

## **Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles**

por B. van Campen, D. Guidi y G. Best

92 pp., 21 cuadros, 10 recuadros de texto, 6 anexos

Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, No. 3

FAO, Roma, 2000

### **Resumen**

El potencial de los sistemas de energía solar fotovoltaica (FV) se ha demostrado en los proyectos de electrificación rural realizados en todo el mundo, en especial el de los sistemas solares domésticos. Crece la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos gracias a la constante disminución de sus precios, así como por la experiencia en su aplicación en otros sectores, como los servicios sociales y comunales, la agricultura y otras actividades productivas capaces de repercutir significativamente en el desarrollo rural. De todas formas, hace falta más información del potencial y las limitaciones de esas aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos.

Así pues, el principal objetivo de este estudio es contribuir a conocer mejor el posible efecto y las limitaciones de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS), sobre todo en las actividades que generan ingresos. Resulta, en efecto, de primera importancia determinar la contribución potencial de los sistemas fotovoltaicos al desarrollo rural, con el fin de lograr un mayor compromiso económico y político con los proyectos y programas de energía solar FV y perfeccionar su elaboración.

Una de las experiencias más importantes de este estudio es que el éxito de los programas FV mejora considerablemente con una estrategia integral. Los sistemas solares fotovoltaicos, por la flexibilidad de su aplicación, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione “paquetes” de servicios a las zonas rurales apartadas, por ejemplo para los servicios de salud, educación, comunicaciones y luz eléctrica, así como para la agricultura y el suministro de agua. Se espera que este documento fomente la creatividad y la comunicación entre las diversas instituciones que participan en el suministro de estos servicios a las zonas rurales, y de esta manera, sea una aportación a las decisiones “informadas” en materia de opciones de tecnología fotovoltaica.

**Palabras claves:** energía solar; fotovoltaico; desarrollo rural; generación de ingresos; agricultura; acuicultura; ganado.

Esta serie sustituye a las siguientes:

\* Serie sobre Medio Ambiente y Energía

\* Serie del Centro de Teledetección

\* Serie de Agrometeorología

En nuestro sitio en Web (<http://www.fao.org/sd>) figura una lista de los documentos de las series mencionadas.



### **Fotografía de la portada:**

Panel solar fotovoltaico de una bomba para extraer agua del río y regar un huerto mixto. Este sistema forma parte de un proyecto de la FAO realizado en las proximidades del río Senegal, para la gestión forestal y del territorio comunal en Dagana y Podor, al norte del Senegal. Este proyecto imparte capacitación técnica y en organización. En las aldeas de esos municipios se han multiplicado los huertos mixtos. Grupos de aldeanos, en particular mujeres y hombres jóvenes, forman un huerto, rodeado de árboles para protegerlo del viento y el sol. En esas parcelas, por lo general situadas a orillas de la aldea, se cultiva toda clase de productos hortícolas para mejorar las condiciones locales. Las características de los huertos dependen de su situación y de la creatividad de sus encargados. A veces les incorporan incluso colmenas. En el programa académico de la escuela de Podor se ha incluido un curso de estudios agrarios, con el fin de explicar a la población el propósito de los huertos mixtos.

Autor: I. Balderi, 1995

## Prólogo

La energía es un importante insumo para satisfacer las necesidades humanas básicas y suministrar los servicios fundamentales, se utiliza para cocinar, proporcionar agua, luz eléctrica, servicios de salud, en las comunicaciones y la educación. También es un elemento vital para mejorar la producción rural y la seguridad alimentaria mediante la preparación de las tierras, su fertilización, para el riego, la industria agropecuaria, la conservación y el transporte. En muchas zonas rurales de los países en desarrollo, actualmente las necesidades de energía se satisfacen sobre todo con combustibles de biomasa, y con trabajo humano y animal. Este inicuo panorama limita seriamente la posibilidad de muchos pobladores de las zonas rurales de mejorar su productividad agrícola y su calidad de vida.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación sigue promoviendo como organismo coordinador de las actividades del capítulo 14 del Programa 21 la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS). Este estudio se propone contribuir a ese proceso asistiendo a los Países Miembros de la Organización en su transición hacia el uso de sistemas más sostenibles de energía rural. La FAO observa que la tecnología fotovoltaica ya está suministrando servicios de energía en muchos lugares del mundo, sobre todo en el ámbito doméstico, y llama la atención al potencial de los sistemas FV para promover nuevas actividades que generen ingresos e incrementen la productividad agrícola.

Una de las experiencias más importantes de este estudio es que el éxito de los programas FV mejora considerablemente con una estrategia integral. Los sistemas solares fotovoltaicos, por su flexibilidad de aplicación, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione “paquetes” de servicios a las zonas rurales apartadas, por ejemplo para los servicios de salud, educación, comunicaciones y luz eléctrica, así como para la agricultura y el suministro de agua. Se espera que este documento fomente la creatividad y la comunicación entre las diversas instituciones que participan en el suministro de estos servicios a las zonas rurales, y de esta manera sea una aportación a las decisiones “informadas” en materia de opciones de tecnología fotovoltaica.

Los autores agradecen a todas las personas que ayudaron a realizar este estudio y a elaborar el documento final. Numerosas personas de organizaciones para el desarrollo, la industria, ONG, universidades y colegas de la FAO contribuyeron significativamente con conceptos, información, experiencia y comentarios críticos. Nuestro agradecimiento sobre todo a las personas que respondieron a una encuesta realizada durante la preparación del estudio. Los autores agradecen en particular a la Sra. Cecelski y al Sr. Sinha sus comentarios fundamentales y constructivos.

La FAO espera que este estudio contribuya, por poco que fuera, a un cambio tan necesario en el panorama de la energía en las zonas rurales de los países en desarrollo y, en particular, a la incorporación de los sistemas FV en los programas agropecuarios, así como de la agricultura en los programas de energía fotovoltaica.

Jacques Ekebil  
Oficial encargado del  
Departamento de Desarrollo Sostenible

## Abreviaturas y siglas

ADRS	Agricultura y Desarrollo Rural Sostenibles
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program (Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de la Energía del Banco Mundial)
CA	Corriente Alterna
CCB	Centro de Carga de Baterías
CCD	Costos del Ciclo de Duración, <i>se refiere al cálculo de los costos totales de un sistema o tecnología durante su vida útil, comprendidos los costos de inversión, combustible, operación y mantenimiento. Los resultados suelen presentarse como costos anuales para facilitar la comparación entre tecnologías de diferente duración.</i>
CD	Corriente Directa
CE	Comisión Europea
DOE	Department of Energy (Departamento de Energía), Filipinas
EPE	Empresa Provedora de Electricidad
ER	Energía Renovable
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
FV	Fotovoltaico, se refiere a la conversión directa de la luz solar en electricidad a través de semiconductores
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GTZ	Sociedad Alemana de Cooperación Técnica
LFC, LF	Luz Fluorescente Compacta o Luz Fluorescente: <i>luces de consumo eficiente, de poco gasto de energía, a menudo utilizadas con los sistemas FV</i>
MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
MSIP	Municipal Solar Infrastructure Project (Proyecto de Infraestructura Solar Municipal), Filipinas
NEA	National Electrification Authority (Autoridad Nacional de Electrificación), Filipinas
NEC	North Eastern Council (Consejo Nororiental), India
NREL	National Renewable Energy Laboratories (Laboratorios Nacionales de Energía Renovable), EE.UU.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS	Organización Mundial de la Salud
PERM	Programa de Energía Renovable en México
PRESSEA	Promotion of Renewable Energy Sources in South East Asia (Promoción de Fuentes de Energía Renovables en el Sureste de Asia), Indonesia
PRODEEM	Programa de Desarrollo Energético de Estados y Municipios, Brasil
SELCO	Solar Electric Light Company (Compañía de Luz Eléctrica Solar), EE.UU.
SELF	Solar Electric Light Fund (Fondo para la Luz Eléctrica Solar), EE.UU.
SSD	Sistema Solar Doméstico, <i>se refiere a una aplicación común de los sistemas FV para llevar luz, radio y televisión a los hogares, sobre todo en los países en desarrollo</i>
UE	Unión Europea
Wp	Watt-peak, <i>se refiere a una medida standard de la producción eléctrica de los módulos FV: la potencia máxima de un modulo FV en condiciones standard de prueba.</i>

## **Resumen ejecutivo**

El principal propósito de este estudio es contribuir a conocer mejor el impacto potencial y limitaciones de las aplicaciones solares fotovoltaicas (FV) en la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS), en especial su impacto en las actividades que generan ingresos y el bienestar social.

### **Plan del documento**

Los resultados de este estudio se presentan en forma tal que el lector pueda consultar directamente las secciones que más le interesen. El capítulo 1 contiene la introducción y los objetivos. El capítulo 2 proporciona la información general del estudio. El capítulo 3 presenta los principales resultados del trabajo, las aplicaciones más frecuentes de los sistemas FV en las zonas rurales y sus (posibles) repercusiones. Está organizado por sectores de la sociedad rural (el hogar, los servicios sociales y comunales, las actividades productivas no agrícolas y la agricultura), y subdividido según las aplicaciones más importantes de esos sistemas. Se presentan algunos estudios de caso en recuadros. El capítulo 4 resume los resultados y destaca las sugerencias más importantes, así como la experiencia adquirida, para aprovechar las oportunidades de los sistemas FV para el ADRS. Los anexos contienen información más detallada de distintas cuestiones comentadas en el documento, como un conjunto de recomendaciones para promover los sistemas FV para el ADRS, la encuesta y una bibliografía.

### **Capítulo 1**

El capítulo 1 establece los objetivos y el alcance del estudio, define sus limitaciones y hace hincapié en la necesidad de conocer mejor la posible contribución de los sistemas fotovoltaicos al desarrollo rural, así como en la necesidad de que prosiga la investigación para conseguir un mayor compromiso económico y político para los programas de energía fotovoltaica.

### **Capítulo 2**

La importante relación que hay entre la energía y la agricultura y desarrollo rural sostenibles se comenta brevemente en la primera sección. La energía se considera un insumo importante del proceso de desarrollo y no un fin en sí misma, sino un medio para suministrar los servicios necesarios a los distintos sectores de la sociedad rural: las familias, la agricultura, las actividades productivas no agrícolas (industria artesanal y servicios comerciales); así como para los servicios comunales y sociales (por ejemplo, agua potable, atención sanitaria, educación). La sección 2.2 comenta brevemente las experiencias de electrificación en el contexto del desarrollo rural. La sección 2.3 ofrece un panorama general de la técnica y la organización de la electrificación rural con sistemas FV. La sección 2.4 describe con mayor detalle la experiencia de tres decenios de utilización de energía FV, sobre todo sus aspectos institucionales, el mercado actual de los sistemas FV y los mercados que se están formando.

### **Capítulo 3**

A partir de encuestas, bibliografía, documentos de proyectos y entrevistas a profesionales y a personas claves del ámbito de la energía FV, se comentan las aplicaciones más importantes desde el punto de vista de su utilización actual y de su impacto (potencial), con especial atención a las aplicaciones productivas en las zonas rurales de los países en desarrollo. A continuación se presenta una breve síntesis de este comentario.

**Los sistemas solares domésticos (SSD)** siguen siendo la aplicación predominante de la energía FV en las zonas rurales de los países en desarrollo, y se usan sobre todo para iluminación, radio y televisión en los hogares. Algunos estudios informan que hay pocos datos que confirmen el impacto económico directo de los SSD en las familias; otros estudios indican un aumento de las actividades que generan ingresos y mencionan el ahorro de tiempo y la extensión del día gracias a los SSD. Este “tiempo extra” a veces se destina a actividades productivas como coser, tejer cestos y hacer artesanías. En otros casos el “tiempo extra” facilita las labores domésticas, permite hacer tareas escolares, estudiar y dedicarse a actividades de esparcimiento. Además, un mejor acceso a la información a menudo produce beneficios económicos indirectos, aparte de que los servicios eléctricos elevan el nivel de vida.

Actualmente se están llevando a cabo numerosos proyectos de energía FV para **los servicios sociales y comunales**, como suministro de agua potable, centros de salud, educación e instalaciones comunales. La energía FV a menudo ha resultado ser la solución más eficaz y económica para mejorar esos servicios en las zonas remotas y no electrificadas de los países en desarrollo. A través de estos servicios, los sistemas FV pueden repercutir en forma considerable en la vida de todos los pobladores de las zonas rurales, siempre que se tenga cuidado de hacerlos llegar hasta los grupos más marginados. En ocasiones, el suministro de servicios sociales y comunales puede poner en marcha la provisión de actividades que generen ingresos.

Los sistemas solares pequeños también contribuyen a la creación de **actividades productivas no agrícolas** en muchos países, por ejemplo: bares, restaurantes, salas rurales de cine, tiendas de teléfonos, talleres técnicos y artesanales, gracias a que facilitan la utilización de pequeñas herramientas y aparatos (taladros, cautines, licuadoras), luz, radio y televisión. Se ha demostrado que la instalación y el mantenimiento de los sistemas FV y las ventas de electricidad FV contribuyen a la creación de empleos rurales. En este sector se pueden seguir investigando las posibilidades de los sistemas híbridos de energía FV y eólica o de diesel.

Además los sistemas FV tienen cada vez más **aplicaciones agrícolas**. Algunas, como los abrevaderos para el ganado y las cercas eléctricas, ya tienen una amplia difusión comercial. Otras aplicaciones, como el riego por goteo accionado con energía FV. Se están formando otros mercados para ciertas aplicaciones de los sistemas FV, por ejemplo para riego por goteo. Se necesita investigar más otras aplicaciones interesantes, como el control de plagas, el bombeo de aireación para acuicultura y la iluminación para piscicultura y avicultura, para conocer sus posibilidades de difusión. Hay casos de éxito en la aplicación de sistemas híbridos de energía FV y diesel o eólica para un suministro más económico de energía a las actividades agrícolas que consumen mayores volúmenes de la misma.

#### **Capítulo 4**

El último capítulo resume los resultados. Éstos permiten a los autores del trabajo concluir que ya es momento de avanzar hacia una nueva etapa de **energía FV más allá de la bombilla de luz**, y encaminarse a la plena explotación del potencial de los sistemas FV orientados a la ADRS, para llegar, donde sea viable, a la demanda de electricidad más allá el ámbito doméstico. Con el fin de aprovechar estas oportunidades se proponen opciones, incluso un llamado a una mayor cooperación entre las instituciones de los sectores de la energía, la agricultura y el desarrollo rural. Si bien se reconoce que la principal responsabilidad de acción incumbe a las autoridades nacionales encargadas del desarrollo, se comenta la función de los

organismos de cooperación técnica, como la FAO, en el apoyo a esas actividades en los países.

Las aplicaciones de la energía FV, en especial para actividades productivas, tienen considerables posibilidades de responder a los intereses ambientales (por ejemplo, el cambio climático) y de mejorar la situación de la población de las zonas rurales empobrecidas de los países en desarrollo. Se hace referencia al compromiso de la FAO de aprovechar este potencial en el proceso de promoción de la agricultura y desarrollo rural sostenibles en los países en desarrollo. Como seguimiento de las conclusiones y recomendaciones del presente estudio se recomienda que la FAO busque activamente cooperación y alianzas con otras partes interesadas.

La preparación y publicación del presente estudio refleja el interés de la FAO en ayudar a sus Países Miembros a aprovechar las oportunidades que brindan las novedades del sector de la energía FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles. En vista de la importancia de los programas intersectoriales como estrategia para aprovechar al máximo los beneficios de las aplicaciones de energía FV, esperamos que este estudio contribuya a destacar la función de la FAO en el estímulo a la incorporación de los sistemas FV en los programas de desarrollo agrícola, y de la agricultura en los programas actuales de energía FV.



## Índice

	<u>página</u>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>v</b>
<b>ABREVIATURAS Y SIGLAS</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
1.1    Introducción	1
1.2    Objetivos y alcance del estudio	2
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.1.    La energía rural y el desarrollo rural	3
2.2.    El reto de la electrificación rural: experiencias y repercusiones	4
2.3.    Dinámica de la electrificación rural FV	5
2.4    Electrificación rural FV: obstáculos, instituciones y mercados	9
<b>3. LA ENERGÍA FV PARA LA AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLES</b>	<b>13</b>
3.1    Instrumentos y esbozo de los resultados	13
3.1.1    Actividades e instrumentos	13
3.1.2    Esbozo de los resultados	14
3.2    Energía FV para los hogares rurales: sistemas solares para uso doméstico	17
3.2.1    Repercusiones de los SSD en la economía familiar	17
3.2.2    Repercusiones de los SSD en el bienestar social	20
3.2.3    Aspectos de género del impacto de los SSD	21
3.3    Energía FV para los servicios sociales y comunales	23
3.3.1    Energía FV para la atención sanitaria	23
3.3.2    Energía FV para el suministro de agua potable	25
3.3.3    Energía FV para las escuelas, las instalaciones comunales y otros edificios públicos	27
3.3.4    Otros usos sociales y comunales de los sistemas FV	30

3.4	Energía FV para aplicaciones productivas no agrícolas	33
3.4.1	Energía FV para la industria artesanal y el comercio	34
3.4.2	Energía FV para las empresas de servicios	35
3.4.3	Microempresas de energía FV	39
3.5	Energía FV para la agricultura	40
3.5.1	Energía FV para bombeo e irrigación	41
3.5.2	Energía FV para abrevaderos	45
3.5.3	Energía FV para acuicultura y pesca	48
3.5.4	Refrigeración FV para carne, lácteos y otros productos	49
3.5.5	Cercas eléctricas FV	50
3.5.6	Otras aplicaciones de la energía FV en la agricultura	50
<b>4.</b>	<b>ENERGÍA FV PARA LA ADRS: RESULTADOS Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
4.1	Resultados	53
4.2	Recomendaciones para elaborar programas integrales de electrificación FV	54
4.3	Observaciones finales	56
 <b>ANEXOS</b>		
Anexo 1	Bibliografía	57
Anexo 2	Lista de cuestionarios contestados	62
Anexo 3	Reseña de proyectos de electrificación rural	64
Anexo 4	Mercados actuales y potenciales de las aplicaciones FV rurales	66
Anexo 5	Encuesta	70
Anexo 6	Recomendaciones para promover la energía FV para la ADRS	79

## RECUADROS Y CUADROS

### RECUADROS

1. Importancia económica de las previsiones del clima para las familias de Mongolia Interior (China)	19
2. Relacionar el ecoturismo con la electrificación rural solar y el desarrollo de las mujeres	22
3. La energía FV para la atención sanitaria: planteamiento integral en Colombia	25
4. Electricidad FV para programas de educación para adultos en Honduras	29
5. Proyecto de Infraestructura Solar Municipal (MSIP) en Filipinas	32
6. Iniciativa Greenstar: unir la energía FV a la informática y a la creación de microempresas en Palestina	37
7. Kwh solares para microempresas rurales en Bangladesh	38
8. Experiencia de ENERSOL: apoya las microempresas solares en la República Dominicana	39
9. La experiencia de la India en bombeo FV para irrigación	44
10. La programa de Energía Renovable de México	46

### CUADROS

1. La población rural y las tendencias de electrificación	4
2. Panorama general del potencial y limitaciones de los sistemas FV	10
3. Aplicaciones de los sistemas FV	14
4. Repercusión de los sistemas FV en diversos sectores rurales	15
5. Inventario de sistemas FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles	15
6. Ventajas domésticas gracias a la electricidad FV	20
7. Tipo de servicios sociales y comunales que propicia la energía FV	23
8. Repercusiones de los sistemas FV en los servicios sociales y comunales	23
9. Viabilidad económica de los sistemas FV de bombeo de agua	26
10. Empresas creadas o mejoradas con electricidad FV	33
11. Repercusiones de la energía FV en las actividades comerciales	34
12. Ingresos extras procedentes de actividades de exparcimiento realizadas con energía FV	37
13. Resumen de microempresas que funcionan con energía FV en Bangladesh	39
14. Actividades agrícolas estimuladas con energía FV	40
15. Repercusiones de los sistemas FV en la agricultura	40
16. Avance de los sistemas FV instalados en la India	43
17. Comparación de costos de bombas para abrevadero con energía FV o mediante la ampliación del servicio ordinario	46
18. Embarques actuales y previstos de módulos FV	66
19. Aplicaciones finales de la producción de módulos FV en los EE.UU.	67
20. Mercado de las aplicaciones de energía renovable en México	68
21. Mercado FV potencial de servicios comunales en las zonas rurales de los países en desarrollo	69



# 1. Introducción y objetivos

## 1.1 Introducción

Suele reconocerse que la electricidad es un importante elemento del desarrollo socioeconómico rural, no como fin en sí misma sino a través de la demanda de los servicios que permite ofrecer, como el bombeo de agua potable, la prolongación del día gracias a la iluminación, y la preparación de alimentos. En general, el aumento de la demanda de energía –tanto en cantidad como en calidad– está directamente relacionado con el desarrollo socioeconómico. Con todo, las poblaciones rurales de muchos países en desarrollo han quedado excluidas de la mayor parte de los beneficios del desarrollo económico y de la transición hacia servicios de energía eléctrica de mejor calidad. Poco parece haber cambiado desde que se plantearon por primera vez las cuestiones y los problemas de la energía rural a fines del decenio de 1960; las fuentes tradicionales de energía (leña, residuos de biomasa, tracción humana y animal) siguen siendo los principales y con frecuencia los únicos recursos energéticos disponibles para millones de familias rurales, con limitaciones y efectos bien documentados en el bienestar rural en ámbitos como la salud, la seguridad alimentaria y la producción agrícola<sup>1</sup>.

El Programa 21, emanado de la Conferencia de 1992 de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, pide fomentar la “transición a la problemática energética rural”. La FAO fue designada organismo coordinador del Capítulo 14, correspondiente al fomento de la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS), pero además señala la necesidad de esa transición como medio para mejorar efectivamente las condiciones socioeconómicas de las poblaciones rurales, en especial como requisito de "un incremento de la productividad y para generar ingresos". En el presente estudio se hace el mismo énfasis en la energía como medio y no como fin, con especial atención a las posibilidades de los sistemas solares fotovoltaicos (FV) para uso destinado al desarrollo agrícola y rural, especialmente para las actividades que producen ingresos, como base de un desarrollo rural sostenible.

En los decenios pasados la energía FV ha demostrado sus posibilidades tecnológicas de llevar electricidad a las zonas rurales, así como de mejorar en los países en desarrollo el acceso de las zonas rurales a la electricidad. Ha habido impresionantes adelantos técnicos y de organización, económicos y financieros. Los sistemas FV ahora están integrándose en grandes programas de electrificación rural en distintas partes del mundo (Argentina, la India, México, Sudáfrica, los Estados Unidos y Zimbabwe). En general, la tecnología FV está llegando a su madurez comercial y se prevé que la inversión cada vez mayor en nueva capacidad de producción reduzca más los precios y propicie una mayor competitividad<sup>2</sup>. Los programas y los estudios ahora abordan las cuestiones relativas al desarrollo del mercado en gran escala en las zonas rurales: acceso a crédito asequible, infraestructura de mercado local para instalación y mantenimiento de los sistemas FV, y mecanismos para la elaboración local de políticas favorables. Casi toda la atención se dirige a los sistemas solares domésticos por ser la aplicación más confirmada de los sistemas FV, pero con usos limitados a la iluminación y a la utilización de radio y televisión. El constante adelanto de la tecnología FV y la disminución de sus precios están creando nuevas oportunidades para otras aplicaciones de la misma, con mayores repercusiones y más sostenibles para el desarrollo rural.

---

<sup>1</sup> Una explicación detallada de la energía rural y el desarrollo en: FAO/WEC, 1999.

<sup>2</sup> Los precios internacionales de los sistemas FV están disminuyendo de 10 dólares EE.UU. por Wp. en 1980 a cerca de tres dólares Wp actualmente.

De la información anecdótica con que se cuenta se puede concluir que se están utilizando cada vez más estas aplicaciones, pero hay poca información sistemática disponible, en especial en lo referente a las actividades que generan ingresos.

## **1.2 Objetivos y alcance del estudio**

El principal objetivo de este estudio es contribuir a conocer mejor el impacto potencial y limitaciones de los sistemas FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles, en especial en las actividades que generan ingresos.

En efecto, es muy importante determinar la contribución (potencial) de los sistemas FV al desarrollo rural, con el propósito de lograr un mayor compromiso económico y político para los proyectos y programas de energía FV.

Se definieron los siguientes temas de investigación:

- ◆ ¿Cuáles son actualmente las principales aplicaciones de los sistemas FV, sobre todo para actividades que generen ingresos?
- ◆ ¿Qué posibles repercusiones tienen estos sistemas?
- ◆ ¿Qué ventajas y desventajas tienen estos sistemas en comparación con otras tecnologías?
- ◆ ¿En qué situación están las distintas aplicaciones respecto a su utilización y difusión (desde el punto de vista de su potencial técnico y su competitividad económica)?
- ◆ ¿Qué se puede aprender de la bibliografía, las personas clave y las reseñas de proyectos, para aprovechar al máximo el impacto de los sistemas FV en el desarrollo rural?

El presente documento es resultado de una encuesta realizada entre coordinadores de proyectos de sistemas FV, una revisión bibliográfica y de documentos de proyectos, y entrevistas a participantes decisivos en el ámbito de la energía FV.

El estudio, además, se propone profundizar el conocimiento de los siguientes principios:

- ◆ La reducida carga de energía de los sistemas FV puede acarrear desarrollo socioeconómico rural. Específicamente, la opción FV se investiga como insumo de las actividades rurales que generan ingresos y como instrumento de aplicaciones de la electricidad con gran valor agregado, por los beneficios sociales que comprende.
- ◆ Diversas aplicaciones específicas de los sistemas FV para uso productivo pueden reproducirse ampliamente. Pero no basta una madurez técnica, hay que suplirla con mecanismos de apoyo para la difusión de esos sistemas (políticas, programas de sensibilización, apoyo del sector privado, estrategias comerciales, mecanismos de financiación rural).
- ◆ Por lo menos una parte de la energía producida por los sistemas solares domésticos, utilizada sobre todo para iluminación, radio y televisión, hoy también está al servicio de actividades económicas domésticas.

## 2. Antecedentes

### 2.1. La energía rural y el desarrollo rural

La población rural sigue siendo una importante mayoría en casi todos los países en desarrollo y, según las estadísticas, seguirá siendo así hasta bien avanzado el presente siglo. Aunque muchos de estos países han logrado un significativo crecimiento económico en los últimos decenios, las cifras son promedios nacionales, encubren desigualdades económicas y falta de acceso de los pobres a los servicios básicos necesarios, en especial en el medio rural. La pobreza suele estar repartida en forma desigual en las zonas rurales, sobre todo en los países en desarrollo. Los programas de las autoridades nacionales e internacionales no suelen prestar atención las zonas rurales, ya que la mayor parte de la atención política y económica se dirige al crecimiento económico que activa la industria. Aparte de la injusticia a tantas personas, representa también un volumen enorme de recursos humanos desaprovechados. Es más, hay que darse cuenta de que en las zonas rurales es donde se originan muchos de los recursos fundamentales (como el agua, los alimentos, la energía a partir de la biomasa) para la sociedad en conjunto. Las zonas rurales y sus recursos naturales y humanos son la piedra angular de la economía, especialmente en los países en desarrollo, y deberían ser objeto, por lo tanto, de más atención en las prioridades del desarrollo.

En 1991 la FAO estableció un marco de la agricultura y desarrollo rural sostenibles (ADRS) como parte de su mandato de mejorar las condiciones de las poblaciones rurales y la productividad agrícola: "...la ordenación y la conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de modo tal que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo viable (en los sectores agrícola, forestal y pesquero) conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable".

Rebasa el alcance de este documento un análisis detenido de la función de la energía rural en el marco de la ADRS. Pero cabe señalar que la energía desempeña una importante función para numerosas necesidades básicas de las personas, así como para la agricultura y el desarrollo económico de las zona rurales. A continuación se presentan algunos ejemplos de las importantes actividades que requieren electricidad en diferentes sectores rurales:

- sector agropecuario: irrigación, preparación de las tierras y fertilización;
- sector doméstico: iluminación, elaboración, preparación y conservación de los alimentos;
- sector de la industria y los servicios comerciales rurales: iluminación, procesos industriales;
- servicios comunales y sociales: bombeo de agua, refrigeración para los centros de salud, iluminación de las instalaciones comunales<sup>3</sup>.

El presente estudio se concentra en los sistemas solares fotovoltaicos (FV) que pueden satisfacer una parte de las necesidades rurales de energía. Como ya se señaló, la mayor parte de los programas de energía FV han dado prioridad a los sistemas solares domésticos por ser las aplicaciones más comprobadas de la energía FV. Muchas otras aplicaciones de los sistemas FV han demostrado sus posibilidades gracias al constante avance de esta tecnología, a la disminución de los precios y a la experiencia cada vez mayor de organización de su

---

<sup>3</sup> Sírvase consultar también FAO/WEC (1999) y FAO (1999), donde se analiza con más detalle la relación entre energía, desarrollo rural y agricultura (en sus aspectos de consumo y producción de energía).

introducción. Esto promete abrir el paso a una mayor contribución de los sistemas FV al desarrollo rural.

## 2.2. El reto de la electrificación rural: experiencias y repercusiones

La mayor parte de los países ha puesto en marcha programas de electrificación rural, por lo general a partir de la extensión de la red nacional de electricidad, especialmente en los años setenta y ochenta. La extensión de esa red varía mucho de un país a otro, pero a menudo es escasa en las zonas rurales. El cuadro 1 muestra que si bien en proporción se ha avanzado mucho, en cifras absolutas todavía casi dos mil millones de personas del medio rural en los países en desarrollo no cuentan con electricidad.

**Cuadro 1 La población rural y las tendencias de electrificación**

	1970	1980	1990
Población mundial	3 600	4 400	5 300
Población rural de los países en desarrollo	2 600	3 000	3 200
Población rural con servicio de electricidad	610	1 000	1 400
Población rural sin servicio eléctrico	2 000	2 000	1 800
Porcentaje de población rural atendida	23%	33%	44%

Fuente: Davis (1995) en FAO/WEC (1999)

Se ha discutido mucho el grado de éxito de estos programas de electrificación. Aunque en algunos casos han dado muy buenos resultados y han transformado las zonas rurales, en otros el éxito ha sido muy relativo. Numerosas razones fundamentan esta compleja situación. El reto de la electrificación rural, aparte de las masas de población rural de los países en desarrollo que todavía no tienen electricidad, se acentúa por algunas características específicas:

- ◆ gran dispersión de los consumidores potenciales en las zonas rurales con poca demanda;
- ◆ concentración de la demanda en un breve periodo del día (por lo general en las primeras horas de la noche), lo que conduce a factores de un volumen máximo relativamente elevado y poca carga;
- ◆ gran pérdida de energía (hasta 25 por ciento), incluso por robo;
- ◆ limitado poder de compra de los consumidores para consumo de electricidad y gasto en electrodomésticos;
- ◆ dificultad de facturación, mantenimiento y servicio.

Por las características recién mencionadas, en muchos casos la electrificación rural no tiene interés económico y requiere subsidios públicos. Se han elaborado numerosos análisis, sobre todo en los años ochenta y principios de los noventa, de las repercusiones de los programas de electrificación rural<sup>4</sup>. El anexo 3 presenta un panorama general de esos estudios. En general, la conclusión ha sido que las repercusiones de la electrificación rural no suelen ser lo que se pretende, y que el éxito de la electrificación rural viene después del desarrollo económico y no al contrario.

<sup>4</sup> A cargo de Fluitman, 1983, Pearce y Webb, 1987, Desai, 1988, Foley, 1990, y Munasinghe, 1990: citados en Ramani, 1993; Schramm, 1993.

Schramm (1993) concluye que la electrificación a través de la red ordinaria, aunque es versátil una vez instalada, constituye la inversión más costosa en energía y que, en principio, todas las necesidades de electricidad que se pueden atender con la extensión de esa red también se pueden satisfacer con la mezcla adecuada de opciones de suministro de energía (FV, keroseno, leña, diesel, eólica). En muchos países en desarrollo se han llevado a cabo recientemente programas de reformas al sector eléctrico, a menudo a partir de procesos de desreglamentación y privatización. La viabilidad económica ha sido uno de los criterios prioritarios de esas nuevas estructuras respecto a los recientes proyectos de electrificación rural. En busca de las opciones de electrificación rural menos costosas, cada vez se toman más en cuenta las de energía descentralizada como opción a la extensión de la red ordinaria. Estas tecnologías descentralizadas presentan ventajas, aunque también ciertas limitaciones, sobre todo respecto a la escala y la carga (ver también la sección 2.4).

En los últimos años de nuevo se piensa en el suministro de electricidad al medio rural y en la relación entre energía (electricidad) y pobreza. Cecelski (2000) somete a examen varios “factores del éxito” de la extensión del servicio eléctrico en el medio rural: los subsidios, el crédito y las opciones de alquiler de los sistemas FV. Cecelski reconoce que aun en esas circunstancias, la electrificación probablemente no llegue a más de entre 50 y 75 por ciento de la población rural, y que puede beneficiar a los menos pobres. La mayor atención que se está dando actualmente a la mitigación de la pobreza ha devuelto importancia a las repercusiones de la electrificación rural, pero muy pocos estudios empíricos convincentes demuestran que haya un vínculo efectivo entre energía y pobreza. Si para los pobres existe ese vínculo, suele ser por que significa mayores oportunidades de empleo y de generar ingresos. Contar con mejores servicios comunales, como el suministro de agua y mejor atención sanitaria (refrigeración de vacunas) puede beneficiar a todos los pobladores de las zonas rurales, siempre que se ponga atención en que los grupos marginados tengan acceso a esos beneficios.

De conformidad con lo anterior, este estudio no pretende promover la energía FV, porque sigue siendo costosa, como panacea para resolver los problemas de pobreza rural. Respecto a la agricultura y a otras actividades que generan ingresos, se reconoce que, en general, los campesinos más desfavorecidos, los de subsistencia, no podrán permitirse los sistemas FV que, no obstante, adquieren interés por las ventajas particulares que brindan para ciertas aplicaciones. Conforme siga avanzando la tecnología FV y reduciéndose sus precios, el número de aplicaciones especiales y su dimensión seguirán creciendo.

### **2.3. Dinámica de la electrificación rural FV**

Desde el principio, los sistemas FV y otros de energía renovable se han considerado opciones a la extensión de la red eléctrica ordinaria, y su reducida dimensión y estructura modular los hace particularmente adecuados para las poblaciones remotas y dispersas, cuya demanda de energía es poca y desigual. La trayectoria de la tecnología FV para la electrificación rural puede describirse a grandes rasgos en tres etapas: desde las primeras actividades de demostración realizadas en el decenio de 1970, a una difusión mayor de los sistemas solares domésticos (especialmente) en calidad de proyectos experimentales precomerciales en el decenio de 1980, para llegar finalmente a una etapa de comercialización en gran escala en los años noventa.

#### *Los años setenta: proyectos de demostración de los sistemas FV*

En los años setenta aumentó el interés en experimentar en electrificación independiente con sistemas solares en zonas rurales. La mayor parte fueron proyectos de demostración con

sistemas FV medianos destinados al bombeo de agua y a proporcionar electricidad a los centros de la comunidad. Debido a su carácter demostrativo, a menudo el acento estaba en la comprobación de las tecnologías sin contemplar las necesidades y condiciones locales. Se ha dicho muchas veces que estas actividades no tenían claro lo que trataban de demostrar ni a quién. Numerosos proyectos fracasaron por la introducción de “tecnología sin programas”, es decir, por pasar por alto las necesidades de capacitación técnica local, servicios locales de mantenimiento, programas de instrucción y sensibilización de los usuarios<sup>5</sup>. Además, casi la totalidad de los proyectos de demostración estaban por completo financiados por donantes, sin compromiso económico para los beneficiarios, por lo que éstos no sentían suyos esos proyectos ni se hacían responsables de ellos. Los resultados demostraron que la participación local es fundamental para introducir tecnología con buenos resultados, comprendida la participación económica por lo menos para cubrir los gastos de mantenimiento y funcionamiento. Hubo fallas parecidas en la primera experiencia de electrificación descentralizada con generadores autónomos de diesel, que además presentan problemas de gran consumo de combustible y mantenimiento. Se documentaron ampliamente las fallas y la experiencia de la elaboración de proyectos<sup>6</sup>, base de las iniciativas posteriores de electrificación rural con sistemas FV.

*Los años ochenta: difusión de los SSD a través de organizaciones no gubernamentales (ONG) populares y pequeños distribuidores privados*

En los años ochenta hubo nuevos planteamientos para introducir pequeños sistemas solares en forma más sostenible. Esto se logró, en parte, gracias a una disminución significativa de los costos de producción. Algunas ONG y agrupaciones populares, como ENERSOL y ADESOL, en la República Dominicana, hicieron un nuevo programa de electrificación rural a partir del análisis de la demanda y la capacidad de gasto de las familias rurales, y de haberse observado que la demanda de electricidad de las zonas rurales a menudo es muy dispersa y de cargas pequeñas (sobre todo para iluminación y uso de equipo audiovisual). Estos proyectos FV se proponían demostrar que los SSD podían sustituir a las fuentes costosas de energía y de baja calidad (velas, linternas, lámparas de keroseno, baterías para automóvil), utilizadas en los hogares para satisfacer la necesidad de iluminación y utilizar aparatos audiovisuales. Se descubrió que numerosos hogares rurales están habituados a gastar entre 5 y 15 por ciento de sus ingresos mensuales en esas fuentes de energía. Se demostró que los SSD eran una opción de mejor calidad y más segura, siempre y que el pequeño gasto familiar en electricidad pudiera utilizarse para pagar un programa de crédito o un plan de alquiler. Además de proporcionar crédito rural para superar la barrera del alto costo de capital de los SSD, el programa incluía un elemento de apoyo a la infraestructura local de servicio, con formación y capacitación para técnicos y empresarios locales, en sistemas de cobro de cuotas y preparación para los usuarios. Estos proyectos conducidos por las ONG se repitieron en muchos países con diversos resultados. A fines de los años ochenta, por ejemplo, el Fondo para la Luz Eléctrica Solar (SELF) había establecido proyectos experimentales en más de diez países.

Otro caso comparable de éxito de comercialización en pequeña escala de SSD estuvo a cargo de los distribuidores locales de sistemas FV que comenzaron a dirigirse al segmento del mercado de ventas en efectivo (entre 5 y 10 por ciento de las familias rurales con mayores recursos). En algunos países también se podía llegar a las familias con menos recursos a través de programas de crédito y de servicios de mantenimiento de bajo costo. En Sri Lanka, por ejemplo, Suntec Ltd. pudo armar y vender localmente cientos de SSD, asociándose para la

---

<sup>5</sup> Barozzi, 1993.

<sup>6</sup> Entre otros: Amado, 1992.

distribución con ONG locales y la red de más de 400 talleres de la casa Singer de máquinas de coser. En Kenya, se estableció Solar Shamba en 1985 como primer integrador local de sistemas FV y además de llegar al sector de ventas en efectivo de SSD en el ámbito rural, fue una de las primeras empresas de sistemas FV que se orientó a otros usos finales de la electricidad rural, como las máquinas de coser que funcionan con energía solar. En Zimbabwe la primera célula del mercado privado de sistemas FV rurales nació en 1981 con Solarcomm, subsidiaria de un gran grupo industrial local. Después de ejecutar unos proyectos del gobierno de telecomunicaciones y bombeo de agua, esta empresa de sistemas FV comenzó a atender al mercado de SSD, y en 1988 pudo comenzar a armar módulos localmente con tecnología canadiense.

#### *Los años noventa: experiencia y práctica de difusión en gran escala*

A fines de los años ochenta las instituciones de crédito y donantes para el desarrollo comenzaron a aprovechar la experiencia adquirida y, para mediados de los años 90, se pusieron en marcha diversas iniciativas para avanzar gradualmente hacia grandes programas de comercialización y hacia otros de SSD patrocinados por los gobiernos. La principal experiencia adquirida en los años setenta y ochenta para formar un mercado de energía solar FV sostenible en las zonas rurales se puede resumir como sigue:

- ◆ elaboración de proyectos a partir de una evaluación participativa de las necesidades en materia de energía y de los gastos corrientes en electricidad;
- ◆ establecimiento de modelos de crédito rural y de mecanismos eficaces de cobro de cuotas;
- ◆ establecimiento de infraestructura de distribución, instalación, mantenimiento y reparación de sistemas FV;
- ◆ capacitación de técnicos de equipos FV y formación de capacidad de distribuidores y microempresas de sistemas solares.

Con esta experiencia presente, se multiplicaron rápidamente los proyectos de SSD. Se calcula<sup>7</sup> que en 1996 ya se habían instalado unos 500 mil SSD en todo el mundo, con un promedio de instalación de por lo menos 80 mil sistemas al año. Conforme se hizo palpable la dimensión y las posibilidades del mercado de energía FV para el medio rural, claro indicio del paso a una época plenamente comercial de los SSD, los especialistas más destacados del sector de las ONG iniciaron empresas comerciales que atrajeron capital de inversión privado. Soluz Inc., por ejemplo se creó a partir de la ONG no lucrativa ENERSOL, dirigida al mercado latinoamericano; y en 1997 se formó SELCO International a partir de la experiencia de SELF en sus sucursales de China, la India, Sri Lanka y Viet Nam.

En Kenya el mercado de sistemas solares (ventas al contado) despegó después de 1987, con la introducción de los tableros amorfos de 12 Wp a menos de 100 dólares EE.UU. Actualmente hay en Kenya por lo menos 15 distribuidores privados de sistemas FV y más de 100 agentes, con un total de entre 50 y 70 mil SSD instalados, pese a que “los sistemas solares siguen castigados por los sistemas fiscales y de derechos que pueden incrementar los precios de los sistemas solares hasta un 44 por ciento” (Plas, 1997). En Indonesia ha habido un crecimiento equivalente, donde el Gobierno y fondos de donantes institucionales<sup>8</sup> apoyaron el crecimiento de un próspero mercado privado de SSD y se produjeron casos, como Sudimara Company, que tras haber llegado a tener 200 empleados en una red de 45 centros regionales de servicio,

---

<sup>7</sup> Village Power, 1997.

<sup>8</sup> Banco Mundial, Asociación Holandesa para el Desarrollo, el grupo de los E-7 de servicios y otros.

cada uno de los cuales instalaba hasta tres mil SSD al año, diversas empresas internacionales de servicios se interesaron en adquirir esta compañía (Wouters, 1997).

En algunos casos el sector público inició y llevó a cabo la ejecución de programas de SSD con subsidios y cierta participación del sector privado. En México, por ejemplo, el Gobierno y el Comisión Federal de Electricidad (CFE) pusieron en marcha uno de los primeros grandes programas subsidiados, en un plan de electrificación rural considerado el “menos costoso”: Pronasol. Donde quiera que la opción FV para proporcionar el servicio básico pudiera introducirse más económicamente que extender la red ordinaria de electricidad, con aceptación de las comunidades rurales, la CFE publicaría licitaciones dirigidas a los proveedores de sistemas FV, con el propósito de instalar y mantener SSD, por los que pagarían los usuarios una cuota mensual fija de servicio. A fines de 1998 se habían instalado más de 40 mil SSD<sup>9</sup>. Se han discutido la eficacia de este programa y su sostenibilidad económica, pero Pronasol abrió el paso a otros programas en gran escala patrocinados por el gobierno. En Argentina, China, la India, Marruecos y Sudáfrica se han llevado a cabo otros programas públicos parecidos, con diversas proporciones de subsidios y de participación del sector privado.

Paralelo al esfuerzo de acrecentar la difusión comercial de los SSD, esta tercera fase de electrificación rural con sistemas FV llamó más la atención a otras aplicaciones de la energía solar FV para uso comunal. El ejemplo típico es la difusión de unidades de refrigeración para vacunas para las clínicas rurales, sujetos hoy a un código de normas de calidad certificadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). A la vez, otras aplicaciones de la energía FV para los servicios comunales, como bombas de agua, iluminación para las escuelas rurales y la calle, han comenzado a normalizarse como productos comunes para las comunidades rurales. Estos sistemas FV más grandes se han canalizado en su mayor parte a través de programas de desarrollo, pero este tipo de mercado está estimulando lentamente la demanda privada de esas aplicaciones.

En los años noventa se creó un nuevo producto básico para el consumidor con menos recursos: la linterna solar portátil. Aunque todavía se informa de que presenta problemas técnicos, sobre todo por la gestión del almacenamiento de la batería, estas pequeñas unidades han penetrado mucho en el mercado. Según los cálculos de las ventas de 1996, se vendieron en todo el mundo más de 11 mil unidades, con más de 0.6 Mw de potencia instalada, convirtiéndose en uno de los mercados de energía FV de crecimiento más acelerado (Maycock, 1998). Este segmento del mercado sigue creciendo también a través del incremento de fabricación local.

Los centros de carga para baterías (CCB) solares son otra aplicación interesante de los sistemas FV que se desarrolló más en los años noventa para servir al segmento del mercado de las familias rurales de bajos ingresos que no pueden comprar SSD ni con acceso a crédito. Esos sistemas se han instalado en muchos países, entre ellos Colombia, Mali, Marruecos, Filipinas, Tailandia, Senegal y Viet Nam. En Tailandia, por ejemplo, un programa patrocinado por el gobierno instaló más de mil centros de carga entre 1988 y 1998 (Lew, 1998). Los clientes sólo tienen que pagar las cuotas de carga, ya que el centro de carga pertenece al gobierno y se administra a través de un comité local. El modelo se basa en la difundida práctica de carga de baterías y permite a los clientes, si lo desean, mejorar gradualmente y comprar tableros solares posteriormente. El funcionamiento local de los centros de carga crea empleo local y posibles negocios para los empresarios locales.

---

<sup>9</sup> Wouters, 1997.

Por último, desde los años ochenta y una vez demostrada su eficacia, las redes FV comunales pequeñas y otros sistemas FV más grandes están siendo objeto cada vez de más atención. Esos sistemas FV más grandes todavía no compiten económicamente con los generadores autónomos de diesel<sup>10</sup>, pero los sistemas híbridos de diesel y FV, y otros, han avanzado considerablemente y vale la pena seguirlos investigando. Donde las condiciones locales hacen inestable y costoso el suministro de combustible, adquiere importancia económica el ahorro en combustible, operación y mantenimiento que brindan los sistemas híbridos FV y diesel. A partir de esto, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola está financiando una minired en las Maldivas, creada para el suministro de electricidad doméstica y para una serie de pequeñas actividades productivas. En Asia, una empresa llamada Synergy ha instalado sistemas híbridos eólicos y FV para satisfacer la demanda de electricidad de las aldeas, comprendidos los usos productivos. También hay ejemplos de sistemas híbridos FV y eólicos en Argentina y Brasil<sup>11</sup>. Parece haber oportunidades también de adaptar miniredes remotas que funcionan con diesel, con sistemas FV (y eólicos o ambos), proyecto que se está investigando en países como Brasil, Marruecos y Filipinas. En Marruecos, por ejemplo, Noor Web y la ENEL (servicio público de electricidad italiano) realizaron un estudio de viabilidad para la adaptar miniredes de diesel con energía solar FV.

#### **2.4. Electrificación rural FV: obstáculos, instituciones y mercados**

La experiencia de los últimos tres decenios en materia de sistemas FV para la electrificación rural también ha permitido comprender el potencial y las limitaciones para llevar la tecnología FV a las poblaciones rurales, tanto desde el punto de vista tecnológico como de los requisitos de organización (se presenta un panorama general en el cuadro 2). Una de las conclusiones es que para aprovechar plenamente este potencial hacen falta numerosos cambios institucionales en el sector eléctrico con el fin de permitir participar más activamente al sector privado y estimular la creación de mercados sostenibles de sistemas FV.

Como en toda introducción de una nueva tecnología, al tratar de introducir los sistemas FV en las zonas rurales surgen obstáculos, muchos de ellos relativos a las características de esta tecnología. Otro aspecto más general de la introducción de una nueva tecnología es la necesidad de crear una infraestructura de divulgación de información, promoción, distribución e instalación. Queda fuera del alcance de este documento describir en detalle estos obstáculos<sup>12</sup>, aunque pueden resumirse como sigue:

- ◆ obstáculos de información: falta de conocimiento de la tecnología FV y falta de promoción;
- ◆ obstáculos económicos: elevados gastos iniciales de los sistemas FV y falta de sistemas de financiación (crédito accesible);
- ◆ obstáculos institucionales: reglamentos, monopolios, aranceles, subsidios, normas de calidad;
- ◆ obstáculos de dimensión y costos: falta de una base comercial suficiente que garantice la inversión privada, y falta de infraestructura local de instalación y mantenimiento (que incrementa el costo y reduce la fiabilidad).

---

<sup>10</sup> En GTZ, 1995, hay un análisis tentativo y comparativo de la relación entre costos y beneficio de las redes FV y de diesel.

<sup>11</sup> Village Power, 1997.

<sup>12</sup> Se comentan en detalle en numerosas publicaciones, por ejemplo: Erickson, 1995; Northrop, 1995; Cabraal, 1996.

**Cuadro 2 Panorama general del potencial y limitaciones de los sistemas FV**

<b>Sector</b>	<b>Potencial</b>	<b>Limitación</b>	<b>Resultados</b>
<b>Equipo e inversión</b>	Flexibilidad: facilidad de aumentar de pocos a más Wp	Gastos elevados de inversión por unidad (Wp)	Los sistemas FV son competitivos sobre todo en el rango de poco consumo de energía en las zonas alejadas y sin electricidad. Necesidad de sistemas de financiación (debido también a la poca disponibilidad de capital en las zonas rurales)
<b>Operación y mantenimiento</b>	Fiabilidad: pocos gastos y necesidad de mantenimiento y supervisión	Necesidad de respaldo o almacenamiento para utilización nocturna y en días de poco sol La batería es el punto débil de los sistemas FV <sup>13</sup>	Los sistemas FV a menudo son competitivos por la relación de su costo y duración
<b>Organización</b>	Integración fácil en “paquetes” de consumo adaptados a las necesidades del consumidor <sup>14</sup>	Una mayor participación del consumidor es más necesaria en los proyectos de energía FV que en los de extensión de la red eléctrica ordinaria	Necesidad de introducir cambios institucionales en el sector eléctrico para los proyectos de electrificación rural con sistemas FV
<b>Consecuencias ambientales</b>	No perjudican el medio ambiente, emiten poco CO <sub>2</sub> y otros gases, en comparación con los sistemas que consumen combustibles fósiles	La eliminación de baterías es un aspecto ambiental importante	Posible financiación conjunta de los programas interesados en el cambio climático

Fuente: Encuesta de la FAO y revisión bibliográfica

Hay que señalar que esos obstáculos a menudo crean un círculo vicioso: elevados gastos de inversión, falta de mecanismos de financiación, bajo volumen de ventas, elevados costos de transacción<sup>15</sup>, falta de infraestructura, falta de conocimiento, de compromiso político y de políticas adecuadas. Desde el punto de vista del (potencial) consumidor rural de sistemas FV esto significa: dificultad para enterarse de la tecnología FV, más gastos y mayor dificultad para conseguir refacciones y servicios de reparación. Pueden lograrse economías de escala con un mayor volumen de ventas, pero la inversión para formar esos mercados acarrea riesgos y sólo resulta sensata para el inversionista si puede anticiparse la formación de un mercado futuro bien establecido.

<sup>13</sup> La investigación de otros sistemas de almacenamiento, como tanques de agua (para las bombas de agua) o hielo (para refrigeradores y congeladores) promete contribuir a resolver este problema, al menos parcialmente.

<sup>14</sup> Los sistemas FV brindan la posibilidad de elaborar e instalar “paquetes” hechos a la medida de las necesidades específicas, por ejemplo de refrigeración para los centros de salud, iluminación y comunicaciones para las escuelas, los centros comunales y otras instalaciones públicas. Esto facilita la integración de los servicios de electricidad en programas de desarrollo, por ejemplo de sanidad, fomento de aguas, agricultura (suministro de agua para el ganado, irrigación) y educación. La estandarización posterior de esos “paquetes” contribuye a su facilidad de uso y simplifica su mantenimiento a largo plazo. Otra tendencia consiste en la creación de productos estandarizados de fábrica, como linternas solares, equipos solares para iluminación e incubadoras, con lo que se elaboran productos listos para usarse y fáciles de instalar que se pueden vender a través de una amplia variedad de canales de comercialización. Ambas tendencias, la de sistemas elaborados de acuerdo a las necesidades específicas y la de estandarización e integración, seguirán avanzando paralelas.

<sup>15</sup> Los costos de transacción de establecer la infraestructura de distribución, instalación y mantenimiento, promoción y otros gastos fijos.

### *Aspectos institucionales de la electrificación FV rural*

Para resolver los obstáculos mencionados se han seguido diversas opciones. El caso de Kenya muestra la diferencia ejemplar entre un monopolio del servicio eléctrico fundado en la extensión de la red ordinaria, pero incapaz de llegar a la gran mayoría de la población rural, y un sector privado que está creando un sólido mercado de pequeños sistemas FV. Existen numerosos casos entre ambos extremos, en los que los sectores público y privado cooperan en la creación de mercados rurales de sistemas FV. Queda fuera del alcance de este documento comentar detenidamente los diversos acuerdos institucionales que existen<sup>16</sup>. Esos casos de cooperación de los sectores público y privado para la electrificación rural han venido cobrando relevancia desde que muchos países comenzaron a introducir reformas en su sector eléctrico, con énfasis en la desreglamentación, la descentralización y la privatización. La energía FV ha demostrado su gran potencial en este contexto y lentamente se ha colocado en el orden del día de los programas de electrificación rural. Muchos de estos proyectos están subsidiados porque la electrificación rural sigue considerándose un servicio público básico. Existe el inconveniente general de que los proyectos subsidiados tienden a distorsionar la infraestructura privada predominante del mercado de energía FV. Los proyectos recientes lo toman en cuenta.

Algunos de los casos más recientes de cooperación entre los sectores público y privado en materia de electrificación rural se basan en concesiones a empresas privadas, pero en condiciones de estricto control estatal. Estos acuerdos incluyen el derecho del concesionario, y la obligación, de ofrecer servicios de electrificación a cierta zona rural, comprendidos la instalación, formación para el usuario y servicio para los sistemas. Estos programas tratan de combinar la flexibilidad de las actividades del sector privado y la creación de una amplia base de consumidores (“masa crítica”) con el principio de interés público de los proyectos de electrificación rural. Se suele utilizar la tecnología menos costosa y los sistemas FV a menudo son la opción preferida para llevar electricidad a los poblados rurales dispersos. Como en los proyectos de electrificación rural “tradicionales”, por lo general el usuario final sólo hace un pequeño pago inicial (gastos de instalación) y paga cuotas mensuales de consumo. Hay programas de este tipo en Argentina, Chile, Marruecos y Sudáfrica. En algunos casos la concesión no sólo incluye la electrificación doméstica, sino también de los servicios comunales y los edificios públicos. Esto contribuye a formar la masa crítica para los sistemas FV.

Estos planes de electrificación FV suelen incluir diversas proporciones de subsidios gubernamentales, o de donantes nacionales e internacionales. En algunos casos los sistemas de energía renovable reciben subsidios más elevados. Una fuente digna de mención de esos subsidios son los fondos para mitigar las consecuencias del cambio climático. Si están bien elaborados, los proyectos de electrificación FV de las zonas rurales pueden contribuir a reducir los gases que producen el efecto invernadero (al sustituir la electricidad generada con combustibles fósiles) y al desarrollo de las zonas rurales. Numerosos proyectos de energía FV ya han recibido una considerable financiación de esas fuentes. Actualmente proporciona esos recursos el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y otros donantes nacionales e internacionales, pero se prevé que más adelante otros organismos, como el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), propicien fuertes inversiones en esos proyectos, que contribuirían mucho a reducir los costos de inversión y a atraer más capital (crédito).

---

<sup>16</sup> Comentados, por ejemplo, en ESMAP, 2000

### *Mercados para las aplicaciones rurales de sistemas FV en los países en desarrollo*

Al subrayar la importancia de la participación del sector privado en la electrificación FV rural es importante saber en qué dirección están desarrollándose los mercados de las aplicaciones de sistemas FV para el medio rural. La tendencia general de los mercados rurales es crecer al mismo ritmo, o un poco más aceleradamente que los mercados mundiales de los sistemas FV. Los embarques mundiales al año de sistemas FV aumentaron de 48 MWp en 1990 a 126 MWp en 1997: una media de 14,8 por ciento anual. En ese mismo periodo, el mercado rural “externo a la red eléctrica” (sobre todo en los países en desarrollo) creció a un promedio anual del 17,9 por ciento (Maycock, 1998). Es difícil presentar cifras exactas de los mercados de las diversas aplicaciones rurales de los sistemas FV. El anexo 4 analiza en detalle datos de diversas fuentes relativos a los mercados de las aplicaciones rurales de la energía FV. Las diversas fuentes concluyen que los principales mercados de energía FV en el ámbito rural serán:

- ◆ Sistemas solares domésticos (la mayor parte en los países en desarrollo);
- ◆ Comunicaciones (tanto en los países en desarrollo como en los industrializados);
- ◆ Bombeo de agua (sobre todo en los países en desarrollo).

A partir de estas estimaciones de los mercados, según se analizan en el anexo 4, el Plan Europeo de la Industria FV (CE, 1996) definió las siguientes aplicaciones y mercados prioritarios fuera de Europa (sobre todo en los países en desarrollo):

- ◆ Sistemas solares domésticos;
- ◆ Servicios de salud;
- ◆ Bombas solares.

### **3. La energía FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles**

#### **3.1. Instrumentos y esbozo de los resultados**

##### **3.1.1. Actividades e instrumentos**

Para realizar la investigación descrita en el capítulo 1 se elaboró un cuestionario de una encuesta que se remitió a personas cuya participación es determinante en los proyectos de energía FV, así como a empresas comerciales de estos sistemas, con el fin de preguntarles su punto de vista sobre el potencial y las repercusiones de los sistemas FV en el desarrollo rural. Los puntos de vista y la experiencia de estas personas ofrecieron una clara imagen de las consecuencias y posibilidades de las distintas aplicaciones de la energía FV, y una sólida base para seguir investigando. El cuestionario completo de la encuesta se presenta en el anexo 5. Además del cuestionario se investigó la información disponible, los estudios y publicaciones sobre aplicaciones y proyectos prometedores de energía FV. Se estudiaron más de cien documentos de proyectos, estudios de casos e informes (ver la bibliografía del anexo 1). Por último, se localizaron estadísticas de los mercados actuales y potenciales de las diversas aplicaciones de energía FV.

Para analizar las repercusiones y posibilidades de las aplicaciones FV se definieron los siguientes sectores de la sociedad rural: doméstico, social y servicios comunales, aplicaciones no agrícolas y agricultura. El criterio económico (la comparación de costos y el análisis de la relación entre costos y beneficio) se considera en el ámbito de la agricultura y de las aplicaciones no agrícolas como el más importante para ponderar la viabilidad de las aplicaciones FV. En el sector doméstico es mucho más difícil cuantificar o monetizar el impacto de esos sistemas y debería indagarse mejor la opinión de los beneficiarios al respecto, además de hacer una comparación de costos con otras tecnologías.

También es importante señalar el caso especial de la electricidad necesaria para aplicaciones sociales y comunales, tales como el suministro de agua potable, las escuelas y clínicas rurales. Si se considera que se trata de necesidades o servicios básicos cuyas repercusiones son significativas pero difíciles de cuantificar o monetizar, en vez de analizar la relación entre costo y beneficio hay que comparar los gastos de suministro del mismo servicio con otras opciones tecnológicas y la relación entre costo y beneficio. Esto destaca la importancia del capital de inversión (pública) para esas inversiones sociales y la prioridad política de las mismas. Como se mencionó en el capítulo 1, en las zonas rurales este sector no suele tener prioridad ni contar con compromiso político.

Es importante destacar que el análisis económico y de financiación detallado de los sistemas rurales FV rebasa el alcance de este estudio. Para hacer un análisis a fondo de la financiación y económico de la relación entre costo y beneficio, habría que comparar los sistemas FV con otras opciones descentralizadas y la extensión de la red ordinaria en algún país y aun en distintos casos (Guidi, 1997). Las respuestas de la encuesta no brindan suficientes pormenores para hacer posible esa comparación. Es difícil generalizar a partir de esas comparaciones de casos, especialmente al tratarse de aplicaciones en climas, suelos, cultivos, técnicas de utilización y precios de la energía distintos. Con ayuda de los datos de la encuesta y la bibliografía se puede, sin embargo, indicar qué aplicaciones de la energía FV tienen sentido económico y en qué circunstancias.

### 3.1.2. Esbozo de los resultados

Se recibieron 43 cuestionarios resueltos, la mayor parte de América Latina y Asia (anexo 2). Cabe señalar que, evidentemente, el estudio no pretende ofrecer una muestra representativa de respuestas de donde sacar conclusiones. Las respuestas al cuestionario de la encuesta se utilizaron como indicador del impacto y las aplicaciones, y sirvieron para identificar otros materiales en los sectores más prometedores e interesantes. Con el material secundario adicional se pudo formar una imagen con mucho detalle de las posibles repercusiones, las aplicaciones más prometedoras y las estructuras de organización necesarias.

El cuadro 3 muestra un panorama general de las respuestas a la encuesta sobre los usos de los sistemas FV en los proyectos o empresas de los autores de esas respuestas. Adviértase que a menudo se trata de aplicaciones distintas. El cuestionario permitía señalar más de una aplicación y, por lo tanto, las aplicaciones suman más del 100 por ciento. El cuadro muestra con claridad que “iluminación, televisión, radio y otras aplicaciones domésticas” de los llamados sistemas solares domésticos (SSD) constituye la aplicación predominante de los sistemas FV, resultado ratificado por la bibliografía. Otras aplicaciones importantes conciernen a las tiendas minoristas, cafés y restaurantes. La utilización comunal de la energía FV para los centros de salud y los edificios públicos también es importante. En la agricultura predominan el bombeo para suministrar agua al ganado y la irrigación. La importancia de las comunicaciones por radio y los teléfonos celulares no queda clara, porque esta categoría a menudo incluye ambos sistemas FV, utilizados en las estaciones repetidoras (que no necesariamente benefician en forma directa a las zonas rurales), y los sistemas de radiocomunicación para los proyectos de desarrollo, centros de salud, autoridades rurales de telecomunicaciones e inversionistas privados (que benefician más directamente a las zonas rurales).

**Cuadro 3 Aplicaciones de los sistemas FV (porcentaje de entrevistados de la encuesta)**

bombeo con energía FV (irrigación)	30 %	
abrevaderos para el ganado	9 %	
bombeo con energía FV (agua potable)	35 %	
purificación del agua con energía FV	12 %	
cercas eléctricas FV	16 %	
iluminación para aves de corral o ganado	14 %	
equipo de oficina (computadoras, etc.)	16 %	
comunicación por radio o teléfono celular	42 %	
centros de salud (refrigeración, iluminación, etc.)	44 %	
servicio veterinario (refrigeración, iluminación, etc.)	9 %	
refrigeración (doméstica, para tiendas minoristas, productos agrícolas, carne, lácteos, pescado, etc.)	16 %	
iluminación, TV, radio, aparatos pequeños para los servicios comerciales (tiendas minoristas, cafés, restaurantes)	47 %	
iluminación, herramienta eléctrica pequeña para microempresas (talleres de reparación, artesanías)	19 %	
iluminación, TV, radio, etc. para uso doméstico	81 %	
servicios turísticos (iluminación, TV, refrigeración de pensiones, hoteles, etc.)	21 %	
iluminación y equipo audiovisual para escuelas y otras instalaciones públicas	37 %	
iluminación de las calles	28 %	
otros, a saber:	telesupervisión (irrigación)	2 %
	quioscos de publicidad	5 %
	iluminación para pesca	5 %
	linternas portátiles	1 %

Fuente: Encuesta de la FAO

Otra pregunta se refería al sector de repercusión de los sistemas FV instalados. El cuadro 4 muestra un panorama general de las respuestas.

**Cuadro 4 Repercusión de los sistemas FV en diversos sectores rurales (porcentaje de informantes de la encuesta)**

productividad agrícola	35 %
aplicaciones productivas no agrícolas: industria rural y artesanal, servicios comerciales y fomento de pequeños comercios	40 %
servicios sociales y comunales	60 %
el hogar	81 %
otras actividades (productivas), a saber: carteles/publicidad	5 %

Fuente: Encuesta de la FAO

También en este caso la mayoría de las respuestas correspondió a las repercusiones domésticas (sobre todo SSD), pero el 60 por ciento de las respuestas también incluyó los servicios comunales y sociales, y más de una tercera parte correspondió a la agricultura y otras actividades productivas. En conjunto, más de la mitad de las respuestas (56 por ciento) señaló el impacto de los sistemas FV en las actividades productivas (agrícolas o no agrícolas).

La combinación de fuentes de la encuesta, la bibliografía, documentos de proyectos y entrevistas produjo un panorama general de las aplicaciones de energía FV con repercusiones significativas (potenciales) en las actividades que generan ingresos (productivas) y el desarrollo rural, según se muestra en el cuadro 5.

**Cuadro 5 Inventario de sistemas FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles**

TIPO DE APLICACIÓN	DISEÑO COMÚN DE LOS SISTEMAS	EJEMPLOS EXISTENTES
<b>Aplicaciones en el sector agrícola</b>		
Iluminación y ventilación para granjas avícolas, para ampliar la iluminación y aumentar la producción	50-150 Wp, electrónica, baterías, varios tubos fluorescentes, ventiladores	Egipto, la India, Indonesia, Viet Nam, Honduras
Irrigación	900 Wp, electrónica, tanque de agua pequeño con bomba de CD o CA	India, México, Chile
Cercas eléctricas para gestión del pastoreo	Tablero de 2 a 50 Wp, batería, alimentador para cerca	EE.UU., Australia, Nueva Zelandia, México, Cuba
Control de plagas (palomillas)	Linternas solares para apartar a las palomillas del campo	India (Winrock Intl.)
Refrigeración para conservación de fruta	Sistemas híbridos FV/eólicos o sistemas FV de 300 a 700 Wp con refrigeradores de CD (hasta 300 litros)	Indonesia (Winrock Intl.)
Clínicas veterinarias	300 Wp, baterías, electrónica, refrigerador/congelador, 2 tubos fluorescentes	Siria (proyecto de la FAO)
Agua para el ganado	900 Wp, bomba electrónica CD/CA, depósito de agua	EE.UU., México, Australia
Bombas de aire para cría de peces y camarones	800 Wp, baterías (500 Ah), electrónica, motor de CD, rueda hidráulica de paletas, para estanque de 150 m <sup>2</sup>	Israel, EE.UU.
Incubadora de huevos	tablero de hasta 75 Wp, caja integrada y elemento de calefacción para empollar 60 huevos	India (Tata/BPSolar), Filipinas (proyecto BIG-SOL)
Aspersión de cultivos	5 Wp, aspersor	India (estados del sur), aunque BP Solar canceló el paquete de productos

<b>Aplicaciones en la industria artesanal</b>		
Taller de sastrería	Sistema de 50-100 Wp con luces de CD y máquina de coser eléctrica	Muchos países (i.e. proyectos de los NREL)
Taller de servicio de aparatos electrónicos	50-100 Wp de luces CD y caudín	Bangladesh (proyecto Grameen Shakti), India, Indonesia
Taller de joyería de oro	Sistema de 60 Wp con iluminación CD y caudín	Viet Nam (proyecto de SELF)
Taller de reparación de bicicletas	Sistema de 80 Wp para iluminación CD y pequeño taladro de CD	Conceptual: Viet Nam – Provincia de Ha Tinh (Proyecto del FIDA)
Taller de artesanías (productos de madera, bambú, tejido de cestos, etc.)	Sistema de 60-100 Wp para iluminación y herramientas pequeñas con CD	Nepal, Viet Nam
Cultivo de perlas	Sistemas FV de 0.4 - 1 kWp para taladros, bombas, luz y compresores en los talleres artesanales	Casos en la Polinesia francesa (energía solar)
<b>Aplicaciones en el sector comercial de servicios</b>		
Sala de cine local	Sistema de 100-150 Wp con iluminación CD y TV a color + videgrabadora o satélite	República Dominicana (proyecto ENERSOL), Viet Nam (Solarlab), Honduras
Centros de carga de baterías	Sistemas de 0.5 - 3 kWp con dínamo dc para carga de baterías para ventas de kWh para uso doméstico o a microempresas	Marruecos (Noor Web), Filipinas (NEA), Senegal, Tailandia, Viet Nam (Solarlab), la India, Bangladesh
Microservicios	50 Wp, electrónica, batería, 5 -7 tubos fluorescentes (alquilados)	India, Bangladesh (proyecto Grameen Shakti)
Alquiler de linternas solares para ocasiones especiales (bodas, fiestas, reuniones)	Linternas solares (5 - 10Wp)	India (NEC) parte de un programa juvenil
Iluminación, radio/TV y pequeños aparatos como licuadoras para restaurantes, talleres y bares	20-300 Wp, electrónica, batería, aparatos, invertidor (en caso necesario)	Muchos países, incluso un bar con karaoke en las Filipinas (NEA)
Pensiones alpinas y de ecoturismo	Linternas solares, sistemas SSD y otros más grandes para iluminación y refrigeración	Nepal, la India, Perú, Trinidad y Tobago, México
Servicio de telefonía celular	Un sistema de 50 Wp con dos luces y un enchufe para cargar las baterías de los teléfonos celulares	Bangladesh (proyecto de Grameen Shakti)
Equipo de computación en oficinas rurales	Sistemas de 8- 300 Wp para iluminación, fax, TV, etc.	Bangladesh, Costa Rica, Chile
Servidor de Internet para el comercio electrónico	Integrado en un servicio solar multifuncional (> 1 kWp)	Ribera Occidental (proyecto Greenstar)
<b>Aplicaciones para servicios sociales básicos</b>		
Clínicas de salud	150-200 Wp, aparatos electrónicos, baterías de ciclo profundo, refrigerador/congelador pequeño	Muchos países (normas de la OMS)
Bombeo de agua potable	1 - 4 kWp, aparatos electrónicos, bomba, reservorio (no suele necesitar baterías)	Muchos países, por ejemplo, amplio proyecto de los países sahelianos (proyecto de la UE)
Purificación de agua	Energía FV para activar purificadores UV o de ozono para agua (0.2-0.3 Wh/litro)	Muchos países, por ej. China, Honduras, México, Ribera Occidental
Desalinización del agua	1 - 2 kWp necesarios para accionar la osmosis inversa y otras unidades de desalinización por metro cúbico al día	Italia, Japón, EE.UU., Australia, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita
Servidor de Internet para telemedicina	Servicio solar integral multifuncional (> 1kW)	Ribera Occidental (proyecto Greenstar)
Escuelas y centros de capacitación	Sistemas FV para iluminación, TV, videgrabadoras, equipo de computación	Muchos países: China, Honduras, México, Filipinas
Iluminación de la vía pública	35/70 Wp, electrónica, batería, 1 o 2 lfc	India, Indonesia, Filipinas, Brasil

Fuente: Encuesta de la FAO y documentación bibliográfica

Los casos más ilustrativos y las conclusiones a partir de los mismos se destacan en recuadros en las próximas secciones, organizadas por sectores. La sección 3.2 se ocupa del sector doméstico; la 3.3 analiza las aplicaciones de los sistemas FV en los servicios comunales y sociales; la 3.4 comenta el potencial de la energía FV para actividades productivas no agrícolas; y la sección 3.5 aborda la aplicación de los sistemas FV en la agricultura.

### **3.2 Energía FV para los hogares rurales: sistemas solares para uso doméstico**

Los sistemas solares domésticos (SSD) son la aplicación predominante de la energía FV en las zonas rurales de los países en desarrollo y esto se refleja en el 81 por ciento de las respuestas de la encuesta, de participantes en proyectos de este tipo. Como se dijo antes (sección 2.3), la opción de los SSD se ha difundido a través de una variedad de programas comerciales y de política social ya analizados en una abundante bibliografía. Los estudios disponibles se ocupan de las condiciones favorables para una próspera comercialización o difusión, pero en general no analizan las consecuencias para el desarrollo rural. Esta sección se propone resumir lo que se sabe de este tema. Los SSD han producido repercusiones sobre todo en el ámbito doméstico que, con fines analíticos, pueden dividirse a grandes rasgos en repercusiones susceptibles de medirse económicamente y repercusiones más fáciles de clasificar bajo el rubro “calidad de vida” o bienestar (párrafos 3.2.1 y 3.2.2 respectivamente). En el párrafo 3.3.3 se pondrán de relieve importantes aspectos de esas repercusiones relacionados con las cuestiones de género.

Un comentario general del desempeño de los SSD es que suelen proporcionar una fuente fiable de electricidad. Esta fiabilidad ofrece una garantía de servicio continua, especialmente porque la opción de conexión a la red presenta frecuentes interrupciones y las opciones de diesel o keroseno no cuentan con una disponibilidad segura de combustibles, situaciones demasiado frecuentes en las zonas rurales. Los usuarios de SSD aprecian mucho esta fiabilidad, pero hace falta investigar más el valor intrínseco (económico) desde el punto de vista del proceso de desarrollo rural.

Además de tratar de evaluar las repercusiones de los SSD “desde fuera” y tratar de hacer un análisis objetivo de la relación entre costo y beneficio, los pobladores de las zonas rurales hacen su propio análisis de esta relación al decidir adquirir un SSD. La cantidad de SSD instalados indica, por lo tanto, la opinión de los usuarios finales. A consecuencia, los estudios de la “disponibilidad a pagar” pueden utilizarse como proxy para ese análisis. Por ejemplo, los estudios del mercado de energía FV en Kenya, donde la venta de la mayoría de los SSD instalados corre a cargo de empresas privadas, muestran que se han instalado entre 50 mil y 70 mil SSD, más del 90 por ciento en ventas en efectivo, y que cuando la extensión de la red eléctrica no es una opción realista, el 70 por ciento de los propietarios de sistemas FV están dispuestos a gastar una media de 390 dólares EE.UU. para incrementar la potencia de sus SSD (Van der Plas, Hankins, 1997). Otras experiencias de proyectos de SSD informan que los usuarios de estos sistemas están dispuestos a pagar el doble de su gasto mensual normal en electricidad por obtener un servicio de iluminación de buena calidad.

#### **3.2.1 Repercusiones de los SSD en la economía familiar**

En la introducción de esta sección se dijo que, por motivos analíticos, las repercusiones de los SSD podían dividirse en económicas y de “bienestar”. En realidad no es tan fácil hacer esta separación, ya que los efectos en *las actividades productivas domésticas* se traslapan

considerablemente con las repercusiones en las actividades productivas no agrícolas, como se comentó en la sección 3.4.

Muchos estudios concluyen que hay pocos datos o no los hay que sustenten los efectos económicos directos de los SSD (por ejemplo, Cabraal, 1994; Wamukonya, 1999). Pero otras investigaciones demuestran que los SSD también apoyan las actividades económicas y lucrativas de las familias de algunos usuarios finales, como se indica en un estudio reciente realizado en Nepal con una muestra de 250 usuarios de SSD: el 13 por ciento de los hombres entrevistados y el 11 por ciento de las mujeres entrevistadas percibían un incremento de las actividades que generan ingresos, gracias a la introducción de SSD (AEPC/DANIDA, 1999). Estas actividades a menudo comprenden: costura, tejido de cestas y otras pequeñas actividades artesanales. Hay muchos otros ejemplos, pero parece faltar investigación dedicada al análisis de este sector de la economía familiar. A menudo estos ejemplos muestran una relación con las actividades productivas realizadas por las mujeres (ver párrafo 3.2.3).

Otro indicador de las (potenciales) repercusiones de los SSD en la generación de ingresos procede de la evaluación del tiempo extra con que se cuenta gracias al ahorro de tiempo y a la prolongación de las horas de iluminación. Respecto al tiempo extra, el estudio mencionado de Nepal indica que el 93 por ciento de las respuestas disponían de más de una hora y media extras al día. Otros informes del proyecto también mencionan el efecto de la prolongación del tiempo con iluminación, de una a dos horas diarias (Richter, 1999; Wamukonya, Davis, 1999). Este “tiempo extra” no se dedica necesariamente a actividades productivas, según registran los estudios, sino que incrementan actividades como ver la televisión, hacer tareas escolares, la convivencia y la lectura. Otras actividades (a menudo de las mujeres) incluyen más tiempo para las actividades domésticas, atención a los niños y tareas escolares; actividades no consideradas productivas pero no por ello menos valiosas. El “tiempo extra” por lo tanto es un indicador de repercusiones fácilmente cuantificable y se puede asociar al efecto (potencial) en las actividades lucrativas.

Una tendencia interesante en este contexto es que la dimensión media de los SSD que se venden en los países en desarrollo está aumentando, según indican las entrevistas con representantes de la industria FV. Los sistemas más grandes aportarán “energía extra”, para otros usos además de iluminación y uso de equipo audiovisual (principales aplicaciones de los SSD). Si se confirma esta tendencia y la apoya la disminución de los precios de los sistemas FV, podría haber más campo de repercusión en la economía doméstica. Hay algunos casos de proyectos que se están realizando en China, donde la instalación de sistemas FV más grandes (100-300 Wp por familia) y de sistemas híbridos de energía FV y eólica ha incrementado las aplicaciones productivas. Los resultados observados muestran que por lo menos el 50 por ciento de los usuarios finales utilizan aparatos que ahorran tiempo y esfuerzo y que un electrodoméstico común, la lavadora (con agua fría) se introduce no sólo para lavar ropa sino como centrífuga eficaz para separar la mantequilla de la leche con un considerable ahorro de tiempo (Richter, 1999). Otro ejemplo muy común es la introducción de máquinas de coser sencillas, que suelen consumir una media de 50-75 Wh diarios, en el caso de las máquinas de 80 W de potencia. Estas aplicaciones pueden realizarse fácilmente incrementando apenas la dimensión de los sistemas FV para iluminación y radio y televisión (es poco el costo marginal de 10 a 20 Wp más de potencia) y no sólo se economiza tiempo sino que los sastres pueden ser más productivos.

Cabe mencionar que hay otro indicador rudimentario para analizar las repercusiones de los SSD, que mide por lo menos una parte de los efectos económicos relacionados con el ahorro

del gasto en electricidad, por ejemplo en keroseno, gas butano y velas. Los ahorros pueden ser considerables, en Kenya son de 10 dólares EE.UU. mensuales<sup>17</sup> (Plas, 1997), según las investigaciones. En Kenya la mayoría de las familias inicialmente invierte en tableros pequeños de 10 a 12 Wp que paga en periodos de hasta un año y medio a dos años (Plas, 1997). Se ha demostrado que las familias están dispuestas a pagar varias veces su gasto mensual de electricidad para adquirir sistemas FV más grandes y obtener un servicio mejor.

Otro caso de Mongolia Interior (China) pone de relieve el valor económico de la utilización del radio y la televisión para informarse de las previsiones del clima (ver recuadro 1). Además, se notifica que la población rural utiliza los informes del mercado proporcionados por radio y TV y el acceso al servicio telefónico para adquirir información importante del precio de sus productos.

**Recuadro 1 Importancia económica de las previsiones del clima para las familias de Mongolia Interior (China)**

Como se informó recientemente en un proyecto de evaluación de la energía solar y eólica (Richter, 1999), los resultados demuestran que por lo menos el 80 por ciento de los adultos de la comunidad escuchan las previsiones del clima por razones productivas. Las familias entrevistadas afirman que la TV y el radio han repercutido positivamente en su calidad de vida y en los ingresos rurales. Las previsiones del tiempo son importantes para los pastores y han tenido efectos positivos en la productividad de los rebaños porque reducen los riesgos de su cuidado. El ganado puede protegerse y guarecerse cuando se anuncia una tormenta. Las previsiones del clima ayudan a organizar las fechas de trasquila de las ovejas, con lo que se evitan los peligros de esta actividad para la salud al saberse que se aproxima un clima frío. Los corderos recién nacidos pueden protegerse adecuadamente en condiciones extremas de frío si se sabe que éstas se avecinan. Cuando se anuncia lluvia, la paja puede guardarse en interiores. Saber que va a llover también ayudar a economizar trabajo y agua, al dejar de regarse los campos. Cuando los pastores saben que no va a llover suficiente, se puede apartar recursos para comprar forrajes ya que durante las sequías los pastizales no proporcionan bastante alimento para los animales.

El informe del clima también repercute en las actividades de los dueños de tiendas. No hay que pedir fruta ni vegetales si la temperatura va a bajar bruscamente, ya que podrían congelarse durante la entrega. El almacenamiento de otros alimentos también depende del clima, ya que cuando llueve mucho se cierran los accesos a las poblaciones. Al saberlo con anticipación, los dueños de tiendas pueden organizarse ya que no podrían volver a casa durante algunos días, lo que produciría pérdidas económicas. Si el tendero está enterado de que ha llovido suficiente, entonces sabe que abundan los pastos y que los pastores tendrán dinero para gastar.

Fuente: Richter, 1999; Richter 1997; Richter 1997b

Otro efecto importante de la difusión de los SSD es el empleo local asociado a la transferencia de tecnología y a la comercialización de SSD. Los mercados dispersos de los SSD conducen a la creación de infraestructura descentralizada y local y, en consecuencia, se afirma que las instalaciones de SSD suelen estimular el empleo rural más que la extensión de la red eléctrica ordinaria (ver también la sección 3.4).

<sup>17</sup> Un estudio realizado en Nepal (Koirala, 1998) con una muestra de 85 usuarios de SSD informa de que el consumo de keroseno cayó de 6.38 litros a 1.86 litros mensuales por familia, con un ahorro medio de 60 por ciento de combustible para iluminación. Otros resultados de investigación ofrecen un cálculo de 50 a 80 por ciento de disminución del consumo de keroseno para uso doméstico (Schweizer-Ries, 1998).

### 3.2.2 Repercusiones de los SSD en el bienestar social

Los siguientes párrafos resumen información de las repercusiones (posibles) de los SSD en el bienestar social, recopilada de la encuesta y la revisión bibliográfica. Se separan los efectos de los dos principales servicios proporcionados: la iluminación y el equipo audiovisual.

#### *Repercusiones en el bienestar social gracias a la iluminación*

Los estudios de la introducción de SSD suelen mencionar que hay un efecto general asociado al suministro del servicio básico de iluminación, relativo a la mejoría de *la calidad de vida doméstica* (Hankins, 1993). Alrededor del 81 por ciento de los encuestados indicaron que los sistemas solares repercutían en la calidad de vida doméstica. La calidad de la iluminación producida por SSD bien construidos es mucho mejor que la de las lámparas de keroseno: 400 lumens por una lámpara solar de 8 W de alta eficacia frente a 60 lumens de una lámpara de keroseno. La relación entre suministro de iluminación de calidad y aumento del bienestar social doméstico puede resumirse en los efectos siguientes, a menudo mencionados (AEPC/DANIDA, 1999):

- ◆ extensión del horario de actividades domésticas;
- ◆ ahorro de tiempo y de trabajo;
- ◆ mayor fiabilidad y conveniencia del consumo de electricidad;
- ◆ disminución de la contaminación interna;
- ◆ disminución de incendios accidentales;
- ◆ más salud e higiene;
- ◆ mejor instrucción;
- ◆ más actividades recreativas.

Los resultados de la encuesta confirman que la electricidad para iluminación y radio y TV repercute mucho en la calidad de vida doméstica, sobre todo en relación a los estudios y las tareas escolares (79 por ciento de las respuestas), así como a las actividades recreativas (77 por ciento de las respuestas).

**Cuadro 6 Ventajas domésticas gracias a la electricidad FV (% del total de respuestas)**

Trabajo/estudios/tareas escolares por la noche		79 %
Más posibilidades recreativas (TV/radio, lectura, etc.)		77 %
Mejores condiciones de salud (refrigeración, ausencia de humo, no hay peligro de incendios)		42 %
Tiempo libre, sobre todo para las mujeres		44 %
Más satisfacción/auatoestima/actitud positiva		56 %
Mejoras domésticas que coinciden con la instalación		40 %
Otros, a saber:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ uso posible como fuente energía para repelente de insectos</li> <li>➤ eliminación del uso de baterías eléctricas</li> </ul>	5 %

Fuente: Encuesta de la FAO

#### *Las repercusiones de los servicios audiovisuales en el bienestar social*

La utilización de SSD para el equipo audiovisual (radio, televisión) puede proporcionar el beneficio de difundir información y esparcimiento en las aldeas rurales, pero también se informa de efectos negativos en este contexto. Se afirma que los programas de TV pueden repercutir negativamente en lo que podría llamarse “la conservación de los valores culturales tradicionales”. Se dice que a veces ver la televisión crea expectativas respecto a los estilos de vida urbanos, desencanto con la vida rural, sobre todo entre los jóvenes, y contribuye de esta manera a la emigración del campo a las ciudades (por ejemplo, Sauping, 19969). En el estudio

mencionado también se encontró que algunos aldeanos beneficiarios de la carga de baterías solares en Tailandia expresaron su preocupación por la nueva costumbre de que ADRSe viendo la televisión hasta entrada la noche, con repercusiones negativas por la disminución de las horas de sueño.

Pero otros estudios de campo informan de que los usuarios consideraban “tener condiciones casi como las de las ciudades gracias a la luz y la televisión” (Richter, 1997b). Algunos encuestados indicaron que los proyectos FV ayudan a disminuir la emigración del ámbito rural al urbano. Por último, los televisores y las videograbadoras pueden ser importantes instrumentos para impartir educación a los adultos y programas de capacitación, como se destaca en el párrafo 3.3.3.

### **3.2.3 Aspectos de género del impacto de los SSD**

Un importante aspecto de la electrificación doméstica que apenas en fecha reciente se ha manifestado es la diferencia de su impacto en los hombres y las mujeres. Los resultados de numerosos estudios indican que tiene más consecuencias para las mujeres y los niños que para los hombres (por ejemplo, Cabraal, 1996). Aquellos pasan más tiempo en casa, realizan ahí más actividades y, por lo tanto, aprovechan más la iluminación y los servicios audiovisuales que proporciona un SSD común y corriente. A menudo se señala que una buena iluminación ayuda a las mujeres a hacer las labores domésticas con más eficiencia y a los niños a estudiar cuando ya ha oscurecido<sup>18</sup>. Casos de distintos países demuestran que las mujeres hacen artesanías, cosen y bordan en casa, y que contar con electricidad se traduce en una mayor productividad gracias a factores como una mejor gestión del horario de trabajo, mejor iluminación y la extensión del horario de trabajo.

Pese a esta tendencia de repercutir más en las mujeres, la comercialización y financiación de los SSD suele orientarse a los hombres como principales encargados de decidir los gastos. La capacitación en operación y mantenimiento también se dirige ante todo a los hombres, aunque las mujeres a menudo son las que pasan más tiempo con los sistemas y, por lo tanto, las que afrontan más fallas de operación e imperfecciones. Las experiencias de Grameen Shakti (Bangladesh) y de Génesis (Guatemala) demuestran que las mujeres pueden ser inversionistas fiables y cuidar bien de los SSD, y que estos sistemas pueden ayudarlas a incrementar considerablemente su productividad (ver también la sección 3.4). El ejemplo de estos casos demuestra asimismo que las mujeres son más fiables en el pago de sus préstamos.

Respecto a los beneficios de una mejor sanidad e higiene, un estudio de repercusiones realizado en Nepal indica que en especial las mujeres y los niños (95 y 91 por ciento respectivamente) percibieron más beneficios. Otro estudio realizado en China destaca las repercusiones específicas de género relativas a los SSD y a los sistemas híbridos eólicos y solares en cuanto al aprovechamiento del tiempo y los electrodomésticos que ahorran tiempo en el hogar, como el abanico eléctrico<sup>19</sup> para las estufas para cocinar: por lo menos el 80 por

---

<sup>18</sup> Un estudio de campo informó de que el número de horas diarias de iluminación había disminuido después de la instalación del SSD, lo que se interpretó como indicador de una realización más eficiente de las tareas domésticas.

<sup>19</sup> Una muestra del ahorro de trabajo relacionado con el abanico eléctrico dice: “gracias a la electricidad es más fácil y rápido preparar los alimentos porque las mujeres pueden utilizar el abanico eléctrico en vez del manual para mantener vivo el fuego de la estufa o el horno” (Richter, 1999, p. 57). La sustitución del abanico manual para controlar el calor durante la cocción de los alimentos puede ahorrarle esfuerzo a una persona, porque tradicionalmente alguien tenía que dedicarse a abanicar sin interrupción.

ciento de los usuarios finales entrevistados dijeron que la electricidad ha facilitado y agilizado el trabajo doméstico para las mujeres (Richter, 1999).

Otros investigadores de cuestiones de energía y género insisten en que los sectores de repercusión posible en los que debería insistir más la futura elaboración de proyectos son: el ahorro de tiempo en el acopio de agua, reforzando el bombeo de agua; facilitar las labores domésticas e incrementar la productividad de las mujeres mediante el uso de pequeños electrodomésticos, como licuadoras e iluminación comercial; y los beneficios para la sanidad mediante purificadores de aire y pequeños abanicos de CD para eliminar el humo de las cocinas (Cecelsky, 2000).

La experiencia de la Himalayan Light Foundation en Nepal (recuadro 2) es un buen ejemplo de encuentro de la comercialización de SSD, el desarrollo de la microempresa, los usos productivos y los aspectos de género a través de una singular fuente de financiamiento privado (la industria del ecoturismo).

**Recuadro 2 Relacionar el ecoturismo con la electrificación rural solar y el desarrollo de las mujeres**

El proyecto Solar Sisters es un ejemplo de cómo pueden darse la electrificación rural y el desarrollo de la microempresa gracias a la expansión del mercado ecoturístico, cuyos ingresos sirven para financiar los gastos iniciales de inversión. Un programa de voluntarios a cargo de Stephanie Davis y administrado a través de la Himalayan Light Foundation (HLF) está llevando iluminación rural accesible a las aldeas de Nepal. La HLF es una ONG formada para llevar energía renovable a la población rural de Nepal. Cada voluntario subsidia e instala un sistema solar de 36 Wp. Los participantes reciben capacitación intensiva durante dos días en instalación solar, durante los que se alojan con familias locales y se les proporcionan traductores y técnicos para supervisar el avance de los que reciben capacitación. La cuota de 1 500 dólares EE.UU. del programa incluye el sistema, el curso de capacitación, el alojamiento y todos viajan por Nepal. El programa Solar Sisters se dirige sobre todo a las mujeres nepalesas, aunque el principal interés consiste en crear actividades lucrativas para beneficio de toda la comunidad. En marzo de 1999 se inició el primer proyecto, un grupo instaló sistemas de 36 W en las casas de mujeres que aportaban ingresos a sus familias mediante la producción de artesanías. Los sistemas beneficiaron a las familias en diversas formas. La iluminación solar permitió trabajar de noche y comenzar temprano a preparar los productos para los mercados locales. Los niños se beneficiaron al poder ayudar en las actividades domésticas y leer y estudiar de noche. Actualmente están previstos cuatro programas anuales y en octubre de 1999 los voluntarios fueron a Terathum, al occidente de Nepal, para instalar sistemas solares en un taller de tejido que emplea a 40 mujeres. Como la red eléctrica no llega a esta región, para las mujeres es difícil hacer los minuciosos bordados sin luz suficiente. En zonas donde las mujeres no participarían comúnmente en actividades ajenas a sus labores domésticas, es importante que utilicen sus aptitudes para desarrollarse social y económicamente.

Con el subsidio actual del Gobierno, los SSD sólo están disponibles en 22 de los 75 distritos. De esas 22 regiones, sólo los aldeanos más acomodados pueden comprar SSD y hay restricciones para comprar SSD en grupo. El programa Solar Sisters está al alcance de todos los que queden fuera de los programas de subsidio del Gobierno, porque permite a los aldeanos utilizar el propio tablero solar como garantía. Si los aldeanos no le pagan al HLF (cada pago refleja el gasto normal de la persona en keroseno y baterías), se les retira el sistema. Los aldeanos están más a gusto porque no arriesgan sus tierras ni sus propiedades al recibir préstamos. Como los sistemas fotovoltaicos están ayudando a mejorar las condiciones de vida de las familias, su fiabilidad también repercute en la educación, el empleo y en el desarrollo social de toda la aldea. Además de contar con horarios más amplios de trabajo, las escuelas pueden brindar clases nocturnas, lo que puede elevar el índice de alfabetización y, a su vez, crear más posibilidades de empleo y de obtener ingresos. En los últimos años han aparecido en Katmandú numerosos fabricantes de sistemas fotovoltaicos y se han instalado en Nepal más de 2 500 sistemas que están produciendo buenos resultados en las aldeas.

Fuente: Davis, 1999

### 3.3 Energía FV para los servicios sociales y comunales

Como se mencionó en la sección 3.1, el 60 por ciento de las respuestas indicó que la energía FV repercute en los servicios sociales y comunales, especialmente porque mejora las instalaciones de salud, la instrucción y los centros comunales, según se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro 7 Tipo de servicios sociales y comunales que propicia la energía FV (% del total de respuestas)**

Instalaciones de salud (mejoradas)	47 %
Educación	51 %
Centros de capacitación (profesional, agrícola)	21 %
Iluminación pública	33 %
Agua potable, entubada (comprendido el bombeo, purificación y desalinización de agua)	26 %
Servicios veterinarios (mejorados)	5 %
Centros comunales y religiosos (iglesias y mezquitas)	47 %
Telecomunicaciones	37 %

Fuente: Encuesta de la FAO

El cuadro 8 indica una distribución más o menos uniforme de las repercusiones indicadas por las respuestas entre las distintas categorías.

**Cuadro 8 Repercusiones de los sistemas FV en los servicios sociales y comunales (% del total de respuestas)**

Cursos y capacitación de mejor calidad	30 %
Mayor participación en las actividades de fomento de la comunidad	35 %
Actividades productivas/artesanías (de noche)	35 %
Cursos/clases/capacitación o tareas escolares por la noche	37 %
Mejor horario para tiendas, restaurantes, etc.	28 %
Tiempo disponible para otras actividades, en especial para las mujeres	35 %
Mejores comunicaciones e información	40 %
Mejor calidad de salud	37 %
Mejora del medio ambiente natural local	19 %

Fuente: Encuesta de la FAO

Adviértase que el 35 por ciento de las respuestas menciona que los sistemas FV comunales también se utilizan en actividades productivas durante la noche. No hay información de cuántas horas, para qué tipo de trabajo ni de la cantidad de ingresos que pudieran obtenerse de esas actividades. La utilización y la economía de los sistemas FV para esas aplicaciones productivas se ilustra con más detalles en la sección 3.4. Es difícil cuantificar la mayor parte de las repercusiones de las aplicaciones sociales y comunales de los sistemas FV. En los párrafos siguientes se comentan las principales aplicaciones de los sistemas FV en los servicios sociales y comunales, así como sus repercusiones, con apoyo de cifras y ejemplos tomados de la bibliografía.

#### 3.3.1 Energía FV para la atención sanitaria

##### *Refrigeración de vacunas*

La refrigeración de vacunas y la congelación con bloques de hielo son las aplicaciones más conocidas y frecuentes de la energía FV en las clínicas rurales de salud. Los programas de

inmunización utilizan este equipo en todo el mundo. Sin un método fiable de refrigeración (a lo largo de todo el proceso, desde la fabricación hasta el transporte en el lugar de utilización), se pierden las propiedades de las vacunas. Pero el personal sanitario no suele percatarse de esta situación, lo que pone en peligro más todavía los programas de inmunización. En las clínicas de salud más remotas también es necesario contar con congelamiento con bloques de hielo para transportar las vacunas en refrigeradores portátiles.

Los refrigeradores de keroseno que se utilizan con frecuencia, no brindan un control fiable de la temperatura. Estudios realizados por la OMS en Mali<sup>20</sup> han demostrado que los refrigeradores de keroseno superan las temperaturas para almacenamiento de vacunas más del 35 por ciento de las veces, igual que en muchos otros países. Los refrigeradores de keroseno tampoco son adecuados para elaborar hielo. Los refrigeradores de gas licuado de petróleo (GLP) y los de electricidad ofrecen un control adecuado de la temperatura y pueden elaborar hielo, pero el suministro de GLP y de electricidad en numerosas zonas rurales de los países en desarrollo es muy inestable. Otra ventaja de los refrigeradores FV es su gran fiabilidad. Un estudio de la OMS realizado en tres países africanos mostró que estos refrigeradores duran sin descomponerse 3,5 años, y concluyó que este factor había mejorado considerablemente la seguridad a largo plazo de los programas de inmunización y la cadena frigorífica. Los refrigeradores FV también permitían atender a zonas más apartadas, que se traduce en mayor acceso a los servicios rurales de salud. Pero también se concluyó que pese a la gran fiabilidad seguían siendo muy altos los gastos de mantenimiento en las zonas alejadas, y que el tiempo medio entre averías debía elevarse a siete años. Otra opción sería compartir los costos de servicio de manera más amplia con otras aplicaciones externas a los servicios de salud.

#### *Otras aplicaciones*

La iluminación eléctrica mejora mucho la accesibilidad y la calidad de la atención (de urgencia) nocturna. Además, la radiocomunicación puede mejorar mucho los servicios rurales de salud al proporcionar comunicación ininterrumpida con el personal médico de apoyo. En fecha reciente se ha experimentado en tener acceso a bases de datos médicos a través de Internet, lo que ha proporcionado una valiosa fuente de conocimiento al personal médico rural. Casi en todos los casos, la energía FV es la única fuente de energía más económica de estas aplicaciones. Otros aparatos médicos que se pueden utilizar con sistemas FV son: nebulizadores, centrífugas, esterilización y equipo para el tratamiento del agua.

Por último, es muy difícil contratar personal médico capacitado para las comunidades rurales apartadas que no cuentan con electricidad. Los sistemas FV que proporcionan iluminación, música, TV y comunicaciones pueden ser importantes incentivos para que el personal profesional (también maestros, extensionistas, etc.) disfrute de una vida más agradable en las zonas rurales.

#### *Situación*

Los sistemas FV para la atención sanitaria en el medio rural<sup>21</sup> comenzaron a utilizarse en el decenio de 1970, cuando la Organización Mundial de la Salud (en colaboración con UNICEF, USAID y los gobiernos nacionales) empezaron a evaluar la utilización de la energía FV para la refrigeración de vacunas. Rápidamente se aceptó la confiabilidad de la tecnología FV para refrigeradores para conservación de vacunas. Se introdujeron programas en gran escala en Indonesia, Myanmar, Perú, Uganda, Zaire y muchos otros países. La OMS (1993) calcula que hasta 1992 se había instalado un total de 1,36 MWp en el sector de la salud, la mayor parte

---

<sup>20</sup> ITPower/OMS Mali, 1990; citado en OMS, 1993.

<sup>21</sup> Fuentes: NREL, 1998; y OMS, 1993

para refrigerar vacunas (54 por ciento), otro 35 por ciento para iluminación y 10 por ciento para otras aplicaciones sanitarias. El mismo estudio calcula el total del mercado de energía FV para aplicaciones del sector salud en 125-257 MWp. Un estudio de la Comisión Europea (CE, 1996) establece una cifra de 112 MWp para el mismo mercado (ver también el anexo 4).

#### *Obstáculos, experiencias y planteamientos innovadores*

La energía FV para el sector sanitario ha demostrado ser fiable y funcional, sobre todo para refrigerar vacunas, pero también tiene desventajas, más que nada por lo elevado del costo inicial de instalación y la necesidad de servicios calificados de mantenimiento. Si bien la alta fiabilidad reduce la frecuencia (y los gastos) de mantenimiento, para los sistemas aislados este gasto puede resultar prohibitivo. Gradualmente se están probando enfoques más integrales, que consisten en dar a los sistemas FV más aplicaciones en los centros de salud (iluminación, comunicaciones, etc.) y en la comunidad en general. La motivación de fondo de este planteamiento es que al suministrar una serie de servicios con sistemas FV se puede formar una masa crítica para sostener la infraestructura local de instalación y mantenimiento. Esto también puede motivar a las familias a invertir en sistemas FV, lo que ampliaría más todavía esa base. Otra razón de crear nuevos planteamientos es que la atención sanitaria en numerosos países en desarrollo a menudo cuenta con poca financiación y las clínicas rurales no suelen tener fondos de operación<sup>22</sup>. En numerosos proyectos experimentales se han integrado actividades lucrativas –como salas de vídeo y estaciones para la carga de baterías– a la electrificación de las clínicas rurales de salud con sistemas FV, con lo que se ha logrado generar fondos considerables para hacerlos funcionar y darles mantenimiento (ver recuadro 3).

#### **Recuadro 3 La energía FV para la atención sanitaria: planteamiento integral en Colombia**

Cuatro comunidades rurales de la provincia de Chocó, en la costa del Pacífico de Colombia, utilizan sistemas FV para proporcionar a los servicios de salud refrigeración de vacunas, iluminación, comunicaciones y aparatos médicos. Cada una de estas comunidades creó un consejo comunal para formar microempresas destinadas a producir los fondos para dar mantenimiento a los sistemas FV. Los consejos recibieron sistemas FV para hacer funcionar microempresas, entre ellas salas de vídeos, dos centros de carga de baterías y venta de linternas FV. También cuatro iglesias recibieron sistemas de iluminación. Se escogió a dos técnicos de cada comunidad, se les impartió capacitación en instalación, mantenimiento y reparación de los sistemas.

Aparte de las mejoras a los servicios de salud (vacunas, servicio nocturno y formación sanitaria) se generaron otros ingresos (335-655 dólares EE.UU. por comunidad, en un periodo de nueve meses), sobre todo a través de la venta de boletos para la sala de vídeos y la carga de baterías. Los ingresos se depositaron en un fondo de mantenimiento para los sistemas. El futuro de este tipo de resultados en mayor escala depende mucho de sistemas innovadores de financiación, inversión y creación de un mercado privado de energía.

Fuente: NREL, 1998

### **3.3.2 Energía FV para el suministro de agua potable**

El agua es una necesidad básica y contar con un suministro confiable de agua limpia puede reducir la cantidad de enfermedades transmitidas por el agua (sobre todo entre los niños); puede ayudar a mejorar la salud, la higiene y la calidad de vida, y dejar tiempo libre para otras actividades, sobre todo a las mujeres. El suministro de agua potable a menudo es una de las prioridades más importantes de los aldeanos que no cuentan con este servicio. Se ha avanzado

<sup>22</sup> Fuente: NREL, 1998, pero se menciona más a menudo como razón de que no haya inversión en infraestructura.

mucho en el suministro de agua potable: en 1961 se calculaba que el 10 por ciento de las familias rurales disponía de agua potable, en 1997 la cifra ya era de 75 por ciento. Con todo, se estima que alrededor de mil millones de personas siguen sin contar con un suministro fiable de agua potable<sup>23</sup>.

### Situación

Desde el decenio de 1970 se han utilizado sistemas FV en proyectos de bombeo de agua en el medio rural y, tras numerosos fallos, el bombeo con energía FV ha demostrado ser muy fiable y, en muchos casos, una solución económica. Un estudio realizado por la GTZ (Posorski, 1995) en siete países llegó a la conclusión de que los sistemas FV de bombeo de agua potable son técnicamente viables y económicamente competitivos en comparación con las bombas pequeñas de diesel (sistemas solares de 1-4 kWp). No obstante, la diversidad de países y factores locales es muy grande, incluso el personal (operador) y los costos de construcción para almacenamiento. Por eso es necesario hacer evaluaciones por país.

**Cuadro 9 Viabilidad económica de los sistemas FV de bombeo de agua (en 1993)**

	Argentina	Brasil	Indonesia	Jordania	Filipinas	Túnez	Zimbabwe
1 kWp	■	■	□	■	■	■	■
2 kWp	■	■	□	■	■	□	■
4 kWp	■	■	□	■	■	□	■

■ = competitividad de los sistemas FV para bombeo de agua en condiciones normales de crédito

■ = competitividad de los sistemas FV para bombeo de agua con acuerdos especiales de crédito

Fuente: Posorski, 1995

El cuadro 9 muestra las diferencias de viabilidad económica, mediante la comparación de los sistemas de bombeo de diesel y FV. Sólo en Indonesia los sistemas FV no son competitivos con ningún sistema de crédito. Desde 1993 los precios de los sistemas FV se han reducido alrededor de un 40 por ciento (Maycock, 1998); una comparación parecida con los precios actuales daría por resultado, en consecuencia, una mayor competitividad de los sistemas FV de bombeo.

Es difícil calcular la cantidad total de sistemas FV para bombeo de agua instalados en todo el mundo, la bibliografía establece cifras distintas: la OMS (1993) cita 24 mil sistemas FV de bombeo ya instalados en 1992, mientras que Posorski (1995) establece más de 10 mil sistemas FV para el bombeo de agua potable<sup>24</sup>. Fuentes europeas y estadounidenses indican que entre ocho y 12 por ciento de la producción anual de módulos FV (en MWp) se utiliza para bombeo de agua (ver anexo 4); si se hace una proyección de la capacidad mundial total instalada de sistemas FV de bombeo el resultado es de 100-150 MWp. Un estudio de la CE (1996) establece un mercado potencial de sistemas FV para bombeo de agua en los países en desarrollo en 2 643 MWp, a partir del cálculo de las necesidades básicas.

### Experiencia y obstáculos

Si bien el bombeo de agua con sistemas FV ha demostrado ser económico y una tecnología adecuada, se topa con los mismos obstáculos que las otras aplicaciones de los sistemas FV, comprendidos los elevados costos de inversión iniciales y la falta de infraestructura de instalación y mantenimiento, que incrementan los costos e impiden un funcionamiento fiable de los sistemas. Igual que con los sistemas FV para el sector sanitario, la falta de fondos para

<sup>23</sup> Fuente: PNUD, Informe Sobre Desarrollo Humano 1997; OMS/UNICEF, Water supply and Sanitation Sector Monitoring Report, 1993.

<sup>24</sup> Se refiere a los sistemas de 1 a 4 kWp, que significarían una capacidad total de bombeo instalada de 10 a 40 MWp.

operarlos y darles mantenimiento ha sido un problema para numerosos programas de bombeo de agua.

Muchos proyectos de bombeo de agua con sistemas FV ofrecen una importante experiencia, como el proyecto del Sahel (Programme Regional Solaire, financiado por la Unión Europea) que instaló más de mil sistemas de bombeo (1,3 MWp) a principios de los años 90. Tras los problemas iniciales, la tecnología FV de bombeo demostró ser fiable y económica en el ámbito de los sistemas pequeños para suministro de agua en las aldeas. La UE y los gobiernos de los países financiaron el equipo, pero uno de los principales obstáculos del programa fue la organización y financiación del mantenimiento de los sistemas. A fin de cuentas los aldeanos aceptaron en general la idea de pagar por el agua con el propósito de crear un fondo de mantenimiento.

Otro aspecto interesante derivado de la evaluación del proyecto fue que, aparte del agua potable para la población rural, la mayor parte de los sistemas además suministraba agua para el ganado y para regar pequeños huertos. En algunos casos esto significaba hasta un 80 por ciento del consumo, pero más comúnmente quedaba entre el 10 y el 20 por ciento. Se ha recomendado<sup>25</sup> incluir esos otros usos del agua potable en la elaboración de los proyectos, siempre que los pozos suministren agua suficiente. Los costos marginales del leve incremento del tamaño de los sistemas son relativamente bajos, y los ingresos extras que esas actividades proporcionan podrían contribuir al pago de los costos de operación y mantenimiento.

### **3.3.3 Energía FV para las escuelas, las instalaciones comunales y otros edificios públicos**

No se discute la importancia para el desarrollo de la educación básica, la capacitación específica en agricultura, la sanidad y la salud, ya que permiten aumentar el conocimiento y la capacidad de las personas, ser más productivos y disfrutar de las posibilidades que ofrece tener más conocimientos en el mundo que los rodea. Numerosos estudios (por ejemplo, los citados en BM, 1999) han demostrado que también en el nivel (macro)económico, la educación es una de las mejores inversiones, que supera a muchas inversiones en equipo. La aportación de la energía en este campo es reducida, pero conforme se creen métodos docentes más eficaces, los aparatos audiovisuales (eléctricos) simples pueden mejorar considerablemente el acceso a la educación y la calidad de la misma. Esta contribución puede ser más avanzada (aprendizaje a distancia a través de Internet o con programas interactivos), de tipo audiovisual (como el de vídeo), para apoyar las actividades docentes y de capacitación, o bien métodos de aprendizaje económicos y eficaces para los programas de educación básica para adultos que se transmiten por radio o se distribuyen en cintas grabadas (ver recuadro 4). En todos los casos, una iluminación adecuada puede prolongar las horas de “estudio”.

Como en el sector de la salud, se ha señalado que una iluminación básica y equipo audiovisual pueden ayudar a que los profesionales que trabajan en las zonas más apartadas tengan un mejor nivel de vida y más razones para quedarse. Además les permite preparar clases durante la noche y mantenerse informados, a través del radio y la TV, lo que se traduce en una mejor calidad de sus clases.

---

<sup>25</sup> Comunicación personal con el Sr. Fraenkel, ITPower.

En las aldeas rurales alejadas, las escuelas y otros centros de la comunidad (iglesias, mezquitas) suelen ser punto de reunión de la comunidad, y ofrecen un gran potencial para integrar los objetivos de fomento de la comunidad y educación. Contar con iluminación básica de noche puede promover las actividades vespertinas, como las reuniones de la comunidad, la instrucción para adultos, las actividades religiosas y las fiestas. En el cuestionario relativo a los sistemas FV para los centros comunales, las escuelas y otras instalaciones públicas, alrededor del 35 por ciento de las respuestas mencionó las actividades vespertinas entre las de tipo productivo que se realizan en esos centros, principalmente de costura y elaboración de artesanías. Estos edificios a menudo son los únicos de las aldeas que cuentan con buena iluminación.

### *Situación*

La variedad de aplicaciones finales (iluminación, radio, televisión, vídeo, etc.) hace difícil generalizar la economía de las mismas, pero la energía FV a menudo es la solución más económica para hacer funcionar aparatos que consumen poca energía en las aldeas más alejadas que no tienen electricidad. Algunos programas importantes han tratado de integrar la energía FV en las escuelas y otras instalaciones públicas, por ejemplo en Bolivia, Brasil, la India y Sudáfrica, pero es difícil calcular la cantidad de energía instalada. Muchos sistemas también se instalan por separado en iglesias, escuelas y en las propias comunidades.

La CE (1996) calcula el potencial del mercado FV para el sector escolar en las zonas rurales que no cuentan con electricidad, de los países en desarrollo, en 2 657 MWp (ver anexo 4).

#### **Recuadro 4 Electricidad FV para programas de educación para adultos en Honduras**

En numerosos proyectos rurales de la FAO en Honduras la población beneficiaria ha señalado la educación como prioridad importante. El programa de instrucción básica regular no ha logrado alfabetizar a grandes sectores de la población (en especial a adultos, pero también a niños). Se buscó cooperación con un programa nacional de educación para adultos (EDUCATODOS, financiado por USAID), a partir de lecciones impartidas por radio o con cintas grabadas y libros de texto, que se realizan en grupos de autoayuda con apoyo de un promotor (sobre todo para proporcionar ayuda logística, motivación externa y tomar exámenes). El programa tiene una gran acogida popular en muchas comunidades a las que la FAO presta ayuda. Sólo en la zona de Lempira, en el sur, hay unos 160 grupos, con un total de 1 600 estudiantes distribuidos en seis diferentes niveles. Los estudiantes asisten a clases de cinco a seis veces por semana, de noche, y la gran mayoría aprueba sus exámenes.

Como la mayoría de los adultos está ocupada de día, la mejor hora para estudiar es de noche. Se entrega a los grupos una grabadora (se prefieren las clases grabadas que las de radio, por la posibilidad de repetir partes de la grabación), una linterna de keroseno a presión y un suministro normal de pilas secas, keroseno y alcohol. Las lámparas de keroseno a presión tenían problemas frecuentes de vidrios que se quebraban, falta de mantos y tubos que se bloqueaban de suciedad.

En 1998 se llevaron linternas solares a cuatro aldeas como experimento. En 1999, durante la primera evaluación, los participantes opinaron que las linternas solares eran mejores que las de keroseno a presión, más fáciles de manejar (no hay que llenarlas, bombearlas, encenderlas previamente con alcohol, ni hay que conseguir el alcohol y el keroseno), ofrecen una luz de mejor calidad (más suave para la vista), no hacen ruido, no producen humo y no provocan incendios. Opinaron que no presentaban problema alguno.

En 1992, se compraron 22 sistemas FV pequeños (24 - 40 Wp) con ayuda de donaciones de fabricantes de sistemas FV, y se instalaron en escuelas y centros comunales. Se organizaron grupos de la comunidad y se les capacitó para dar mantenimiento a los sistemas, organizar la utilización del edificio y reunir fondos para los gastos de mantenimiento y en piezas de repuesto. Las comunidades además pagaron de 10 a 15 por ciento de los costos de inversión, y pudieron elegir entre sistemas de 24 o de 40 Wp.

Cuando se redactó este texto, todos esos sistemas funcionaban bien. Los edificios y los sistemas se están utilizando para programas de educación para adultos (sustituyen a las lámparas de keroseno, la utilización de keroseno y alcohol, y las pilas secas), reuniones comunales y festividades, etc. Muchas comunidades además han establecido una tienda de productos básicos en el mismo edificio, con una luz FV que permite prestar el servicio de noche.

El programa docente mismo se ha evaluado a fondo (Steenwyk 1997, 1998 y 1999). Se llegó a la conclusión de que repercutía significativamente en los ingresos (una media de 41 dólares EE.UU. más de ingresos anuales por cada año del estudio por participante) en relación con el costo (financiados por el Estado) de 28 dólares EE.UU. por participante. El costo medio de la educación básica suele ser de 100 dólares por participante. Otras repercusiones importantes del programa comprenden beneficios como el incremento de la autoestima, mejor salud, mayor participación civil, más conocimiento de la salud reproductiva y mejor desempeño escolar de los niños (estos dos últimos aspectos en especial entre las mujeres). Si bien no todos estos beneficios pueden atribuirse a los sistemas solares, éstos permiten impartir clases de noche. Los sistemas solares además ofrecen el mismo servicio a menor costo (CCD) y con más comodidad, mientras que los sistemas más grandes brindan muchos más servicios. Actualmente los ministerios de Energía, Educación y el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) están discutiendo introducir estos sistemas comunales pequeños en todo el país.

Fuente: Steenwyk, 1996; Steenwyk, 1997; Steenwyk, 1998; FAO, 1999

### 3.3.4 Otros usos sociales y comunales de los sistemas FV

#### *Iluminación pública y de las calles*

La iluminación de las instalaciones públicas y de las calles en las aldeas rurales es una aplicación común de la electricidad en los programas de extensión de la red ordinaria. El principal efecto es brindar seguridad durante la noche. La población ha llegado a esperar esos beneficios de los programas de electrificación rural. En muchos programas de electrificación FV rural en los países en desarrollo se incluye la iluminación pública. En algunos casos ésta sirve para extender las horas de trabajo de los mercados o la jornada laboral una vez que ha oscurecido, como en las aldeas de pescadores de Filipinas, donde el pescado se prepara de noche, con lo que se amplía la jornada laboral y, en consecuencia, se incrementa la pesca (ver recuadro 5). Otro ejemplo es la isla Gosaba (Sunderbans, India), donde los hombres que trabajan tirando de las calesas esperan junto al transbordador, compraron un sistema de iluminación FV con el fin de estar más visibles de noche y mejorar su servicio (Sinha, 2000b). Igual que en las demás aplicaciones comunales, los sistemas de iluminación pública exigen una atenta planificación del mantenimiento, para garantizar su funcionamiento adecuado durante su vida útil.

#### *Telecomunicaciones*

Como se describió en el anexo 4, las telecomunicaciones forman una considerable proporción del mercado de tableros FV. Pero la mayor parte de esta proporción se destina a las estaciones repetidoras y a otra infraestructura de apoyo general para las redes de telecomunicaciones, que benefician directamente poco a las zonas rurales. Las redes de teléfonos móviles con sede en las ciudades, por ejemplo, a menudo tienen estaciones repetidoras situadas en lo alto de las montañas en las zonas rurales, pero esto no indica necesariamente que los pobladores rurales se beneficien de ello en forma importante. Sin la infraestructura necesaria de apoyo estas instalaciones tienen utilidad para los pobladores de las zonas rurales como línea de transmisión de alto voltaje que atraviesa una aldea sin electricidad. Esta infraestructura de apoyo está limitada por el equilibrio entre el volumen de inversión y las conexiones previstas, como en los sistemas de telecomunicaciones locales. El avance constante de la tecnología de la radio y de los teléfonos móviles ha reducido considerablemente las inversiones en infraestructura de apoyo, en especial en zonas apartadas, montañosas o inaccesibles. La energía FV se prefiere con mucho y es la fuente de energía más fiable para la infraestructura de telecomunicaciones en las zonas más remotas. Se puede hacer funcionar conexiones únicas de radio y teléfonos móviles con tableros solares pequeños (de 10 a 50 Wp). La fiabilidad y facilidad de mantenimiento de los sistemas FV también da mayor seguridad a estos servicios.

Muchas de estas redes móviles son privadas, aunque a veces los gobiernos de los países invierten en telecomunicaciones para comunicar las zonas rurales con el resto del país. Muchas conexiones de telecomunicaciones dependen de proyectos de desarrollo, hospitales y otras instituciones públicas o semipúblicas, con una aportación inapreciable a una mejor prestación de los servicios (que va desde la organización hasta la realización de consultas médicas y para casos de urgencia). Si las telecomunicaciones están al alcance del público, los pobladores de las zonas rurales no sólo las utilizan con fines sociales, sino también productivos, como el caso de los pescadores filipinos que pueden verificar los precios del pescado en la ciudad antes de vender su pesca a los intermediarios, lo que fortalece mucho su capacidad de negociación (ver también el recuadro 5). Estos servicios de telecomunicaciones a menudo son tan populares que en muchas zonas rurales de los países en desarrollo las “tiendas” de teléfonos privados han resultado muy lucrativas para los empresarios locales (ver párrafo 3.4.3).

### *Centros de carga para baterías FV*

Otra clase de sistema FV que tiene cada vez más aplicaciones comunales es el centro de carga para baterías FV. Muchas personas de las zonas rurales utilizan acumuladores viejos de automóvil para la televisión y una bombilla, y los cargan en las aldeas que tienen electricidad, a una distancia y precio considerables. Los centros de carga para baterías solares proporcionan un nivel intermedio entre estas prácticas “ordinarias” de carga y un sistema solar particular. La mejora paulatina del sistema doméstico de la batería (mejores instalaciones, control de la carga) a menudo conduce a la compra de un tablero solar pequeño a plazo más largo. Los centros de carga para baterías solares han estado en general en el ámbito de programas subsidiados por el gobierno, cuya gestión suele encargarse a ciertos grupos de las comunidades. Pero la disminución de los precios y la experiencia constante de los proyectos han permitido que la carga de baterías solares sea una opción de inversión para los empresarios locales (ver también el párrafo 3.4.3).

### *Proyectos FV integrales para los servicios comunales y sociales*

En el recuadro 5 se describe un ejemplo de un proyecto en el que se da atención a diferentes necesidades sociales y comunales simultáneamente a través de la instalación de sistemas FV. El proyecto muestra, entre otras cosas, que esos proyectos integrales, cuando están bien organizados, pueden crear sinergias. Al instalar distintos “paquetes” FV al mismo tiempo, las mismas estructuras de servicio pueden utilizarse para todos los paquetes, lo que aumenta la eficacia y reduce los costos. Además, la difusión de información sobre los sistemas FV probablemente aumente la demanda de SSD y de otras inversiones privadas en sistemas solares, que luego pueden satisfacerse con las infraestructuras existentes. En Bolivia (PROPER, 1996) y Brasil (MME, 1998) hay experiencias similares.

### **Recuadro 5 Proyecto de Infraestructura Solar Municipal (MSIP) en Filipinas**

El Proyecto de Infraestructura Solar Municipal (MSIP) en Filipinas tiene mucha importancia y se está ejecutando en el marco del Programa de Reforma Social (PRS) del Gobierno. Está orientado al beneficio social y económico de la población que vive en las zonas más apartadas, y a dar apoyo a las estructuras públicas locales. Beneficiará a más de un millón de personas y su conducción está a cargo de la Secretaría de Interior y del Gobierno Local. El proyecto, con un costo de 30 millones de dólares EE.UU., se firmó en 1997 y está financiado con un préstamo en condiciones favorables de la Australian Export Finance and Insurance Corporation (AEFIC) y una donación de cerca de siete millones de dólares EE.UU. de la Organización Australiana para el Desarrollo Internacional (AusAid). Se ha contratado a BP Solar Australia para encargarse de la ejecución del proyecto, comprendidos la gestión del mismo, la preparación de las aldeas, el desarrollo y capacitación de la comunidad, las finanzas, el suministro del equipo y su instalación, así como la construcción de una infraestructura de mantenimiento.

El objetivo del proyecto es mejorar la calidad de vida de las poblaciones alejadas y los Barangay (aldeas) determinados por el PRS mediante una prestación de servicios mejores y más extensos, de más calidad, ofrecidos por las dependencias públicas locales, que proporcionen los insumos básicos al proceso de desarrollo rural: agua potable, mejores servicios de salud, más capacidad para impartir la enseñanza, mejor infraestructura comunal y comunicaciones. Esto incluye la utilización de más de mil sistemas FV, que consisten de unos 14 tipos distintos de “paquetes de servicios” en más de 400 comunidades en las regiones de Mindanao y Visayas. Para estas regiones no se consideró viable la electrificación ordinaria en el corto ni el mediano plazos.

En vez de suministrar SSD, las prioridades fueron comunales, tales como: centros de salud (sistema de refrigeración para vacunas, iluminación, linterna solar), suministro de agua para la comunidad (bomba, almacenamiento, distribución), escuela (iluminación, TV/vídeo), seguridad para la comunidad (iluminación de la vía pública), instalaciones comunales (iluminación, abanicos de techo, tomacorrientes de ca, equipo de telecomunicaciones), instalaciones de los barangay (sistema de iluminación, tomacorrientes de cd).

La elaboración y los preparativos del proyecto se iniciaron en 1994. Una vez suscrito oficialmente, el año de 1997 se dedicó sobre todo a la organización y movilización de recursos para el proyecto, en 1998 se preparó a la comunidad y comenzó la instalación. En 1999, 2000 y en adelante el proyecto pasa de las etapas de suministro e instalación a la entrega a los beneficiarios y mantenimiento de los sistemas. La participación adecuada de la comunidad, la capacitación y la instalación de estructuras locales para la prestación de los servicios tienen como propósito garantizar la sostenibilidad del proyecto. Se cobran cuotas de mantenimiento y de pago parcial de los sistemas en la comunidad, de conformidad con las posibilidades de sus integrantes. Se elige un comité solar en cada comunidad, para ayudar a las personas a decidir el paquete que más les convenga. También se supervisa el cobro de las cuotas y cualquier mantenimiento necesario corre a cargo de los técnicos locales en energía solar.

Los sistemas FV instalados de la comunidad también ayudan a fomentar las actividades productivas y que generan ingresos. La economía de la mayor parte de las comunidades de las zonas de Visayas y Mindanao depende de la acuicultura. Se dotó de iluminación a los mercados, el muelle de los pescadores y las zonas comunales, para alargar la jornada laboral y contribuir así a la elaboración del pescado para el mercado. El suministro de paquetes de telecomunicaciones significa que los pescadores locales pueden llamar a los mercados de pescado de Manila para constatar los precios y asegurarse de obtener “el precio adecuado” por su producto cuando comienzan a regatear las embarcaciones de Manila.

Fuentes: PRESSEA, 2000; DOE, 2000; AEN, 1997; comunicación personal con BPSolar

### 3.4 Energía FV para aplicaciones productivas no agrícolas

El análisis de los programas de electrificación FV, a través de la encuesta y del análisis de documentos de proyectos y entrevistas con expertos, muestra el número cada vez mayor de actividades no agrícolas del sector rural cuya productividad depende o puede mejorar gracias al suministro de electricidad<sup>26</sup>.

Entre esas actividades hay varias que pueden funcionar bien gracias a los sistemas solares, lo que crea oportunidades de aplicar productivamente la electricidad solar. Como se indicó en la sección 3.1, el cuestionario demostró que cerca del 41 por ciento de los entrevistados opinan que los sistemas FV han repercutido en la industria artesanal<sup>27</sup> y las actividades comerciales, así como en el desarrollo de la pequeña empresa. La pertinencia de los sistemas FV pequeños para aplicaciones productivas se limita, con todo, al suministro de electricidad para actividades no agrícolas que requieren poca energía. Los sistemas FV no son una opción para las actividades que consumen mucha electricidad, como los molinos de arroz y otros sistemas de elaboración de los productos agrícolas. Una de las premisas de este estudio, no obstante, es que *“una carga pequeña de los sistemas FV puede acarrear desarrollo socioeconómico rural”*.

Las actividades productivas no agrícolas pueden clasificarse en: industria artesanal, sector comercial y el nuevo y creciente sector de los servicios, es decir, las actividades relacionadas con el tiempo libre y los servicios públicos (suministro de electricidad, comunicaciones). La contribución final de la energía FV a los ingresos y el empleo en las zonas rurales es el negocio mismo de instalación y mantenimiento de los sistemas FV.

El cuadro 10 resume el desglose de las actividades que generan ingresos, definidas a partir de la encuesta. Se informa con más frecuencia de impacto en las pequeñas tiendas minoristas, los servicios de esparcimiento (bar, sala de cine) y los talleres de costura y de artesanías (28, 19 y 21 por ciento respectivamente), y en forma más limitada en los centros de carga de las baterías y en los centros telefónicos (16 y 12 respectivamente).

**Cuadro 10 Empresas creadas o mejoradas con electricidad FV (% del total de entrevistados)**

Tiendas minoristas/restaurante/bar	28 %
Cine rural (negocio de TV/vídeo)	19 %
Carga de baterías	16 %
Tiendas de telecomunicaciones (teléfonos celulares)	12 %
Talleres técnicos y de reparación	16 %
Artesanías/talleres de costura	21 %
Turismo (hotel, pensión)	16 %

Fuente: Encuesta de la FAO

<sup>26</sup> Como bien se resumió recientemente: “Los especialistas del desarrollo rural ya se dan cuenta de que no todos los pobladores del ámbito rural son campesinos, y que aun éstos obtienen una gran parte de sus ingresos de actividades no agrícolas. Para que éstas prosperen en las zonas rurales tiene que haber una infraestructura aceptable y quizá también una fuerza de trabajo rural bien capacitada. La energía forma parte de la infraestructura rural necesaria. En pocas palabras, se trata del vínculo entre desarrollo rural y energía (Wiens, 1999).

<sup>27</sup> Esto indica elaboración en pequeña escala de manufacturas artesanales, donde el trabajo manual sigue siendo el factor de valor agregado.

El cuadro 11 muestra un panorama general de las respuestas a la encuesta que califican las principales repercusiones en el desarrollo, por el suministro de electricidad solar para actividades productivas. Las respuestas señalan muy a menudo el beneficio de la iluminación, que permite trabajar durante más horas y mantener abiertos los negocios durante un horario más prolongado (35 por ciento). Otro porcentaje menor, pero significativo de respuestas indicó que las repercusiones consistían en un incremento de la productividad (21 por ciento), mejor calidad del servicio por resultar más atractivo a los clientes (23 por ciento), y más empleo (19 por ciento), seguido de la creación de nuevas actividades productivas domésticas y artesanales (16 por ciento).

**Cuadro 11 Repercusión de la energía FV en las actividades comerciales (% del total de entrevistados)**

Horario más prolongado de trabajo y de servicio	35 %
Nuevas oportunidades comerciales mediante la utilización de equipo nuevo (herramientas mecanizadas, teléfono, etc.) o nuevos productos, más comerciales (por ejemplo, artesanías)	16 %
Mayor productividad	21 %
Productos de mejor calidad (precio más alto)	5 %
Más ventas	14 %
Servicio de mejor calidad (por ej., comercios más atractivos gracias a la iluminación, música, bebidas frías, etc.)	23 %
Creación de industrias domésticas y artesanales	16 %
Más empleo	19 %

Fuente: Encuesta de la FAO

### 3.4.1 Energía FV para la industria artesanal y el comercio

Uno de los ejemplos más citados de aplicación productiva en la empresa rural tiene que ver con la prolongación del horario laboral gracias a la iluminación. Ésta, según se menciona, mejora la calidad de la actividad productiva y atrae más clientes, según el tipo del comercio. En la encuesta, el 28 por ciento de las respuestas indica que se abrieron tiendas minoristas, cafés y restaurantes, con el estímulo o mejorados gracias a la energía solar. Aparte de la iluminación en esos negocios, la electricidad FV permite que haya música, TV y la utilización de aparatos sencillos, por ejemplo licuadoras. Las respuestas a la encuesta no proporcionan suficientes detalles para obtener datos de la generación de ingresos a partir de esas actividades, pero en la bibliografía hay ejemplos pertinentes. Una tienda de la República Dominicana incrementó 60 por ciento sus ventas diarias gracias al suministro de luz y radio (Cabraal, 1996). En China se hizo una evaluación monetaria de las repercusiones de la iluminación de buena calidad y de la disponibilidad de televisión: un restaurante de Mongolia Interior incrementó sus ingresos 722 dólares EE.UU. en seis meses (Richter, 1997a).

La información de la encuesta también muestra las posibilidades de aplicación de los sistemas solares en talleres técnicos pequeños (16 por ciento de las respuestas). A menudo los talleres de reparaciones electrónicas, según se informa, se benefician del suministro de electricidad, que les permite utilizar equipo de supervisión y herramientas pequeñas, como cautines, para mejorar la calidad de las reparaciones y la productividad del taller, con una demanda limitada de electricidad<sup>28</sup>. Un caso de este tipo es un taller de joyería de oro en una aldea del delta de Mekong (FIDA, 1998). Según se indica en el inventario de aplicaciones, los talleres de reparaciones han utilizado la energía solar para utilizar taladros pequeños, por ejemplo en los

<sup>28</sup> Un cautín pequeño de 30 watts (Hankins, 1995) sólo necesita 20 Wh/diarios ya que sólo se utiliza una media de 40 minutos al día.

talleres de reparación de bicicletas. Esas herramientas que consumen tan poca electricidad de CD también pueden mejorar la calidad y productividad de las artesanías, por ejemplo en los talleres de productos artesanales de madera y de bambú.

Utilizar herramientas para actividades productivas (no agrícolas) con sistemas FV pequeños tiene limitaciones evidentes de oferta de energía: a mayor demanda de electricidad, tienen más posibilidades los generadores de diesel o gasolina. Es lo mismo en el caso de los refrigeradores: las unidades eficientes que consumen poca energía (hasta 200-300 litros) pueden funcionar con poca energía FV, pero cuando se requieren unidades de refrigeración grandes, la opción FV a menudo resulta demasiado costosa.

La viabilidad económica de los sistemas FV más grandes para la industria artesanal tiene que estudiarse por casos, pero en general disminuye en comparación con los generadores de diesel cuando se necesita más electricidad. Hay aplicaciones más grandes de energía FV y habría que supervisarlas. Se utilizan sistemas solares grandes, de hasta 1 kWp, por ejemplo, en las fábricas de perlas en la Polinesia francesa, donde se necesita electricidad para iluminación, taladros y bombas. En este sector del suministro de electricidad, sin embargo, cada vez hay más interés en las soluciones mixtas que incorporan la electricidad FV y eólica con generadores de diesel para respaldar las baterías. Vale la pena estudiar estas opciones como suministro conveniente, económica y ambientalmente, de electricidad para sitios remotos, cuando se concentre más la demanda de energía y sea costoso el suministro de combustibles. En Indonesia, por ejemplo, un sistema eólico mixto para hacer hielo ayuda al mercado de pescadores a comercializar mejor su captura (Kadyszewsky, 1998).

En el marco del Programa de Energía Renovable en México (ver recuadro 10), Sunwize Energy Technologies con el gobierno del estado de Chihuahua introdujeron una máquina para hacer hielo, de energía FV híbrida, en una cooperativa de 70 familias pescadoras. El equipo FV de 2,4 kWp, con respaldo de un generador de propano para suministrar electricidad constante, logra producir hasta 500 kg diarios de hielo y permite a la cooperativa almacenar el pescado y venderlo directamente en los mercados urbanos. Ya funcionan estos casos tan prometedores y están aumentando<sup>29</sup>, lo que demuestra su contribución a la generación de ingresos rurales. Sin embargo, lo que hace falta es un análisis a fondo del desempeño de la relación entre costo y beneficio de su duración, en comparación con la opción de diesel, que incluya un análisis de cuestiones ambientales y estudiar las aplicaciones con mayor valor agregado.

### **3.4.2 Energía FV para las empresas de servicios**

Una de las posibilidades más simples de generación de ingresos rurales con energía FV es la venta de electricidad, una suerte de microservicio rural de electricidad. Normalmente las familias con más recursos de las aldeas que tienen un pequeño generador de diesel venden electricidad a sus vecinos. Actualmente se está estudiando un caso registrado de este “microservicio” con un sistema FV en Bangladesh (Barua, 1998), donde Grameen Shakti está financiando un sistema solar para el propietario de un comercio que, a su vez, vende electricidad a otros comercios y obtiene así un ingreso extra de alrededor de 12,5 dólares EE.UU. mensuales (ver recuadro 7). La difusión de centros de carga de baterías solares en las aldeas es otro caso de microservicio que produce ingresos rurales y empleo. Los centros de carga solares suelen pertenecer a algún empresario local, a una cooperativa local o a una

---

<sup>29</sup> Según Synergy, empresa que produce e instala sistemas híbridos, la demanda está aumentando y se está negociando la financiación e instalación de esos sistemas en Bangladesh, en cooperación con Grameen Shakti.

compañía de electricidad. La rentabilidad de esas empresas tiene que evaluarse en cada mercado rural en particular, y tiene que ver con las cuotas por carga aplicables localmente, la accesibilidad y el costo de una opción de carga de baterías de diesel, así como con el financiamiento de los costos de la inversión. En Marruecos, los estudios de una empresa de electricidad, la Noor Web, muestra que podría aplicarse un modelo de franquicias para crear una red, de propiedad y gestión centrales, de empresarios de las aldeas que tuvieran centros de carga de baterías de 1 kWp. Pero hasta ahora, casi todos los centros de carga de baterías se han establecido en el marco de programas subsidiados del gobierno (por ejemplo en Colombia, Filipinas, Tailandia, Senegal y Viet Nam), con cuotas de carga a menudo demasiado bajas para producir ganancias capaces de cubrir nada más que los costos de operación y mantenimiento. Como se describió antes (sección 2.2), parece una opción prometedora pero falta conocer las condiciones que permitieran a este modelo de microservicio rural desarrollarse plenamente como opción comercial.

Otro servicio comercial prometedor de energía FV es la telefonía rural. Hoy, las cabinas telefónicas que funcionan con energía solar, producidas por Iridium y Motorola, proporcionan servicio en zonas remotas de 80 distintos países (Sancton, 2000). Los nuevos mercados de zonas remotas de las grandes empresas multinacionales de teléfonos se caracterizan por sus grandes inversiones. Esas empresas están introduciendo innovadores sistemas wireless local loop en muchos países en desarrollo, como México, Pakistán, Perú, Tanzania y Zimbabwe. En esos mercados, y en los mercados de servicios de Internet, la energía renovable promete desempeñar un papel cada vez mayor. Las consecuencias para el desarrollo rural de los servicios de comunicaciones a partir de Internet pueden ser interesantes y afectan tanto a la capacidad de generar ingresos gracias al comercio electrónico, como a los beneficios sociales relacionados con servicios más innovadores como la telemedicina y el aprendizaje a distancia. Actualmente se está llevando a cabo un experimento en Palestina, patrocinado por la Greenstar Foundation, que se resumen en el recuadro 6 y presenta una idea de los posibles efectos de los proyectos que integran centros multifuncionales de telecomunicaciones en las aldeas, que funcionan con energía solar.

Las empresas de servicios de esparcimiento están creciendo en muchas zonas rurales y suelen depender de un reducido suministro de electricidad para iluminación, televisores a color, equipos de vídeo y de sonido. Estas aplicaciones de los sistemas solares a menudo aprovechan (y reproducen) experiencias locales anteriores con la venta de servicios de televisión por parte de alguna familia con recursos que posea una lámpara pequeña de keroseno o un generador de diesel. En Viet Nam, por ejemplo, Solarlab, un integrador local de sistemas solares, instaló más de 50 sistemas para centros comunales, equipados con iluminación, televisión y videograbadora, música y servicio de carga de acumuladores. Cuando el empresario local consigue buenas cintas de vídeo, esos centros logran vender entradas para ver las cintas, así como refrigerios y bebidas, lo que contribuye a los ingresos del servicio de carga de baterías.<sup>30</sup> En Filipinas estos servicios de esparcimiento han proliferado con sistemas de energía solar para los equipos de karaoke.

En el cuadro 12 se presentan los cálculos de unos proyectos de energía FV ejecutados en Mongolia Interior (China), de los ingresos adicionales obtenidos de las actividades de esparcimiento.

---

<sup>30</sup> Fuente: comunicación personal con Li Huang Tó, Directora de Solarlab, Ciudad Ho Chi Min, Viet Nam.

## Cuadro 12 Ingresos extras procedentes de actividades de esparcimiento realizadas con energía FV

Tipo de actividad de esparcimiento	Ingresos extras (en dólares EE.UU.) y frecuencia del servicio
Negocio de presentación de películas en vídeo	Boleto de ocho centavos por persona, una vez a la semana
Sala de baile	Boleto de ocho centavos por persona, dos veces a la semana, 5 o 6 dólares semanales

Fuente: Richter, 1997a; Richter, 1999

### Recuadro 6 Iniciativa Greenstar: unir la energía FV a la informática y a la creación de microempresas en Palestina

La Fundación Greenstar es una organización no lucrativa, comprometida con llevar servicios que funcionan a partir de energía solar a los países en desarrollo y a lugares donde no está disponible la red de electricidad ordinaria. Algunas de las organizaciones que participan en esta iniciativa experimental son el Laboratorio Nacional de Energía Renovable, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, una empresa de Internet y un fabricante de sistemas FV.

Con una inversión de casi 25 mil dólares EE.UU., Greenstar electrificó recientemente una escuela y un centro comunal en la remota aldea, que no cuenta con electricidad ordinaria, en Al Kaabneh, Palestina. La instalación del sistema solar consta de una gran red FV montada como techo de un contenedor, una copiadora, una computadora con equipo audiovisual, y dentro de poco, una antena parabólica y un purificador de agua. La Fundación Greenstar hace especial énfasis en las actividades rurales sostenibles que la tecnología de telecomunicaciones puede apoyar, por lo que pide que la energía solar se utilice como “electrones inteligentes”.

En Al-Kaabneh, Greenstar ha ayudado a reconocer una variedad de productos locales que esta comunidad palestina puede ofrecer en el mercado mundial. Por ejemplo, instrumentos musicales, cerámica, objetos de vidrio y tapices exclusivos de la zona, de particular significado histórico por originarse en la región del Mar Muerto y que le interesarían a 150 millones de consumidores a través de Internet en todo el mundo, porque pueden comunicarse con los productores de esos artículos y formar parte, a la vez, de un proyecto de energía renovable. Este es un ejemplo de iniciativa de desarrollo rural sostenible “virtual” en el que la energía solar, las telecomunicaciones y el comercio electrónico se conjugan para dar a una comunidad apartada los medios para mejorar su situación social y económica. Al hacer énfasis en productos locales que entran en el mercado internacional, el programa da a la comunidad local el control máximo y fortalece a las comunidades tradicionales.

Otra aplicación importante que hay en la aldea de Al Kaabneh es un sistema ultravioleta de purificación de agua, inventado por los Lawrence Berkeley Laboratories, que es un aparato duradero, fácil de utilizar y se puede producir localmente. Si ese sistema funciona durante 12 horas al día, puede purificar unos ocho millones de litros de agua anualmente a un costo muy bajo<sup>31</sup>.

Aparte del comercio electrónico y la purificación de agua, Greenstar identificó otros servicios realizados con energía solar como la telemedicina y el aprendizaje a distancia, a través de la red de telecomunicaciones, las comunicaciones celulares (desde el inicio de este experimento, el número de propietarios de teléfonos móviles ha pasado de 1 a 20), la refrigeración de vacunas, así como servicios de apoyo a la industria y la agricultura.

Fuente: North, 1999; Gay, 1998

<sup>31</sup> Si se establece un consumo diario por persona de 10 litros de agua, un solo purificador ultravioleta podría estar al servicio de unas 2 200 personas de las aldeas por un costo de 14 centavos anuales por persona.

### **Recuadro 7 Kwh solares para microempresas rurales en Bangladesh**

Creada en 1996, Grameen Shakti es una importante organización del sector de la energía renovable en Bangladesh, formada por el Grameen Bank, una de las instituciones financieras de mayor importancia en todo el mundo en materia de crédito para los pobres. Este banco, fundado por Muhammad Yunus, revolucionó las actividades de reducción de la pobreza al ofrecer pequeños préstamos a empresarios pobres, sobre todo a mujeres. Se forman grupos de cinco personas para tener acceso a los servicios del banco. Si alguna de esas personas no paga sus deudas, los demás no reciben préstamos. Este modelo de microcrédito funciona a partir de grupos responsables y ha logrado un 98 por ciento de recuperación de sus préstamos. Recientemente, en el marco de un programa de ayuda del Gobierno de los Estados Unidos, que proporcionó 84 millones de dólares para fomentar la energía renovable en Bangladesh y en la región del Asia Meridional, USAID proporcionó cuatro millones de dólares para un programa de cinco años de energía renovable de Grameen Shakti, con el fin de apoyar la promoción y la comercialización de sistemas solares FV para la electrificación rural de pequeñas empresas.

Grameen Shakti ya había instalado 1 244 sistemas solares en agosto de 1999, con una capacidad instalada total de 55 kWp, y un volumen de ventas de 100 sistemas mensuales. Con el plan de instalar un total de seis mil sistemas en los próximos tres años, Grameen Shakti ampliará su red de 19 sucursales en las zonas rurales de Bangladesh. Un cliente de un sistema FV paga el 25 por ciento del costo del mismo como pago inicial, y el restante 75 por ciento se puede pagar en dos años, con una comisión del ocho por ciento. Los sistemas FV que se venden también se orientan a fortalecer a algunos microempresarios o actividades familiares capaces de generar ingresos. En consecuencia de la producción de electricidad, se han registrado los siguientes beneficios:

- ◆ horarios de trabajo más largos;
- ◆ horarios más largos de ventas y compras;
- ◆ mayores ingresos para las microempresas de mujeres, por ejemplo de elaboración de canastas, reparaciones electrónicas, talleres de carpintería, de sastrería, tiendas de alimentos y tejido de redes de pesca;
- ◆ formación de capacidad técnica local para la venta, mantenimiento y servicio de los sistemas de energía solar.

Como se resumió en el cuadro 13, los siguientes son ejemplos de microempresas que funcionan con energía solar, y los primeros resultados de una supervisión realizada indican los ingresos extras obtenidos gracias al suministro de electricidad.

El Sr. Hanif, pequeño propietario de un aserradero, gracias a la luz solar puede trabajar de noche (cuatro horas extras al día), así aumenta la capacidad de trabajo del aserradero y los pobladores de la aldea obtienen a tiempo la madera que necesitan, además de que aumenta el número de clientes. Hanif puede trabajar otras cuatro horas diarias y el costo total del sistema fue de 270 dólares EE.UU., con un pago inicial de 25 por ciento. Otro resultado indirecto es el aumento de empleo y de los ingresos de los trabajadores.

En la aldea de Dhalapara, el señor Manik utiliza la energía solar para probar los aparatos de su taller de reparaciones de aparatos electrónicos y, también en este caso, la luz le permite trabajar de noche. Además, con un cautín puede hacer reparaciones de más calidad (por ejemplo de televisores, radio, radiograbadoras y luces de emergencia).

En Komel-Batar, el señor Umor compró un sistema solar con seis bombillas, una para su tienda y otras cinco para alquilar a las tiendas vecinas. Este es un ejemplo de modelo de microservicio, porque los demás usuarios también están vendiendo más y los clientes pueden hacer sus compras de noche. Además de los ingresos de su servicio, equivalentes a 12.50 dólares mensuales (cobra una cuota de 2,5 dólares mensuales por bombilla), la repercusión indirecta es que también están aumentando los ingresos de las demás tiendas gracias a la iluminación FV.

El señor Shah Alam utiliza energía solar para dar a sus clientes servicio telefónico en una zona rural llamada Nabinagar. Los aldeanos tiene una extensa red de comunicaciones con todo el mundo.

Todos estos ejemplos le facilitan la vida a los dueños de tiendas y talleres y a los demás pobladores de las aldeas. El horario de trabajo más prolongado permite mejorar los ingresos de los dueños de los talleres, de los trabajadores, crea más empleos y mejora la condición social de las personas. La experiencia de electrificación de Grameen Shakti también demuestra el impacto en las mujeres. La energía solar, según se ha informado, ha mejorado la situación de las mujeres al eliminar las lámparas de keroseno, dañinas para la salud, y ofrecer a las esposas algunas actividades que producen ingresos, como el tejido de canastos y la costura. Además permite a las mujeres tener seguridad de noche y mejora la instrucción de los niños al ampliar sus horarios de estudio.

**Cuadro 13 Resumen de microempresas que funcionan con energía FV en Bangladesh**

EMPRESARIO	TIPO DE SISTEMA	APLICACIÓN	CÁLCULO DE INGRESOS EXTRAS
Sr. Hanif	Módulo solar de 17Wp, dos lámparas fluorescentes de 7W	Para iluminar un aserradero de diesel	20 dólares EE.UU. diarios
Sr. Manik	Módulo solar de 34 Wp, dos lámparas fluorescentes de 7W, un tomacorriente para TV y radio, y un caudín	Para reparar los aparatos electrónicos en su taller de reparaciones	25 dólares EE.UU. diarios
Sr. Umor	Módulo solar de 50Wp, seis lámparas fluorescentes de 7W	Venta de energía solar a los dueños de tiendas	12.50 dólares EE.UU. mensuales
Sr. Shah Alam		Servicio de teléfono celular. No hay opciones de comunicación.	

Fuente: Barua, 1998

### 3.4.3 Microempresas de energía FV

Otra fuente de ingresos y desarrollo rurales está en la infraestructura del mercado rural para la difusión y servicio de los SSD y otros aparatos FV. Los actuales programas de electrificación FV demuestran que su éxito se consolida cuando la comercialización de sistemas FV y el servicio una vez vendidos se realiza en forma descentralizada, a través de redes de técnicos especializados y microempresas rurales. En Marruecos, por ejemplo, Noor Web, una empresa solar local, creó una red de talleres en las aldeas, a cargo de empresarios locales, que ofrecen el servicio de carga de baterías y venden SSD. Soluz, en Centroamérica, SELCO en la India, Sudimara en Indonesia, China, Sri Lanka y Viet Nam, son algunos de los casos bien conocidos del número cada vez mayor de empresas de servicios eléctricos que dependen de una red de oficinas y promotores rurales, con lo que ofrecen nuevas oportunidades de empleo a los pobladores de las aldeas. Una regla general a menudo citada por las personas dedicadas a esta actividad es que cada empresario tiene que instalar y dar mantenimiento a un mínimo de entre 100 y 200 SSD, para que su microempresa solar sea sostenible.

#### **Recuadro 8 Experiencia de ENERSOL: apoyo a microempresas solares en la República Dominicana**

Francisco Fria, actualmente microempresario de energía solar en la República Dominicana, terminó tres niveles del Programa asociado de microempresarios y empresas de ENERSOL, organización no lucrativa dedicada a la electrificación rural con sistemas solares. Parte de las actividades de esta ONG se dirigen a dar apoyo y capacitación a la microempresa solar, con lo que se forma la capacidad técnica y administrativa local para la infraestructura de servicio solar FV. Con la comisión de su primera venta al contado de un SSD, Fria pudo adquirir un pequeño inventario para su empresa FV, llamada Energía Solar del Nordeste, y ofrecer a crédito otros sistemas a través de ONG locales, como la Asociación de Desarrollo de la Provincia Duarte, la Asociación de Desarrollo de Espallat, y ADESOL. El gasto para los usuarios finales es un pago inicial de 30 a 50 por ciento, y el resto se paga en mensualidades en menos de dos años, por lo general en 18 meses. Tras algunos años de actividad, Energía Solar del Nordeste ha instalado con éxito numerosos sistemas FV para iluminación doméstica y para utilizar televisores, pero también con finalidad productiva, por ejemplo, para dueños de pequeñas tiendas de alimentos, cafés, centros comunales y salas de cine de las aldeas. También se han vendido sistemas para dispensarios médicos. Un indicador de la calidad de la empresa de Fria es que su índice de satisfacción es de alrededor del 90 por ciento.

Fuente: Comunicación personal con ENERSOL, 1999

En muchos otros países también se informa de casos de fabricación local de elementos para los sistemas FV. En la República Dominicana, por ejemplo, en 1992 una empresa de una aldea, llamada Industria Eléctrica Bella Vista, ya estaba produciendo controladores simples de carga (Barozzi, 1993; Guidi, 1993). En países como China y la India se fabrican localmente linternas FV. Además, en muchos países se arman módulos solares, y se fabrican y arman reguladores de carga y lámparas solares localmente, a menudo para satisfacer la demanda de las zonas rurales, crear condiciones para la formación de redes de microempresas rurales de distribución primero y, después de la venta, de servicio a esos sistemas.

### 3.5. Energía FV para la agricultura

Como se indicó en la sección 3.1, el 35 por ciento de las respuestas indicaron la repercusión de la energía FV en la agricultura, sobre todo a través de actividades de irrigación, abrevaderos para el ganado y cercado eléctrico, según figura en el cuadro 14.

**Cuadro 14 Actividades agrícolas estimuladas con la energía FV (% del total de respuestas)**

Irrigación	23 %
Refrigeración de cultivos, carne, pescado, lácteos, otros	2 %
Iluminación (aves de corral, ganado)	9 %
Bombeo de agua para piscicultura	5 %
Bombeo de agua para dar de beber al ganado	19 %
Control de plagas	2 %
Cercas eléctricas para control del pastoreo	14 %
Iluminación para procesar pescado	2 %
Iluminación para pesca	5 %

Fuente: Encuesta de la FAO

El cuadro 15 muestra que las principales repercusiones indicadas por las respuestas son el incremento de la productividad (que comprende rendimientos mayores, menores pérdidas y producción más veloz), así como una mejor gestión de los recursos naturales.

**Cuadro 15 Repercusiones de los sistemas FV en la agricultura (% del total de respuestas)**

Más productividad (mayor rendimiento)	28 %	
Menos pérdidas (índice de muertes) o producción más veloz	16 %	
Mejor gestión de los recursos naturales	19 %	
Más tierras para cultivar	7 %	
Cosechas múltiples al año	12 %	
Productos nuevos, más comerciales	12 %	
Se pueden criar más animales	16 %	
Producto de mejor calidad (precios más altos, más ventas)	19 %	
Acceso a mercados más lucrativos (por ejemplo, mediante la conservación del producto para transportarlo)	0 %	
Otros, a saber:	Pesca más segura	2 %
	Economía de costos mediante la producción en vez de compra de de forrajes (utilizando microriego)	2 %

Fuente: Encuesta de la FAO

Aunque las entrevistas de la encuesta no ofrecen suficientes detalles para realizar análisis a fondo de la relación entre costos y beneficio, y son pocas para servir de muestra representativa, la bibliografía permite hacer comparaciones generales de la competitividad económica de las diferentes aplicaciones de la energía FV. Las principales aplicaciones

agrícolas de ésta en la agricultura se discuten en los párrafos siguientes, y se trata de hacer una presentación general de las condiciones en que la energía FV ya es o puede ser competitiva por sus costos.

### **3.5.1 Energía FV para bombeo e irrigación**

La FAO (1986) resume el potencial de irrigación para la agricultura:

- ◆ extensión de la superficie cultivada;
- ◆ permite triplicar o cuadruplicar el rendimiento agrícola de las tierras de secano;
- ◆ incremento de la intensidad agrícola;
- ◆ reducción del riesgo de sequías, que produce más seguridad económica;
- ◆ introducción de cultivos más valiosos.

Es probable que se difunda el riego en parcelas pequeñas y se utilice más en los próximos decenios, sobre todo en los países en desarrollo, debido a la presión demográfica cada vez mayor y porque la mayor parte de las parcelas son pequeñas, sobre todo en Asia y África. Los estudios han demostrado que los predios pequeños a menudo son más productivos, desde el punto de vista del rendimiento por hectárea, en comparación con las unidades más extensas.

De todas formas, no puede atribuirse a la tecnología de bombeo, FV, eléctrica o con diesel, la totalidad de las repercusiones (potenciales) recién mencionadas. La introducción afortunada del riego depende más que nada de mejores técnicas agrícolas y del acceso al mercado, y la tecnología de bombeo es sólo un factor entre otros. Pero las novedades en materia de prácticas de riego con conservación de agua favorecen las tecnologías de irrigación, como el riego por goteo y el microriego, que se acoplan a las características del bombeo FV y tienen muchas ventajas.

Una de las técnicas tradicionales de irrigación es la inundación completa del predio, que consiste en derramar una vez una gran cantidad de agua para sobresaturar los suelos. En estas circunstancias, las condiciones óptimas se dan apenas brevemente entre una condición extrema y otra. No sólo se desperdicia gran parte del agua, sino que esta práctica contribuye a la degradación por inundación y salinización de los suelos, sobre todo en los climas áridos (FAO, 1997). Lo ideal es que las nuevas técnicas de irrigación canalizan el agua por conductos cerrados para evitar la infiltración y la contaminación, y permiten controlar la presión del agua. Ésta puede llevarse directamente a la zona de las raíces mediante emisores de goteo, microaspersores y cuerpos porosos situados en o por debajo de la superficie del suelo. Una aplicación diaria de pocas cantidades de agua permite que el paso del líquido a la planta sea más constante, con lo que se reduce la consunción por falta de agua, y así se consigue aumentar las cosechas y conservar el líquido. También se puede fertilizar los cultivos con estos sistemas, y aprovechar al máximo los insumos. La irrigación a baja presión, constante o diaria, se acopla a las características de los sistemas FV. Además, bien aplicado, el paso del agua a la planta puede hacerse en dosis casi exactas, por lo que ya no se depende tanto de las propiedades de almacenamiento de agua de los suelos. Puede hacerse producir nuevas superficies, antes consideradas inadecuadas para la irrigación, por ejemplo los suelos de arena gruesa o de grava, así como las pendientes empinadas. Con todo, estas técnicas de irrigación también tienen deficiencias, como el peligro de que se interrumpa pronto el riego (por descuido, fallo mecánico o escasez de agua), con graves consecuencias para los cultivos.

Los efectos más mencionados en la encuesta respecto a los proyectos de riego con energía FV fueron el aumento de la producción y la posibilidad de producir cultivos múltiples. Se mencionaron menos la introducción de nuevos cultivos y la explotación de nuevos predios. Aparentemente, los proyectos de riego con energía FV se dirigieron a explotar al máximo las tierras y los cultivos existentes, cuyo mercado ya se conoce, más que a experimentar con nuevos cultivos y nuevas tierras.

### *Situación y economía*

Las respuestas a la encuesta no dan suficientes detalles para hacer un análisis de la relación entre costos y beneficios. La bibliografía presenta cifras muy diferentes de la comparación de las tecnologías FV de bombeo con otras. Concuerdan en que los costos de inversión en equipo FV de bombeo son mucho más altos que los de otras opciones (diesel, eléctrico), pero por su duración, el bombeo FV puede resultar económicamente más competitivo. La ventaja relativa del bombeo con energía FV es que se utilizan poca agua y requieren poca potencia. Otras ventajas es que este equipo necesita poco mantenimiento y es muy fiable (cuando los proyectos están bien elaborados y organizados). El bombeo FV es, así pues, muy adecuado para el suministro de agua potable en las aldeas lejanas que no cuentan con electricidad, y a menudo es la solución menos costosa, por la duración del equipo. Además, para dar agua al ganado, las bombas FV suelen ser también la solución más económica y utilizada.

Como sólo se riegan las tierras durante una temporada del año, la demanda de agua es variable y se agudiza en un periodo específico. Los sistemas FV de bombeo tienen que ser grandes para satisfacer esa demanda intensa, por lo que el resto del tiempo se subutilizan. Las bombas de diesel, cuya inversión inicial es baja, son más convenientes por esa exigencia temporal de agua. La desventaja de los sistemas FV en función de la irrigación temporal podría eliminarse utilizándolos para otras cosas en el periodo no productivo del año (es decir, cuando no se requiere el riego). Hahn (1998) resume las condiciones específicas en que la utilización de bombas FV para riego en pequeña escala pueden ofrecer ventajas económicas respecto a otras tecnologías:

- ◆ en climas áridos y semiáridos;
- ◆ donde no hay acceso a la red eléctrica ordinaria;
- ◆ donde hay problemas de mantenimiento para las bombas de diesel y de abasto de combustibles;
- ◆ baja altura práctica de elevación total (un máximo de aproximadamente 30 metros);
- ◆ predios reducidos (de un máximo de tres hectáreas);
- ◆ cultivo de productos de alta calidad para mercados seguros;
- ◆ utilización de métodos de riego de conservación de agua y ahorro de energía (por ejemplo, irrigación por goteo);
- ◆ un alto grado de utilización del sistema mediante la adopción de permacultivos o con la rotación sistemática de los cultivos.

Los sistemas FV de bombeo se adaptan muy bien a los métodos de riego con ahorro de agua y de energía, como la irrigación por goteo, por su bajo consumo de energía. Esto es particularmente conveniente en las zonas donde falta el agua, aunque exige más capacitación en técnicas mejoradas de riego, sobre todo donde se conocen poco estas técnicas. El ejemplo de la India (ver recuadro) muestra que con una capacitación y gestión adecuadas, se puede economizar mucha agua y fertilizantes, a la vez que los rendimientos agrícolas mejoran. Hahn menciona, sin embargo, que todavía queda mucho por hacer para perfeccionar el bombeo FV para riego, comprendidos diversos aspectos técnicos, como:

- ◆ perfeccionar las bombas FV de baja altura de impulsión: las novedades en el ámbito del suministro de agua potable con energía FV se han dirigido sobre todo a las bombas para pozos con una altura práctica de elevación total relativamente considerable; el riego FV es más competitivo con alturas más bajas y para bombeo de agua superficial, aspectos en los que falta experiencia;
- ◆ diseño y perfeccionamiento de los sistemas para irrigación por goteo de poca presión, con filtros apropiados y mecanismos para aplicar fertilizantes.

Muchas de las mismas ventajas y limitaciones de los sistemas FV en general, también valen para los sistemas FV de bombeo. Éstos, en general, no necesitan batería de respaldo, sino que pueden utilizar un tanque de agua para depósito<sup>32</sup>, lo que reduce los costos de inversión y de mantenimiento e incrementa la fiabilidad del sistema. Para las técnicas de racionalización del agua de riego es muy importante la fiabilidad del sistema.

Como ya se indicó, los sistemas FV de bombeo para riego tienen un mercado limitado a las parcelas relativamente pequeñas, pero los pequeños campesinos suelen tener poco capital<sup>33</sup>. Por eso se necesitan mecanismos adecuados de apoyo económico. En la India, el Gobierno utilizó una combinación de subsidios, crédito y apoyo técnico para fomentar el bombeo FV para irrigación. Una importante conclusión de este programa es que una institución debe proporcionar la ayuda técnica y agronómica para facilitar la introducción de la irrigación por goteo con sistemas FV, y promover mejores técnicas de riego (ver recuadro 9).

**Cuadro 16 Avance de los sistemas FV instalados en la India (acumulativo)**

Sistemas FV	diciembre 1995	marzo 1996	octubre 1996	marzo 1997	marzo 1998	diciembre 1998
Iluminación de la vía pública	20 000	30 569	31 042	31 149	33 196	33 633
Iluminación doméstica	1 000	42 845	45 524	47 824	70 144	85 350
Linternas solares	0	88 920	89 718	101 531	177 998	198 482
Plantas de luz (kWp)	20	923.30	949.20	949.20	955.20	1 012.20
Bombas FV				1 816*	2 481	2 787

\* Estas cifras corresponden a las instalaciones realizadas hasta diciembre de 1996

Fuente: Ramana (1998); MNES (1999)

<sup>32</sup> Una opción que se está investigando es la “inyección directa” (Hahn, 1998), es decir, la aplicación directa de agua bombeada con energía FV a la planta, sin necesidad de tanque de agua. En semejantes condiciones el suelo funciona como una especie de depósito de agua.

<sup>33</sup> A diferencia del caso de la cría extensiva de ganado, ya que los ganaderos a menudo tienen manadas numerosas (es decir, capital) y necesitan varios pozos pequeños para realizar la rotación del ganado. Ver siguiente párrafo. Ver también el recuadro del Programa de Energía Renovable en México.

### **Recuadro 9 La experiencia de la India en bombeo FV para irrigación**

El programa FV de la India –que forma parte de un programa de energía renovable- es uno de los más grandes y antiguos del mundo. Iniciado en 1975, se orientó a las aplicaciones rurales desde 1982. Este programa (y el número de sistemas FV instalados) recibió un importante impulso en 1992 con la introducción del crédito rotatorio, que coincidió con la privatización del suministro. En 1999 ya se habían instalado más de 39 MWp, comprendidas aplicaciones para telecomunicaciones (todavía entre 50 y 60 por ciento de las instalaciones), iluminación (doméstica y para la vía pública), linternas solares, refrigeradores para vacunas y bombas.

El Ministerio de Fuentes de Energía no Ordinarias (MNES) ha dirigido su política de energía renovable al sector agrícola. Gran parte de la agricultura de la India (alrededor del 30 por ciento) es de riego, y otro 30 por ciento tiene potencial de irrigación. El Gobierno de la India siempre ha fomentado la utilización de electricidad para bombeo con subsidios (hasta del 80 por ciento) a los costos de conexión y a los precios de la electricidad. Esto produjo un elevado consumo de electricidad para irrigación (25 por ciento en algunos estados; Baktavatsalam, 1998) y contribuyó a dividir más todavía la capacidad de generación y la demanda, hasta 40 por ciento en algunos estados. La interrupción programada del consumo de energía de hasta 75 por ciento del día en los meses de verano se ha vuelto constante en algunos estados, además de los cortes imprevistos de electricidad, por ejemplo por carga excesiva de los transformadores. Por último, debido a la escasez de materiales, las conexiones para bombas de riego tuvieron periodos de espera hasta de tres años. En 1992, se introdujo un programa de demostración de bombas FV de riego para la agricultura y otros usos. Se proporcionaron subsidios y préstamos blandos en distintas etapas. Al final de la primera, en 1995, se habían instalado 463 bombas. El 81 por ciento de los usuarios manifestaron su satisfacción con el desempeño general del sistema. A fines de marzo de 1997, se había instalado un total de 1 816 sistemas de bombeo: 58 por ciento para irrigación y agricultura; 30 por ciento para horticultura; y 12 por ciento para otras aplicaciones (acuicultura y silvicultura). A fines de 1999 se habían instalado 3100 sistemas FV de bombeo.

El sistema de irrigación más común es una bomba de superficie de 900 Wp, con un costo de alrededor de 6 250 dólares EE.UU. (que comprende el sistema electrónico, la bomba y la instalación, sin el equipo de riego)<sup>34</sup>. Actualmente los incentivos económicos incluyen un préstamo blando (del cinco por ciento) y un subsidio de tres dólares EE.UU. por Wp, hasta cinco mil dólares. Para el sistema descrito de 900 Wp, esto significaría un subsidio de alrededor del 40 por ciento. El MNES también apoya programas de capacitación en manejo, mantenimiento y gestión del agua de los sistemas FV de bombeo, dirigidos a los usuarios, los técnicos locales y los jóvenes del sector rural.

Puede decirse que los resultados de este programa son diversos. La instalación de más de 3 100 sistemas FV de bombeo ha producido una enorme experiencia técnica, económica y de organización. La mayor parte de los sistemas instalados funcionan satisfactoriamente y parecen estar aumentando los mercados especializados para el uso de sistemas FV de riego, sobre todo para horticultura y otros cultivos de elevado valor comercial, en combinación con técnicas de ahorro de agua. El uso adecuado, por ejemplo, de los sistemas de irrigación por goteo permite economizar agua y fertilizantes, incrementar la producción y aumentar la viabilidad de las bombas FV (por la menor demanda de agua y, por lo tanto, de energía). La investigación realizada por el Instituto Central de Investigación de Cultivos de Plantación, de la India, llegó a la conclusión de que con esas técnicas de irrigación, la utilización de fertilizantes de nitrógeno podría reducirse a un tercio, la de fertilizantes de fosfatos a una décima parte y la de los de potasio a dos quintas partes. Además de la reducción de hasta un 80 por ciento del gasto en fertilizantes, mejoraron los cultivos (Hart, 1998). Con ayuda de los mecanismos financieros apropiados, se ha incluido a empresas del sector privado en el proyecto, con lo que se han sentado las bases para la formación de mercados sostenibles. Por otra parte, los mercados se están desarrollando con mucha mayor lentitud de lo previsto y los altos costos de inversión siguen siendo un importante obstáculo para la difusión de los sistemas FV. Por ahora seguirá siendo necesario disponer de mecanismos apropiados de subsidios y financiación, para superar este obstáculo. La experiencia también ha demostrado que la introducción de tecnología FV debe combinarse con una infraestructura de apoyo técnico adecuada y programas de capacitación en prácticas mejoradas agrícolas y de riego, incluso de preparación adecuada de las tierras, gestión correcta del agua y selección de cultivos apropiados (de alto valor comercial). Una conclusión de esta experiencia es que una institución debe proporcionar la ayuda técnica y agronómica antes mencionada para facilitar la adopción del equipo FV de riego y de las técnicas mejoradas de irrigación.

Fuente : Sinha, 1998; Sinha, 2000; Hart, 1998; MNES, 1999

<sup>34</sup> Fuente: Sinha, 2000.

### 3.5.2 Energía FV para abrevaderos

Conforme mejoran las actividades ganaderas se necesitan abrevaderos, además de los sitios naturales donde beben agua los animales. También se requieren sistemas eficaces de suministro de agua, para proteger los cursos de agua y mejorar la disponibilidad de agua de buena calidad. El bombeo FV para abrevaderos es una de las opciones que está ganando terreno en las zonas a donde no llega el servicio ordinario de luz. De las respuestas a la encuesta relativas a los abrevaderos, los principales efectos positivos mencionados son: mayor producción ganadera (tanto de leche como de carne) en las tierras existentes, y mejor gestión de los recursos ganaderos. La literatura<sup>35</sup> menciona dos categorías de posibles consecuencias del acceso no controlado al curso de agua (cuando falta una opción para suministrar agua, como las bombas FV):

- ◆ repercusiones en el propio curso de agua, comprendidos el daño a la vegetación y a las riberas, así como contaminación fecal con patógenos y un exceso de elementos nutritivos en el agua;
- ◆ repercusiones en la salud de la manada, incluso menor consumo de agua, lesiones en las patas y pezuñas y más enfermedades transmitidas a través del agua.

Las prácticas mejoradas de gestión de los pastizales, como la rotación del pastado o el apacentamiento en franjas, necesitan opciones flexibles de suministro de agua. Esos sistemas deberían alentar una distribución uniforme de los elementos nutritivos en los pastizales y reducir el pisoteo y el exceso de pastado cerca de los abrevaderos.

#### *Situación y economía*

Las bombas FV son una opción para mejorar los sistemas de suministro de agua para el ganado. Tienen la virtud de ser portátiles, requieren poco mantenimiento y no necesitan supervisión ni suministro de combustibles. Una característica específica de los sistemas FV de bombeo es que, en general, no necesitan batería de respaldo, sino que utilizan un tanque de agua, lo que reduce el mantenimiento e incrementa la fiabilidad del sistema. Pero por los costos elevados de inversión de los sistemas FV, éstos resultan más convenientes para las manadas grandes. A menudo se menciona el problema de que, cuando no hay vigilancia, se corre el peligro de robo o daños a estos sistemas en las localidades remotas.

Si bien los costos de inversión son elevados, las bombas FV para dar agua al ganado se consiguen comercialmente sin dificultad y hay mercados maduros de las mismas en países como Australia, Brasil, México, los EE.UU. y Europa Occidental. En los EE.UU. muchos servicios de electricidad ya ofrecen bombas FV como opción a la extensión del servicio ordinario, incluso unidades portátiles y posibilidades de alquiler. La razón se expone con un ejemplo en el cuadro 17, tomado de un estudio del servicio de electricidad para abrevaderos y otros mercados potenciales de energía FV (UPVG, 1994-1995), y se hace una comparación de costos entre una bomba FV y la extensión del servicio ordinario para instalar una bomba, a una milla de distancia del sistema de distribución de electricidad existente.

---

<sup>35</sup> Por ejemplo, NBDARD, 1999 .

**Cuadro 17 Comparación de costos de bombas para abrevadero con energía FV o mediante la ampliación del servicio ordinario**

	Costos de instalación (dólares EE.UU.)	Gastos anuales de funcionamiento (dólares EE.UU.)	Total de gastos (dólares EE.UU.)	Duración (años)	Costos del ciclo de duración (anuales) (dólares EE.UU.)
Servicio ordinario	10 701	1 036	11 737	30	910
Servicio FV	4 350	355	4 705	20	420

Fuente: UPVG, 1994-1995 .

El total del mercado de sistemas FV de bombeo abrevadero sólo en los EE.UU. se calcula en 30-40 MWp (UPVG, 1994-1995). El Programa de Energía Renovable de México ha venido promoviendo la utilización de bombeo con sistemas FV para abrevaderos como una de las aplicaciones más interesantes de la energía FV (ver recuadro 10). El mercado mexicano de estos sistemas se calculó en 297 millones de dólares EE.UU.<sup>36</sup> La ventaja del sector ganadero en países como México es que hay muchos grandes ganaderos que se dedican a la cría extensiva, y siguen necesitando muchos pequeños sistemas de bombeo para permitir una rotación continua de su ganado.

**Recuadro 10 El Programa de Energía Renovable en México**

La gestión del Programa de Energía Renovable en México (PERM) corre a cargo de los Sandia National Laboratories de los EE.UU., a nombre de la Agencia Para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) y del Departamento Energía de los Estados Unidos (USDOE). Su propósito es promover los sistemas de energía renovable, el desarrollo económico y social en México y crear nuevas oportunidades comerciales para la industria de los EE.UU., además de reducir la emisión de gases que producen el efecto invernadero. Es un programa orientado a las aplicaciones rurales de sistemas de energía renovable, sobre todo solares y eólicos en pequeña escala, en sitios que no cuentan con el servicio ordinario de electricidad. Las aplicaciones productivas comprenden el bombeo de agua para irrigación y abrevaderos para el ganado, comunicaciones e iluminación para servicios ecoturísticos. El PERM complementa programas del Gobierno mexicano orientados sobre todo a los SSD.

Se trata de una actividad de colaboración entre instituciones públicas y no gubernamentales de México y los EE.UU., incluso la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), de México, la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Winrock International, la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU) y ENERSOL. Los elementos fundamentales del programa son: formación de asociaciones con organizaciones nacionales y locales, formación de capacidad, asistencia técnica, aplicación de proyectos experimentales, reproducción y supervisión. Los gastos iniciales de instalación (hasta el 70 por ciento) se comparten para reducir los riesgos que perciben los usuarios finales, pero este reparto de gastos está disminuyendo gradualmente. También se está reduciendo lentamente la asistencia técnica gracias a la formación de capacidad.

El Programa, desde sus inicios en 1994, ha invertido alrededor de 10 millones de dólares EE.UU. Hasta el segundo semestre de 1998, se habían instalado 180 proyectos experimentales de energía renovable, con más de 100 kWp, distribuidos de la siguiente manera: 66 por ciento para bombeo de agua; 17 por ciento para electrificación FV; tres por ciento de bombeo eólico de agua y 10 por ciento de electrificación eólica. La mayor parte de los proyectos de bombeo de agua tenían como propósito inicial suministrar agua al ganado, aunque muchos tenían aplicaciones mixtas como suministro de agua para la comunidad e irrigación en pequeña escala. En muchos casos, después de las instalaciones patrocinadas

<sup>36</sup> Sandia, 1998: 42 430 sistemas a un promedio de siete mil dólares EE.UU. Un sistema por cada 200 cabezas de ganado. La publicación no menciona la dimensión de los sistemas, pero con los que utiliza el PREM (850 a 1000 Wp), el mercado mexicano solamente llegaría a 30 – 40 MWp.

por el PERM se hicieron otras instalaciones particulares. Es difícil obtener datos exactos, pero la investigación que está en marcha en cuatro zonas del programa desde sus inicios muestran que después de 15 kWp de instalaciones patrocinadas por el programa, se hicieron otros 49 kWp de instalaciones particulares.

De este proceso se extraen las siguientes conclusiones:

- ◆ es fundamental la asociación con organizaciones locales para formar capacidad y organizar mecanismos de financiación;
- ◆ es necesario dirigir los recursos y las actividades: mejor hacer una cosa bien en vez de muchas mal, la mayor parte de las actividades se dirigieron a la utilización de pequeños sistemas de energía FV y eólica;
- ◆ al promover tecnologías se deben incorporar las cuestiones relativas al desarrollo y aun darles preferencia; el proyecto se inició desde la perspectiva de las oportunidades comerciales para la industria de los EE.UU. y la reducción del CO<sub>2</sub>, pero pronto se reconoció que hacía falta un planteamiento de desarrollo para atender a las demandas de los campesinos;
- ◆ los proyectos experimentales son un medio y no un fin, para formar capacidad (experiencia directa), promover y establecer la credibilidad de la nueva tecnología;
- ◆ uno de los aspectos más críticos es proporcionar mecanismos de financiación;
- ◆ si bien hacer instalaciones directas hubiera dado por resultado la instalación de más sistemas, sólo con las condiciones arriba mencionadas pueden sentarse las bases para formar mercados sostenibles y capaces de crecer.

A partir de estas experiencias, el FIRCO y la Secretaría de Agricultura elaboraron una propuesta para un proyecto nacional de energía renovable para aplicaciones agrícolas, con el propósito de instalar más de 1 200 sistemas. Esta propuesta se tradujo en un Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura, con un valor de 31 millones de dólares EE.UU., con apoyo del Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), cuyo inicio está previsto para mediados de 2000.

Entre las actividades del PERM se hizo un estudio de mercado para los sistemas de energía renovable, cuyo resultado indicó un potencial en México (para los sistemas solares principalmente) equivalente a 1 037 millones de dólares (fuente: Sandia, 1998):

Aplicación	Mercado potencial en millones de dólares EE.UU.	comentarios
Electrificación rural	511	Dificultad para financiar los proyectos
Agua potable	135	
Abrevaderos para el ganado	297	- mejor aplicación agrícola de la energía renovable - la mayoría de los ganaderos tienen capacidad de pago
Riego en pequeña escala	94	- todavía no hay un mercado de riego en pequeña escala, pero los proyectos experimentales justifican su viabilidad - las mejores oportunidades son para los cultivos de gran valor comercial que se pueden producir eficientemente en parcelas pequeñas

La electrificación rural representa el 50 por ciento del mercado potencial, sobre todo a través de los sistemas solares domésticos, pero se comenta que actualmente es difícil encontrar financiación para esos proyectos porque el Estado está en proceso de privatización y los clientes rurales cuentan con recursos limitados. El siguiente mercado más grande es de abrevaderos, donde los grandes ganaderos tienen mucha más capacidad de pago. La irrigación en pequeña escala se señala como otra aplicación agrícola interesante de los sistemas de energía renovable, pero se expresan más dudas de la capacidad de pago de este sector. Por último, en el estudio se mencionan otras aplicaciones, como las cercas eléctricas FV, comercialmente viables pero insignificantes como mercados desde el punto de vista de los Wp (aplicaciones pequeñas de energía FV).

Fuente: Sandia, 1998; Sandia, 1999; Sandia 1999b

### 3.5.3 Energía FV para acuicultura y pesca

Desde hace casi 20 años la acuicultura viene siendo el sector de producción de alimentos de crecimiento más acelerado en todo el mundo, con un incremento de 1,45 kilogramos por persona en 1984 a 4,9 kilogramos en 1997. Actualmente la acuicultura produce casi una tercera parte del total de la pesca mundial. Desde 1984, en los países en desarrollo la producción de la acuicultura viene creciendo cinco veces más aceleradamente que en los países desarrollados.<sup>37</sup> Los criaderos comerciales de peces y camarones necesitan bombas de aireación y para otras aplicaciones. La aireación del agua incrementa los niveles de oxígeno, lo que contribuye considerablemente a la productividad. Muchas de estas granjas están en lugares remotos, en el mar. Gran parte de la demanda de electricidad se satisface actualmente con generadores de diesel, cuyo funcionamiento es costoso y representa un peligro ambiental, sobre todo cerca de los ecosistemas acuáticos vulnerables. Para las aplicaciones pequeñas (como las bombas de aireación), la energía FV puede ser una solución económica. Para otras aplicaciones que consumen más energía, los sistemas híbridos FV y diesel pueden ser una opción. Haría falta investigar más la economía de estas aplicaciones FV. Es difícil calcular la utilización actual y el mercado potencial de esas bombas de aireación, pero el Grupo de Servicios Fotovoltaicos (UPVG 1994-95) calcula sólo para los EE.UU. un mercado potencial de 30-35 MWp para aireación de estanques y lagos (ver también anexo 4). El Programa de Energía Renovable en México también ha definido a la acuicultura como uno de los mercados especializados para la energía FV y otras tecnologías de energía renovable en México (Sandía, 1998).

Otra posible aplicación FV en las comunidades de pescadores que no cuentan con electricidad es la refrigeración del pescado y la elaboración de hielo, ambos en tierra firme, para transportar la pesca a los mercados próximos. Gracias al elevado valor comercial del pescado podría ser una aplicación interesante, pero en general los refrigeradores FV siguen en desventaja por su costo, en comparación con las opciones de keroseno y de gas. En materia de refrigeradores pequeños (para uso doméstico), las innovaciones en compresores de poco consumo de energía y las técnicas mejoradas de aislamiento están haciendo competitiva la refrigeración FV por su costo (ver párrafo 3.5.4). Pero la demanda de energía de los refrigeradores grandes le resta competitividad a las opciones FV, incluso a mediano plazo. Aunque hay casos de sistemas híbridos diesel/FV y eólicos/FV que ofrecen una solución más competitiva para esos casos, por ejemplo en Indonesia y México (ver párrafo 3.4.2).

Otra aplicación de la energía FV que se menciona es la iluminación en la pesca, para proporcionar luz a los pescadores e iluminación submarina para atraer a los peces. Este uso de la iluminación FV incrementa la seguridad y la pesca. En Indonesia se ha creado un “sistema solar de iluminación para embarcaciones” que consta de un sistema FV, tres bombillas fluorescentes para iluminar la embarcación y una lámpara submarina para atraer a los peces. La capacidad de este sistema es de 100 Wp. El sistema sigue en experimentación, pero otro más reducido (de 50 Wp, sin la luz submarina) ha demostrado su buen funcionamiento y ya se han instalado entre 175 y 225 de estos sistemas más pequeños.<sup>38</sup> En Filipinas se registran casos similares.

---

<sup>37</sup> Fuente: Fichas de la FAO 2000 (página principal en Web).

<sup>38</sup> Fuente: PRESSEA, 2000 y comunicación personal con M. Damin, 2000.

### 3.5.4 Refrigeración FV para carne, lácteos y otros productos

Los refrigeradores y congeladores FV se utilizan ampliamente en clínicas de salud, sobre todo gracias a su gran fiabilidad y al poco mantenimiento que necesitan, así como por la extrema importancia de la conservación fiable de las vacunas de los programas de inmunización. Desde el punto de vista de su costo, los refrigeradores FV no aventajan a otras opciones externas a la red ordinaria de electricidad, como los refrigeradores de keroseno o de propano. Un problema importante es que la mayor parte de los refrigeradores eléctricos no están diseñados para funcionar a partir de sistemas FV y consumen mucha energía. Los pocos refrigeradores producidos para uso FV son caros, en parte por el escaso volumen de sus ventas. Además tienden a tener altos aranceles de importación en muchos países en desarrollo, aunque los tableros FV tengan un arancel especial, bajo. En algunos países, como Brasil, se está intentando producir localmente refrigeradores FV.<sup>39</sup>

Para el mediano plazo se está realizando una investigación interesante en refrigeradores de poco consumo de energía con compresores Stirling y aislamiento al vacío. Los compresores Stirling tienen la ventaja de funcionar constantemente con una salida fácil de modular (en comparación con los compresores tradicionales que se apagan y se encienden según la necesidad de refrigeración). Esta forma de funcionar evita los picos de corriente que se dan cuando los compresores comunes y corrientes se prenden y se apagan. Junto con otras tecnologías simples para almacenar la “energía de refrigeración” en hielo, en vez de en baterías, eso permite hacer funcionar directamente esos refrigeradores con tableros solares, evitar el gasto en baterías e incrementar a la vez la fiabilidad del sistema.<sup>40</sup> También se está mejorando el aislamiento. Como la pérdida de aislamiento de la energía suele representar de 75 a 80 por ciento de la demanda de energía de los refrigeradores<sup>41</sup>, un mejor aislamiento repercute mucho en el consumo de energía. Aumentar la densidad de aislamiento con espuma plástica tiene la limitación del espacio que ocupa. Se han producido nuevos tableros de aislamiento al vacío de gran capacidad y densidad limitada. Estas novedades han demostrado su eficacia en modelos experimentales, pero pasará mucho tiempo antes de que lleguen al mercado a precios accesibles.

Las dos novedades recién mencionadas indican el interés mayor en los refrigeradores FV a precios accesibles. Estas innovaciones se aplicarán primero a los refrigeradores domésticos, y posiblemente en el pequeño comercio, como restaurantes y bares. Se necesitan en general refrigeradores más grandes para la elaboración de lácteos, pescado y carne, lo que aumenta el consumo de energía y elimina la ventaja competitiva de los sistemas FV. Pero hay casos de sistemas híbridos FV y diesel o FV y eólicos para refrigeradores más grandes, por ejemplo en Indonesia y en México (ver párrafo 3.4.2).

Otra aplicación final de la refrigeración FV en el sector agropecuario es para conservar las vacunas veterinarias. Se aplican las mismas consideraciones en este caso que para las vacunas del sector sanitario, la importancia de la fiabilidad y el poco mantenimiento necesario, que justifica los costos. Hay muchos ejemplos, como el proyecto coordinado por la FAO de 'Rangeland Management in the Syrian Steppes' (Gestión de las Tierras de Pastoreo en las Estepas Sirias, FAO, 1999b).

---

<sup>39</sup> Comunicación personal con J. de Winter, de ETC Energy Consultants, Leusden, Países Bajos, 2000.

<sup>40</sup> Fuente: Berchowitz, 1996

<sup>41</sup> El resto de la demanda de energía corresponde a las veces que se abre y se cierra el refrigerador.

### 3.5.5 Cercas eléctricas FV

Los criadores de ganado de muchas zonas remotas necesitan electricidad para sus cercas. Las cercas eléctricas a menudo son más eficaces a la larga por sus costos, que las cercas de púas, sobre todo en países donde el precio de la mano de obra es relativamente caro. Para las zonas remotas, la aplicación de electricidad ordinaria a menudo es demasiado costosa por la gran longitud de los cables que habría que tender. Las cercas eléctricas suelen funcionar con baterías independientes. La incorporación de un tablero solar alarga la vida de la batería y evita los gastos de tiempo, transporte y carga. En muchos casos, por lo tanto, resulta menos costoso y más conveniente utilizar cercas FV. Aparte de la eficacia en función del costo, la ventaja más mencionada de las cercas eléctricas es que facilitan la organización del pastoreo.

Los cargadores para las cercas eléctricas suelen constar de un conjunto electrónico capaz de producir breves choques (del orden de 0.0003 segundos) de alto voltaje (de cinco mil a siete mil voltios, según el animal). El consumo de energía es bajo porque los choques son breves y sólo ocurren cuando los animales tocan la cerca. Los cargadores pueden funcionar con energía ordinaria, baterías de 12 w o incluso con pilas secas, en los casos de las unidades más pequeñas. Los tableros FV permiten utilizar estas cercas en zonas donde no hay servicio ordinario de electricidad, sin necesidad de supervisión ni de estar cargando las baterías. Un cargador para una cerca FV (con tablero y batería) cuesta alrededor del doble de la opción de conexión al servicio ordinario (sin contar la extensión de la línea).<sup>42</sup> Hay unidades FV pequeñas e integradas para cercas, a menudo utilizadas como unidades móviles para cercas pequeñas (de pocos kilómetros).

En Alemania, Nueva Zelandia y los EE.UU. es fácil conseguir comercialmente cercas FV. Los encuestados informaron también de la utilización de cercas FV en Australia, Brasil, Cuba, la India y México.

### 3.5.6 Otras aplicaciones de la energía FV en la agricultura

#### *Iluminación de gallineros*

Se han encontrado diversos casos de aplicación de sistemas solares en la avicultura (tanto para producir carne como huevos). Gracias a la iluminación se alarga el día y aumentan el crecimiento de las aves de corral y la producción de huevos. Otro aspecto importante para las granjas avícolas de algunas zonas es el calor para reducir el índice de mortandad de los polluelos. En las granjas avícolas ordinarias se utilizan luces térmicas para iluminar y dar calor a la vez. Este suministro de calor con energía FV sería demasiado costoso, porque esas luces consumen mucha electricidad (100 Wp o más). Para aumentar la temperatura podrían utilizarse calentadores solares de agua u otros medios. En otras zonas más cálidas, se necesita más ventilación, que puede suministrar fácilmente un ventilador FV. Haría falta investigar más si este tipo de aplicación FV es económico y si se puede reproducir en gran escala.

#### *Control de plagas*

Se encontró un estudio de caso<sup>43</sup> en el que se utilizaron linternas solares para atrapar determinadas plagas (oruga velluda de cabeza roja) en la región de Deccan, en la India. Una ONG, el Centro de Solidaridad Mundial (CSM), introdujo esta aplicación en su programa de

---

<sup>42</sup> Por ejemplo: un cargador FV para 15 kilómetros de cerca cuesta alrededor de 400 dólares EE.UU. por pieza, mientras que una opción de conexión a la red ordinaria cuesta por unidad cerca de 200 dólares (sin la extensión de la línea hasta la red).

<sup>43</sup> Fuente: revista Winrock REPSO, Vol 3, No.3, 1998.

control ecológico de plagas. La oruga de cabeza roja abunda en la zona semiárida del sur y el centro de la India y afecta a diversos cultivos de secano y comerciales. Esta oruga procede de una mariposa de complejo ciclo vital y pauta de reproducción (hay de cuatro a cinco momentos críticos de presencia de este insecto al año). A menudo se combate con plaguicidas, nocivos para el medio ambiente y que producen una resistencia cada vez mayor al plaguicida. El CSM comenzó a experimentar con bombillas de luz colgadas sobre un cubo de agua jabonosa o con keroseno. Si las luces se colocan en los campos de noche tras un aguacero, que es cuando salen muchas mariposas, la luz atrae a la mayoría de éstas, caen en el agua y se ahogan antes de depositar sus huevecillos. Las linternas solares resultaron mucho más eficaces, económicas y seguras que tender cables a través de los campos. En 1998, Winrock India financió un experimento en 100 acres de tierras, con linternas solares fabricadas en la India. Durante ese año de prueba (1997-1998) la zona dañada se recuperó de 4,4 a 8,2 por ciento. Hace falta investigar más para someter a prueba la viabilidad de este método de control de plagas, su aplicabilidad a otras plagas, y para determinar las posibilidades de reproducirlo.



## 4. Energía FV para la ADRS: resultados y recomendaciones

En el capítulo 3 se comentaron las aplicaciones más importantes de la energía FV, tanto por su aplicación actual como por sus repercusiones posibles, con especial énfasis en su utilidad en las zonas rurales de los países en desarrollo. Este capítulo resume esos resultados y describe formas de elaborar programas y proyectos que aprovechen al máximo la aplicación de sistemas FV para la agricultura y desarrollo rural sostenibles.

### 4.1 Resultados

Los Sistemas solares domésticos (SSD) siguen siendo la aplicación predominante de la energía FV en las zonas rurales de los países en desarrollo, utilizados sobre todo para iluminar y utilizar equipo audiovisual (radio y televisión). Los datos de las repercusiones de los SSD en la economía doméstica son diversos, algunos estudios informan que hay pocas pruebas de que produzcan efectos directos, mientras que otros mencionan el ahorro de tiempo y la prolongación del día gracias a esos sistemas. Ese “tiempo extra” a veces se utiliza en ocupaciones productivas, como coser, elaborar cestos y artesanías. Una minuciosa encuesta a usuarios y no usuarios de SSD en Nepal llegó a la conclusión de que había un incremento de las actividades que generan ingresos del 13 por ciento de los hombres y el 11 por ciento de las mujeres gracias a la introducción de los SSD. En otros casos, el “tiempo extra” se utiliza para facilitar las tareas domésticas, los deberes escolares, la instrucción y las actividades de esparcimiento. La compra de SSD suele traducirse en el ahorro de otros gastos en energía (en especial keroseno), ahorro que, sin embargo, se consume en otros gastos de los SSD (por ejemplo, pago de préstamos y mantenimiento). La disposición de la población rural a pagar el equivalente a varias veces su “presupuesto normal de energía” demuestra con claridad el valor de contar con mejores servicios, que ofrecen los SSD. Entre las ventajas más mencionadas están: la disminución de incendios accidentales, mejor calidad de la luz, mejor servicio de enseñanza, mejor acceso a la información y más salud e higiene.

Se encontró que los principales usuarios de los SSD a menudo son las mujeres y los niños, porque pasan más tiempo en casa o cerca de ésta, y también son los que padecen más las fallas del servicio. Con todo, la mayor parte de la comercialización, el financiamiento y las actividades de capacitación se dirigen a los hombres. La conciencia de esta realidad poco a poco está llegando a las personas e instituciones encargadas de la energía FV y repercutiendo en los programas de capacitación y en los proyectos. Se advierte una tendencia a ampliar los mecanismos de entrega de electricidad FV, comprendido el alquiler, que mejora el acceso a estos servicios para los grupos de ingresos más bajos. Otra tendencia advertida es que los sistemas FV instalados en los países en desarrollo cada vez son más grandes. Estos casos demuestran que se está utilizando más energía para otras aplicaciones, además de la iluminación, la radio y la televisión, por ejemplo para usar máquinas eléctricas de coser.

Se han realizado muchos proyectos FV, y se siguen realizando, para **los servicios sociales y comunales**, por ejemplo para refrigeración, comunicaciones e iluminación de los centros de salud; suministro de agua potable, e iluminación básica de las escuelas y las instalaciones comunales. En muchos casos la energía FV ha resultado la solución menos costosa para mejorar esos servicios en zonas apartadas de los países en desarrollo. Con inversiones relativamente reducidas, los sistemas FV pueden repercutir mucho en la vida de todos los pobladores rurales a través de estos servicios mejorados, siempre que se proporcione a grupos marginales acceso a esos servicios. Esos proyectos revelan la importancia de una organización comunal adecuada y de la financiación del funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas

FV. Hay casos de éxito en los que se incorpora alguna actividad lucrativa al servicio comunal, para formar un fondo de financiación del funcionamiento y mantenimiento de los sistemas (por ejemplo, con un cine pequeño para la aldea o una central de carga de baterías, o mediante la venta de productos de pequeñas parcelas irrigadas).

Los sistemas FV pequeños también pueden ayudar a fomentar las **actividades productivas no agrícolas** (tanto la industria artesanal como los servicios comerciales) en muchos países, al permitir utilizar pequeñas herramientas y aparatos eléctricos (taladros, cautines, licuadoras), luz y radio y televisión. Estas actividades incluyen bares, restaurantes, salas de cine rurales, talleres técnicos y artesanales. La cantidad y variedad de estas aplicaciones FV para actividades productivas no agrícolas es enorme (ver en el cuadro 4 un panorama general), pero se encontró muy poca información para cuantificar estas posibilidades. A menudo estas actividades se desarrollan en casa y, por lo tanto, resulta difícil distinguirlas de otras también domésticas, según se describió en la sección de los SSD. El ejemplo de Grameen Shakti en Bangladesh demuestra que un programa sistemático de pequeño crédito y formación de capacidad de empresarios locales puede convertir los sistemas FV en un valioso insumo del desarrollo de la microempresa. Otras actividades productivas no agrícolas cada vez más atendidas por los sistemas FV son los servicios telefónicos y la venta misma de electricidad: hay cada vez más empresarios locales y grupos de la comunidad que tienen centrales de carga para baterías o venden electricidad de otras formas. Por último, el servicio e instalación de los sistemas FV mismos a menudo depende de redes de microempresas solares, que están ubicadas cercanas a la fuente de su negocio en las zonas rurales, y que crean entonces más empleo local.

Los sistemas FV también tienen cada vez más **aplicaciones agrícolas productivas**. El bombeo de agua (para abrevaderos, irrigación y suministro de agua potable) ha ido adquiriendo preeminencia y representa cerca del 12 por ciento de la producción anual mundial de sistemas FV, así como uno de los principales mercados de estos sistemas en los países en desarrollo (se calcula hasta un 19 por ciento, ver anexo 4). Los sistemas FV a menudo son ya la solución más económica para suministrar agua al ganado en las zonas alejadas que no cuentan con electrificación, y su distribución comercial es amplia. Si bien necesita perfeccionarse, la combinación de bombas FV con técnicas de goteo y otras “eficientes” de irrigación prometen una solución económica para el riego de cultivos hortícolas y otros de gran valor comercial, con menos agua y menos fertilizantes, aun en las tierras antes consideradas inadecuadas para el riego. Otras aplicaciones agrícolas de los sistemas FV muy utilizados son las cercas eléctricas FV. Las aplicaciones interesantes que están por demostrar su capacidad de reproducirse son: las bombas de aireación para acuicultura, iluminación para control de plagas, pesca y avicultura. Se utilizan mucho los refrigeradores FV pequeños para conservar vacunas y tenerlas al alcance en el corto al mediano plazo. Los refrigeradores más grandes (por ejemplo para conservar la producción de lácteos, carne y pescado) todavía requieren de un gran volumen de energía para suministrarla en forma económica con sistemas FV. Hay casos de éxito de sistemas híbridos FV-diesel y FV-eólicos para refrigeración y para otras aplicaciones que consumen más energía.

#### **4.2 Recomendaciones para elaborar programas integrales de electrificación FV**

Los autores de este estudio consideran, en vista de los resultados del mismo, que ya es momento de avanzar hacia una nueva etapa de “la energía FV más allá de la bombilla”. Esto no excluye la iluminación FV en general, sino que subraya la necesidad (y el potencial) de ir más allá de los SSD hacia otras aplicaciones FV y sus posibles efectos en el desarrollo rural.

La electrificación FV no es una panacea para todos los problemas del desarrollo rural, y su alto costo sigue obstaculizando su difusión, pero como se ha demostrado en los capítulos anteriores, cada vez hay más aplicaciones FV económicamente viables, con efectos considerables en el desarrollo rural. Para explotar todo el potencial de la energía FV en sectores como la agricultura, la educación y la atención médica en las zonas rurales, hace falta contar con normas adecuadas y más colaboración entre las instituciones de los sectores de electricidad, agricultura, salud, educación y otras organizaciones que participan en el desarrollo rural. El anexo 6 presenta un conjunto de recomendaciones dirigidas a promover esas políticas y esa cooperación, con el propósito de aprovechar las oportunidades que los sistemas FV ofrecen de contribuir al desarrollo sostenible agrícola y rural.

Como se mencionó en la sección 2.4, hay obstáculos para la plena explotación de las posibilidades de la energía FV, que a menudo forman un círculo vicioso: altos costos de inversión, falta de mecanismos de financiación, falta de infraestructura, falta de conocimiento de los sistemas FV, escaso volumen de ventas, elevados costos de transacción y falta de compromiso político y de políticas adecuadas. La experiencia cada vez mayor en organización de proyectos de energía FV, en combinación con las reformas del sector de la energía, han abierto la posibilidad de un nuevo proyecto de electrificación rural, que quizá podría ayudar a resolver los problemas mencionados. Numerosos “programas integrales de electrificación FV” tratan de abordar simultáneamente las necesidades de energía (electricidad) de los distintos sectores de la sociedad rural (por ejemplo, el hogar, la educación, la agricultura) ofreciendo diferentes sistemas FV elaborados a la medida de las distintas necesidades. Esos proyectos integrales ofrecen sinergias de infraestructura, promoción y conocimiento de la tecnología, al conjugarse los mercados FV para crear una masa crítica y contribuir así a superar los obstáculos y crear mercados sostenibles. Los casos comentados en esta publicación son el Proyecto Municipal de Infraestructura Solar de Filipinas (párrafo 3.3.4), el Programa de la India (párrafo 3.5.1) y el Programa de Energía Renovable de México (párrafo 3.5.2).

A la vez que se crea una masa crítica esos proyectos tienen la posibilidad de mantener la flexibilidad y el carácter modular de las instalaciones FV independientes, específicas para las diversas necesidades locales. Esto favorece un programa gradual y participativo de proyectos de electrificación rural, orientados a las necesidades de energía de las comunidades de conformidad con las prioridades de éstas, por ejemplo, bombeo de agua, mejor atención médica, iluminación de la vía pública o electrificación doméstica. Por su orientación a instalaciones específicas, determinadas de acuerdo con las prioridades establecidas, las repercusiones de esas instalaciones en el desarrollo son mucho más fáciles de evaluar. Es más, las primeras instalaciones (incluso la formación de capacidad local y la creación de infraestructura) pueden proporcionar una base de expansión futura, de conformidad con las necesidades y la demanda, ya sea mediante proyectos o por adquisición privada. La energía FV permite, por lo tanto, la electrificación rural capaz de llevar adelante y apoyar el proceso de desarrollo rural.

Como se describió en las secciones anteriores, la diversidad de aplicaciones FV también produce una variedad de efectos en el desarrollo rural, que en combinación pueden producir repercusiones más importantes y sostenibles o bien, como expresó un entrevistado de la encuesta realizada para elaborar este estudio: *“Necesitamos una concentración razonable de sistemas en cierta zona, que estimule el establecimiento de apoyo técnico local. Las aplicaciones sociales pueden incrementar considerablemente los efectos de los sistemas FV, pero su utilización doméstica puede ayudar a crear grupos numerosos”*.

Muchos de los proyectos estudiados también señalan que las repercusiones de los sistemas FV son mucho mayores cuando éstos se entregan en combinación con programas de capacitación, para la utilización eficaz de los aparatos. Por ejemplo, capacitación en técnicas mejoradas de irrigación (la India, párrafo 3.5.1), extensión pecuaria (México, párrafo 3.5.2), integración en los centros de salud (Colombia, párrafo 3.3.1), apoyo a la microempresa y microcrédito (sección 3.4), así como en programas docentes (Honduras, párrafo 3.3.3). Estos “paquetes” pueden crearse para cada sector, comprendido el elemento de energía (sistema FV, instalación, capacitación y servicio) y el elemento de aplicación (aparato eléctrico, capacitación para su utilización).

Los acuerdos institucionales para poner en práctica esos planteamientos integrales pueden variar de un país a otro y entre sectores. El suministro de sistemas FV para los servicios básicos, lógicamente sería prerrogativa del gobierno, mientras que las organizaciones de la energía pueden colaborar con las organizaciones de educación, salud y con otros sectores para formar “paquetes de servicios sociales”. La instalación y el servicio se pueden ceder en contrato a empresas públicas o privadas de energía. La electrificación doméstica se puede incluir en esos contratos (por ejemplo, a través de concesiones), con subsidios del gobierno, pero también pueden dejarse al libre mercado, donde empresas independientes compitan en la esfera del usuario final. Se pueden organizar otros acuerdos semejantes para suministrar sistemas FV para aplicaciones agrícolas y otras también productivas, en cooperación con las organizaciones de energía y agricultura. Los sistemas FV se pueden adaptar fácilmente a estos distintos tipos de acuerdos institucionales.

### **4.3 Observaciones finales**

Así pues, se puede concluir que las aplicaciones FV, en especial las destinadas a las actividades productivas, tienen un considerable potencial, adecuado tanto a la defensa del medio ambiente (por ejemplo, el cambio climático) como a la agricultura y el desarrollo rural sostenibles. Todos los participantes en la difusión y utilización de estas aplicaciones necesitan empeñarse en hacer realidad ese potencial. Ojalá que sobre todo los organismos internacionales de cooperación, comprendida la FAO, se comprometan a ayudar a los países en desarrollo a aprovechar este potencial, en particular en el proceso de fomento de la agricultura y desarrollo rural sostenibles.

La preparación y publicación del presente estudio representa una confirmación del interés de la FAO en ayudar a sus Países Miembros a aprovechar las oportunidades que ofrecen los sistemas FV para el ADRS. En vista de la importancia de la cooperación intersectorial para aprovechar al máximo ese potencial, se espera que este estudio contribuya a subrayar la aportación de la FAO a la integración de los sistemas FV en la agricultura, y viceversa. También se recomienda que la FAO busque activamente cooperación y alianzas con otras partes interesadas.

## Anexo 1 Bibliografía

1. AEN, 1997; Australian Energy News, Issue 4, 1997. [www.isr.gov.au/resources/netenergy/aen](http://www.isr.gov.au/resources/netenergy/aen)
2. AEPC, 1998; Alternative Energy Promotion Centre; Proceedings of international conference on role of renewable energy technology for rural development; Kathmandu, Nepal.
3. AEPC/DANIDA, 1999; Alternative Energy Promotion Centre/Danish International Development Agency; Socioeconomic study of SHS target groups, impacts of SHS and SHS user survey 1999; Kathmandu; Consolidated Management Services, Kathmandu.
4. AFRITEC/Banque Mondiale, 1996; Initiative solaire; Développement d'un projet de diffusion massive des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque au Mali.
5. Aguado, 1998; Aguado -Monsonet, Miguel A.Evaluation of the socio-economic impacts of renewable energies: global survey to decision-makers; Institute for Prospective Technological Studies – Technical Report Series, Sevilla.
6. Amado, 1992; Amado P., Blamont D; Solar pumping in India, Nepal and Mali - socio-economic feedback of twelve years experience; Paper presented at 11<sup>th</sup> EC Photovoltaic Solar Conference, Montreux.
7. Anónimo; The village of Sukatani. Sinar Surya: Solar energy in Indonesia, [www.solstice.crest.org](http://www.solstice.crest.org).
8. Anónimo; The village of Lebak. Sinar Surya: Solar Energy in Indonesia, [www.solstice.crest.org](http://www.solstice.crest.org).
9. Bakhavatsalam, 1997; Bakhavatsalam, V., Hart T.J., Parthan, B.; The Indian pumping experience and commercialisation initiatives; IREDA, New Dehli.
10. Barlow, 1990; Barlow R.; Solar pumping; World Bank technical paper; Washington DC.
11. Barnes D., et al., 1998; Financing decentralized renewable energy: new approaches; in: Energy Issues, No. 15; World Bank, Washington D.C.
12. Barozzi, 1993; Barozzi L., Guidi D. Prospects for the expansion of solar PV technology in the developing world, financial mechanisms and technology transfer optimization, WWF Italy Report, Rome.
13. Barthez R., 1995; Photovoltaic electricity: energy for everyone; in: Energies No.25.
14. Barua D. C., 1998; Energy's role in the rural income reneration: the Grameen strategy; paper presented at Village Power '98 – Scaling Up Electricity Access for Sustainable Rural Development., Washington D.C.
15. Berchowitz, D.M., 1996; Stirling coolers for solar refrigerators; presented at the International Appliance Technical Conference, Purdue University, West Lafayette, USA.
16. BM, 1993; World Bank; Solar pumping - an introduction and update on the technology, performance, costs and economics; World Bank Technical Paper n. 168; Washington D.C.
17. BM, 1995; World Bank Operations Evaluation Department; Rural electrification - a hard look at costs and benefits; (downloadable from web).
18. BM, 1996; Rural energy and development - improving energy supplies for two billion people; Washington D.C.
19. BM, 1999; World Bank; Education Sector Strategy; Washington D.C.
20. Bryce, 1998; Bryce P., Bryce D.; Small-scale village vlectrification - an NGO perspective; paper presented at Village Power '98 – Scaling Up Electricity Access for Sustainable Rural Development, Washington D.C.
21. Cabraal A. et al., 1996; Best practices for photovoltaic household electrification programs: lessons from experience in selected countries; World Bank, Washington, D.C.
22. CE, 1996; European Commission-DG for Energy/European Photovoltaic Industry Association; Photovoltaics in 2010; Vol 1 to 4; Brussels.
23. CE, 1996b; Commission Européenne-DGVIII; Evaluation complémentaire du Programme Régional Solaire (PRS) - Eval B7-6510/96; including note du fin de mission; Brussels.
24. CE, 1997; Commission Européenne; Application des méthodes participatives à l'évaluation de l'impact des projets d'hydraulique villageoise - Rapport de synthèse sur les aspects socio-économiques du Programme Régional Solaire; Brussels.

25. CE/PNUD, 1999; Farinelli, U. (ed.); Energy as a tool for sustainable development for African, Caribbean and Pacific Countries; Brussels/New York.
26. Cecelski E., 1998; Gender and poverty challenges in scaling up rural electricity access; paper presented at Village Power 1998; Washington DC.
27. Cecelski E., 2000; Enabling equitable access to rural electrification: current thinking and major activities in energy, poverty and gender; Briefing Paper prepared for a Brainstorming Meeting on Asia Alternative Energy Policy and Project Development Support: Emphasis on Poverty Alleviation and Women, Asia Alternative Energy Unit, The World Bank, Washington D.C. (downloadable from: [www.energia.org](http://www.energia.org)).
28. Davis S., 1999; Solar sisters flick the switch; in: Renewable Energy World, Vol. 2, No. 3. [www.panasia.org.sg/nepalnet/hlf/](http://www.panasia.org.sg/nepalnet/hlf/).
29. DBSA, 1999; Development Bank of Southern Africa, European Commission DG XVII, International Solar Energy Society; Renewable energy technologies in Southern Africa - a guide for investors; Brussels.
30. DOE, 2000; Department of Energy, the Philippines - website: [www.doe.gov.ph/](http://www.doe.gov.ph/).
31. Dung T. Q. et al., 1995; The Development of Solar Electricity in Vietnam; Paper presented at the 12<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam.
32. EDRC 1994-1999: very comprehensive literature and studies on impact of rural and PV electrification (several included in this list); EDRC, University of Cape Town, South Africa: <http://phantom.eri.uct.ac.za/publicat.htm>.
33. ENERSOL News - winter 1999. [www.enersol.org](http://www.enersol.org).
34. ESCWA, 1998; Economic and Social Commission for Western Asia - UN; Regional Programme for the development of new and renewable energy resources: assessment and prospects; New York.
35. ESMAP, 1999; World Bank Energy Sector Management Assistance Programme; Rural Electrification Study - Zimbabwe (ZW-UE-53421) -Final Report.
36. ESMAP, 2000; Energy Services for the World's Poor - Energy and Development Report 2000; Washington D.C.
37. FAO, 1986; Fraenkel, P.L.; Water lifting devices - FAO Irrigation and drainage paper 43; Rome.
38. FAO, 1992; Small-scale pumped irrigation: energy and cost; Irrigation water management Training Manual; Rome. <http://www.fao.org/ag/AGL/aglw/oldocsw.asp>.
39. FAO, 1997; RAP Bulletin - Rural Energy - Application of photovoltaic technology in the Asia-Pacific region; Bangkok.
40. FAO, 1999; B. van Campen; desde la base hacia una política de energía renovable y energía rural en Honduras; Tegucigalpa, Honduras. summary article at: <http://www.fao.org/sd/SPdirect/EGre0055.htm>.
41. FAO/WEC, 1999; FAO, World Energy Council; Dutkiewicz, Richard, e.a; The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries; joint FAO/WEC-report.
42. FIDA, 1998; International Fund for Agricultural Development, Guidi, D.; Ha Tinh rural development project formulation report - renewable energy deployment for rural development; IFAD, Rome.
43. Foley G., 1995; Photovoltaic Applications in Rural areas of the Developing World, World Bank Technical Paper # 304; Washington D.C.
44. Gay C., 1998; Empowering Rural Villages; presented in: Village Power '98.
45. Green J. M., 1999.; An Audit of Energy Usage (Incl Solar PV Systems) in a Non Electrified Rural Area in Kwazulu, South Africa; EDRC <http://phantom.eri.uct.ac.za/publicat.htm>.
46. GTZ, 1995; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; Basic Electrification for Rural Households; Eschborn, Germany.
47. Guidi D., 1993; A model of Solar Rural Electrification in the Dominican Republic, in Renewable Energy, Vol. 3, No. 2-3, pp. 221-226.
48. Guidi D., 1997; A model for the evaluation of sustainable development investments: the case of rural electrification in Morocco, PhD Thesis, Dept. of Agricultural Economics and Policy, University of Siena.

49. Hahn, 1998; Hahn, A., Flores Condori C., Schmidt R.; Photovoltaic water pumps - lessons learned from demonstration and field testing projects supported by GTZ - paper presented at the International Workshop on PV water supply, Marrakech, Morocco:  
<http://www.gtz.de/pvp/english/sen04.asp>
50. Hankins M.,1993; Solar electrification in the developing world - 4 country case studies; SELF, Washington D.C.
51. Hankins M.,1995; Solar electric systems for Africa; Commonwealth Science Council, London.
52. Hansen R., 1997; Rural productivity zones for microenterprises; Presented at Village Power 1997; Washington D.C.
53. Hart, 1998; Hart T.J., Hegde G.K.; PV Water Supply Program- The Indian Experience; - paper presented at the International Workshop on PV water supply, Marrakech, Morocco.
54. Hill R., 1995; Economic aspects of rural electrification by photovoltaics; New Castle Photovoltaic Applications Centre, Univ of North Umbria.
55. Hochmuth F., 1997; Assessment of photovoltaic battery charging stations to provide basic electricity services for remote rural households; DME, South Africa.
56. Huacuz, 1995; Huacuz J.M., Villaseñor F., Urrutia, M. (eds); IERE Workshop - Photovoltaic rural electrification and the electric power utility; Cocoyoc, Mexico.
57. Huacuz, 1997; Huacuz J.M., Urrutia, M. (eds); Photovoltaic-wind hybrid systems for remote power supply; Report on behalf of Rier Workshop, Cancún Mexico.
58. Inglin C., 1997; Factors in the Successful Development of a Sustainable Rural PV Market.
59. James B., 1995; The Impacts of Rural Electrification: exploring the silence; EDRC, University of Cape Town, South Africa. Downloadable from: <http://phantom.eri.uct.ac.za/publicat.htm>
60. James, 1999; James B. and Rudek B.; Socioeconomic impacts of rural electrification in Namibia: The impact of electrification on rural health facilities, education and small businesses; EDRC, University of Cape Town, South Africa. <http://phantom.eri.uct.ac.za/publicat.htm>
61. Jimenez, 1998; Jimenez A.C. and Olsen K.; Renewable Energy for Rural Health Clinics; National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado.
62. Kabore F. et al., 1992; PV energy for a sustained economic and social development in the Sahelian region: the Regional Solar Programme; paper presented at the 11<sup>th</sup> EC Photovoltaic Solar Energy Conference, Montreaux.
63. Kadyszewski J., 1998; Capacity Building for Small Scale Rural Development; presented in Village Power '98.
64. Koirala A., 1998; Impact of lifestyle after solar electrification in Syadul; in: Proceedings of International Conference on Role of renewable energy technology for rural development; Kathmandu, Nepal.
65. Lew D., 1998; Lessons learned in small-scale renewable energy dissemination, NREL.
66. Maycock P.D., 1998; Photovoltaic technology, performance, cost and market.
67. Miller D., 1998; Agents of sustainable technological change: the case of solar electrification in the developing world; PhD thesis, Trinity College, Cambridge.
68. MME, 1998; Ministério de Minas e Energia (MME) - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem); Developing self-sustaining markets for rural renewable energy services; Brazil.
69. MNES, 1999; Ministry of Non-conventional Energy Sources (India): description and statistics of PV programme from web-site. <http://mnes.nic.in/>.
70. Morris E. et al., 1998; Analysis of renewable energy retrofit options to existing diesel mini-grids; prepared by Sustainable Energy Solutions in association with NREL Strategic Power Utilities Group; New York.
71. Mozes D. et al., 1999; Aeration of Fish-ponds by photovoltaic power; Tel Aviv/Munchen; [www.kenes.com/ises.abstracts/htm/0312.htm](http://www.kenes.com/ises.abstracts/htm/0312.htm).
72. Müller J., 1998; Internationaler Sach- und Wissenstand zum Thema Photovoltaische Bewässerung; Stuttgart, <http://www.gtz.de/pvp/english/sen04.asp>.
73. NBDARD, 1999; Livestock watering systems for pasture; New Brunswick Department of Agriculture and Rural Development; Canada, 1999 - downloadable from the web: <http://gov.nb.ca/agricult/20/05/2005042e.htm> .
74. North M., 1999; A call for smart electrons; in: [www.greenstar.org](http://www.greenstar.org).

75. Northrop M.F. et al., 1996; Selling solar: financing household solar energy in the developing world; Rockefeller Brothers Fund, New York.
76. NRECA, 1989; National Rural Electricity Cooperative Association; Villagran, E., Orozco, R.C.; Analisis economico simplificado del uso de electricidad en actividades productivas: una metodologia y sus resultados en Guatemala; presented in: XII Conferencia Latinoamericana de Electrificación Rural (CLER), Guatemala.
77. NRECA, 1989; Gender issues in communities selected or rejected using the Demand assessment methodology - executive summary.
78. NRECA, 1998; Kittelson, D.A.: Productive uses of electricity - country experiences; prepared for Village Power '98, Washington D.C.
79. NREL, 1998; National Renewable Energy Laboratory; Jimenez, A.C., Olson, K.; Renewable energy for rural health clinics; Colorado, USA.
80. OMS, 1993; Organización Mundial de la Salud; Working papers on solar energy and health for the World Solar Summit; Paris.
81. PRESSEA, 2000; Promotion of Renewable Energy Sources in South East Asia - website: <http://www.ace.or.id/PRESSEA/index.html>.
82. Posorski, 1995; Posorski R., Haars K.; The economics of photovoltaic pumping systems; GTZ, Eschborn.
83. PROPER, 1996; Proyecto dotación de iluminación y agua caliente con energía solar a escuelas y establecimientos de salud; PROPER-Bolivia, Fondo de Inversión Social (FIS), La Paz.
84. Ramana P.V., 1998; As if institutions matter - doctoral thesis University of Twente, the Netherlands.
85. Ramani K.V., et al., 1992; Rural energy systems in the Asia-Pacific - a survey of their status, planning and management; GTZ/APDC.
86. Reijnders A. et al., 1999; Sukatani revisited: on the performance of nine-year-old solar home systems and street lighting systems in Indonesia; in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 3 (1999) 1- 47.
87. REPP, 1998; Renewable Energy Policy Project; Expanding markets for photovoltaics: What to do next? <http://www.repp.org/publications.html>
88. REPP, 1999; Renewable Energy Policy Project; Industry development strategy for the PV industry.
89. Richter M., 1997; "Report on the Use of Wind And Solar Energy in Inner Mongolia of The People's Republic of China". on behalf of FGU.
90. Richter, 1997b; Richter Marlene, Meunier, Bernard; Accelerating rural electrification in Inner Mongolia with the use of wind and solar energy; on behalf of GTZ.
91. Richter M., 1999; Impact analysis of Renewable energy supply systems in several project locations in Inner Mongolia, PRC China; on behalf on SMA.
92. Roth, 1997; Roth, P., Cancino, B., et al.; Social-technical assessment of photovoltaic systems installed in the first region of Chile; Universidad Técnica Federico Santa María., Valparaíso, Chile.
93. Sandia, 1998; Highlights of Sandia's Photovoltaic Program; Albuquerque, New Mexico. <http://www.sandia.gov/pv/hot/quarterly.htm> .
94. Sandia, 1999; Market opportunities in Mexico - Market guidebook of renewable energy applications in Mexico. <http://solar.nmsu.edu/usaidlap/market.htm>.
95. Sandia, 1999b; Photovoltaics in Mexico: a model for increasing the use of renewable energy systems; preprint of chapter to appear; in: Advances in solar energy.
96. Schenker, Jennifer L.; A wider net; in: Time magazine.
97. Scherpenzeel, 1999; PV market review in Kenya - draft; BTG Technology, the Netherlands.
98. Schmidt, 1999; Schmidt R., Sapiain R., Flores C., Torres A., Díaz A.; Sistema de medición para la evaluación y puesta en marcha de sistemas de bombeo fotovoltaico; Universidad de Tarapacá, Chile. <http://www.gtz.de/pvp/english/sen04.asp>.
99. Schramm G., 1993; Rural electrification in LDCs as a tool for economic development: facts and fiction; in: OPEC Review, winter issue.

100. Sharma K., 1998; Manufacturing of solar lantern – a woman entrepreneur’s story; paper presented at AIWC Rural Energy Department World Renewable Energy Congress V, Florence, Italy.
101. Shestra J.N., 1998; Status of photovoltaic technology in Nepal; Kathmandu, Nepal.
102. Sinha S., et al., 1998; Shirsih Sinha, Anand Shukla, Nandita Hazarika (eds); From sunlight to electricity - solar photovoltaic applications; New Delhi.
103. Sinha S., 2000; The solar photovoltaic programme in India - draft; 2000 and personal communication.
104. Sinha S., 2000b; Lighting in Sundarbans: from dhibri to solar photovoltaic - forthcoming paper.
105. Suarez P. et al., 1999; Programa de desarrollo de las cuencas lecheras - la electrificación como inductor del desarrollo sustentado en la zona rural; Uruguay, 1999; presented in CLER XVIII, Brazil.
106. Steenwyk, N. van, 1997; Evaluación de Educatodos; USAID, Secretaría de Educación; Tegucigalpa, Honduras.
107. Steenwyk, N. van, 1998; Las mujeres en el programa de Educatodos; USAID, Secretaría de Educación; Tegucigalpa, Honduras.
108. Steenwyk, N. van, 1999; Los desertores de Educatodos; USAID, Secretaría de Educación; Tegucigalpa, Honduras.
109. Schweizer Ries, P., 1998; The use of solar energy technology in Nepal - case studies in Pulimarang, Bamti/Bhandar and the Solu-Khumbu region; in: Proceedings of International Conference on Role of renewable energy technology for rural development; Kathmandu, Nepal.
110. Torres, 1998; Torres, E., Sapiain, R., Schmidt, R., Ovalle, R., Torres, A., Ayala, G., Hidalgo, V.; Bombeo solar para nuevas aplicaciones de riego por goteo; Universidad de Tarapacá, Chile. <http://www.gtz.de/pvp/english/sen04.asp>.
111. UPVG, 1994/1995; Utility Photovoltaic Group; UPVG Phase 1 Report and UPVG Phase 2 report; Washington D.C. <http://www.upvg.org/upvg/>.
112. Urmee, T.P., 1999; Transforming lives; in: Renewable energy world, Vol. 2, No. 4.
113. USAID, 1998; Evaluation of the Renewable Energy environment in USAID-assisted countries.
114. Plas, 1997; R. van der Plas, Hankins M.; Solar electricity in Africa: a reality; WB-ESMAP, Washington D.C.
115. Wamukonya; 1999; Wamukonya L., Davis M., 1999; Socioeconomic impacts of rural electrification in Namibia: Comparisons between grid, solar and unelectrified households; EDRRC, University of Cape Town, South Africa. <http://phantom.eri.uct.ac.za/publicat.htm>.
116. Village Power 1997 - Conference Proceedings; Washington DC. <http://rsvp.nrel.gov/vpconference/vpconference.html> .
117. Village Power '98 - Conference Proceedings; Washington DC. <http://rsvp.nrel.gov/vpconference/html/main.htm>
118. Williams, Neville, 1991; Solar serendipity: photovoltaic rural electrification in Sri Lanka; in: Solar Today.
119. Winrock International; various editions of REPSO bulletins: Vol. 3 No. 3 (1998): PV Pest Management.
120. Winrock/REPSO, 1999; Trade guides for renewable energy Brazil, Indonesia, El Salvador; (downloadable from web: <http://solstice.crest.org/clients/reps/trade.html> ).
121. WIP, 1998; Proceedings of workshop on PV water supply system improvement; Marrakech.
122. Wouters F.P.H., et al., 1997; Joint implementation and the role of utilities in the dissemination of Solar Home Systems in developing countries; paper presented at the 14<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Barcelona.
123. Zaffran, M. et al., 1993; Report on solar energy and health; paper presented for the World Solar Summit, World Health Organization (WHO), Paris.
124. Zilles, Roberto, et al., 1997; Solar Home System programs in Sao Paulo State, Brasil: utility and user associations experiences.

## Anexo 2: Lista de cuestionarios contestados

<b>Name</b>	<b>Organization</b>	<b>Project/business and location</b>
Mr H. V. Joshi	Vistar Electronics P Ltd., India	Solar distribution company, India
Mr Julius Koli	Community Management and Training services-East Africa	SHS project, Kenya
Akanksha Chaurey	Tata Energy Research Institute, India	Several projects, India
Asma Mesnaoui	NOOR Web S.A., Morocco	Solar Rural Electrification, Province of Taroudant, Morocco
Mr B. van Campen	FAO - Honduras	PV for community buildings and education, Honduras
Ms Beatriz Cancino Madariaga	Departamento Ing. Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María	SHS and community systems project, Camarones, Chile
Mr Bob Schulte	Ecofys, The Netherlands	Solar Market Development Programme, The Gambia
Mr E. Buchet	GERES, France	Project decentralised electrification in Kagera, Tanzania
Mr Claudio Moises Ribeiro	CEPEL-Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Brazil	US/Brazilian PV Rural Electrification Pilot Project, Brazil
Mr Daniel B. Waddle	NRECA International Ltd., USA	Various PV projects in Bolivia, Guatemala, Bangladesh and Costa Rica
Dr. Salifou Bengaly	SINERGIE SA, Mali	Projet Femmes -Energie -Developpement (FED), Mali
Dr. Salifou Bengaly	SINERGIE SA, Mali	PV electrification of 10 Health Centres, Mali
Dr. Lu Aye	IDTC, Dept. of Civil & Environmental Eng, Univ of Melbourne, Australia	Various PV projects in Australia
Ms Fabienne Karhat	Fondation Energies pour le Monde, France	Pilot Programme for Rural PV Electrification in Bangladesh
Mr Guilherme Caldas Bahia	Secretaria de Infra-Estrutura de Pernambuco, Brazil	Lus do Sol, Pernambuco, Brazil
H. Harish Hande	SELCO Photovoltaic Electrification (P) Ltd., India	Solar distribution company, India
Ing. Manuel Contijoch	Fideicomiso de Riesgo Compartido, Mexico	Energía renovable en la agricultura, Mexico
Ir. Patrick J.N.M. van de Rijt	Shell Solar Energy B.V., the Netherlands	Xinjiang demonstration village, China
Mr Jayantha Nagendran	DFCC Bank, Sri Lanka	Energy Services Delivery Project & Credit Programme, Sri Lanka
Ms Jeanette Scherpenzeel	Biomass Technology Group bv, the Netherlands	Rural electrification by 10,000 Solar Home Systems, Bolivia
Mr John Rogers	Soluz S.A. de C.V., USA	PV rural electrification (leasing), Honduras and Dominican Republic
Mr Jorge Henrique Greco Lima	Centro de Pesquisas de Energia Eletrica (CEPEL), Brazil	PRODEEM Social PV programme, 7 states of Brazil
Mr Jose Maria Blanco	Biomass Users Network - Central America Office, Costa Rica	SHS projects in Central America
Mr Juan Francisco Gómez Cristiani	Ministerio de Energia y Minas, Guatemala	PV Rural Electrification, Guatemala
Mr Juan José Chacon	NRECA , Guatemala	School Lighting in Chachahualilla village, Guatemala
Mr Juan Vadillo Astrurias	Fundacion Solar, Guatemala	SHSs in La Oscurana, Guatemala
Ms Lisa Büttner, Mr Chris Rovero	Winrock International, USA	Mexico Renewable Energy Program, Mexico

Mr Mark Hankins	Energy Alternatives Africa, Kenya	WB ESMAP PV SHS Financing Project, Kenya
Mr Wisdom Ahiataku-Togobo	Renewable Energy Department, Ministry of Mines and Energy, Ghana	Kpasa off-grid rural electrification Project, Ghana
Mr Ned van Steenwyk	Soluciones Energeticas, Honduras	Solar distribution company, Honduras
Mr Peter JM Konings	PT Mambruk Sarana Interbuana, Indonesia	Solinvictus II, 20,000 SHSs Indonesia
Mr Phil Covell	ENERSOL Associates, Inc., USA	Honduras Health Clinic Electrification, Honduras
Prof. Amrit B. Karki	Consolidated Management Services (Nepal) P. Ltd.	Pilot Project on Solar PV Pumps for Micro-Irrigation System, Nepal
Prof. Amrit B. Karki	Consolidated Management Services (Nepal) P. Ltd.	Socio-economic Study of Solar Home Systems Target Groups, Nepal
Mr Roberto Zilles	Instituto de Eletrotécnica e Energia-USP, Brazil	Potable water pumping in the state of São Paulo, Brazil
Mr Roberto Zilles	Instituto de Eletrotécnica e Energia-USP, Brzail	ECOWATT, leasing-project for SHSs
Mr Rubén Ramos Heredia	Centro de Investigaciones de Energía Solar, Cuba	Evaluation of factibility of medium-sized PV projects, Cuba
Shawn Luong	SELCO-Vietnam	Solar distribution company, Vietnam
Mr Shinji Omoteyama	The Institute of Energy Economics, Japan	Rural Electrification Project by Renewable Energy, Laos
Mr Silverio T. Navarro, Jr.	Solar Electric Co., Inc., the Philippines	Malalison Solar Battery Charging Station, the Philippines
Mr Vicente O. Roaring	Renewable Energy Association of the Philippines(REAP)	SHS-project in Abra region, the Philippines
Mr Wael H. EL-Nashar	Arabian Solar Energy & Technology Co. (ASET), Egypt	Solar distribution company, Egypt
Mr Yug Ratna Tamrakar	Solar Electricity Co. (PVT) Ltd., Nepal	Solar distribution company, Nepal

### **Anexo 3: Reseña de proyectos de electrificación rural**

Casi en todos los países los gobiernos nacionales participan en la promoción de proyectos de electrificación rural para llegar a las zonas rurales más alejadas. Muy a menudo esos proyectos de electrificación no son interesantes como inversiones y hace falta subsidiarlos. Schramm (1993) enumera varias de las razones y objetivos más citados de llevar a cabo esos proyectos de electrificación:

- ◆ promover el desarrollo agrícola, industrial y comercial de las zonas rurales, comprendida la electricidad para bombeo para irrigación;
- ◆ sustituir otras fuentes más costosas de energía, como el kerosene para iluminación, y el diesel para utilizar motores independientes, bombas para irrigación y generadores;
- ◆ mejorar la calidad de la vida a través, por ejemplo, de una iluminación de mayor calidad y de la utilización de aparatos electrodomésticos (como planchas), con el beneficio de ahorrar tiempo, en particular para las mujeres;
- ◆ mejorar el nivel de vida de la población rural pobre;
- ◆ frenar la emigración de las zonas rurales a las urbanas;
- ◆ mejorar la seguridad, la estabilidad política y corregir desequilibrios regionales;
- ◆ corregir el sesgo urbano o rural;
- ◆ reducir la deforestación al reemplazar la leña y el carbón.

A continuación se presenta un resumen de diversos estudios<sup>44</sup> realizados en los decenios de 1980 y 1990, de las repercusiones de diversos proyectos de electrificación rural.

#### *Repercusiones en el desarrollo rural y el crecimiento económico*

Ninguno de los estudios mencionados demuestra una correspondencia directa entre la electrificación rural y el crecimiento económico (que condujera al desarrollo rural). La electricidad puede contribuir al crecimiento económico si se introduce en las circunstancias correctas y en combinación con muchos otros recursos e insumos (infraestructura).

#### *Repercusiones en la pobreza*

La electrificación rural no beneficia a los pobres, con todo y las tarifas subsidiadas. Algunos autores concluyen que la electrificación rural exacerba las diferencias anteriores a la misma al propiciar que los más acomodados puedan disfrutar de electricidad y aparatos electrodomésticos, y sean los que más se benefician de las tarifas subsidiadas de la electricidad.

#### *Repercusiones en la productividad*

Aunque falta demostrarlo en forma concluyente, hay motivos para pensar que la electrificación rural repercute positivamente en la productividad agrícola e industrial. Los motivos principales son:

- ◆ beneficios para las industrias azucarera y del café;
- ◆ irrigación, especialmente producción de hortalizas en pequeña escala;
- ◆ refrigeración, especialmente para los sectores del pescado, la carne y los lácteos;
- ◆ industrias rurales, donde es pertinente la electricidad (molinos de harina, talleres y producción de pequeñas artesanías);
- ◆ horarios más prolongados de trabajo gracias a la iluminación;
- ◆ liberación de tiempo de trabajo femenino para dedicar a la elaboración de pequeñas artesanías o para otras actividades productivas;
- ◆ producción de lácteos o cría de ganado.

---

<sup>44</sup> Fluitman, 1983; Pearce y Webb, 1987; Desai, 1988; Foley, 1990; Munasinghe, 1990: citados en Ramani, 1993; Schramm, 1993.

### *Repercusiones en el empleo*

No está demostrado, o hay pocas pruebas de que la electrificación rural repercuta directa y positivamente en el empleo. El impacto positivo en el empleo se traduciría en la generalización de mejores condiciones económicas y de la productividad (ver arriba). Pero sí consta, en cambio, que la electricidad ahorra tiempo y prolonga las horas de trabajo.

### *Repercusiones en otros bienes públicos*

Contar con mejor iluminación, más esparcimiento, mejor conservación de los alimentos y disponer de aparatos que ahorran trabajo, como las planchas eléctricas y los molinos de harina (que liberan tiempo de las mujeres) produce un claro efecto en la calidad de vida de los que pueden permitírselo. La electricidad, en general, no sustituye a la leña para cocinar, pero permite mejorar los servicios de salud, de instrucción, etc., aunque estas posibilidades a menudo se ven limitadas por la falta de suministros y de recursos humanos.

No se puede definir el impacto directo en el control demográfico. Sólo donde la electrificación rural forma parte de una tendencia general de superación socioeconómica, se advierte una disminución de los índices de fecundidad. Los puntos de vista de los efectos en la emigración del sector rural al urbano son ambiguos. Algunos hacen hincapié en el elevado impacto social de la electrificación rural, que proporciona un gran impulso social y modifica las actitudes de la población y su mentalidad, a la vez que crea más aspiraciones. Otros consideran que éstas, en combinación con mejores comunicaciones y, tal vez, la reducción del empleo, pueden propiciar la migración.

De tal manera, no hay consenso respecto a las repercusiones de la electrificación en el desarrollo rural. Es difícil establecer los efectos directos o las correspondencias. Cabe pensar que la electrificación rural repercute positivamente en la productividad, en la calidad de vida y en diversos servicios públicos. La mayoría de los autores indican que la electrificación rural no produce efectos por sí misma, sino que permite aumentar la productividad, ofrecer mejores servicios públicos, entre otras cosas, siempre que se añadan otros insumos. Por ejemplo, la productividad sólo puede aumentar si hay o puede promoverse un mercado para el excedente de la producción, y en combinación con otros insumos complementarios, como los aparatos electrodomésticos y el crédito.

## Anexo 4: Mercados actuales y potenciales de las aplicaciones FV rurales

Los embarques anuales de sistemas FV (en MWp) han aumentado una media de 15 por ciento anual y en 1994 sumaron un total mundial de casi 70 MWp (CE, 1996). Maycock (1998) llega a una conclusión parecida respecto al periodo 1990-1997; los envíos anuales aumentaron de 48 MWp en 1990 a 126 MWp en 1997: un promedio de 14,8 por ciento anual. En este periodo, el mercado “rural externo a la red ordinaria” (sobre todo en los países en desarrollo) creció en promedio 17,9 por ciento anual. Maycock describe este mercado como la “máxima oportunidad” para todos, aunque presenta considerables obstáculos, y anticipa que el mercado experimentará un crecimiento explosivo después del año 2000.

Es difícil obtener información desglosada de los mercados de las aplicaciones FV específicas en el medio rural de los países en desarrollo, pero con la información proporcionada por fuentes industriales de los EE.UU. y Europa se puede formar un razonable panorama general de los acontecimientos de esos mercados. A principios de los años ochenta predominaban en el mercado FV las aplicaciones en gran escala. A principios de los años noventa, era evidente el avance de las aplicaciones independientes (ver cuadro 18). De 1990 a 1994, los cuatro mercados más grandes (en MWp) de aplicaciones FV eran:

- comunicaciones (tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados);
- esparcimiento, actividades náuticas y caravanas (sobre todo en los países desarrollados);
- sistemas solares domésticos (la mayor parte en los países en desarrollo);
- bombeo de agua (sobre todo en los países en desarrollo).

Como se aprecia en el cuadro 18, los sistemas conectados a la red representan apenas el 10 por ciento de los embarques de sistemas FV en 1990-94, pero este porcentaje fue más elevado en los países industrializados (22 por ciento). El sector conectado a la red ordinaria también es uno de los mercados de crecimiento más acelerado y se anticipa que abarque el 29 por ciento de los envíos anuales para el año 2010, en condiciones normales (CE, 1996). Para 2010, los principales mercados serían:

- sistemas solares domésticos (la mayor parte en los países en desarrollo);
- sistemas conectados a la red (sobre todo en los países desarrollados);
- comunicaciones (tanto en los países desarrollados como en los que están en desarrollo);
- bombeo de agua (sobre todo en los países en desarrollo).

**Cuadro 18 Embarques actuales y previstos de módulos FV (en porcentajes de embarques en Wp)**

Aplicaciones finales por tipo	1990-1994 (promedio)		2010 (en condiciones normales)	
	% del total	% del mercado rural	% del total	% del mercado rural
conectados a la red	10 %		29 %	
consumidor en interior	7 %		3 %	
campamento/náutica/esparcimiento	15 %		9 %	
protección catódica/ señalación militar	6 %		5 %	
<i>subtotal de mercados no rurales</i>	<i>38 %</i>		<i>46 %</i>	
<i>subtotal de mercados rurales</i>	<i>62 %</i>		<i>54 %</i>	
comunicaciones	21 %	34 %	11 %	20 %
sistemas solares domésticos	15 %	24 %	23 %	43 %
bombeo de agua	12 %	19 %	7 %	13 %
electricidad comunal	5 %	8 %	4 %	7 %
casas alejadas	7 %	11 %	6 %	11 %
otras instalaciones alejadas	3 %	5 %	2 %	4 %

Fuente: CE, 1996.

Se ha tratado de separar los mercados rurales de los no rurales (ver la columna derecha del cuadro 18) para ofrecer una idea aproximada de la evolución comercial de las distintas aplicaciones FV rurales. Es evidente que los SSD, las comunicaciones y el bombeo de agua siguen siendo los principales mercados rurales. Como los mercados de las comunicaciones y los SSD están repartidos en forma más uniforme entre los países en desarrollo y los industrializados, mientras que el mercado de bombas de agua está sobre todo en los países en desarrollo, el segmento de las bombas es probable que sea mayor en los países en desarrollo. También hay que señalar que el mercado de las comunicaciones incluye estaciones repetidoras y otras aplicaciones de apoyo a las redes de telecomunicaciones (que no necesariamente benefician en forma directa a las zonas rurales), así como los sistemas de comunicación por radio o celulares, utilizados por la población rural con beneficios directos.

De la información de la industria FV de los Estados Unidos se puede deducir un panorama parecido<sup>45</sup>:

**Cuadro 19 Aplicaciones finales de la producción de módulos FV en los EE.UU.** (en porcentajes de embarques en Wp)

Aplicaciones finales por tipos	1996		1997		1998 <sup>46</sup>	
	% del total	% del mercado rural	% del total	% del mercado rural	% del total	% del mercado rural
interactivas con la red	14 %		18 %		28 %	
bienes de consumo	3 %		1 %		2 %	
transporte	15 %		15 %		13 %	
Celdas/módulos para el FOE <sup>47</sup>	7 %		11 %		10 %	
<i>subtotal del mercado no rural</i>	38 %		44 %		53 %	
<i>subtotal del mercado rural</i>	62 %		56 %		47 %	
remotas	31 %	50 %	19 %	33 %	17 %	36 %
comunicaciones	17 %	28 %	16 %	29 %	16 %	35 %
bombeo de agua	9 %	15 %	8 %	15 %	9 %	18 %
salud	3 %	4 %	3 %	5 %	2 %	4 %
otras <sup>48</sup>	2 %	4 %	10 %	18 %	3 %	6 %
<b>TOTAL embarques</b>	<b>35,464 kWp</b>		<b>46,354 kWp</b>		<b>50,562 kWp</b>	

Fuente: Energy Information Administration (EIA/USDOE), Annual Photovoltaic Module/Cell Manufacturers Survey.

En la información de los EE.UU., las aplicaciones “remotas” incluyen los SSD (sobre todo en los países en desarrollo). Esto complica un poco más la separación entre los mercados “rurales” y “no rurales”. Del cuadro 19 se puede extraer una estimación aproximada de las proporciones del mercado ocupadas por las distintas aplicaciones FV (aplicaciones finales) de los módulos de fábricas de los EE.UU. La columna derecha de todos los años representa el porcentaje estimado de los “mercados rurales”. Estos datos deben de interpretarse con cuidado pero la tendencia general es la misma que la del estudio de la CE (1996). Los principales mercados rurales son los clasificados como “remotos” (comprendidos los SSD), las comunicaciones y el bombeo de agua. Este mercado (bombeo para obtener agua potable, abrevaderos e irrigación) representa entre ocho y nueve por ciento de los envíos anuales de sistemas FV (de 15 a 18 por ciento del mercado “rural”). También hay que señalar que las aplicaciones para el sector de la salud representan un sólido dos a tres por ciento del total de los envíos anuales (del cuatro al cinco por ciento del mercado “rural”).

<sup>45</sup> La Dependencia de Información de Energía del Departamento de Energía de los EE.UU. (EIA/USDOE) recopila información de la industria FV del país, que representa cerca del 39 por ciento de la producción mundial de módulos FV.

<sup>46</sup> Provisional. Próxima publicación de la EIA/DOE.

<sup>47</sup> FOE = Fabricante Original de Equipo (Original Equipment Manufacturer), es decir, para integrar en otro equipo no destinado al consumidor.

<sup>48</sup> Entre las otras aplicaciones están los módulos FV cocinar alimentos, desalinizar, destilado, etc.

Con este tipo de información, el Plan Industrial FV Europeo estableció las siguientes aplicaciones y mercados principales fuera de Europa (sobre todo en los países en desarrollo):

- ◆ SSD;
- ◆ sistemas de servicios de salud;
- ◆ bombas solares.

Se han elaborado cálculos más precisos de los mercados específicos (por países) de las aplicaciones FV rurales. Como se comentó en el párrafo 3.5.2, la energía FV para abrevaderos para el ganado ya es competitiva desde el punto de vista económico en muchas zonas y se utiliza ampliamente en los EE.UU. Numerosas empresas de electricidad rural en América del Norte ya ofrecen bombeo FV como opción económica a la extensión de la red ordinaria. El Grupo de Servicios de Electricidad Fotovoltaica (UPVG, 1994/95) calcula el mercado potencial de bombeo solar para abrevaderos para ganado sólo en los EE.UU. en 30-40 MWp<sup>49</sup>. Se calcula que es equivalente el mercado de sistemas de bombeo (30-35 MWp) para aireación de estanques y lagos, sobre todo para producción piscícola y de camarones, pero también para uso residencial. Otras aplicaciones, como las cercas FV, también están ampliamente disponibles en los EE.UU. y son competitivas, aunque representan proporciones reducidas del mercado FV (en MWp) debido a su bajo consumo de energía.

El Proyecto de Energía Renovable (REPP 1998, 1999), grupo de especialistas en energía renovable, afirma que el mercado de esas aplicaciones en los países en desarrollo supera muchas veces al de los países de la OCDE, con un volumen total de 500 GWp<sup>50</sup>. Citan una encuesta mundial de la publicación *Solar Industry Journal*, de investigación de los aparatos autónomos de bombeo, calculados en 10,4 GW anuales, que representan 6 300 millones de dólares EE.UU., el quíntuple del mercado de generadores independientes<sup>51</sup>. Los sistemas FV o híbridos con diesel podrían cumplir en forma económica la mayor parte de estas aplicaciones. El mercado de bombas FV podría, entonces, convertirse en uno de los principales mercados de sistemas FV para el medio rural en los países en desarrollo.

En el marco del Proyecto de Energía Renovable en México (ver párrafo 3.5.2) se realizó un estudio de mercado de los sistemas de energía renovable en ese país. Se determinó la equivalencia de los mercados de sistemas para bombeo de agua y de electrificación rural (SSD) en el sector de la energía renovable (principalmente FV).

**Cuadro 20: Mercado de las aplicaciones de energía renovable en México**

Aplicación	mercado potencial en millones de dólares EE.UU.	comentarios
electrificación rural	511	es difícil financiar los proyectos
agua potable	135	
abrevaderos	297	- mejor aplicación agrícola de la ER - la mayoría de los ganaderos tienen capacidad de pago
irrigación en pequeña escala	94	-el mercado de la irrigación en pequeña escala no existe todavía, pero los proyectos experimentales son muy solicitados -cultivos de alto valor comercial y con mejores oportunidades que se pueden producir con eficacia en parcelas pequeñas

Fuente: Sandía, 1998

<sup>49</sup> A partir de un precio de tres dólares EE.UU. por Wp. Se anticipa que se llegará a este nivel de precios en 2000-2001.

<sup>50</sup> Esto representa casi 250 Wp por persona.

<sup>51</sup> Sólo funcionamiento casi continuo; el mercado de potencia de reserva en América del Norte equivale casi a 80 veces ese volumen.

Se señala que en el mercado de sistemas para bombeo de agua hay mayor capacidad de pago, por lo menos en el sector pecuario, porque esos sistemas contribuyen a obtener más ingresos. Esto debería hacer más accesibles estos mercados. La irrigación en pequeña escala con bombas FV se considera mercado potencial en el mediano plazo porque, como se describió en el párrafo 3.5.1, todavía no es tan competitiva como el bombeo de agua para el ganado y esos sistemas aún necesitan mejorarse (bombas, sistemas de riego por goteo, etc.).

Por último, en su informe del mercado FV la Comisión Europea (CE, 1996) presenta un cálculo del mercado potencial de sistemas FV autónomos en los países en desarrollo, elaborado a partir de la *necesidad* de servicios básicos e iluminación doméstica de las zonas y hogares que no cuentan con electricidad de los países en desarrollo. El total de la demanda potencial es de 16,5 GWp, a partir de los 1 100 millones de personas rurales de todo el mundo que no tienen acceso a electricidad. El conjunto de necesidades básicas en materia de energía (atención sanitaria, educación, comunicación y electrificación doméstica) representa apenas 15 Wp por persona.

**Cuadro 21 Mercado FV potencial de servicios comunales en las zonas rurales de los países en desarrollo**

electrificación doméstica rural (66%)	11,151 MWp
bombeo de agua (16%)	2,643 MWp
educación (16%)	2,657 MWp
salud (1%)	112 MWp
comunicaciones (2%)	314 MWp

Fuente: CE (1996)

Estas cifras muestran un claro predominio de los sistemas domésticos rurales, pero también hay una demanda considerable de sistemas para bombeo de agua y educación. Hay que insistir en que no se trata de cifras del mercado sino de cálculos realizados a partir de las necesidades básicas. La población rural, que a menudo carece de recursos, posiblemente tenga que financiar la propia electrificación doméstica. Las otras categorías pueden contarse como servicios comunales básicos que podrían suministrar los gobiernos, pero las preguntas críticas son: ¿los van a financiar? y ¿hay capital para hacerlo? Muchos proyectos de este sector están en proceso de elaboración, pero no es probable que abarquen la totalidad de este mercado potencial de 16,5 GWp.

Por otra parte, estas cifras no toman en consideración las inversiones personales ni de organizaciones en otros rubros aparte de las necesidades básicas, ni el mercado de sistemas FV para aplicaciones agrícolas o productivas de otros tipos, las estaciones repetidoras que quedan fuera del alcance de la red ordinaria y otras demandas de energía correspondientes a necesidades no básicas.

## **Anexo 5: Encuesta<sup>52</sup>**

### **ESTUDIO DEL IMPACTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN EL DESARROLLO RURAL**

#### **Guía al cuestionario**

El presente cuestionario se dirige a personas claves como Ud., que están involucradas en la organización, distribución, financiamiento, instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos (FV) en zonas rurales; y solicita su evaluación del impacto de los sistemas FV en que Ud. participa o de los que tiene conocimiento inmediato. El cuestionario concierne tanto a los “proyectos” – en el sentido de proyectos de desarrollo organizados por entidades del gobierno, ONGs y organizaciones internacionales— como a los sistemas fotovoltaicos distribuidos a través de venta comercial.

**Si Ud. trabaja en más de un proyecto o mercado fotovoltaico, sírvase llenar un cuestionario por cada proyecto, o elija uno de ellos (de preferencia el primero en generación de ingresos).**

El cuestionario se ha organizado en tres partes:

La parte 1 (capítulo 1) contiene preguntas generales sobre el proyecto y los sistemas FV y sobre el impacto global. También sirve de selección para la parte 2 del cuestionario.

La parte 2 (capítulos 2 - 5) contiene las preguntas principales sobre el impacto de los sistemas fotovoltaicos en diferentes aspectos del desarrollo rural (desarrollo agrícola, industrial/comercial, servicios sociales y calidad de vida). En general, sólo hará falta responder a uno o dos de estos capítulos, según el área principal de impacto.

La parte 3 (capítulos 6 y 7) contiene preguntas sobre la organización y financiamiento de los proyectos/sistemas FV. El capítulo 7 presenta algunas preguntas abiertas sobre las ideas y opiniones de Ud. respecto al mejoramiento del impacto de los sistemas FV en el desarrollo rural.

El cuestionario está elaborado de forma tal que se puede imprimir, responder y enviar por fax o por correo, o **puede responderse en la pantalla y enviarse como documento adjunto en un mensaje electrónico (de preferencia)**. Se ha elaborado en Word 6, pero también se puede leer y responder en Word 95 o 97. Se lo puede devolver en cualquiera versión de Word mencionada.

Casi todas las preguntas son de opción múltiple y, por lo tanto, para responder sólo se requiere marcar una de las opciones presentadas. En las pocas preguntas que solicitan la redacción de una respuesta figura un espacio para escribirla. Si Ud. responde en la pantalla, el documento está protegido para sólo admitir la escritura en los espacios indicados (en gris). Basta con hacer clic con el ratón en el cuadro seleccionado y aparecerá una cruz. En las respuestas que haga falta redactar, haga clic en el espacio marcado de gris del cuadro y proceda a escribir; el texto automáticamente agranda el cuadro si es necesario.

#### **Sólo toma 30 minutos en promedio responder el cuestionario**

Comuníquenos sus observaciones, críticas, sugerencias o preguntas, que atenderemos con gusto.

Gustavo Best, Coordinador Principal de Energía tel: (39).06.57055534

Bart van Campen, Oficial de Energía para el Desarrollo Rural tel: (39).06.57054563

Daniele Guidi, Consultor Energía Renovable tel: (39).055.9910092

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

Departamento de Desarrollo Sostenible

---

<sup>52</sup> La encuesta fue mandada en español, inglés y francés. En esta publicación solamente se incluyó la versión española. La compaginación ha sido modificada (especialmente los cuadros) para ajustar a la publicación final.

1.1. Información personal			
Nombre			
Organización			
Domicilio postal			
Teléfonos		Fax:	
Correo electrónico			

1.2. Si la organización a que Ud. pertenece participa en distintos proyectos de energía fotovoltaica o vende distintos sistemas fotovoltaicos, sírvase señalar para qué se utilizan éstos y, de ser posible, en qué porcentajes	
Utilización productiva <i>agricultura, industria artesanal, pequeña empresa</i>	<input type="checkbox"/> %
Servicios sociales o para la comunidad <i>bombeo de agua para la aldea, centros de salud, escuelas, etc.</i>	<input type="checkbox"/> %
Sistemas de energía solar para uso doméstico	<input type="checkbox"/> %
Otros (especificar):	<input type="checkbox"/> %

Si Ud. participa en más proyectos, mercados o sectores, sírvase elegir uno, de preferencia el que tiene in componente más grande de generación de ingresos y empleo

1.3. Información general del proyecto <i>Sólo para proyectos. Para otros casos, sírvase pasar a la pregunta 1.4.</i>	
Nombre del proyecto <i>de energía fotovoltaica</i>	
Año de inicio del proyecto	
Breve descripción del proyecto <i>objetivos principales y grupo principal de beneficiarios</i>	

1.4. Ubicación geográfica del proyecto o mercado de energía fotovoltaica	
Aldea/Ciudad <i>si corresponde</i>	
Región/departamento o provincia	
País	

1.5. Tipo de sistemas fotovoltaicos utilizados/vendidos <i>Sírvase marcar el cuadro o cuadros correspondientes</i>	
Pequeña red eléctrica centralizada de la aldea	<input type="checkbox"/>
Sistema de energía solar para uso doméstico (pequeño sistema de iluminación, para TV o radio, etc. para la casa, la escuela, el café, etc.)	<input type="checkbox"/>
Otros sistemas independientes (bombeo, refrigeración, desalinización, etc.)	<input type="checkbox"/>
Sistemas híbridos fotovoltaicos y <input type="checkbox"/> diesel o <input type="checkbox"/> eólico u <input type="checkbox"/> otros: (especificar)	<input type="checkbox"/>
Estación para cargar baterías	<input type="checkbox"/>
Otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

### 1.6. Información técnica

Sírvase responder en cuadros separados los tres (o menos) tipos principales de sistemas utilizados o vendidos:

<b>Voltaje del sistema 1</b>	12 V CC <input type="checkbox"/>	110/220 V CA <input type="checkbox"/>	<b>otros (especificar):</b> <input type="checkbox"/>
<b>Dimensión total del sistema 1</b>	paneles	Wp	
	baterías	Ah	
<b>aparatos o aplicación final</b>	<b>aparato/aplicación</b>		<b>número</b>
	bombillas		
	bomba de agua		
	radio/TV		
	refrigerador		
	otros aparatos (especificar):		
	otros aparatos (especificar):		
<b>Costo total del sistema 1</b> <i>comprendidos aparatos e instalación</i>			<b>moneda:</b>

<b>Voltaje del sistema 2</b>	12 V CC <input type="checkbox"/>	110/220 V CA <input type="checkbox"/>	<b>otros (especificar):</b> <input type="checkbox"/>
<b>Dimensión total del sistema 2</b>	paneles	Wp	
	baterías	Ah	
<b>aparatos o aplicación final</b>	<b>aparato/aplicación</b>		<b>número</b>
	bombillas		
	bomba de agua		
	radio/TV		
	refrigerador		
	otros aparatos (especificar):		
	otros aparatos (especificar):		
<b>Costo total del sistema 2</b> <i>comprendidos los aparatos y la instalación</i>			<b>Moneda:</b>

<b>Sistema de voltaje 3</b>	12 V CC <input type="checkbox"/>	110/220 V CA <input type="checkbox"/>	<b>otros (especificar):</b> <input type="checkbox"/>
<b>Dimensión total del sistema 3</b>	paneles	Wp	
	baterías	Ah	
<b>aparatos o aplicación final</b>	<b>aparato/aplicación</b>		<b>número</b>
	bombillas		
	bomba de agua		
	radio/TV		
	refrigerador		
	otros aparatos (especificar):		
	otros aparatos (especificar):		
<b>Costo total del sistema 3</b> <i>comprendidos los aparatos y la instalación</i>			<b>moneda:</b>

<b>1.7. ¿Para qué se utiliza la energía fotovoltaica?</b> <i>Marcar uno o más cuadros</i>	
bombeo de agua (irrigación)	<input type="checkbox"/>
bombeo de agua (agua potable)	<input type="checkbox"/>
desalinización del agua	<input type="checkbox"/>
bombeo de agua para abrevadero	<input type="checkbox"/>
cercas eléctricas fotovoltaicas	<input type="checkbox"/>
iluminación para aves de corral o ganado	<input type="checkbox"/>
equipo de oficina (computadoras, etc.)	<input type="checkbox"/>
comunicación por radio o telefonía celular	<input type="checkbox"/>
centro de salud (refrigeración, iluminación, etc.)	<input type="checkbox"/>
servicios veterinarios (refrigeración, iluminación, etc.)	<input type="checkbox"/>
refrigeración (doméstica, tienda minorista, productos agrícolas, carne, lácteos, pescado, etc.)	<input type="checkbox"/>
iluminación, TV, radio, electrodomésticos para servicio comercial (tienda minorista, café, restaurante)	<input type="checkbox"/>
iluminación, pequeñas herramientas eléctricas para microempresas (taller de reparaciones, artesanías)	<input type="checkbox"/>
iluminación, TV, radio, etc. para uso doméstico	<input type="checkbox"/>
servicios turísticos (iluminación, TV, aire acondicionado para pensiones, hoteles, etc.)	<input type="checkbox"/>
iluminación y audiovisuales para escuelas y otros edificios de la comunidad	<input type="checkbox"/>
iluminación de la vía pública	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

**1.8. Usted considera que los sistemas fotovoltaicos han repercutido en:**

*Sírvase marcar los cuadros que juzgue convenientes y responda a las preguntas señaladas*

<b>Impacto en</b>	<b>cuadro</b>	
<b>productividad agropecuaria</b>	<input type="checkbox"/>	<b>preguntas 2.1 - 2.4</b>
<b>industria rural artesanal y servicios comerciales / fomento de la pequeña empresa</b>	<input type="checkbox"/>	<b>preguntas 3.1 - 3.4</b>
<b>servicios sociales y desarrollo de la comunidad</b> (en el ámbito de la comunidad)	<input type="checkbox"/>	<b>preguntas 4.1 - 4.5</b>
<b>calidad de la vida doméstica</b>	<input type="checkbox"/>	<b>preguntas 5.1 - 5.3</b>
<b>otras actividades (productivas)</b> <i>sírvase describir</i>	<input type="checkbox"/>	<b>especificar:</b>

**1.9. ¿Cómo clasificaría Ud. a los principales beneficiarios/usuarios de los sistemas fotovoltaicos?**

*Sírvase marcar los cuadros que juzgue conveniente*

actividad o profesión	cuadro
pequeño campesino/ ganadero/ pescador de subsistencia	<input type="checkbox"/>
agricultor/ ganadero/pescador comercial	<input type="checkbox"/>
profesional (maestro, enfermera, etc.)	<input type="checkbox"/>
jornalero sin tierras	<input type="checkbox"/>
autoempleado	<input type="checkbox"/>
artesano	<input type="checkbox"/>
pequeña empresa familiar, taller o tienda	<input type="checkbox"/>
empresa, taller o tienda más grande > 10 empleados	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

## 2. Productividad agropecuaria

2.1. ¿Qué clase de actividades agropecuarias ha fomentado la introducción de energía fotovoltaica? <i>Sírvase marcar los cuadros que juzgue conveniente o el último espacio si se omite alguna actividad</i>		
irrigación		<input type="checkbox"/>
refrigeración de productos agrícolas/carne/pescado/lácteos, otros:		<input type="checkbox"/>
iluminación (aves de corral, ganado)		<input type="checkbox"/>
bombeo de agua para piscicultura		<input type="checkbox"/>
bombeo de agua para abrevadero		<input type="checkbox"/>
control de plagas		<input type="checkbox"/>
cercas eléctricas para control pecuario		<input type="checkbox"/>
otros (especificar):		<input type="checkbox"/>

2.2. ¿En qué consistió el impacto de los sistemas? <i>Sírvase llenar los cuadros que juzgue conveniente o el último espacio si se omitió algún elemento</i>		
mayor productividad (mayor rendimiento)		<input type="checkbox"/>
más tierras en cultivo		<input type="checkbox"/>
cosechas múltiples durante el año		<input type="checkbox"/>
producto nuevo, más comercial		<input type="checkbox"/>
posibilidad de criar más animales		<input type="checkbox"/>
disminución de pérdidas (índice de mortalidad) o producción más acelerada		<input type="checkbox"/>
mejor calidad del producto (mejores precios, más ventas)		<input type="checkbox"/>
acceso a mercados más rentables (por ej., por la conservación del producto para transportarlo)		<input type="checkbox"/>
mejor manejo de los recursos naturales		<input type="checkbox"/>
otros (especificar):		<input type="checkbox"/>

**2.3. ¿Podría Ud. cuantificar esos impactos?**

*Si es posible, sírvase cuantificar los impactos antes señalados, por ej., cuánto aumentó el ingreso percibido o cuántos productos más se obtuvieron o vendieron, etc. Si hace falta, añada información*

**2.4. ¿Hubo otros impactos positivos o negativos?**

*Si lo desea, sírvase mencionar impactos que no se hayan mencionado y que convenga explicar*

**3. Industria y servicios artesanales y rurales****3.1. ¿Qué tipo de negocios ha estimulado o mejorado la introducción de electricidad fotovoltaica?**

*Sírvase marcar los cuadros correspondientes o llenar el último espacio si se omitió alguna actividad*

tienda minorista/ restaurant/ bar	<input type="checkbox"/>
cine rural (negocio de TV o vídeo)	<input type="checkbox"/>
carga de baterías	<input type="checkbox"/>
tienda de telecomunicaciones (telefonía móvil)	<input type="checkbox"/>
taller técnico de reparaciones	<input type="checkbox"/>
taller de artesanías o costura	<input type="checkbox"/>
turismo (hotel, pensión)	<input type="checkbox"/>
otros negocios o actividades productivas (especificar):	<input type="checkbox"/>

**3.2. ¿En qué consistió el impacto de los sistemas?**

*Sírvase llenar los cuadros que juzgue conveniente o el último espacio si se omitió algún elemento*

más horas de trabajo, más horas de servicio	<input type="checkbox"/>
nuevas oportunidades comerciales gracias a la introducción de equipo nuevo (herramientas eléctricas, teléfono, etc.) o producto nuevo, más comercial (por ej. artesanías)	<input type="checkbox"/>
mayor productividad	<input type="checkbox"/>
producto de mejor calidad (precio más elevado)	<input type="checkbox"/>
más ventas	<input type="checkbox"/>
servicio de mejor calidad (por ej., negocio mejor presentado por iluminación, música, bebidas frescas, etc.)	<input type="checkbox"/>
creación de industria doméstica o artesanal	<input type="checkbox"/>
más empleos	<input type="checkbox"/>
otras (especificar):	<input type="checkbox"/>

**3.3. ¿Podría Ud. cuantificar esos impactos?** *Sírvase cuantificar el incremento de productos vendidos, de la producción, de los precios, del número de horas de trabajo por persona, etc. Si fuera necesario, añada información***3.4. ¿Hubo otros impactos positivos o negativos?**

*Si lo desea, sírvase mencionar impactos que no se hayan mencionado y que convenga explicar*

#### 4. Servicios sociales y desarrollo comunitario (en el ámbito de la comunidad)

<b>4.1. ¿Qué tipo de servicios o infraestructura comunitaria se ha brindado o mejorado gracias a la introducción de electricidad fotovoltaica?</b> <i>Marque los cuadros que juzgue conveniente o llene el último espacio si se omitió algún servicio</i>	servicios de salud (mejores)	<input type="checkbox"/>
	instrucción	<input type="checkbox"/>
	centro de capacitación (profesional, agropecuario)	<input type="checkbox"/>
	iluminación pública	<input type="checkbox"/>
	agua potable entubada	<input type="checkbox"/>
	servicios veterinarios (mejores)	<input type="checkbox"/>
	centro de la comunidad	<input type="checkbox"/>
	telecomunicaciones	<input type="checkbox"/>
	otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

<b>4.2. ¿Cómo ha mejorado el modo de vida local gracias a la introducción de electricidad fotovoltaica?</b> <i>Marque los cuadros que juzgue conveniente o llene el último espacio si se omitió algún efecto</i>	cursos y capacitación de mejor calidad	<input type="checkbox"/>
	más participación en las actividades de desarrollo de la comunidad	<input type="checkbox"/>
	actividades productivas y artesanías (nocturnas)	<input type="checkbox"/>
	cursos, clases y capacitación o tarea por la noche	<input type="checkbox"/>
	mejor horario de actividad de las tiendas, restaurantes, etc.	<input type="checkbox"/>
	más tiempo libre para otras actividades, sobre todo para las mujeres	<input type="checkbox"/>
	mejores comunicaciones e información	<input type="checkbox"/>
	mejor calidad de la salud	<input type="checkbox"/>
	mejora del medio ambiente	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>	

<b>4.3. ¿Podría Ud. cuantificar esos impactos?</b> <i>Sírvase cuantificar los impactos, por ej.: número aproximado de personas atendidas, porcentaje de disminución de enfermedades, ahorro de horas semanales de trabajo, etc. . Si fuera necesario, añada información</i>

<b>4.4. ¿Hubo otros impactos positivos o negativos?</b> <i>Si lo desea, sírvase mencionar impactos que no se hayan mencionado y que convenga explicar</i>

#### 5. Mejor calidad de vida familiar

<b>5.1. ¿Para qué se utiliza principalmente la electricidad fotovoltaica?</b> <i>Marque los cuadros que juzgue conveniente o llene el último espacio si se omitió algún elemento</i>	
iluminación	<input type="checkbox"/>
TV y radio	<input type="checkbox"/>
refrigeración	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

<b>5.2. ¿Cuáles son las principales ventajas de los hogares que ahora cuentan con electricidad fotovoltaica?</b> <i>Marque los cuadros que juzgue conveniente o mencione en el último espacio algún elemento omitido</i>	
trabajo, educación, tareas en la noche	<input type="checkbox"/>
más opciones recreativas (TV/radio, lectura, etc.)	<input type="checkbox"/>
mejores condiciones sanitarias (refrigeración, ausencia de humo, y de peligro de incendios)	<input type="checkbox"/>
tiempo libre, sobre todo para las mujeres	<input type="checkbox"/>
más satisfacción, autoestima, actitud positiva	<input type="checkbox"/>
mejoras en la vivienda en coincidencia con la instalación de los sistemas	<input type="checkbox"/>
otros (especificar):	<input type="checkbox"/>

<b>5.3. ¿Hubo otros impactos positivos o negativos?</b> <i>Si lo desea, sírvase mencionar impactos que no se hayan mencionado y que convenga explicar</i>

### 6. Selección, financiamiento e instalación

<b>6.1. ¿Se utilizaron partes producidas en el país para los sistemas FV?</b> <i>En caso afirmativo, ¿podría Ud. calcular el valor de las partes producidas en el país como porcentaje del costo total del sistema (comprendidos los aparatos y la instalación)?</i>	<input type="checkbox"/>	<b>Sí, % del costo total de los sistemas</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>No</b>
<b>6.2. ¿Se utilizó mano de obra local o nacional durante la instalación?</b> <i>En caso afirmativo ¿podría Ud. calcular el valor de la mano de obra local o nacional como % del costo total del sistema FV (comprendidos los aparatos y la instalación)</i>	<input type="checkbox"/>	<b>Sí, % del costo total de los sistemas</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>No</b>

<b>6.3. ¿Cómo se financiaron (principalmente) los sistemas fotovoltaicos?</b> <i>Marque el cuadro correspondiente y añada información si juzga Ud. que hace falta</i>	
<b>100 % pagado por los clientes (efectivo)</b>	<input type="checkbox"/>
<b>100% pagado por los clientes (crédito)</b>	<input type="checkbox"/>
taza de interés (%)                      %	
prima / entrada (%)                      %	
periodo de pago (años)                      años	
<b>Alquiler / leasing</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Donación</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Combinación</b>	<input type="checkbox"/>
donación:    % ; efectivo:    % ; crédito:    % ; alquiler:    %	
<b>Otros (especificar):</b>	<input type="checkbox"/>

<b>6.4. ¿Se ha considerado alguna otra tecnología energética para la misma aplicación?</b>
<b>Sí,</b> <input type="checkbox"/> generador <input type="checkbox"/> eólica <input type="checkbox"/> extensión de la red <input type="checkbox"/> otros (especificar):
<b>No</b> <input type="checkbox"/>

<b>6.5. ¿Por qué se escogió los sistemas FV para este caso?</b> <i>Por favor especifique</i>

<b>6.6. ¿Se hizo una comparación de costos con otras opciones técnicas?</b>
<b>No</b> <input type="checkbox"/>
<b>Sí</b> <input type="checkbox"/> Por favor, especifique los costos de las opciones técnicas comparadas

**6.7. ¿Se elaboró un análisis de la relación entre el costo y el beneficio del proyecto fotovoltaico?**

*Por favor especifique Ud.*

No

Sí  Por favor especifique

### **7. Mejoramiento del impacto y potencial de sistemas FV**

**7.1. ¿Cómo juzga Ud. que podrían mejorarse los proyectos que utilizan energía fotovoltaica?**

*Describa, por favor, las formas en que podrían mejorarse las repercusiones, por ejemplo su intensidad, el tipo de proyectos de energía fotovoltaica, su difusión a grupos más extensos, la relación entre el costo y el beneficio*

**7.2. ¿Qué posibilidades tiene la energía fotovoltaica, a juicio de Ud., en el desarrollo rural?**

*Por favor descríbalas*

**7.3. Si tiene Ud. otros comentarios sobre el cuestionario, o de otro aspecto que no haya sido considerado en las preguntas, por favor inclúyalos en este espacio**

**Fin del cuestionario ¡Muchas gracias por su participación!**

## **Anexo 6: Recomendaciones para promover la energía FV para la ADRS**

A continuación se presenta un conjunto de recomendaciones surgidas del estudio, dirigidas a promover la cooperación entre las instituciones de los sectores de la energía, la agricultura y el desarrollo rural, con el fin de aprovechar las oportunidades ofrecidas por los sistemas FV para contribuir a la agricultura y el desarrollo rural sostenibles. Estas recomendaciones son producto de una evaluación de las experiencias recopiladas en este estudio, enriquecidas por otras discusiones y aportaciones. Tienen como fin ofrecer un conjunto de actividades para los diversos participantes en el proceso de electrificación FV rural y el desarrollo rural. Queda claro que la principal responsabilidad de acción corresponde a las autoridades nacionales de desarrollo. La función de las organizaciones de cooperación técnica, como la FAO, es de apoyo a esas actividades nacionales.

### ***Política y planificación***

- ◆ Es necesario establecer políticas nacionales para promover la importante función que pueden desempeñar los diversos tipos de energía renovable en general, y los sistemas solares fotovoltaicos en particular, para lograr una agricultura y desarrollo rural sostenibles, ADRS;
- ◆ esas políticas, de índole sectorial e intersectorial, deberían orientar la creación de planes, programas y objetivos de los sectores agrícola, de la energía y el medio ambiente, en particular;
- ◆ esas políticas también deberían crear el medio apropiado y el contexto de reglamentación y normatividad necesario para la participación del sector privado y de las instituciones no gubernamentales;
- ◆ deberían incorporarse en las políticas y los programas las sinergias identificadas cuando se promueven simultáneamente las aplicaciones FV en diversos sectores de la sociedad rural;
- ◆ las políticas del subsector eléctrico deberían establecer la función de los productores independientes de energía, y las reglas que han de acatar ambas partes de la ecuación de la producción y la compra de energía;
- ◆ las políticas y los programas también deberían establecer el nexo con las actividades internacionales encaminadas a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y cumplir los objetivos y propósitos de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.

### ***La investigación y la aplicación de sus resultados***

- ◆ Se requiere más investigación para ponderar la capacidad de reproducir las aplicaciones prometedoras de los sistemas FV y las condiciones en que tienen éxito, así como para elaborar formas de evaluación de su relación costo-beneficio;
- ◆ hacen falta más actividades de investigación para sacar el máximo provecho de los sistemas FV para aplicación agrícola, con el fin de crear servicios completos o conjuntos de productos, por ejemplo, sistemas óptimos de irrigación (tableros, electrónica, bombas y sistemas de riego por goteo) para una irrigación y fertilización económicas; esos paquetes deberían adaptarse a los ecosistemas, suelos y agua locales, y deberían estar acompañados de sistemas adecuados de capacitación;
- ◆ esas actividades deben de incluir una evaluación de la duración del desempeño técnico y económico de los sistemas FV en cuestión;

- ◆ otros sectores de investigación e innovación continua son los electrodomésticos que consumen poca energía (como refrigeradores accesibles con poco consumo de energía) y sistemas híbridos FV/diesel y FV/eólicos;
- ◆ la investigación también debería comprender la creación de normas de calidad, por ejemplo para las aplicaciones agrícolas, en combinación con medios para la aplicación de esas normas.

### ***Financiación***

- ◆ Los bancos de fomento rural y agrícola deberían clasificar como objeto de crédito a los sistemas FV, que pueden servir de garantía, especialmente cuando son inversiones para aplicaciones productivas. Los bancos multilaterales de inversiones y otras organizaciones de financiación pueden formar fondos de garantía para apoyar estas carteras de préstamos para sistemas solares;
- ◆ deberían indagarse otras posibilidades innovadoras de financiación, como la posibilidad de aplicar el mecanismo de desarrollo no contaminante a los sistemas FV; se prevé que sea más fácil financiar inversiones para aplicaciones productivas (agropecuarias) de los sistemas FV que para SSD, debido a los ingresos generados por aquellos;
- ◆ como en el caso de numerosos productos, se requiere de igual acceso al crédito para las mujeres, que deberían tener más oportunidades de utilizar la energía FV para el hogar y en oportunidades de generar ingresos;
- ◆ se puede, y se debería, atraer inversión privada para financiar programas de electrificación FV; se pueden utilizar fondos de donantes internacionales, préstamos blandos y otro capital inicial como palanca para esas inversiones del sector privado.

### ***Demostración, aplicación y comercialización***

- ◆ Hacen falta demostración y promoción de las diversas aplicaciones de la energía FV, por ejemplo: irrigación por goteo, abrevaderos, cercas eléctricas y acuicultura, como parte integral de los programas de desarrollo agropecuario;
- ◆ se necesita demostración y promoción de sistemas FV pequeños para las actividades de la pequeña industria artesanal, con el fin de difundir el conocimiento de las aportaciones de la energía FV al desarrollo de la microempresa. Un planteamiento posible e innovador podría basarse en *zonas de desarrollo de microempresas con energía FV* o *planteamientos de promoción comercial con energía FV*, mediante la instalación de unidades FV para fines o servicios múltiples, capaces de suministrar energía para actividades que generen ingresos y, por ejemplo, acceso común a servicios de teléfono, fax e Internet;
- ◆ los proyectos de demostración que no se realicen en forma aislada sino como elemento intrínseco de un plan de ejecución, deberían incluir a todos los principales interesados, incluso el sector privado y el gobierno, y los resultados de estas actividades de demostración deberían hacerse públicos;
- ◆ los subsidios, cuando hicieran falta, deberían ser transparentes, dirigidos y de duración delimitada, con un plan de eliminación gradual. De otra manera, los subsidios deberían limitarse a las aplicaciones FV destinadas a servicios básicos como la educación y la atención sanitaria.

### ***Capacitación, información, educación, difusión***

- ◆ La extensión agrícola y otros servicios de extensión rural deberían servir para establecer las posibilidades de las aplicaciones FV; hace falta información y capacitación en este sector;

- ◆ se necesita capacitación para la instalación, operación, mantenimiento y servicios de reparación de los sistemas FV, pero también para las diversas aplicaciones de los sistemas FV en la agricultura, por ejemplo en técnicas mejoradas de riego;
- ◆ debería darse particular atención a la información y capacitación de las mujeres, como principales usuarias en especial de los sistemas domésticos;
- ◆ se deberían elaborar planes de estudios en todos los niveles e incorporarlos en los programas académicos.

### *Las instituciones*

- ◆ El complejo conjunto institucional a cargo de la ADRS necesita ser "energizada" por las instituciones que se ocupan, precisamente, de la energía, en general, y de los sistemas FV en particular;
- ◆ con este propósito hacen falta actividades intersectoriales para aproximar los planes, los programas y las políticas antes mencionados, lo que incluye a los sectores de la agricultura, la energía, la salud, la instrucción y el medio ambiente, en particular;
- ◆ esa colaboración intersectorial es decisiva ya que los sistemas pequeños de energía renovable (FV) pueden producir efectos considerables y duraderos en el desarrollo rural si se aplican en "paquetes", por ejemplo a la producción agrícola y los servicios sociales (comunicación, agua, instrucción, atención sanitaria);
- ◆ las estrategias de ejecución y comercialización conjuntas deberían incluir las sinergias observadas en la promoción simultánea de las aplicaciones FV y en los programas intersectoriales;
- ◆ hay margen para elaborar planes de acción para integrar los programas de suministro de energía rural con programas de fomento de la microempresa; podrían reportarse beneficios mutuos: los mercados de electricidad FV rural pueden convertirse en fuente y estímulo para las empresas de servicios de electricidad y de actividades empresariales pequeñas "electrificadas";
- ◆ como los sistemas FV suelen exigir más "participación del usuario final" que la red ordinaria de electricidad, es decisiva la participación de las organizaciones campesinas y de otros usuarios finales en todas las fases de la elaboración y ejecución del programa, cuyo fracaso es muy probable si no se logra infundir un sentimiento de propiedad del mismo.