendar que el liderazgo sea asumido, eventualmente, por instituciones distintas en las diferentes zonas.

Desde el punto de vista financiero, la institucionalidad debe disponer de recursos significativos si se espera que las FENR juegen un rol relevante en una estrategia de desarrollo sustentable, por lo menos un orden de magnitud menor que los recursos que se destinan a las convencionales.

Sólo en el largo plazo y en la medida que los esfuerzos realizados hayan sido exitosos, vale decir hayan integrado las FENR en el sistema energético y las empresas energéticas establecidas las adopten como una opción más, la institucionalidad oficial deberá limitarse en este campo al rol planificador, regulador y de supervisión que se espera, cumpla, hoy en día, en el caso de las energías convencionales.

El objetivo de la institucionalidad es generar y llevar a cabo un programa de energización rural que asegure la introducción, difusión, masificación y sustentabilidad en el tiempo de los sistemas destinados a satisfacer los requerimientos energéticos domésticos, productivos y comunitarios de las localidades rurales aisladas, de manera de integrarlas en forma económica y eficiente al resto de la comunidad nacional, permitiéndoles gozar de los frutos del desarrollo del país.

La institucionalidad a cargo de los programas de energización rural deberá realizar un conjunto de funciones, tales como: preinversión, inversión y, eventualmente, operación y mantenimiento.

#### - Preinversión

Esta etapa da contenido a la planificación del programa. Ella tiene por finalidad tanto identificar los requerimientos y optimizar el uso de los recursos como permitir el cumplimiento de las metas del programa en el mínimo plazo compatible con los recursos asignados, las prioridades definidas y la calidad integral de los proyectos ejecutados.

En América Latina, de acuerdo a los antecedentes disponibles, pareciera ser que los esfuerzos de electrificación rural no han logrado reducir en forma significativa el número de familias sin electricidad, siendo escasos los proyectos materializados y elevados los costos, por la forma inorgánica en que éstos se desarrollan.<sup>52</sup> En el caso chileno, se ha adoptado una forma desarticulada de electrificación rural, desarrollando proyectos en función de los pedidos de la gente, lo que encarece enormemente los costos por cliente servido y, por ende, reduce el número de familias electrificadas.<sup>53</sup> Es probable que en la Región la situación sea similar.

En esta etapa se deben combinar aspectos técnicos, económicos y sociales, que van desde la selección de las localidades a energizar hasta la firma de un acuerdo con los usuarios. Los aspectos centrales a considerar guardan relación con:

- el análisis de los requerimientos energéticos de las áreas rurales insuficientemente energizadas
- la evaluación de los recursos energéticos en dichas áreas
- el diseño de las soluciones técnicas, en función de los requerimientos tipo y de los recursos disponibles
- el costeo y evaluación de las soluciones tecnológicas disponibles y adecuadas a la localidad

- la asistencia técnica a usuarios y fabricantes
- Inversión

La concreción de los proyectos de energización rural seleccionados por las autoridades correspondientes, presupone llevar a cabo:

- el llamado a licitación para la ejecución del proyecto o abastecimiento de componentes
- la contratación de las obras
- el seguimiento del contrato y la aprobación de las obras
- Operación y mantención de los proyectos

Formalmente, la responsabilidad de la operación y mantención de los proyectos de energización rural, podrá corresponder a las empresas eléctricas de distribución, las municipalidades, las cooperativas u otras organizaciones locales. En cualquier caso, estas actividades se manejarán en forma descentralizada, particularmente si se comparan con las definidas en la etapa de preinversión. Para asegurar el éxito de ellas, especialmente en el caso de que la responsabilidad de la administración de los proyectos recaiga en la comunidad, se deberá:

- proporcionar a los encargados del proyecto una asistencia técnica en aspectos vinculados con la operación, mantención y gestión administrativa
- realizar un seguimiento de los proyectos para verificar los criterios técnicos y administrativos del programa

## b) Actores

El éxito de un programa como el descrito, depende de la adecuada coordinación y activa participación de un conjunto de actores, entre los cuales destacan: el Estado, los usuarios, las empresas u organizaciones responsables de proveer energía, los proveedores de tecnología y las instituciones financieras.

### 1. El Estado

Las principales actividades que deberán llevar a cabo las distintas organizaciones del Estado vinculadas a un programa integral de energización rural, se enumeran a continuación:

#### 1.1 Agencia encargada de aprobar la asignación de los recursos

- Generar y actualizar mecanismos de evaluación de los proyectos de energización rural
- Revisar la evaluación de los proyectos presentados por los municipios y empresarios privados interesados en desarrollar y administrar proyectos de energización

- Definir criterios para priorizar y focalizar los recursos.

### 1.2 Ministerio de Energía o equivalente

En algunos casos, este ministerio o quien asuma esta función se apoyará en la labor realizada por otros organismos del Estado y en otros subcontratará servicios especializados, manteniendo la responsabilidad por la conducción del programa en los puntos siguientes:

- evaluar los recursos energéticos renovables en áreas rurales insuficientemente energizadas
- seleccionar sitios para la explotación de recursos energéticos no convencionales
- evaluar los requerimientos energéticos de las áreas rurales insuficientemente energizadas
- definir técnicamente las opciones tecnológicas apropiadas para cada zona, según los recursos energéticos disponibles y los requerimientos energéticos
- identificar los requerimientos de capacitación, definición de manuales, preparación de monitores, etc.
- definir proyectos demostrativos para las distintas opciones tecnológicas (en función de los requerimientos tipo y los recursos disponibles)
- desarrollar y dar seguimiento a los proyectos demostrativos de energías no convencionales
- definir especificaciones de componentes estándar
- especificar productos y sistemas de control para la recepción de componentes y proyectos

### 1.3 Organismos de fiscalización

- fiscalizar y supervigilar el funcionamiento del sistema
- verificar las normas técnicas y de calidad de servicio
- otorgar concesiones

### 1.4 Municipios

- canalizar las demandas de la comunidad en el campo energético
- evaluar la capacidad de pago de los usuarios
- evaluar la capacidad organizativa de las distintas comunidades a energizar
- formular y evaluar los proyectos
- priorizar los proyectos y solicitar la aprobación de los mismos
- llamar a licitación para la ejecución del proyecto o abastecimiento de componentes
- contratar las obras
- realizar el seguimiento de los contratos y la aprobación de las obras, con la asistencia técnica de los organismos calificados
- operar y mantener los proyectos

## 2. Usuarios

El éxito de estos proyectos está vinculado estrechamente al compromiso de los usuarios en las distintas etapas de desarrollo y concreción de los mismos. Ello presupone, por parte de la autoridad, apoyar las organizaciones comunitarias ya existentes o crear organizaciones ad hoc. Algunas de las actividades principales en que los usuarios pueden estar implicados son:

- identificar los requerimientos energéticos en función de sus necesidades domésticas, productivas, comunitarias y de servicios públicos
- identificar los recursos energéticos locales
- presentar solicitudes a la Municipalidad
- participar en el diseño del proyecto
- evaluar y comprometer su aporte al financiamiento del proyecto
- operar y mantener, en los casos que corresponda, los proyectos

## 3 Empresas u organizaciones responsables de proveer energía

Dependiendo de los tipos de proyectos y del interés que presenten éstos para los inversionistas privados, el abastecimiento de energía podrá estar a cargo de empresas de distribución eléctrica, cooperativas, municipalidades o empresarios independientes. Sus responsabilidades serán:

- identificar y evaluar proyectos de energización
- evaluar y comprometer su aporte financiero al proyecto
- implementar los proyectos
- operar y mantener los proyectos

## 4. Proveedores de tecnología

Las Universidades, Institutos Tecnológicos, fabricantes de equipos y componentes, importadores y contratistas, tendrán la responsabilidad de:

- desarrollar prototipos
- elaborar especificaciones de componentes estándar
- especificar productos y métodos de control de recepción
- certificar la calidad de los prototipos, equipos importados, componentes, equipos de fabricación nacional, etc.
- llevar a cabo proyectos piloto y demostrativos
- evaluar recursos renovables
- fabricar e importar equipos y componentes
- capacitar en las actividades de operación y mantención a los responsables de la explotación de los equipos
- construir las obras e instalar equipos

## 5. Instituciones financieras

Los bancos o agencias de cooperación bi y multilaterales podrán asumir los siguientes roles:

- aportar fondos no reembolsables para financiar la etapa de demostración
- otorgar créditos blandos para el desarrollo del programa de electrificación rural.

### c) Financiamiento

Desde el punto de vista del financiamiento, se deben distinguir dos componentes del programa claramente diferenciados: la etapa de demostración y la etapa de materialización de los proyectos.

#### 1. Etapa de demostración

Esta aparece vinculada a la fase de planificación del programa e incluye actividades de tipo:

- técnicas (evaluación de recursos, diseño de prototipos y componentes, instalación, ensayo y seguimiento de los prototipos, desarrollo de proveedores, etc.)
- económicas (identificación de ítems de costo y evaluación de costos reales, evaluación económica de las alternativas técnicas, identificación y evaluación de opciones de financiamiento, evaluación del riesgo asociado a la inversión, etc.)
- legales (servidumbres, derechos de agua, formas de asociación, tarifas, etc.)
- desarrollo social (concepción y evaluación de distintos esquemas de organización, evaluación de la aceptación social de los proyectos, generación de canales de participación de los usuarios en las distintas etapas del proyecto, seguimiento de los impactos sociales del proyecto).

Los proyectos de demostración deben financiarse, en principio, mediante fondos no reembolsables, debido a que se trata de inversiones no productivas realizadas en parte importante en la etapa de planificación, aunque algunas de ellas se lleven a cabo conjuntamente con la etapa de implementación, específicamente aquellas vinculadas con el seguimiento de los proyectos y la optimización de las soluciones.

#### 2. Etapa de materialización del proyecto

El éxito de esta etapa está vinculado al compromiso en el financiamiento de las inversiones por parte de los principales actores involucrados. No se estima conveniente detallar la participación de cada uno de ellos debido a que en cada país la situación es diferente, sin embargo, es posible señalar que la viabilidad de los proyectos de electrificación rural está estrechamente vinculada a la participación de los usuarios en su financiamiento, ya sea aportando trabajo, materiales o, incluso, recursos monetarios.

## NOTAS Y BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup> El término designa a cualquier materia vegetal y sus derivados creada por efecto de la fotosíntesis, utilizada para obtener energía, ya sea directamente, como combustible, o convertido en combustible líquido o electricidad. Las fuentes de la biomasa incluyen desechos agrícolas y forestales, caña de azúcar, y otros tipos de plantaciones energéticas.
- <sup>2</sup> Maldonado, Pedro y Miguel Márquez. Energía y Equidad. División de Recursos Naturales y Energía, CEPAL, Santiago de Chile, octubre de 1994.
- <sup>3</sup> Best, Gustavo. "Reestructuración energética, desarrollo sustentable y fuentes de energía renovables". Ponencia presentada al Seminario Regional, El papel de las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables en el Desarrollo Sustentable de América Latina y el Caribe, organizado por la División de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la CEPAL, Santiago de Chile, 18 al 20 de octubre, 1995.
- <sup>4</sup> Maldonado, Pedro. Uso eficiente de energía: Una opción estratégica para la protección del medio ambiente; en OLADE, Revista Energética: Energía y Medio Ambiente, año 15, n° 3, sept-dic 1991, Quito, Ecuador, pp. 95-104.
- <sup>5</sup> Además de las opciones convencionales de reemplazar equipos estándar por eficientes y gestionar adecuadamente la energía, este concepto abarca, entre otros: la sustitución de fuentes, la flexibilización del sistema energético, el rediseño de procesos y la cogeneración. Véase: OLADE. Políticas y Regulaciones Gubernamentales Ligadas al Mejoramiento de la Eficiencia Energética, en Revista Energética, (Uso eficiente de energía en América Latina y el Caribe) Año 18, N° 1, enero-abril 1994; pp. 13 a 24.
- <sup>6</sup> Johansson, Thomas B., Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, Robert H. Williams (Editors). Renewable Energy. Source for Fuels and Electricity. Island Press, Washington D.C., 1993, p.1 y 2.
- <sup>7</sup> Priddle, Robert; "Energy Security & Demand in the 21st Century and the Role of Renewable Energy". Grand Solar Challenge International Symposium, Tokyo, 7 October 1995.
- <sup>8</sup> La geotermia constituye, en algunos países, una alternativa competitiva a las fuentes convencionales, para centrales de 30 a 100 MW.
- <sup>9</sup> Maldonado, Pedro; Urquiza, A. y Busquets, E. "Method for Technology Assessment of Disconnected Energy Systems in Latin America"; en, Energy Systems, Environment and Development. A Reader. Advanced Technology Assessment System (ATAS). United Nations, New York, 1991; pp. 119-138. Ello es parcialmente cierto, puesto que es igualmente importante disponer de los recursos humanos y técnicos -a nivel local y/o regional- para aplicar dichas metodologías.
- <sup>10</sup> Fridleifsson, I. y Freeston, D. "Geothermal energy research and development", en Geothermics, vol.23, N°2, pp.175-214, 1994, CNR, Elsevier Science Ltd., Pergamon, Great Britain.
- <sup>11</sup> Freeston, D., "Direct use of geothermal energy in 1990". GRC Bull. pp. 188-198.
- <sup>12</sup> Lund, J., "Direct utilisation of geothermal energy", International Geothermal Conference, St. Petersburg (in prep.), 1993, citado por Fridleifsson, I. y Freeston, D. op cit., 1994.
- <sup>13</sup> Fridleifsson, I. y Freeston, op cit.
- <sup>14</sup> Entre otros, véase: European Communities. The European Renewable Energy Study. Prospects for Renewable Energy in the European Community and Eastern Europe up to 2010. Altener Programme, Brussels, 1994; Pertz, Klaus. Study on Competition between Conventional and Renewable Energy System in Developing Countries. GTZ, Eschborn, 1993; Schiper, Lee; Stephen, Meyers; Michael Grubb; Michael Chadwick and Lars Kristoferson. World Energy: Building A Sustainable Future, Stockholm Environment Institute (SEI); Information Press, Oxford, 1992.
- <sup>15</sup> El tema de los precios del petróleo y sus implicancias en tanto obstáculo al desarrollo de las FENR no está exento de controversia. En el corto plazo, existe consenso en afirmar que la volatilidad de los precios del petróleo hace más difícil evaluar las potencialidades económicas de aplicación de las renovables. En el largo plazo, el fenómeno pareciera ser más complejo, al reflejar los precios del petróleo una gran estabilidad, contradiciendo la percepción muy difundida de una creciente escasez de hidrocarburos y su consecuente incremento en los precios. En todo caso, pareciera ser que la mayor competitividad de las FENR, reposa más bien en sus propios "recursos" o cualidades y en las presiones ambientalistas que en los movimientos en los mercados internacionales del petróleo. Véase al respecto: Pertz, Klaus; op.cit. p.10 y 11.

<sup>16</sup> Maldonado, Pedro, Alberto Urquiza y Eduardo Busquets. "Bases metodológicas para la evaluación de Sistemas Energéticos Descentralizados". Taller Internacional de Evaluación Tecnológica sobre Sistemas Energéticos Descentralizados; Guatemala, 3-5 de abril, 1989.

<sup>17</sup> PRIEN. "Análisis y desarrollo de metodologías para soluciones energéticas no convencionales en zonas rurales". Elaborado para el Ministerio de Planificación y Cooperación, Santiago de Chile, enero, 1995.

<sup>18</sup> En el caso específico de sistemas descentralizados, fotovoltaicos o eólicos, para alimentar un número reducido de viviendas, se entregará la propiedad del sistema a los usuarios siempre y cuando logren cancelar directamente o a través de un préstamo a lo menos un porcentaje previamente determinado, que puede ser del 25%, por ejemplo, de la inversión total requerida para establecer el sistema.

<sup>19</sup> Maldonado, Pedro (et al); ATAS, op. cit.

<sup>20</sup> En realidad el objetivo debería ser la energización de las zonas aisladas, tendientes a satisfacer los requerimientos energéticos domésticos, comunitarios y productivos en vez de limitarse a los puramente domésticos que caracterizan a muchos de los programas de electrificación rural. Incluso, éstos últimos se restringen a dotar de electricidad a las viviendas sólo para alimentar un televisor blanco y negro y 3 a 4 ampolletas, ignorando otros usos de la electricidad indispensables a fines del siglo XX.

<sup>21</sup> En muchos países, las zonas aisladas tienen dificultades mayores para abastecerse -por razones climáticas- a lo largo del año de los combustibles convencionales, por lo que los sistemas basados en las energías renovables las independizan del exterior y permiten un funcionamiento con menos zozobras para sus actividades económicas, comunitarias y residenciales.

<sup>22</sup> PRIEN. "Identificación de esquemas organizacionales para la autogeneración de energía eléctrica en zonas rurales y aisladas". Informe elaborado para la Comisión Nacional de Energía (CNE), Santiago de Chile, 1995.

<sup>23</sup> Shell. Energía Renovable, Shell Briefing Service, N° 1, 1994.

<sup>24</sup> Avalos, Carlos. "Solar Thermal Energy in Latin America and the Caribbean: Status, Barriers and Solutions", en ATAS, op.cit 1991, pp. 103-109.

<sup>25</sup> Hiriart Le Bert, Gerardo (Comisión Federal de Electricidad). "Recursos Geotérmicos, Eólicos y Solares"; selección de artículos elaborados por el autor sobre el tema, 1994 y 1995.

<sup>26</sup> Arata, Adolfo y Giuseppe Rizzi. "Usos y perspectivas de la energía solar en la industria. Situación chilena y comparación con la europea". Actas Primer Congreso Nacional de Energía, Universidad de Chile, 1-6 de abril, 1990, Santiago de Chile.

<sup>27</sup> Johansson, Thomas B., Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, Robert H. Williams (Editors). Renewable Energy. Source for Fuels and Electricity. Island Press, Washington D.C., 1993.

<sup>28</sup> Caldera, Enrique. "Mexico's Experience in Wind Energy Technology Development"; ATAS, New York, 1991, pp. 200-206; véase también Hiriart Le Bert, Gerardo, en Revista de Ingeniería Civil, "Fuentes alternativas: Energía Eólica", pp. 2 a 19, noviembre de 1993, México D.F.

<sup>29</sup> Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. La energía eólica en Chile. Evaluación de su potencial. CORFO, 1993, Santiago de Chile.

<sup>30</sup> Whittingham, John W. "Wind Energy Systems in the Caribbean"; ATAS, New York, 1991, pp. 213-219.

<sup>31</sup> PUE-UNAM. Geotermia en México, México, 1993.

<sup>32</sup> "Wokshop on the Current Situation of, and Prospects for, Geothermal Energy Development in Latin America and the Caribbean", octubre de 1988.

<sup>33</sup> Calderón, Gustavo. "Desarrollo de la energía geotérmica en países en desarrollo: ventajas y restricciones", pp 457-462. Inter-American Development Bank, febrero, 1995. Proceedings of the World Geothermal Congress, 1995. World Geothermal Congress, Florence, Italy, 18-31, May, 1995.

<sup>34</sup> Almeida, Eduardo. "Prospects for the Application of Low-and Medium-enthalpy Geothermal Resources in Latin America an the Caribbean"; en, ATAS, 1991, pp. 220-224.

<sup>35</sup> Renewable Energy for Development, "Micro-Hydro Power. A Guide for Development Workers", Stockholm Environment Institute Newsletter, Nov 1991 Vol., N° 2.

<sup>36</sup> Pardo-Gómez, Rafael. "Evaluation of Small Hydropower Plants in Latin America and the Caribbean"; ATAS, New York, 1991, pp. 232-236.

<sup>37</sup> Johansson, Thomas B (et. al), op cit. p.18.

<sup>38</sup> Aún cuando el conocimiento del recurso es significativamente menor que en el caso de los recursos hidroeléctricos de gran escala. En efecto, la necesidad de acumular información estadística por períodos que

superan 40 años para asegurar con una suficiente probabilidad de ocurrencia la disponibilidad del recurso, siguiendo la conveniencia de concentrar los esfuerzos en estos últimos, en lugar de en los pequeños.

<sup>39</sup> Estos recursos son explotados por personas o empresas que normalmente no tienen la experiencia suficiente o, en algunos casos, ninguna (sobre todo en la actualidad). Lo que no ocurre con aquellos constituyen y operan las centrales de gran tamaño.

<sup>40</sup> Pardo-Gómez, Rafael; en, ATAS, op.cit. p. 232.

<sup>41</sup> Avalos, Carlos. en, ATAS, op.cit. p. 107.

<sup>42</sup> Este podría ser el caso de Bolivia. En efecto, recientemente se ha promulgado la Ley de Participación Popular y se diseñó una Estrategia Nacional de Energía Rural. A través de ambos instrumentos se pretende, entre otros objetivos, incrementar la cobertura del suministro energético de los sectores rurales haciendo mención explícita a las energías renovables y su incorporación en la matriz energética rural. Las omisiones respecto de como enfrentar el desequilibrio entre el costo de las convencionales y de las renovables, por un lado, y el necesario equilibrio financiero de las municipalidades de localidades rurales pobres, permiten suponer que éstas pueden estar más dispuestas a establecer sistemas de electrificación "más baratos" basados en las convencionales y no considerar la implementación de sistemas basados en renovables; por el otro, la no implementación de esquemas de gestión que aseguren la sustentabilidad a dichos sistemas locales de electrificación hacen temer por su permanencia en el tiempo. Véase: Fernández F. Miguel. "Energía Rural y Participación Popular"; en, Energía Regenerativas y Desarrollo N° 7, marzo de 1995, Bolivia. pp. 28-32.

<sup>43</sup> Este pretendido mayor costo de generación de las renovables no considera, en la mayoría de los casos, los elevados costos de la distribución eléctrica en zonas rurales y cuando ello ocurre, el resultado es la inacción debido al desconocimiento de las opciones tecnológicas basadas en las FENR o al sesgo tecnológico y/o económico, real o supuesto, que acompaña su consideración.

<sup>44</sup> GTZ. Electrificación básica para hogares rurales. Experiencia de la GTZ en la difusión de pequeños sistemas fotovoltaicos. Cochabamba, mayo de 1993.

<sup>45</sup> Quijano, José Luis y Luis C.A. Gutiérrez Negrín. "Situación actual de la Geotermia en México", pp. 245-250. Proceedings of the World Geothermal Congress, 1995. World Geothermal Congress, Florence, Italy, 18-31, May, 1995.

<sup>46</sup> Kozloff, Keith y Olatokumbo Shobowale. Rethinking Development Assistance for Renewable Electricity. World Resources Institute, Washington, November 1994.

<sup>47</sup> En cualquier caso se deberá compensar a los proveedores de electricidad por el costo de suministrar servicios no comerciales o subsidiar parte de la inversión, de manera de no penalizar la rentabilidad de quienes prestan este tipo de servicio. Una vez instalados los equipos convertidores y distribuidores de la energía, las empresas deben obtener un ingreso similar por el servicio prestado a aquel que les reporten los usuarios urbanos.

<sup>48</sup> Maldonado, Pedro (et al); ATAS, op.cit.

<sup>49</sup> PRIEN, op.cit., enero 1995.

<sup>50</sup> La Planificación Integrada de Recursos, conocida como IRP por sus siglas en inglés, se apoya en dos principios básicos: mínimo costo para el usuario y tratamiento idéntico para las opciones basadas en la ampliación de la oferta y en el manejo de la demanda o eficiencia energética. Sobre estas premisas se clasifican las diferentes tecnologías y programas de abastecimiento (distintas tecnologías de eficiencia energética, manejo de la demanda máxima, energías renovables, cogeneración, fuentes convencionales) según sus costos crecientes, hasta satisfacer sus requerimientos previstos.

<sup>51</sup> del Valle, Alfredo. Informe elaborado en el marco de un proyecto de la OEA para el desarrollo energético de las provincias Zamora, Loja y El Oro, Quito, Ecuador, 1986.

<sup>52</sup> En Chile ello es particularmente cierto, los programas de electrificación rural han sido poco exitosos y, básicamente, se mantiene inalterado el número de familias sin electricidad, a pesar de que dichos programas financian un porcentaje elevado de los costos de inversión requeridos para abastecer las localidades aisladas. Cabe señalar que los programas que subsidian tales inversiones, han estado reducidos a financiar la extensión de la red y que sólo recientemente se elaboró un manual que permite incorporar, en la evaluación de las opciones posibles, a las FENR.

<sup>53</sup> En 1994, el gobierno chileno definió el Programa de Electrificación Rural (PER), destinado a reducir en un 50% el número de familias sin electricidad. Lo que no está aún plenamente definido es el método que permitirá racionalizar los esfuerzos y materializar las metas con un costo razonable y en el tiempo previsto.

**ANEXO**

**Elementos de selección de TER**



**Tabla N° 1**  
Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles: Fotovoltaica

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Fotovoltaica	Alta	<p>Costo de paneles US\$ 5 a 6 por Watt peak.</p> <p>Costo del sistema sin baterías US\$ 7 a 10 por Watt peak.</p> <p>Costo de baterías US\$ 0.80 por A-h con vida útil del banco de 4 años.</p>	<p>-Sistemas sencillos, prácticamente sin piezas móviles que puedan fallar</p> <p>-Sistemas confiables</p> <p>Adecuadamente dimensionados pueden operar sin fallas entregando su potencia nominal durante muchos años.</p> <p>- Mantenimiento simple</p> <p>-Costos ventajosos en ciertas aplicaciones y localidades</p> <p>- Modularidad</p> <p>- Costos de operación nulos</p> <p>- Vida útil paneles 20 años</p>	<p>- Inversión significativamente especial si la confiabilidad exigida es muy alta</p> <p>- Inexistencia de suficiente personal calificado para diseñar, montar y mantener una gran cantidad de sistemas pequeños</p>	<p>- La demanda de energía debe estar repartida uniformemente a lo largo del año</p> <p>- Salvo para potencias muy pequeñas, el promedio de radiación solar debe exceder 2 kWh/m<sup>2</sup> día</p> <p>- El cociente entre la radiación solar media de verano sobre la de invierno no debe superar un factor 5, es decir, no debe haber reducciones excesivas de la radiación en invierno</p> <p>- La topografía u obstáculos locales no deben bloquear más del 50% de las horas de sol teóricas.</p>	<p>- Iluminación residencial y alumbrado público</p> <p>- Electricidad para electrodomésticos</p> <p>- Bombeo eléctrico de agua</p> <p>- Comunicaciones</p> <p>- Telefonía rural, televisión recepción de radio.</p> <p>- comunicación local por radios de banda ciudadana</p> <p>- Balizas para faros</p> <p>- Talleres artesanales (taladros, sierras, etc.)</p>

**Tabla N° 2**  
Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles: Eólica

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Generación Eólica	Media	<p>Equipo básico: turbina eólica con generador de 1,5 kW nominal (máxima potencia a generar) US\$ 2900</p> <p>Torre autosoportante de 18 metros US\$ 1580</p> <p>Accesorios: Baterías 85 US\$/kWh Inversor continua a alterna 85 US\$/kW Cargador de baterías 300 US\$/kW</p> <p>El precio de la turbina es aprox. lineal con la potencia, en rangos usuales (0,5&lt;Pnom&lt;5 kW; 15&lt;h&lt;40 metros)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los costos de operación no están determinados por el precio de los combustibles y su variación en el tiempo</li> <li>- Puede integrarse o no a la red existente</li> <li>- Modularidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere sistema de respaldo</li> <li>- Depende de un recurso extremadamente variable</li> <li>- Alta inversión</li> <li>- Requiere personal especializado para su operación y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad media del viento superior a 4 m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iluminación residencial y alumbrado público</li> <li>- Electricidad para electrodomésticos</li> <li>- Comunicaciones: televisión, recepción de radio, comunicación local por radios de banda ciudadana</li> <li>- Equipos de refrigeración y bombas en caletas pesqueras</li> <li>- Talleres artesanales (taladros, sierras, etc.)</li> </ul>

**Tabla N° 3**  
**Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles: aerobombeo**

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Bombeo eólico de agua	Alta	En principio, es difícil definir costos debido al número de variables en juego. A modo de ejemplo, para una velocidad media de viento de 6 a 7 m/s, el costo del bombeo podría ser US\$ 3 por litro/minuto por metro de altura de elevación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos costos de operación</li> <li>- Algunos equipos pueden fabricarse localmente</li> <li>- Ahorro de costos del generador y bomba eléctricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión mediana</li> <li>- Sólo permite irrigar superficies reducidas (1-5 há)</li> <li>- Podría requerir sistema de almacenamiento de agua</li> <li>- No coincide el óptimo de instalación del molino (cima de los cerros) con el lugar donde existen napas abundantes y poco profundas</li> <li>- Recurso variable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos hídricos aprovechables a baja profundidad</li> <li>- El rotor de la turbina requiere 4 m/s para funcionar, pudiendo la velocidad media ser ligeramente inferior a este valor</li> </ul>	Bombeo de agua potable y de riego

**Tabla N° 4**  
Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles: Mini-micro hidráulicas

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Mini y micro centrales hidráulicas	Media (algunos tipos factibles de fabricación local)	<p>Grupo turbina-generador de 7,5 kW US\$ 11.500</p> <p>Obra civil mínima US\$ 7.000.</p> <p>Otros costos: almacenamiento de agua (proporcional al volumen embalsado), obras de aducción (proporcional al caudal y a la longitud de las obras), subestación y distribución (proporcional a la potencia)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos costos de operación.</li> <li>- Sistemas robustos y confiables</li> <li>- Puede utilizar personal local en su construcción (obras civiles y equipos) y en algunos casos, en su operación.</li> <li>- Son proyectos multi-propósito (energía, riego, agua potable).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependiendo de la potencia y características de la central, puede requerir de operadores capacitados.</li> <li>- Presupone un potencial hidroeléctrico el que es inexistente en algunas regiones.</li> <li>- Potencial debe estar cercano al lugar de consumo.</li> <li>- El recurso no es normalmente conocido.</li> <li>- El recurso es variable con las condiciones climatológicas.</li> <li>- Bajo factor de carga causado por diseños que enfatizan el costo por kW más bien que por kWh.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para el caso de las turbinas Banki, normalmente utilizadas en centrales de pequeña potencia (50 kW), la altura de caída mínima es de unos 4 metros y el caudal mínimo de 2 m<sup>3</sup>/s.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación eléctrica</li> <li>- Energía mecánica</li> </ul>

**Tabla N° 5**  
Elementos para la Elección de Tecnologías Posibles: Solar térmica

Tecnología	Madurez tecnológica	Costos	Ventajas	Desventajas	Condiciones mínimas de aplicabilidad	Usos
Solar térmico	Media	<p>Para agua caliente, la inversión necesaria es del orden de 300 a 420 US\$/m<sup>2</sup> instalado.</p> <p>Para el secado solar de granos, no es posible dar un valor de costos debido a que éste depende de la irradiación solar, del tipo de producto, de la necesidad de sistemas de respaldo, de la configuración, el grado de humedad del producto y nivel de secado requerido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite proporcionar agua caliente en zonas rurales en que no existen combustibles convencionales y se pretende un mayor confort que el que proporcionaría el agua calentada con leña.</li> <li>- Costos de operación prácticamente nulos.</li> <li>- La construcción de los secadores puede ser hecha localmente.</li> <li>- La operación de los equipos es sencilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su simplicidad puede constituirse en una desventaja en la medida que quienes los diseñen y construyen no consideren los parámetros técnicos necesarios para un buen funcionamiento.</li> <li>- Debe tomarse especiales precauciones para impedir el sobrecalentamiento de los invernaderos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estos equipos son económicamente utilizables en la región, sin restricciones mayores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua caliente sanitaria</li> <li>- Cocción de alimentos.</li> <li>- Secado de productos agrícolas.</li> <li>- Invernaderos.</li> <li>- Desalinización de agua</li> </ul>