

Utilización de la energía fotovoltaica en pequeñas actividades productivas en zonas rurales

L. Roberto Valer Morales – robvaler@usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia

Roberto Zilles – zilles@iee.usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia

Resumen. *Proyectos de uso productivo de la energía fotovoltaica para pequeñas actividades agrícolas vienen siendo implementados alrededor del mundo desde hace varios años. En zonas rurales no electrificadas, proyectos con componentes de uso productivo de la energía podrían permitir el uso de equipos que incrementen la producción, permitan dar valor agregado al producto y diversifiquen las fuentes de ingreso. El diseño de estos proyectos debe superar las barreras inherentes a las tecnologías renovables y seguir algunas directrices nacidas de experiencias pasadas para garantizar una adecuada transferencia de tecnología. En ese sentido, las orientaciones descritas en el presente trabajo pueden servir como guía para futuros proyectos de aplicación productiva de la energía.*

Palabras-clave: *Energía solar, Uso productivo, Desarrollo rural.*

1. INTRODUCCIÓN

Una definición clásica de que es un uso productivo de la energía implica el aprovechamiento de la energía eléctrica y no eléctrica (calor o energía mecánica) para actividades que mejoren los ingresos económicos y el bienestar de las familias (Kapadia, 2004). En un contexto más general de esta definición, que envuelve el desarrollo sostenible de las zonas rurales, esta energía debería ser producida por fuentes renovables y tener una influencia positiva en alguna de las tres principales componentes del índice de desarrollo humano (producto bruto interno, expectativa de vida y nivel de educación) (White, 2002). Diversos estudios alrededor del mundo (Allderdice, 2000; Weingart, 2003; Meadows, 2003; Cabraal, 2005) sugieren que el uso de una fuente confiable y accesible de energía es una condición necesaria, pero no auto-suficiente para el desarrollo económico del ser humano.

Las actividades agropecuarias son la fuente principal de sobrevivencia para casi 86% de los habitantes de la zona rural y son también fuente de empleo para 1,3 billones de pequeños agricultores y trabajadores sin tierra (Banco Mundial, 2008). Lamentablemente el acceso a fuentes de energía modernas es limitado y desigual para muchas personas en el mundo. Esto ocurre principalmente en muchas zonas rurales que por sus características (baja densidad poblacional, demanda energética pequeña e limitaciones técnicas para el abastecimiento con redes) no tienen acceso de electricidad. Por la tanto, las actividades agrícolas practicadas en esas regiones no pueden ser mejoradas con este tipo de energía. El acceso a este tipo de energía permitiría mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y permitir el uso de equipos que reduzcan el tiempo de producción, mejoren la calidad del producto y aumenten la capacidad de producción.

En países en donde existe un gran potencial energético solar, el uso productivo de la energía eléctrica generada por sistemas fotovoltaicos es una alternativa tecnológica viable que podría generar un cambio significativo en la forma de vivir de sus habitantes. Cuando son bien planificados e implantados, los proyectos de uso productivo de la energía (PUPE) pueden maximizar el beneficio económico que el acceso a la energía brinda. Esto se debe a que los PUPE pueden mejorar el ingreso económico de las familias y microempresas y además crear condiciones y beneficios en otras áreas como la salud, la educación y el medio ambiente.

Los posibles beneficios de usar productivamente la energía, en particular la energía eléctrica producida por fuentes renovables, han sido estudiados por varios autores (White, 2002; Kapadia, 2004; Cabraal, 2005; Shrestha, 2005). Destacan entre ellos, los siguientes:

- Mejora del ingreso económico de las familias y microempresas
- Mejora de la productividad
- Aumento del valor agregado del producto al mejorar el proceso de producción, procesamiento, conservación y distribución.
- Reducción de costos de operación relacionados al uso de energía.
- Mejora de las condiciones para la creación de microempresas y la generación de empleos
- Mejora de la sostenibilidad de los proyectos de electrificación, principalmente por aumentar la demanda eléctrica y crear condiciones más atractivas para nuevas inversiones y de obtención de créditos por entidades financieras.
- Obtención de los objetivos del milenio porque se crean beneficios en diversas áreas como la salud y educación cuando los proyectos son implementados en planos que favorezcan las mejoras de las condiciones de vida, la reducción del trabajo pesado y la reducción de los impactos ambientales.

Los impactos económicos positivos de los PUPE en las comunidades rurales pueden ser directos o indirectos. Por ejemplo, el uso de sistemas de bombeo fotovoltaico para riego tiene un impacto positivo directo porque sirve para mejorar la productividad de los campos de cultivo y en consecuencia, aumentar los ingresos del agricultor. Por otro lado, el uso de la energía en el campo de la salud (refrigeración de vacunas) o en la educación (uso de computadores) mejora la calidad de vida de las personas, aumentando su capacidad de producir e por esta razón, se puede obtener indirectamente una mejora en los ingresos económicos. La electrificación domiciliar puede tener impactos positivos en los ingresos económicos principalmente cuando permite la prolongación de horas de iluminación y por lo tanto de horas de trabajo, pero su impacto en la economía de las familias es muchas veces difícil de ser cuantificado.

La obtención de estos beneficios depende de muchos factores internos, es decir propios del tipo de emprendimiento y de las condiciones locales, como también de factores externos a la actividad (características del mercado consumidor, la existencia de servicios de apoyo e de infraestructura adecuada para la actividad productiva) así como de un buen planeamiento y ejecución del proyecto.

El presente artículo levanta algunas observaciones sobre este tipo de proyectos que pueden servir como referencia para la correcta implementación de nuevos proyectos a ser aplicados en nuestra región.

2. USOS PRODUCTIVOS DE LA ENERGIA FOTOVOLTAICA EN LA AGRICULTURA

Aunque, el recurso solar es la fuente energética más abundante en la Tierra, la energía solar fotovoltaica es aun una de las fuentes eléctricas más caras y menos utilizadas. Hasta el año 2009, la capacidad total mundial instalada en energía fotovoltaica no superaba los 23GW. Sin embargo, la energía fotovoltaica también es la fuente no convencional de más rápido crecimiento con una media anual de 60% durante los últimos cinco años (REN21, 2010).

La energía fotovoltaica cumple un papel importante del proceso de electrificación de comunidades rurales aisladas de muchos países en vías de desarrollo. Desde la década del 50 cuando esta tecnología comenzó a ser desarrollada, los costos de fabricación de las células fotovoltaicas han disminuido considerablemente hasta llegar al precio de 2 a 3 US\$/Wp (IEA, 2010). La eficiencia de las células monocristalinas actualmente tiene valores en el orden de 14 a 20%, de las policristalinas entre 13 a 15% y de las amorfas entre 6-12%. (IEA, 2010).

Una de las ventajas de la energía fotovoltaica es que permite la generación local de electricidad y su independencia con respecto al uso de fuentes combustibles, lo cual la convierte en una inversión atractiva en locales donde llevar las redes de transmisión y distribución de la red eléctrica no compensa financieramente la inversión realizada. Por otro lado, la energía fotovoltaica cuenta con una infraestructura mejor establecida que otras fuentes no convencionales debido a su continuo uso en programas de electrificación rural. Aun así, esta infraestructura es muchas veces insuficiente.

Una lista de estas aplicaciones productivas con sus respectivos rangos de consumo puede ser visto en la tabla 1. Algunos ejemplos de aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica en la agricultura son el cercado eléctrico, el bombeo de agua para riego o uso de abrevaderos y la refrigeración de productos. El cercado eléctrico por lo general tiene como principales aplicaciones alejar posibles depredadores del ganado y poder realizar un adecuado manejo de pastos, el bombeo de agua puede permitir satisfacer las necesidades hídricas de un campo de cultivo o del ganado y el uso de refrigeradores/congeladores permite la preservación de productos agrícolas (carnes, lácteos o verduras) por una mayor cantidad de tiempo.

Tabla 1. Aplicaciones productivas de SFV en la agricultura
Fuente: Modificado de Weingart (2003)

Aplicación agrícola	Rango típico de potencia (kWp)
Riego	1-3
Agua para abrevaderos	0,5 -1
Cercado eléctrico	0,02 -100
Electrificación de granjas (iluminación, seguridad)	0,05 - 0,5
Secado forzado	0,1 – 1
Iluminación de corrales, granjas y chacras	0,2 – 3
Bombeo de agua para piscigranjas	0,5 – 3
Aeración – acuaculturas	0,2 – 1
Trampas de luz para insectos	0,01-0,02 por lámpara
Refrigeración de vacunas para ganado	0,05-0,1
Refrigeración de productos agrícolas	0,5 - 10+
Maquinas de hielo	2 – 10
Telecomunicación	0,2 - 0,3

2.1 Experiencias en el Perú y el mundo.

Aunque limitadas en número en comparación a los proyectos de electrificación rural, hay varias experiencias importantes que en el Perú y América Latina que podrían ser estudiados con más detenimiento para la futura implementación de nuevos proyectos de uso productivo de la energía fotovoltaica.

En el Perú, destaca la experiencia del CER-UNI en este campo con las siguientes experiencias:

- “Electrificación de poblaciones insulares y circundantes del lago Titicaca con electricidad fotovoltaico”: en donde se instalaron 421 sistemas domiciliarios de 30 y 50 Wp en las islas de Taquile, Uros, Amantan, Soto y Huancho
- Proyecto multinacional “energización sustentable en comunidades rurales aisladas con fines productivos” en donde la energía fotovoltaica es usada para activar los ventiladores de un secador invernadero de tiro forzado y de un secador indirecto también de tiro forzado, así como para la electrización de los ambientes de trabajo para las actividades previas y posteriores al secado.
- “Proyecto implementación de un (1) sistema fotovoltaico productivo (SFVP) y su modelo de administración” que consistió en la electrificación de un taller comunal para artesanías textiles a base de fibra de alpaca y la implementación del taller con maquinaria especializada (maquinas de costura, hiladoras y remalladoras).

Bajo el marco del Seminario Aplicaciones Productivos y Sustentables de la Energía Solar de la Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica, fueron recopiladas 9 fichas que describen el uso productivo en 9 países iberoamericanos. Estas experiencias fueron:

- Argentina: Pequeñas aplicaciones fotovoltaicas en zonas áridas (sistemas domiciliarios, sistema comunal en la escuela y sistema de bombeo FV).
- Bolivia: Implementación de una infraestructura productiva para abrevaderos y pequeños huertos comunales en el Municipio de Pasorapa
- Brasil: Análisis de un sistema de riego en la región semiárida del Nordeste, utilizando el bombeo de agua accionado por generadores fotovoltaicos con concentradores tipo V.
- Cuba: Electrificación de la Comunidad Rural "La Magdalena".
- México: Electrificación de la comunidad pesquera de Puerto Alcatraz en la Isla Margarita BCS.
- Nicaragua: Producción artesanal de paneles fotovoltaicos
- Paraguay: Proyecto Multilateral OEA Argentina, Paraguay, Perú y Uruguay SEDI/AICD/AE N° 204/03 “Energización Sustentable en Comunidades Rurales Aisladas con Fines Productivos”
- Perú: Electrificación de poblaciones insulares y circundantes del lago Titicaca con electricidad fotovoltaico
- Portugal: Fachada Fotovoltaica - Edificio Solar XXI
- Uruguay: Apoyo al ecoturismo en Serranías de Laureles

Finalmente, una buena fuente de experiencias es el documento elaborado por la FAO (Van Campen et. al, 2000) en donde mediante una encuesta dirigida a diversas instituciones a nivel mundial se hizo una especie de guía de los potenciales usos de la energía fotovoltaica en sectores rurales.

2.2 Barreras existentes

Al igual como ocurre con otro tipo de tecnologías basadas en energías renovables (eólica, minihidráulica o biomasa moderna) y de otras aplicaciones de energía solar fotovoltaico (electrificación domiciliar o comunitaria), el uso productivo de la energía FV también presenta varias barreras para su inserción e implementación en grande escala. Estas barreras son resumidas en cinco grupos: económicas/financieras, informativas, técnicas, institucionales/regulatorias y comerciales.

Barreras económicas e financiera. Las barreras financieras para la difusión de PUPE con sistemas fotovoltaicos (SFV) son los altos costos de inversión y la falta de esquemas de financiamiento adecuados para su introducción.

El costo de inversión para la adquisición de equipos fotovoltaicos es generalmente mayor al de otras opciones existentes. Siendo la energía, una materia prima para la producción de bienes y servicios, el costo de la energía es repasado generalmente al costo del producto lo que puede hacer que el producto no sea competitivo en el mercado. Es por eso que debe estudiarse bajo cuales condiciones la inversión de los SFV es económicamente viable frente a otras opciones de generación de energía.

Cabe recordar además que los pobladores de las regiones rurales generalmente no cuentan con los recursos suficientes para costear el valor completo de los SFV por lo que se necesitan esquemas de financiamiento adecuados. Estos esquemas de financiamiento deben estar diseñados tomando en cuenta las posibilidades económicas del productor y la voluntad de pago del mismo. Por ejemplo, la existencia de microcréditos especiales podría permitir no solo la adquisición de estos equipos, sino también la compra de materias primas, maquinarias y activos fijos.

Barreras informativas. La falta de información adecuada sobre las posibilidades que pueden ofrecer los sistemas fotovoltaicos (SFV) en proyectos con fines productivos es otra de las barreras comunes que se encuentran durante el diseño y la implementación del proyecto. Esta falta de información no sólo es por parte de los usuarios potenciales, sino también puede abarcar a las personas que toman las decisiones sobre los proyectos (representantes de gobierno, agentes bancarios e inversionistas), quienes pueden desconocer la existencia de estas tecnologías o pensar que ellas representan una inversión riesgosa.

La falta de información obstaculiza la adopción y la adquisición de SFV porque sin el conocimiento necesario, los emprendedores locales no tienen la capacidad de implementar proyectos que incluyan su uso. Además, siempre se tiene el riesgo que las personas adquieran equipos inadecuados para sus necesidades, generando problemas que pueden repercutir en la confianza de nuevos inversionistas. Esta falta de conocimiento provoca escepticismo y por lo tanto miedo a usar tecnologías de este tipo.

Barreras técnicas. La disponibilidad de componentes adecuadas para el SFV, personal capacitado y datos sobre los recursos energéticos disponibles son las principales barreras técnicas para la adopción de los SFV en PUPE.

En el caso de los sistemas fotovoltaicos, la mayor parte de los componentes utilizados son importados, siendo muy difícil encontrar repuestos o adquirir ciertos equipos necesarios. Como la finalidad de estos equipos es el uso productivo, la falla de alguna de sus componentes puede parar la producción por tiempos grandes hasta su reposición teniendo consecuencias negativas en los ingresos económicos del productor. Es por eso que es importante la existencia de un sistema de evaluación y certificación que respalde el buen desempeño de esas componentes. Por otro lado, muchas tecnologías basadas en energías renovables son diseñadas en países desarrollados para las condiciones de trabajo de esos lugares y por lo tanto, no necesariamente para las condiciones de trabajo de los países en desarrollo. Consecuentemente, varias de estas tecnologías extranjeras son más difíciles de ser adoptadas por los usuarios.

Estos problemas son comúnmente acompañados por la falta de personal capacitado para la planificación, operación y mantenimiento de los SFV, hecho que repercute en la sostenibilidad de los PUPE. En América Latina, son muy pocas las universidades, centros de investigación e instituciones que tienen programas de capacitación y entrenamiento para la formación de profesionales capacitados para estas labores.

Otra barrera es la falta de datos confiables y disponibles sobre recursos renovables. Sin estos datos es difícil estimar con exactitud la producción eléctrica de los sistemas fotovoltaicos así como de otras fuentes renovables no convencionales (eólica y minihidráulica).

Barreras institucionales y regulatorias. En muchos países no existen instituciones locales (de carácter gubernamental o privadas) que ayuden a promover las tecnologías basadas en energías renovables o si existen, el impacto de estas instituciones es mínimo. La existencia de estas instituciones es clave para superar las barreras técnicas e informativas descritas anteriormente, pues ellas son las más adecuadas para mostrar la viabilidad técnica y económica de las SFV así como sus beneficios y limitaciones. Adicionalmente, en muchos países hacen falta entidades que evalúen y certifiquen el desempeño de las componentes de los sistemas fotovoltaicos bajo las condiciones de trabajo locales.

Así mismo es común la falta de políticas de gobierno que promuevan el uso de este tipo de tecnologías. Estas políticas de gobierno deben permitir la existencia de beneficios económicos y tributarios para la adquisición de estas tecnologías, la adopción de las SFV dentro de los programas de desarrollo económico del país y la creación de leyes y reglamentos que aseguren el marco legal necesario para la compra y venta de servicios relacionados a las SFV.

Además es necesario poder contar con instituciones financieras dedicadas parcial o totalmente a las energías renovables y que brinden préstamos o ayudas a las personas y empresas que quieran adquirir este tipo de tecnologías. Un ejemplo de esta barrera es brindado por Espinoza (2006), quien relata que la falta de respaldo político por parte del gobierno y de marcos técnicos y formales apropiados para la SFV, fueron dos de las principales dificultades que impidieron la expansión de un proyecto de electrificación de sistemas fotovoltaicos en un proyecto implementado en el lago Titicaca.

La falta de estabilidad del macroeconómico de la región (característica de muchos países pobres) crea un ambiente desfavorable para que para que la actividad económica y la introducción de tecnologías con SFV puedan desenvolverse con naturalidad.

Barreras comerciales. La industria fotovoltaica es relativamente nueva y con poco alcance de difusión en comparación con las industrias de fuentes de energía convencionales. Por lo tanto, no existe en muchos países de América Latina una infraestructura adecuada para la comercialización, promoción, asistencia técnica y mantenimiento de este tipo de las componentes de los SFV (módulos, inversores, controladores, baterías solares, etc.). El poco desarrollo de estos mercados provoca falta de competitividad en los precios y calidad de los productos, así como falta de opciones para el posible comprador.

Aun con estos problemas, cabe resaltar que la industria fotovoltaica muchas veces está mejor establecida que la de otras fuentes renovables para pequeñas y medianas potencias.

3. IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE USO PRODUCTIVO DE ENERGIA.

Si bien es cierto que no existe un método único de implementación de este tipo de proyectos pues esta debe estar relacionada específicamente con las condiciones locales, las orientaciones descritas en este artículo pueden servir para futuros proyectos a ser implementados. Estas directrices están basadas en las publicaciones realizadas por White (2002); Weingart (2003); Kapadia (2004); Cabraal (2005) y Shrestha (2005) entre otros autores.

En sí, los PUPE se diferencian de los proyectos de electrificación convencional en la estrategia a ser utilizada. Esto se debe a la necesidad de interactuar siempre con el mercado y sus posibles cambios. Al respecto, White (2002) señala que para la implementación de PUPE no solo se deben resolver problemas de ingeniería sino también de logística y organización.

Los PUPE deben ser trabajados por equipos multidisciplinarios y entidades multisectoriales para asegurar que el equipo proyectista pueda satisfacer todas las necesidades de la cadena productiva. Por ejemplo, en la implementación de sistemas de bombeo es necesario contar con recursos humanos que tenga experiencia en el área agrícola, en el uso de sistemas fotovoltaicos y en la transferencia tecnología de estos sistemas.

Es importante también que los PUPE sean diseñados en conjunto con los usuarios potenciales. La opinión de ellos es fundamental para adaptar las tecnologías a su contexto sociocultural.

3.1 Selección de la comunidad, investigación sobre factores externos e internos de la actividad productiva e identificación de los factores claves.

Como muchas veces es imposible hacer mudanzas inmediatas en la producción agrícola, se deben conocer con anticipación las características locales de esta actividad. En otras palabras, se deben estudiar los factores internos y externos que condicionan que la actividad productiva sea o no exitosa.

Existen diversos criterios para seleccionar una comunidad o conjunto de beneficiarios cuya actividad económica será optimizada. Entre ellos están la localización del lugar, el número o el porcentaje total de los posibles beneficiarios con respecto a la población total, el sistema de organización local existente, el nivel socioeconómico de la población, la dependencia y afinidad de la población a una o más actividades productivas, el nivel educativo, la voluntad de participación de los beneficiarios en el proyecto, la abundancia del recurso solar, la existencia de proyectos de desarrollo complementarios anteriores o simultáneos, etc.

Las visitas para la obtención de esos datos son clave para conocer la situación de la comunidad. Es recomendable también, hacer consultas con agentes externos que hayan participado o participen en el desarrollo de la comunidad (profesores, médicos, representantes de entidades religiosas y filantrópicas, representantes de ONG, etc.) para tener una visión completa de la situación actual de la comunidad.

Una vez escogida la comunidad es necesario estudiar si existen los factores necesarios para mejorar la actividad productiva o no. Aunque generalmente el productor tiene la experiencia necesaria para saber que producir y cuando producir, siempre es bueno verificar todos los condicionantes y las alternativas de nuevos productos y posibles mercados. Existen diversas metodologías para analizar y ponderar esos factores internos y externos por lo cual no se profundará en este tema. Una de ellas está descrita por Vilckas (2004).

Como factores internos de la producción debemos tomar en cuenta la dependencia de la actividad con los recursos naturales (el clima, la riqueza del suelo, el acceso al agua), de los recursos humanos (la calidad y cantidad necesaria de la mano de obra y su afinidad hacia la actividad productiva), de los recursos tecnológicos y de la infraestructura así como los recursos financieros disponibles.

Como factores externos tenemos las características del mercado en donde el producto va ser comercializado, es decir los niveles de oferta y demanda así como la existencia de servicios de apoyo (acceso a insumos, asistencia técnica, créditos, medios de transporte para la mercadería y los servicios de seguridad para producir, almacenar, transportar y comercializar la mercadería).

En general, se deben identificar si existen los factores claves para el correcto desarrollo de la actividad productiva o ver que alternativas existen para superar la no existencia de alguno de esos elementos. Por ejemplo, dado que muchas comunidades andinas cuentan solo con poblaciones envejecidas como consecuencia de las continuas migraciones hacia zonas urbanas, es importante analizar si realmente las personas de la comunidad tienen el interés de mejorar sus actuales condiciones de vida. Por otro lado es bueno analizar si el producto (ya sea un bien o un servicio) cuenta con las condiciones adecuadas para satisfacer las exigencias del mercado (calidad, cantidad, frecuencia). Por lo tanto además del abastecimiento de energía en forma confiable (que debe ser uno de los problemas solucionados por el proyecto), es necesario evaluar si existen los siguientes factores claves (Kittelson, 1998; Allderdice, 2000; Meadows, 2003; Shrestha, 2005):

- a. Sistema de financiamiento confiable y accesible que permita la compra de materias primas, activos fijos y capital de trabajo.
- b. Disponibilidad de de equipos, herramientas y maquinarias de trabajo confiables así como de sus repuestos e insumos.
- c. Recursos humanos calificados y disponibles
- d. Mercados con demanda suficiente para adquirir los bienes y productos ofrecidos y sus posibles incrementos en número y calidad producidos a través del proyecto.
- e. Soporte institucional que ofrezca la infraestructura adecuada para el desarrollo económico, la expansión de la producción y los mercados y la asistencia frente a problemas legales.

f. Habilidades emprendedoras por parte de los usuarios

3.2 Análisis de la cadena productiva.

El segundo paso es estudiar la cadena productiva, es decir el conjunto de pasos que se realizan para transformar la materia prima en productos acabados y distribuirlas. Por ejemplo la cadena productiva de confección artesanal de textiles con fibra de alpacas es la siguiente, figura 1:

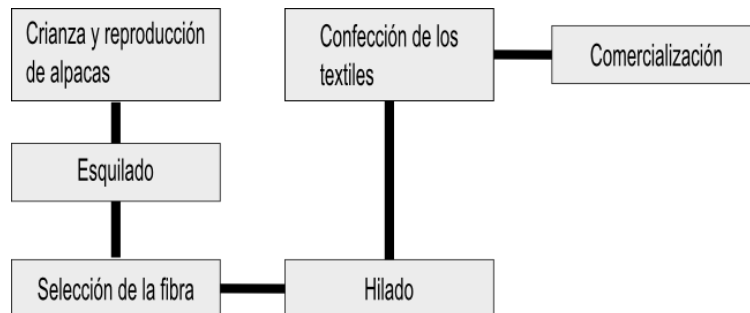


Figura 1 - Cadena productiva de confección artesanal a base de fibra de alpaca.

Esta cadena empieza por la reproducción y crianza de las alpacas las cuales son esquiladas en los meses más cálidos. La lana obtenida es seleccionada y convertida en hilos para su posterior transformación en productos textiles a través de telares. Finalmente los productos son llevadas hasta el lugar de comercialización.

El análisis de la cadena productiva nos permitirá conocer cuáles son los cuellos de botella de la actividad productiva y pensar cómo podemos mejorar esos cuellos de botella con el uso de energía. Para cada eslabón es posible plantear diversas alternativas tecnológicas que pueden ser implementadas como solución a los problemas encontrados (figura 2).

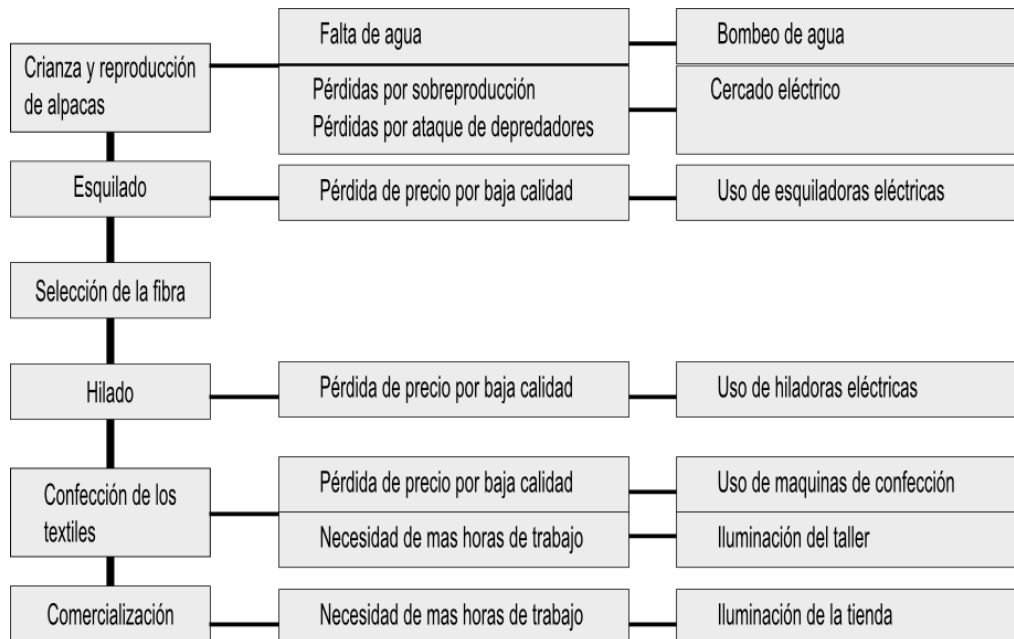


Figura 2 - Identificación de los problemas de cada eslabón de la cadena productiva y planteamiento de soluciones tecnológicas.

Para cada una de esas alternativas se debe analizar las características de consumo energético que serán necesarias. Estas características incluyen la cantidad de energía necesaria, los patrones de consumo, los picos máximos de consumo, la calidad de energía necesaria (estabilidad de frecuencia y voltaje requeridos), la sensibilidad del proceso a apagones, etc.

Como no siempre es posible resolver todos los problemas que existen en la cadena productiva (el factor económico es por ejemplo una de esas limitantes), se deben escoger sólo los problemas más importantes para ser resueltos. Por lo tanto, deben establecerse cuáles son los objetivos a ser alcanzados con el uso de la electricidad (aumento de la producción, disminución de los costos operativos, mejora de la calidad del producto, etc). La selección

de estas alternativas deben estar respaldadas con pequeñas evaluaciones económicas que permitan saber que acciones tendrán más impactos positivos en la actividad productiva. Como fue mencionado anteriormente, es necesario que los beneficiarios participen activamente en la selección de la propuesta tecnología a ser implementada.

3.3 Evaluación de los recursos energéticos locales.

Shrestha (2005) menciona que el proceso de selección de tecnología debe ser un proceso visto desde la demanda y no impuesto externamente. Esto quiere decir que se debe satisfacer la necesidad energética demandada por la actividad productiva y no limitar el consumo a la capacidad de producción de una fuente específica.

Conociendo las características energéticas necesarias, se deben evaluar que fuentes de energía están disponibles en el lugar. El hacerlo implica conocer si existe disponibilidad de fuentes renovables de energía, infraestructura para el aprovisionamiento de combustibles, sistemas de electrificación primaria o secundaria cercanos y también si estas fuentes son lo suficientemente confiables.

Estas fuentes de energía deben ser compatibles con las características y patrones de consumo de la actividad productiva. Se debe analizar también los posibles beneficios y problemas potenciales en la salud y el medio ambiente que podrían tener el uso de este tipo de energías. También se debe analizar la existencia de infraestructura para el mantenimiento de los sistemas de generación, reposición de piezas y la posibilidad de poder hacer modificaciones para crear esa infraestructura si no existe en el momento.

Paralelamente, se debe analizar también si el uso de alguna de estas fuentes es compatible con las características socio-culturales de uso de los consumidores finales, y si no lo son, si es posible adaptar estas tecnologías o realizar capacitaciones que permitan su adopción.

Dado que la energía es un insumo para la producción, generalmente en los sistemas de uso productivo se debe escoger la opción de menor costo de generación para reducir el impacto de estos costos en el producto y garantizar su competitividad en el mercado. Aun así otros criterios pueden ser más importantes que el costo de inversión.

Aunque Kapadia (2004) señala que la energía fotovoltaica puede no ser adecuada para promover los sistemas fotovoltaicos productivos por la alta inversión que se requieren principalmente para sistemas de grandes potencias, la energía fotovoltaica presenta bajo ciertas condiciones algunas ventajas importantes para la electrificación de zonas aisladas frente a otras opciones. Frente a sistemas convencionales (red eléctrica y generadores diesel o a gasolina) destaca que su instalación es autónoma de otros sistemas, lo que reduce el costo de transmisión. Además los SFV producen un bajo impacto ambiental y no necesitan de fuentes combustibles para su funcionamiento. Por ejemplo, Hahn (2000) indica que los sistemas de riego FV son más atractivos económicamente que los sistemas de generación diesel cuando son implementados en conjunto con sistemas de riego tecnificado de alta utilización en parcelas menores a 4 Ha localizadas en climas áridos para uso en cultivos de alto valor.

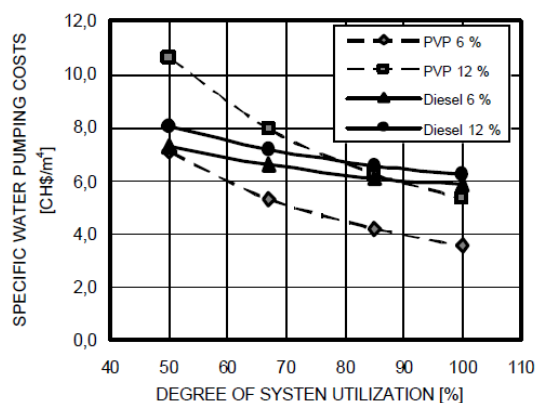


Figura 3 – Comparación de los costos del agua bombeada con un sistema fotovoltaico y diesel en función del grado de utilización para varias tasas de interés. (Hahn, 2000)

Frente a otras opciones de energías renovables, los SFV requieren de menos condiciones climáticas específicas que la mini hidráulica, eólica o la biomasa. Además en muchos países por su relativa mayor difusión, el mercado de SFV está mejor establecido que el de otras ER y muchas veces de sus aplicaciones son más fáciles de ser operadas e instaladas.

3.4 Selección de las componentes del sistema.

La selección de las componentes del sistema FV productivo es un asunto que depende del criterio del proyectista. Pueden primar el criterio económico, las condiciones de préstamo o la vida útil para seleccionar entre una opción de baja inversión inicial o una opción de bajo costo de ciclo de vida. Aun así es importante considerar también la confiabilidad y durabilidad de las componentes, la compatibilidad con las costumbres locales, la disponibilidad de repuestos y la facilidad de operación y mantenimiento como criterios para la selección de las componentes de la tecnología.

Inversión inicial. Aunque los costos de las células fotovoltaicas están disminuyendo, el precio de las componentes de los sistemas fotovoltaicos aun es elevado. Debido a eso, cuando el presupuesto es limitado los proyectistas tienden a usar las configuraciones que requieran la menor inversión posible aunque ellas no sean necesariamente las configuraciones de mejor vida útil o de uso más simple.

Dado que el costo de los paneles fotovoltaico puede representar una buena parte de la inversión inicial es necesario optimizar el número de paneles necesarios. Una forma de reducir el número de módulos es utilizar sistemas de seguimiento solar. En un estudio hecho en Brasil (Vilela et al., 2003), sistemas de seguimiento bajo ciertas condiciones, aumentaron la cantidad de agua bombeada en 37 y 41% con respecto a sistemas sin seguimiento de la misma potencia. En contraposición, el uso de ese tipo de sistemas adiciona complejidad a los sistemas de bombeo, lo que resulta en una disminución de la confiabilidad del sistema (Stokes et al., 1993). Otra opción es considerar las opciones tecnológicas que sean más eficientes con el fin de evitar pérdidas innecesarias o la necesidad de subdimensionar el sistema. El problema es que generalmente los equipos de mayor eficiencia son también los más costosos y en algunos casos, los más escasos en el mercado local.

Confiabilidad y durabilidad de las componentes. La confiabilidad de los sistemas fotovoltaicos productivos es importante debido a que la existencia de paradas en el sistema afectaría la economía de las familias. Sistemas con partes defectuosas generan rechazos por partes de los usuarios y desconfianza frente a proyectos futuros con tecnologías similares.

En lugares en donde el mantenimiento o la reposición de componentes son complicados por las condiciones geográficas del lugar, es esencial seleccionar equipos de alta confiabilidad y durabilidad a fin de evitar que el sistema este detenido hasta poder ser reemplazado.

En este sentido, es importante conocer la reputación de los fabricantes y las condiciones de garantía de las componentes antes de adquirir algún equipo en particular. En un reporte sobre la experiencia argentina-alemana en la implementación de sistema de bombeo (Herrera, 2000) se menciona que las continuas fallas de los módulos (que generalmente es la parte más confiable del sistema) generaron que los “beneficiarios” soliciten volver a la situación anterior a la del proyecto, en donde se usaban generadores diesel-gas.

Compatibilidad con las costumbres locales. Muchas comunidades tienen sus propias tradiciones y maneras de realizar su actividad productiva. Cambios radicales o incompatibles con esas costumbres pueden generar rechazos y resistencias por parte de los usuarios. Es importante que las componentes sean por lo tanto compatibles con esas costumbres o ver la posibilidad de ser adaptadas para evitar rechazos.

Por ejemplo, Burney (2010) describe que durante la implementación de un proyecto de sistemas de bombeo FV para riego en Benín se tuvo que usar sistemas no metálicos para la toma de agua de un sistema superficial sobre un riachuelo debido a las creencias locales de no poder perturbar con objetos metálicos a los cocodrilos que viven cerca y que son considerados sagrados.

Disponibilidad de las componentes y de los repuestos. Los equipos a ser seleccionados deben estar disponibles comercialmente y sus repuestos deben ser fáciles de encontrar en el mercado. Pontoreiro (2006) menciona que un proyecto productivo implementado en Argentina, una de las dificultades más importante fue el reemplazo de productos importados (como reguladores de carga) con la salida de la convertibilidad de Argentina. Este mismo problema es reportado por Agredano (2006) en donde un proyecto de electrificación con una componente para la refrigeración de productos del mar en la isla Margarita, fue paralizado en varias ocasiones debido a que se utilizaron componentes importados que no contaban con representantes de ventas en el país.

Facilidad de operación y mantenimiento. Sistemas complejos pueden alcanzar mejores eficiencias y desempeños pero aumentan el riesgo de no poder ser reparados rápidamente por los usuarios y de necesitar mayor mantenimiento. Los costos de operación de operación y mantenimiento a la larga repercuten sobre el costo de ciclo de vida del proyecto.

Sin una buena capacitación que concientice al usuario la necesidad de realizar manutenciones preventivas de las componentes, debe evitarse el uso de componentes que requieran mantenimiento constante. Un ejemplo común es el uso por ejemplo de baterías abiertas de plomo ácido las cuales por son usadas en muchos proyectos de electrificación fotovoltaica pero necesitan de ciertos cuidados (limpieza y uso de agua destilada) que muchas veces son “olvidados” por los usuarios.

3.5 Transferencia de la tecnología

La manera como la tecnología es transferida al usuario puede determinar el suceso del proyecto. El proceso de transferencia depende de factores técnico, sociales, económicos, políticos y ambientales por lo que hasta localidades cercanas pueden tener diferentes características y por lo tanto, diferentes formas de abordar la transferencia tecnológica.

El fin de la transferencia debe ser la adopción de la tecnología por parte de los usuarios. Por lo tanto, la transferencia de tecnología debe asegurar que los usuarios finales estén adecuadamente entrenados en la operación,

manutención, y si es posible, reparación de los equipos. Además esta transferencia debe prever la existencia de medidas de seguridad en caso de apagones o fallas.

Es importante mantener una comunicación fluida y clara con la comunidad desde el primer momento, para esclarecer dudas y evitar malos entendidos. Deben ser establecidas metas, tomando en cuenta las posibilidades y limitaciones del proyecto. Debe existir también una participación activa de los usuarios en el planeamiento del proyecto de uso productivo porque esa interacción podría permitir conocer mejor las necesidades locales e incrementar su aceptación social, especialmente a nivel local. Debe identificarse también los afectados directos e indirectos con la implementación del sistemas productivo pues el grupo de usuarios afectados negativamente o que son menos beneficiados por el proyecto pueden ofrecer resistencia a la introducción de una tecnología.

Capacitación. La capacitación es una parte importante del proceso de transferencia tecnológica la cual debe ser dada tanto a los usuarios del sistema como a otros agentes involucrados en el proyecto. Las capacitaciones por lo tanto sirven para transferir la tecnología a los usuarios de tal manera que ellos la hagan propia.

Las capacitaciones para la introducción de una tecnología pueden darse en varios niveles con el fin de formar técnicos que puedan realizar labores sencillas hasta profesionales que puedan diseñar y sustentar proyectos. (Morante, 2006). Las capacitaciones deben tomar en cuenta el nivel de alfabetismo y de educación del público objetivo, el conocimiento previo sobre el tema y la semejanza con actividades similares realizadas por los usuarios.

Morante (2006) menciona que la necesidad de capacitación varía según el rol que tome el usuario en el proyecto. Es importante seleccionar y capacitar técnicos locales que puedan cumplir de mantenimiento preventivo y correctivo para reducir el riesgo de paros y fallas en el sistema. El proceso de selección depende del criterio del proyectista y la disponibilidad de recursos humanos. Un criterio para la selección es por ejemplo que la persona posea conocimientos básicos de electricidad, pero ante la ausencia de este factor pueden ser escogidos personas con curiosidad innata y que posean habilidades manuales, además de la voluntad y disponibilidad de tiempo para cumplir las labores de mantenimiento. Los técnicos deben poder identificar fallas en el sistema, determinar el mal funcionamiento de un equipo en particular y saber responder adecuadamente a estos conflictos.

Es importante también complementar estas capacitaciones en el área técnica con capacitaciones que fomenten el desarrollo y fortalecimiento de las habilidades y los conocimientos de gestión para crecimiento y consolidación de la actividad productiva. Estas capacitaciones pueden incluir temas como el área de marketing, administración, ventas, etc.

Sistemas de financiamiento. El sistema de financiamiento influirá en la sostenibilidad del proyecto. La sostenibilidad de un proyecto, aun en los casos que el sistema es totalmente subsidiado, será asegurada si por lo menos se genera un lucro y además son cubiertos los costos de operación, mantenimiento y de remplazo del sistema. Ya fue comentado que uno de los grandes problemas del uso de SFV en PUPE es el alto costo inicial que esta tecnología presenta y es justamente un esquema de financiamiento adecuado, un medio para superar esta barrera. Existen diversos esquemas de financiamiento siendo los más comunes la donación, el subsidio y el crédito.

La donación (también llamada de fondo perdido) fue comúnmente usada en muchos programas como un medio para introducir una tecnología e implica la transferencia gratuita de la tecnología a la comunidad. Los subsidios por otro lado son incentivos que sirven para solventar los gastos de adquisición, operación y mantenimiento cuando estos no pueden ser cubiertos por el usuario. El crédito es un préstamo de dinero que deberá ser devuelto en un plazo establecido según las condiciones definidas entre el acreedor y el deudor. Para eso, la entidad crediticia deberá tomar en cuenta la capacidad de pago de los usuarios. Los sistemas de crédito pueden servir para la adquisición del SFV, equipos y materias primas necesarias para la actividad productiva.

Lamentablemente, en muchos casos los dos primeros esquemas crean una distorsión en la percepción del proyecto, lo que provoca que el usuario no se sienta responsable por el sistema. También es común que proyectos con este tipo de esquemas de financiamiento sean acompañados con problemas en la gestión y mantenimiento porque muchas veces solo se contempla la instalación del sistema, sin presupuesto para el debido mantenimiento. Por eso es recomendable que el usuario aporte ya sea con mano de obra durante la instalación, o económicamente mediante los ingresos generados por el SFV el valor total o parcial de la inversión.

Gestión y administración. Las actividades de gestión y administración deben comenzar desde los primeros contactos con la comunidad. Tanto la gestión como administración del sistema deben ser diseñadas considerando las características socioculturales locales. Por lo tanto, deben ser consideradas las formas posibles de gestión según las posibilidades y limitaciones de la comunidad.

Pueden aprovecharse las formas organizativas existentes (cooperativa, asociaciones de productores, etc.) siempre que estas tengan una visión compatible con las metas trazadas por el proyecto. Una experiencia interesante de gestión y administración es la descrita por Serpa (2006) para la transferencia tecnológica de secadores solares en la empresa campesina ECOVIR de Cochabamba (Bolivia). En esta experiencia, se decidió crear una sociedad anónima en donde "socios estratégicos" participaban a través de acciones por las cuales recibían utilidades. De esta manera se evitaba que la empresa sea una mera compradora de los productos de los socios (que según la visión inicial de los participantes era la única forma de obtener beneficios de la empresa) y se empezó a comprar los productos orientados a un mercado específico (productos orgánicos) generando mejores ingresos y beneficios.

El proceso de consolidación de un sistema de gestión local puede durar varios años, por eso es importante prever la cantidad de recursos (económicos e humanos) que serán necesarios para este proceso. Por ejemplo, Fernandez (2006) relata que el proceso de establecimiento de un sistema de cooperativa en Bolivia duró 2 años.

3.6 Monitoreo

El monitoreo de las actividades relacionadas con el sistema productivo es fundamental para la sustentabilidad del proyecto. Las actividades de monitoreo deben enfocarse en varios temas incluyendo los impactos técnico, social, económico y ambientales del uso apropiado de las tecnologías y sus aplicaciones (Foster, 2009).

Los datos obtenidos durante el monitoreo pueden ser cuantitativos o cualitativos dependiendo de los objetivos trazados para el monitoreo y de los instrumentos utilizados para obtener esos datos. Entre los instrumentos a ser usados están entrevistas a los usuarios finales y los actores del proyecto, visitas de campo, monitoreo de los parámetros eléctricos, elaboración de reportes por parte de los usuarios, los técnicos y los encargados del proyecto, etc. El análisis de esos datos permite realizar ajustes si fueran necesarios durante la implementación del programa.

3.7 Evaluación de resultados

La evaluación final del proyecto se realiza cuando el proyecto está próximo a concluir o concluido. La evaluación del proyecto servirá para comprender si los objetivos del proyecto fueron o no alcanzados así como conocer las condiciones de replicabilidad del mismo.

Según Iriarte (2008) la evaluación debe ser efectuada mediante el uso de técnicas y métodos que avalen las conclusiones y las recomendaciones que serán obtenidas. El mismo autor plantea una metodología (Iriarte, 2008) que comprende tres etapas: el diseño de la evaluación en el cual se definen los ejes a ser evaluados, el análisis evaluativo que consiste en la recolección, análisis e interpretación de la información recolectada de diversas fuentes y la elaboración de las recomendaciones. Los términos a ser evaluados según esa metodología son: el criterio de selección de las comunidades, el diagnóstico de la localización, la selección de la problemática, la planificación, el sistema de implementación, la autoevaluación del proyecto y los impactos obtenidos.

4. CONCLUSIONES

Proyectos de uso productivo de la energía fotovoltaica en pequeñas actividades agrícolas vienen siendo implementados alrededor del mundo desde hace varios años. En el caso específico de América Latina y el Perú, existen ya algunas experiencias en que pueden servir como base para la implementación de nuevos proyectos de este tipo.

Es importante resaltar que la energía es solo uno de los tantos factores necesarios para el desarrollo económico de las regiones rurales. Por lo tanto, los proyectos de uso productivo no solo deben enfocarse en la solución de problemas con el abastecimiento de energía, sino también con la logística necesaria para la producción y venta de las mercaderías. En el caso específico del uso de la energía fotovoltaica existen además barreras de índole económica/financiera, informativa, técnica, institucionales/regulatorias y comercial que deben ser superadas durante el diseño y la implementación del proyecto.

La energía fotovoltaica puede servir para mejorar diversos eslabones de las cadenas productivas agropecuarias, como por ejemplo con el uso de cercados eléctricos, sistemas de conservación de productos (refrigeradores), trampas de luz contra insectos, bombeo para crianza de animales e irrigación, etc.

El análisis detallado de la cadena productiva y los factores internos y externos permitirán al equipo planeador identificar los eslabones que deben ser mejorados. Conociendo las características de demanda energética se podrá plantear diferentes alternativas que deberán ser consultadas con los usuarios y comparadas entre sí con análisis de costo/beneficio.

La decisión final sobre la selección de componentes del sistema fotovoltaico productivo debe considerar la confiabilidad de los equipos, el tiempo de vida útil de los mismos, la compatibilidad con los hábitos locales, la disponibilidad de repuestos y la facilidad de operación y mantenimiento, entre otros factores los cuales deben ser ponderados en conjunto con el impacto económico que el uso de esos equipos tendrán en el sistema.

La participación de los usuarios es fundamental para la sustentabilidad del proyecto, tanto para conocer y plantear soluciones relacionadas a la actividad productiva, en el diseño de la forma de gestión y principalmente en la operación y el mantenimiento del sistema. En este sentido, las capacitaciones son parte del proceso de transferencia tecnológica y deben permitir la adopción de la tecnología por parte del usuario.

Agradecimientos

Este trabajo conto con el apoyo del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERENCIAS

- Allderdice, A; Rogers, J.H. 2000. Renewable Energy for Microenterprise. National Renewable Energy Laboratory, Agredano, J. 2006. Electrificación de la comunidad pesquera de Puerto Alcatraz en la Isla Margarita BCS. Ficha recibida en el marco del Seminario Aplicaciones Productivos y Sustentables de la Energía Solar. Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica RIAASEF. Costa Rica.
- Banco Mundial. 2008. World Development Report 2008: Agriculture for Development. Washington, DC.

- Burney, J. 2010. Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano-Sahel. PNAS 2010 107: 1848-1853.
- Cabraal, R.A., Barnes, D.F. y Agarwal, S.G. 2005. Productive Uses of Energy for Rural Development. Annu. Rev. Environ. Resources, 2005, 30, pp117-144.
- Espinoza, R. 2006. Electrificación de poblaciones insulares y circundantes del lago Titicaca con electricidad fotovoltaica. Ficha recibida en el marco del Seminario Aplicaciones Productivos y Sustentables de la Energía Solar. Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica RIAASEF. Costa Rica.
- Etcheverry, J., 2003. Renewable Energy for Productive Uses: Strategies to Enhance Environmental Protection and the Quality of Rural Life, University of Toronto.
- Foster, R.; Ghassemi, M.; Cota, A. 2009. Solar energy Renewable Energy and the Environment. CRC Press.
- Fernandez, M. 2006. Implementación de una Infraestructura Productiva para Abrevaderos y Pequeños Huertos Comunales en el Municipio de Pasorapa. Ficha recibida en el marco del Seminario Aplicaciones Productivos y Sustentables de la Energía Solar. Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica RIAASEF. Costa Rica.
- Kittelson, D. 1998 "Productive Uses of Electricity: Country Experiences." National Rural Electric Cooperative Association (NRECA) International, Ltd., Prepared for Village Power '98, World Bank Headquarters, Washington, D.C., 6-8 October
- Kapadia, K., 2004. Productive uses of renewable energy: a review of four Bank-GEF Projects. Report prepared for World Bank.
- Hahn, A.; Schmidt, R. 2002. Irrigating with the sun – generating income with photovoltaic water pumps. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Munich, Alemania.
- Herrera, R.; Rodriguez, C.; Kiskia, M.; Iriarte, A.; Fabris, A. 2000. Impacto y sustentabilidad de los sistemas de bombeo fotovoltaicos en la provincia de Catamarca. Workshop: Abastecimiento de agua en áreas rurales mediante bombeo fotovoltaico. Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. España.
- International Energy Agency (IEA). 2010. Technology Roadmap; Solar photovoltaic energy.
- Iriarte, A.; Bistoni, S.; Pereyra, A.; Kiskia, M.; García, V. 2008. Metodología para la evaluación de un proyecto de transferencia tecnológica en energía solar. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008
- Meadows K., Riley C., Rao G., Harris P. 2003. Modern Energy: Impacts on Microenterprises - A report produced for UK Department for International Development.
- Morante, F; Mocelin, A. y Zilles, R. 2006. Capacitación y Transferencia Tecnológica: Su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10.
- Pontoreiro, D. 2006. Pequeñas Aplicaciones Fotovoltaicas en zonas Aridas. Ficha recibida en el marco del Seminario Aplicaciones Productivos y Sustentables de la Energía Solar. Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica RIAASEF. Costa Rica.
- REN21. 2010. Renewable energy policy network. Global Status Report 2010.
- Serpa, P. 2004. Transferencia de tecnología de secagem solar; o caso da empresa camponesa Via Rancho – Ecovir, Cochabamba, Bolivia. Seminario Experiencias de transferencias de tecnologías con uso de energías renovables. Red Iberoamericana de Transferencia de Tecnologías con el uso de Energías Renovables.
- Shrestha, R. M.; Kumar, S.; Martin, S.; Urmee, T. Application of productive uses of renewable energy for small, medium and micro enterprises. 2005
- Stokes, K.; Saito, P.; Hjelle, C. 1993. Photovoltaic Power as a Utility Service: Guidelines for Livestock Water Pumping, Sandia National Laboratories, Report No.SAND93-7043, Albuquerque.
- Van Campen, B.; Guidi, D.; Best, G. 2000. Solar Voltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development, FAO Rome.
- Vilela, O.C.; Fraidenraich, N.; Tiba, C. 2003. Photovoltaic pumping systems driven by tracking collectors. Experiments and simulation. Solar Energy 74. 45–52. 2003.
- Vilckas, M. 2004. Determinantes da tomada de decisão sobre as atividades produtivas rurais: proposta de um modelo para a produção familiar. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Weingart, J.; Giovannucci, D. 2003. Rural (Renewable) Energy: A Practical Primer for Productive Applications. A Guide to Developing Agricultural Markets and Agro-enterprises
- White R. 2002. GEF-FAO Workshop on Productive Uses of Renewable Energy: Experience, Strategies, and Project Development, June 18–20, Workshop Synth. Rep., UN Food Agric. Organ., Roma, Italia.

Abstract. Productive uses of solar photovoltaic energy for small agricultural activities have been development around the world since some years ago. In rural zones without access to electricity, the use of energy allow to increase productivity, add earned value to the product and diversify the sources of income. The design of projects with productive uses of energy components has to overcome the inherent barriers to the renewable technologies and to follow some guidelines learned from past experiences in order to have an appropriate technological transfer. The guidelines described in the present article may serve as a guide for future projects with productive uses of energy.

Key-words: Solar energy, productive uses, rural development.