

EXTRACCIÓN SUSTENTABLE DE AGUA A TRAVÉS DE ENERGÍA SOLAR EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

Sustainable Extraction of Water Through Solar Energy in Rural Communities in La Paz, B.C.S., Mexico

Luis F. Beltrán Morales¹, Dalia Bali Cohen², José Urciaga-García³, José Luis García Hernández¹, Bernardo Murillo Amador¹, Alfredo Beltrán Morales³, Enrique Troyo Diéguez¹, Ricardo Valdez Cepeda⁴ y Alfredo Ortega Rubio¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Apartado. Postal, N.128, La Paz 23000, BCS, México.

E:Mail: lbeltran04@cibnor.mx

²Imperial College of Science, Technology and Medicine, Faculty of Life Sciences, University of London.

³Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Economía y Agronomía, Apartado Postal 19-B, La Paz 23080, BCS, México.

⁴Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte. MCDRR. Apartado. Postal 196. C.P. 98001. El Orito, Zacatecas, Zacatecas, México.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el potencial de la tecnología de energía solar para extracción de agua en comunidades rurales en un municipio de Baja California Sur, México. Se visitaron 32 ranchos y se aplicaron encuestas y entrevistas para relacionar los aspectos socioeconómicos con el uso del agua y la eficiencia de esta tecnología. Los hallazgos indican que las bombas solares han ayudado a las comunidades a mejorar su calidad de vida permitiéndoles seguir una estrategia de sustento diferente. Realizan menos esfuerzo para extraer y coleccionar agua lo que no implica sobreexplotación del recurso, el consumo es basado en necesidades básicas así como en la capacidad de bombeo y en el almacenamiento. Las bombas solares demostraron ser de mayor beneficio socio ambiental al sustituir los equipos de gasolina o diesel pero de ventaja dudosa si piensa reemplazar por molinos de viento o sistemas de gravedad. La tecnología de energía solar ha encontrado su obstáculo principal en la inversión inicial alta así como en la asistencia técnica y el costo de las reparaciones, sin embargo existen programas de apoyo por parte de instancias gubernamentales y fondos del Banco Mundial para apoyar estas iniciativas.

Palabras clave: *Extracción sustentable, bombas*

solares, comunidades rurales, beneficio socio ambiental.

SUMMARY

This study aimed to assess the potential of solar energy technology for improving or enhancing access to water and hence the livelihood strategies of rural communities in Baja California Sur, Mexico. It looked at livestock ranches and photovoltaic water pumps as well as other water extraction methods through the Sustainable Livelihoods and the Appropriate Technology approaches. A household survey was applied to 32 ranches in the municipality, of which 22 used PV pumps; and semi-structured interviews were conducted. Findings indicated that solar pumps helped people to improve their quality of life by allowing them to pursue a different livelihood strategy and that improved access to water -not necessarily as more water but as less effort to extract and collect it- does not automatically imply overexploitation of the resource; consumption is based on basic needs as well as on storage and pumping capacity. Justification for such systems lies in the avoidance of logistical problems associated to fossil fuels, PV pumps proved to be the most beneficial when substituting gasoline or

diesel equipment but of dubious advantage if intended to replace wind or gravity systems. Solar water pumping technology has found its main obstacle for dissemination in high investment and repairs costs and is therefore not suitable for all cases even when insolation rates and water availability are adequate. In cases where affordability is not an obstacle it has become an important asset that contributes – by means of reduced expenses, less effort and time- to the improvement of livestock, the main livelihood provider for these ranches.

Key words: *Sustainable livelihoods, solar pumps, water security, livestock ranches.*

INTRODUCCIÓN

La población rural sigue siendo una importante mayoría en casi todos los países en desarrollo y aunque en muchos de estos países han logrado un significativo crecimiento económico, las cifras encubren desigualdades económicas y falta de acceso de las comunidades rurales a los servicios básicos necesarios. La pobreza suele estar repartida en forma desigual en las zonas rurales, sobre todo en los países en desarrollo (Guidi, 1997; NRECA, 1989).

Los sistemas fotovoltaicos (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. La trayectoria de la tecnología de 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 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 (REPP, 1998,1999; Schramm, 1993).

En México en 1994, la entidad gubernamental Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) adoptó el uso y promoción de las tecnologías de energía renovable en aplicaciones

agropecuarias. Con estos fines se unió a los esfuerzos de Sandia National Laboratories (SNL), organismo perteneciente al Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE), en la implementación de tecnologías de energía renovable en aplicaciones productivas. En su inicio, ambas instituciones acordaron promover el uso de sistemas de bombeo de agua activados con energía solar fotovoltaica ya que representaba una alternativa conveniente para el abrevadero de animales en regiones apartadas de la red eléctrica de México. Tales proyectos de bombeo tuvieron inicio en los Estados de Baja California Sur, Chihuahua, Quintana Roo y Sonora. El personal técnico de FIRCO obtuvo capacitación para la identificación de proyectos factibles, operación de estos sistemas, dimensionamiento y evaluación técnica y económica de propuestas de casas comerciales. Asimismo, el personal técnico de Sandia National Laboratories puso en marcha un programa de capacitación y asesoramiento de proveedores, diseñadores y casas distribuidoras de material de bombeo y solar con el fin de asegurar una máxima calidad en las instalaciones y productos instalados.

Los buenos resultados obtenidos en esta fase proporcionaron un incentivo para continuar el programa y extenderlo a otros estados de México. Fue así que FIRCO y Sandia National Laboratories extendieron el programa a Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, y Veracruz. Allí se desarrollaron proyectos de pequeña escala de electrificación rural, bombeo de agua y comunicaciones. Los proyectos se apoyaron con programas gubernamentales de inversión para el desarrollo del sector agropecuario de México. Durante los cinco siguientes años, se instalaron con éxito más de 200 sistemas de bombeo de distintas capacidades (FIRCO, 2001). Las fuentes de financiamiento de los FV han ido variando en el tiempo, en su inicio algunos casos fueron del 100 por ciento de subsidio, luego esquemas de financiamiento compartido con programas de gobierno, fondos internacionales y participación de los interesados. Así, hoy en día el financiamiento es 40 por ciento Alianza Contigo (programa federal), 40 por ciento Global Environmental Facility (GEF) y 20 por ciento el productor.

El objetivo de este trabajo fue visitar 32 comunidades rurales (ranchos) del municipio de La Paz, Baja California Sur, México que fueron beneficiados con apoyos para la instalación de FV para llevar a cabo una evaluación del funcionamiento de esta tecnología, características socioeconómicas de las rancherías, utilización del recurso agua y un análisis de rentabilidad económica de un sistema de FV comparado con uno de combustión interna SCI. El área de estudio fueron 32 comunidades rurales del municipio de La Paz, Baja California Sur (BCS) (Figura 1). El municipio de La Paz cuenta con aproximadamente

200 000 habitantes. En Baja California Sur la mayoría de las localidades son rurales, de un total de 2 743 localidades el 99.3 por ciento son rurales, sin embargo, la mayor proporción de la población habita en las pocas localidades urbanas, ya que de 424 041 habitantes en el estado solamente el 18.7 por ciento son pobladores rurales (INEGI, 2000a). Casi todo el estado está dividido en terrenos ejidales, en total son 100 ejidos (INEGI, 2000b). Dada las formas de vida del Estado es importante reconocer y caracterizar a las comunidades rurales, sobretodo reconocer el uso y manejo que le dan a sus recursos naturales.

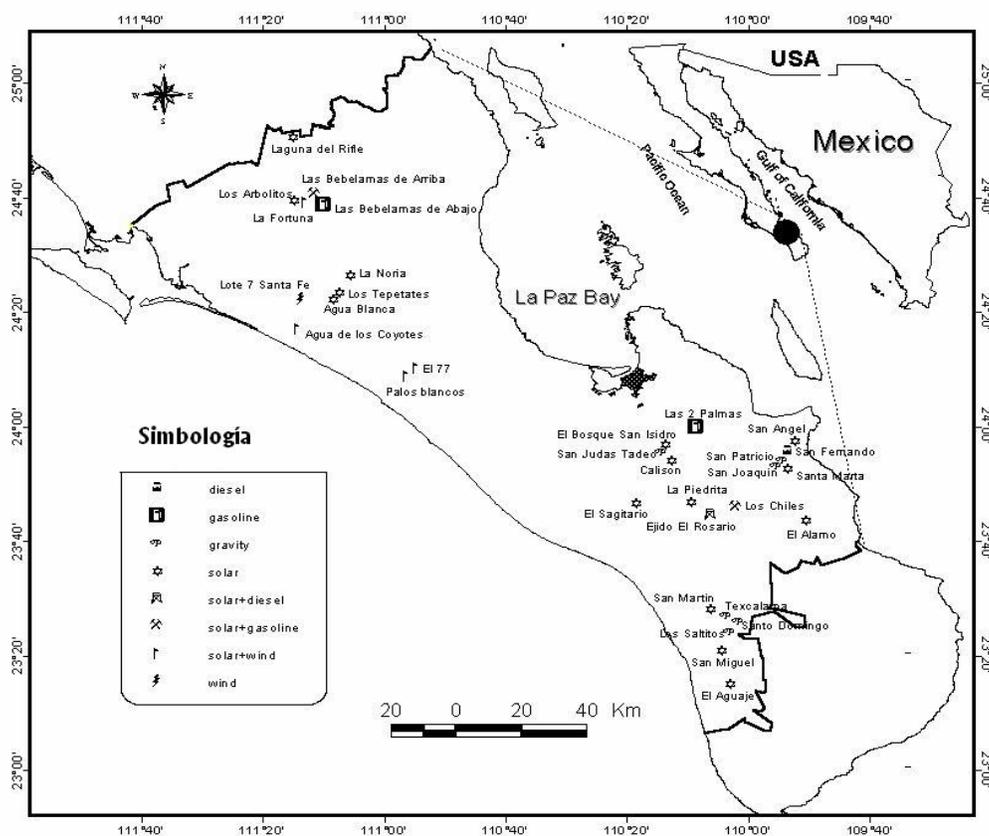


Figura 1. Comunidades rurales estudiadas y principal tecnología de extracción de agua.

El 40 por ciento de la superficie total de BCS, cuenta con algún decreto que lo establece como Área Natural Protegida (ANP), lo cual lo ubica como el primer estado que aporta mayor cantidad de territorio como ANP's al país (CNANP, 1999). Esto nos indica la gran importancia

ecológica nacional e internacional del estado, dadas las características de los ecosistemas que incluyen. Éstos se caracterizan por su elevada biodiversidad, endemismo, presencia de especies en peligro de extinción, así como el potencial económico de los recursos naturales del territorio.

La temperatura media en el municipio de La Paz es de 22.2 grados centígrados y la precipitación varía de acuerdo a la ocurrencia de eventos como ciclones o tormentas, aun así es como de 100 mm en promedio anual y es Baja California Sur el estado del país donde menos precipitación se registra con aproximadamente 175 mm en promedio anual.

Durante tres semanas se recorrieron las lo-

calidades que se muestran en el Cuadro 1 y se aplicó una encuesta cuyo objetivo principal fue indagar aspectos socioeconómicos de las localidades y su relación con el uso de la tecnología de extracción del recurso agua en cada una de ellas quedando finalmente una matriz de datos de 30 X 50, es decir 1500 ocurrencias. Posteriormente se codificó y analizó la base de datos en el programa SPSS 10 para Windows.

Cuadro 1. Población y ubicación de las localidades estudiadas.

Rancho	Nombre	Zona	Localización geográfica	Tipo	Población
1	San Ángel	Sureste	N 23.95250 W 109.88207	Solar	5
2	San Fernando	Sureste	N 23.92985 W 109.89427	Diesel	4
3	San Patricio	Sureste	N 23.90284 W 109.90705	Gravedad	20
4	Santa Marta	Sureste	N 23.87992 W 109.89483	Solar	6
5	San Joaquín	Sureste	N 23.88867 W 109.90605	Gravedad	10
6	Las 2 Palmas	Sureste	N 23.99904 W 110.14694	Gasolina	16
7	El 77	Norte	N 24.16969 W 110.91504	Solar+Viento	11
8	Paloblanca	Norte	N 24.14897 W 110.93944	Solar+Viento	6
9	Agua Blanca	Norte	N 24.37308 W 111.14251	Solar	8
10	Los Tepetates	Norte	N 24.39168 W 111.12414	Solar	9
11	Agua de los Coyotes	Norte	N 24.28532 W 111.23691	Solar+Viento	17
12	Lote 7 Santa Fe	Norte	N 24.37308 W 111.22766	Viento	5
13	Los Arbolitos	Norte	N 24.64989 W 111.22071	Solar	9
14	La Fortuna	Norte	N 24.65299 W 111.21737	Solar+Viento	12
15	La Noria	Norte	N 24.43652 W 111.69727	Solar	5
16	Laguna del Rifle	Norte	N 24.84547 W 111.25242	Solar	8
17	Las Bebelamas de Arriba	Norte	N 24.66704 W 111.18600	Solar+Gasolina	6
18	Las Bebelamas de Abajo	Norte	N 24.66670 W 111.19160	Gasolina	6
19	San Martín	Suroeste	N 22.46961 W 110.10599	Solar	8
20	Texcalama	Suroeste	N 23.44935 W 110.06235	Gravedad	31
21	Santo Domingo	Suroeste	N 23.43207 W 110.02887	Gravedad	20
22	San Miguel	Suroeste	N 23.35092 W 110.07705	Solar	30
23	Los Saltitos	Suroeste	N 23.40465 W 110.05115	Gravedad	4
24	El Aguaje	Suroeste	N 23.25382 W 110.05213	Solar	20
25	Ejido El Rosario	Sur	N 23.74676 W 110.10469	Solar+Diesel	6
26	El Álamo	Sur	N 23.72913 W 109.84509	Solar	24
27	Los Chiles	Sur	N 23.76532 W 110.03608	Solar+Gasolina	5
28	La Piedrita	Sur	N 23.78068 W 110.15936	Solar	12
29	El Bosque San Isidro	Centro Sur	N 23.92521 W 110.23863	Solar	12
30	San Judas Tadeo	Centro Sur	N 23.92521 W 110.23864	Gravedad	4
31	Calison	Centro Sur	N 23.90405 W 110.21306	Solar	6
32	El Sagitario	Centro Sur	N 23.74676 W 110.10469	Solar	5
					350

Comunidades Rurales vs Recurso Agua

Las comunidades rurales visitadas son poco pobladas y han sido también poco estudiadas, como lo son la mayoría de los ranchos de BCS, asimismo la forma de extracción del

recurso agua para lograr su subsistencia y desarrollar sus actividades varía de un lugar a otro. El total de habitantes en el área de estudio es de 350 aproximadamente, encontrando ranchos

desde cuatro hasta 31 pobladores (Cuadro 1), observando en el recorrido algunos ranchos abandonados. La estructura de edad en estas comunidades se concentra entre los 45 y 75 años, registrándose poca presencia de jóvenes y niños. En cuanto al género (Figura 2a), apenas la tercera parte de la población es femenina, seguramente por las actividades propias del campo por lo que se observó una mayoría de hombres. Los niveles de escolaridad de estas comunidades no son altos, las dos terceras partes de la población contaba con primaria (Figura 2b) y la quinta parte con primaria inconclusa o sin estudios. Aún así se encontró un 6 por ciento de la población con carrera universitaria o postgrado.

La remuneración que obtienen los rancheros por sus actividades no son muy altas, la mayor parte de ellos perciben menos de \$150.00 dólares (USD), y menos de la quinta parte más de \$600.00 dólares (USD) mensuales (Fig. 2c). Las actividades que más realizan son la crianza y venta de ganado, así como subproductos como leche, carne, queso y piel, practicando en baja escala actividades agrícolas básicamente para autoconsumo. En la ganadería se encontraba empleado al momento de la encuesta el 56 por ciento de la población (Fig. 2d).

Es importante observar como una nueva forma de vida en las comunidades rurales del municipio de La Paz el servicio de restaurantes, esto ocasionado por la nueva tendencia del turismo rural o ecológico en búsqueda de estos espacios a lo largo del planeta.

Las formas de extracción de agua para el desarrollo de sus actividades en las comunidades rurales del municipio de La Paz, BCS, han sido tradicionalmente la polea (ya sea por impulso humano o a través de bestias), la gravedad, molino de viento, sistemas de combustión interna (gasolina y diesel) y recientemente el uso de sistemas fotovoltaicos a mediados de los años noventa. En la Figura 2e se muestran las proporciones de los sistemas de extracción de agua de las comunidades estudiadas. Debemos señalar que la presencia del sistema de gravedad en las localidades es importante y se puede decir el más sustentable ya que es el que menos daña al ambiente, sin embargo, no todas las comunidades

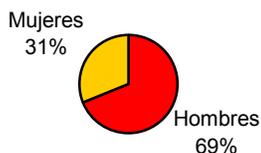
tienen esta opción por las características geológicas de éstas.

En cuanto a los derechos de propiedad (Fig. 2f) de las fuentes de agua encontramos que la fuente principal son los pozos privados (66 por ciento), seguido por los ojos de agua que provienen de la sierra, aunque esta forma de extracción de acuerdo a nuestras observaciones se registró en la parte sur del municipio. El objetivo principal de nuestra encuesta y visitas a las comunidades rurales fue tratar de evaluar la percepción de los habitantes con respecto al sistema de fotovoltaico y su relación con su forma de vida. En ese sentido encontramos en el recorrido que los FV los utilizan en la mayoría de los ranchos para iluminar las casas, enchufar un radio y en algunos casos una televisión. Sin embargo, para la extracción de agua no es tan común, uno de los principales problemas que enfrentan los FV es la falta de asistencia técnica, falta de recursos económicos y escasez de refacciones. En otro casos de estudio encontramos que las bombas de FV han experimentado numerosos problemas en varios lugares principalmente con las bombas y sus componentes (Short y Oldach 2003, Tyndale y McMurdie, 2000).

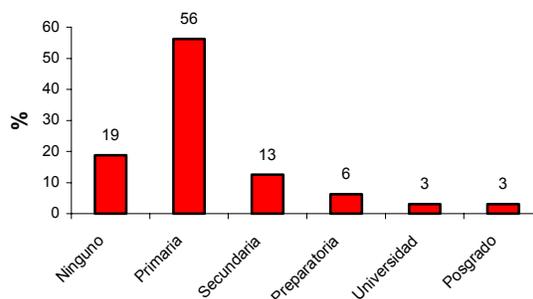
Como un análisis complementario se realizó un test de chi-cuadrada (χ^2), con la finalidad de observar si se encontraban diferencias significativas entre los valores reales y los valores esperados. La hipótesis nula –se esperaba una proporción de 50-50 de respuesta para sí y para no - no podría rechazarse debido a que se encontró una p value = 0.068 (un nivel aceptable de significancia $\alpha= 0.05$).

En el área de estudio se encontró que el 45 por ciento de los pobladores había tenido problemas con el FV y 55 por ciento ninguno (Figura 3a). Consecuentemente se realizó un test de chi-cuadrada con el mismo criterio de antes ($\alpha= 0.05$). Se encontró una p value= 0.67 lo que muestra que los problemas experimentados con las bombas solares no fueron significativamente diferentes a los experimentados con otros tipos de bombas.

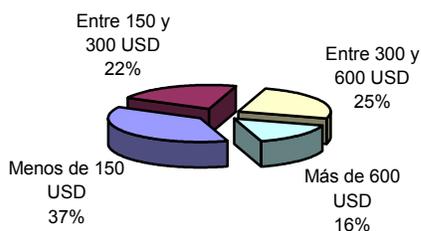
a) Género en el área de estudio



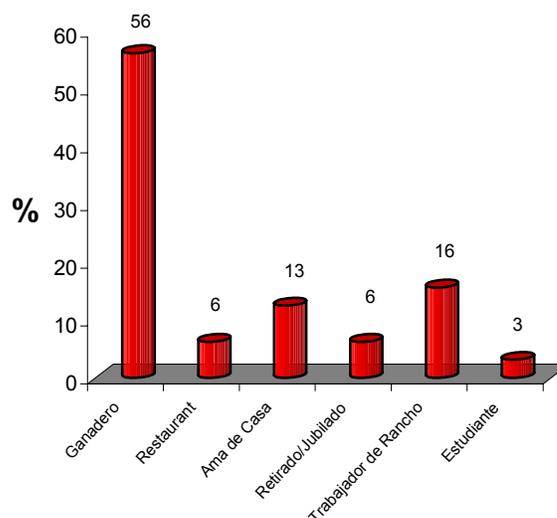
b) Escolaridad en el área de estudio



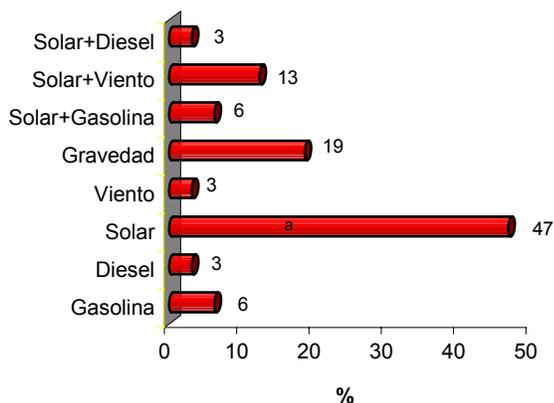
c) Ingresos en el área de estudio



d) Empleo en las comunidades rurales



e) Energía utilizada en la extracción de agua



f) Fuente de Extracción de Agua

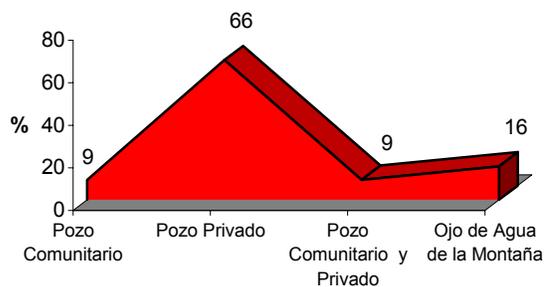


Figura 2. Género en el área de estudio (a), Escolaridad en el área de estudio (b), Ingresos en el área de estudio (c), Empleo en las comunidades rurales (d), Energía utilizada en la extracción de agua (e), Fuente de extracción de agua (f).

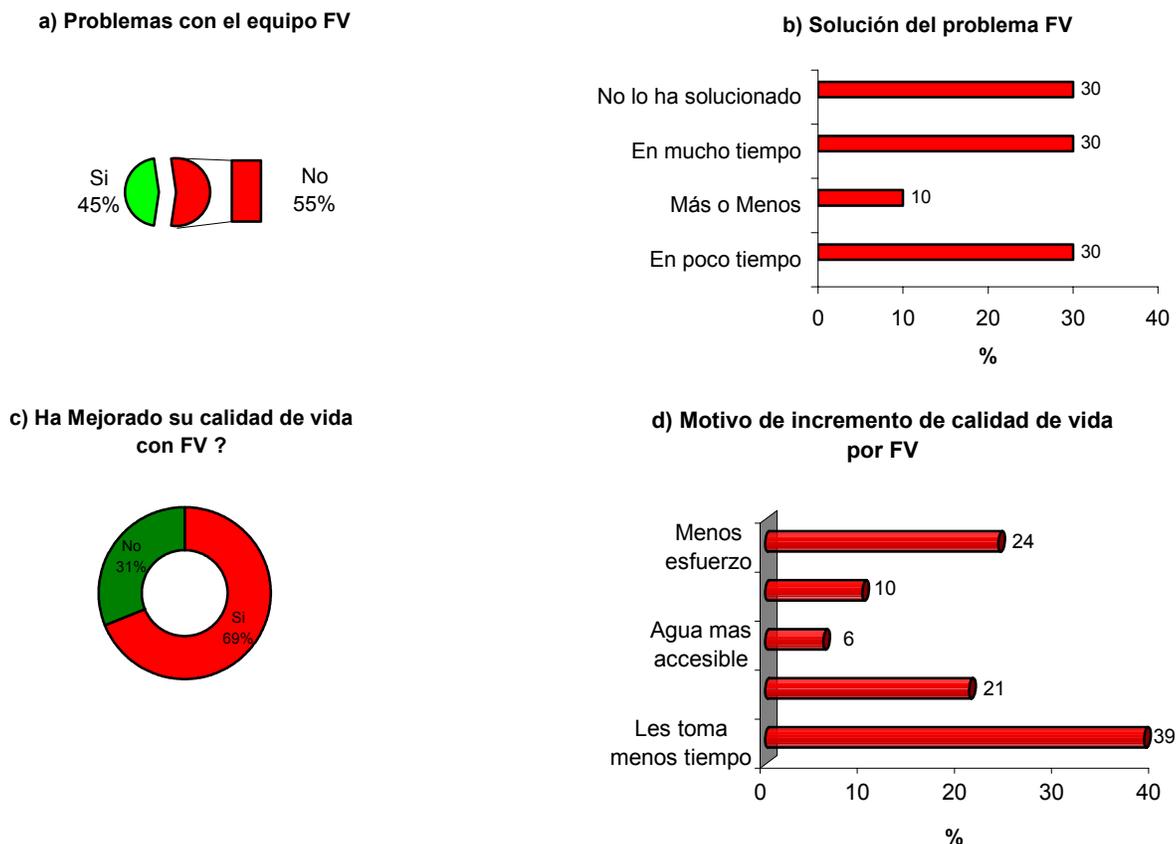


Figura 3. Problemas con el equipo Fotovoltaico (a), Solución del Problema de FV (b), Calidad de vida con FV (c), Motivo de Incremento de Calidad de Vida por FV (d)

El 60 por ciento de los entrevistados dijo no haber solucionado aún el problema o resolverlo le había llevado mucho tiempo (Figura 3b). En cuanto a la mejoría de la calidad de vida de estas comunidades provocado por la instalación de FV, estos respondieron en su mayoría que si había mejorado su calidad de vida (Figura 3c) y los principales motivos que atribuyeron a este cambio fue principalmente a que les toma menos tiempo recolectar el agua y realizan menos esfuerzo en la extracción. Asimismo respondieron que los costos son menores y gastan menos en mantenimiento del equipo (Figura 3d).

Esta percepción natural que los lugareños tienen sobre la rentabilidad económica de un sistema fotovoltaico sobre uno de combustión interna, la comprobamos mediante un ejercicio

práctico con una de las comunidades estudiadas, el rancho de Santa Martha, por medio de determinar el valor presente a 20 años, lo cual se expone a continuación.

Costo vida útil FV (CFV) vs sistema de combustión interna (SCI)

Para realizar una comparación de la rentabilidad económica de un sistema de bombeo fotovoltaico (FV) y uno de combustión interna (SCI) se utilizó el método de valor presente (Foster y Cisneros, 1998, Sandia, 2001, Anderson *et al*, 1999, ITDG, 1992) y se adaptó al objetivo del estudio. La comparación que aquí se presenta se refiere al rancho de Santa Marta (Cuadro 1), pues cada caso es distinto, dependiendo de la

profundidad del pozo, cantidad de extracción de agua, tipo de fotovoltaico, de la motobomba, entre otros, pero se puede aplicar a cualquier comunidad. Este método permite calcular el costo total de un sistema de bombeo durante un periodo determinado, considerando no sólo los gastos de inversión inicial, sino también los gastos incurridos durante la vida útil del sistema. El costo de vida útil es el valor presente del costo de inversión, los gastos de refacciones, operación y mantenimiento, transporte al sitio y el combustible para operar el sistema. Se entiende por valor presente el cálculo del gasto que se realizará en el futuro, se estima cuánto dinero se requiere para sufragar este gasto. Para el caso de este estudio se obtuvo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CFV = I + R + O + T + C \quad (1)$$

Donde

I = Inversión inicial en equipo, diseño del sistema, ingeniería y gastos de instalación

R = Refacciones de piezas de reemplazo del sistema

O = Operación y mantenimiento programados

T = Costo de la transportación al sitio del sistema

C = Costo del combustible consumido por el equipo de bombeo (diesel o gasolina)

El Valor Presente lo podemos representar en un sólo pago y lo podemos obtener de la siguiente manera:

$$VP = VF \times (1+i_r)^{-n} \quad (2)$$

Donde

VP = Valor presente

VF = Cantidad que se paga en el futuro

i_r = Tasa de Descuento Real

n = Número años entre el presente y el año del pago

Asimismo el valor presente también se puede obtener por medio de un pago fijo anual, que en este caso fue a 20 años y se expresa con la siguiente fórmula:

$$VP = VA \times [(1 - 1 / (1 + i_r)^n) / i_r] \quad (3)$$

Donde

VP = Valor presente

VA = Cantidad que se paga anualmente

i_r = Tasa de descuento real

n = Periodo de años durante el cual se paga.

Los supuestos que se consideraron para el análisis comparativo fueron para un periodo de 20 años, una tasa de interés promedio para el periodo de estudio de 20 por ciento, inflación promedio de 10 por ciento, inflación de combustible promedio de 13 por ciento, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico (SF) del 3 por ciento del costo inicial y del sistema de combustión interna (SCI) de \$200 USD al año. El costo de la mano de obra de \$1.00 USD/hora, costo de combustible en el sitio de \$0.6 USD/litro, tamaño mínimo de bomba es de 3 Hp, y motogenerador diesel de 4 kw. Las visitas anuales de mantenimiento se calcularon de 12 visitas para el SF y 52 para el SCI y el costo de transporte por visita de mantenimiento se calculó con \$6.00 USD/visita.

El costo inicial de SV para el rancho de Santa Martha fue de \$12 735.00 USD, un reemplazo de la bomba sumergible en el año 10 con un costo de \$ 1 288.00 USD y para el SCI un costo inicial de \$ 5 593.00 USD y tres reemplazos (año 6,12 y 18) de motobomba con un costo de \$ 1 718.00 USD cada una. La estructura de costos de los dos sistemas se puede observar en la Figura 4. Se puede observar dos grandes diferencias, una en los costos iniciales y otra en los costos de combustible.

Por su alto costo inicial, los sistemas solares generalmente no son competitivos en lugares con servicio de electricidad convencional. Cuando no hay acceso a la red eléctrica, los sistemas solares y los de combustión interna son seguramente las alternativas más viables. Si existe un buen recurso solar en el lugar del proyecto (al menos 3.0 horas pico) los sistemas solares podrían resultar más económicos a largo plazo que los sistemas de combustión interna. Aunque los sistemas de combustión interna generalmente cuestan menos inicialmente, su costo a largo plazo es elevado si se toma en consideración los gastos de combustible, mantenimiento y reparaciones (Sandia, 2001, Soussan, 1998).

La rentabilidad de varias alternativas se puede comparar directamente. La opción con el

menor costo de valor presente es la más económica a largo plazo. Es importante señalar que factores sociales, ambientales y de confiabilidad del sistema no están incluidos en este análisis. Estos factores son difíciles de evaluar en términos económicos, pero deben considerarse al momento de decidir cuál es la mejor opción, principalmente cuando resultan muy similares. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5 donde se aprecia que la rentabilidad de la inversión de un sistema FV se recupera en el año siete frente al SCI, esto se debió principalmente a los costos de mantenimiento, de reemplazo y de combustible del SCI.

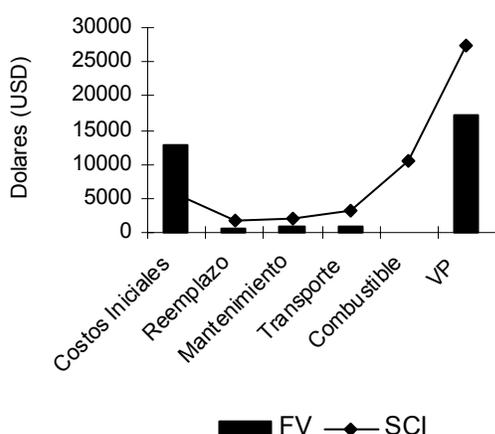


Figura 4. Estructura de costos de FV vs SCI en VP.

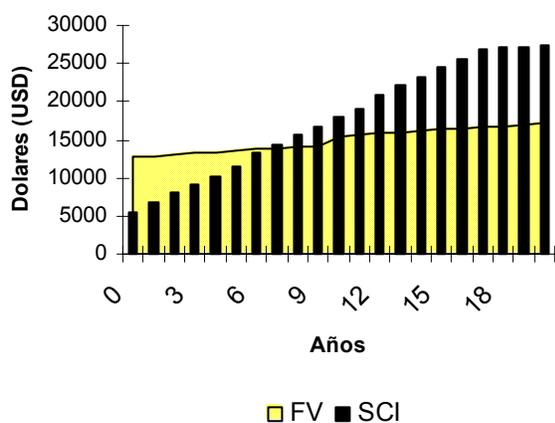


Figura 5. Repercusión de la inversión de FV a 20 años.

CONCLUSIONES

En general, las bombas de FV pueden ser consideradas una tecnología de extracción de agua apropiada en algunas comunidades rurales del municipio de La Paz, BCS y en regiones similares, los FV son tecnologías sustentables, adaptables al ambiente local y relativamente económico. Entre las ventajas de los FV se encontró que no consumen combustible, tienen una vida útil de 15 a 20 años, hay un impacto ambiental mínimo, bajos costos de operación y mantenimiento y entre sus desventajas que requieren de una inversión inicial relativamente alta, acceso a servicio técnico limitado y la extracción de agua en dependencia de las condiciones meteorológicas.

De los aproximadamente 2 500 ranchos que hay en Baja California Sur, 1 200 tienen potencial para instalar bombas solares, hoy en día se han instalado alrededor de 200 sistemas de FV y para instalar los 1 000 restantes se requiere de aproximadamente \$7 800 000.00 dólares (USD). Las bombas solares son una alternativa ideal para sustituir gasolina o diesel, pero con ventaja dudosa sobre molinos de viento o sistemas de gravedad.

Agradecimientos

Queremos agradecer de manera muy especial a los habitantes de las comunidades rurales estudiadas, particularmente al rancho Santa Martha, a las Instituciones Gubernamentales (FIRCO, SAGARPA), especialmente al Ing. Rochín, delegado de FIRCO en BCS por sus comentarios e información proporcionada. Asimismo agradecemos por su financiamiento al CIBNOR, S.C., proyecto PC5.1, proyecto CONACYT-SEMARNAT-2002-CO1-0206, proyecto FOSEMARNAT-2004-01-29, proyecto CONACYT-SEMARNAT-2002-CO1-0844, proyecto CONAFOR-2004-C01-3, Proyecto PRODUCE 03-2005-4231.

LITERATURA CITADA

Anderson, T. and A. Doig. 1999. Rural Energy Services. A handbook for sustainable energy development. London, IT Publications.

- CNANP 1999, URL: <http://www.ine.gob.mx/ucanp/listaanpesta.php3>
- CNA-SEMARNAT. 2000. Plan Nacional Hidráulico 2001-2006. México, CNA
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. 2001. Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica, UNAM.
- Foster, R. y G. Cisneros. 1998. Life-cycle cost analysis for photovoltaic water pumping systems in Mexico. 2nd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion proceedings, Vienna.
- 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.
- INEGI. 2000a. XII Censo de población y vivienda. México.
- INEGI. 2000b. Catálogo interinstitucional de núcleos agrarios. México.
- ITDG. 1992. Making technology work: five case studies, sustainable development in practice. London, Intermediate Technology.
- NRECA. 1989. National Rural Electricity Cooperative Association; Villagran, E., Orozco, R.C.; Análisis económico simplificado del uso de electricidad en actividades productivas: una metodología y sus resultados en Guatemala; presented in: XII Conferencia Latinoamericana de Electrificación Rural (CLER), Guatemala.
- REPP. 1998. Renewable Energy Policy Project; Expanding markets for photovoltaics: What to do next? <http://www.repp.org/publications.html>
- 1999. Renewable Energy Policy Project; Industry development strategy for the PV industry.
- Sandia National Laboratories. 2001. Mexico Renewable Energy Program: Photovoltaic Water Pumping and Environmental Sustainability. Albuquerque, New Mexico, Sandia, N.L.: 6.
- Schramm G., 1993. Rural electrification in LDCs as a tool for economic development: facts and fiction; in: OPEC Review, winter issue.
- Short, T. D. and R. Oldach. 2003. "Solar Powered Water Pumps: The Past, the Present -and the Future?" Journal of Solar Energy Engineering 125 (february): 76-82.
- Soussan, J. 1998. Water/Irrigation and Sustainable Rural Livelihoods. Sustainable Rural Livelihoods What contribution can we make? D. Carney. London, Department for International Development: 181-198.
- Tyndale-Briscoe, P. and D. McMurdie. 2000. A VLOM Handpump for 80 Metres. 26th WEDC Conference on Water, Sanitation and Hygiene: Challenges of the Millennium, Dhaka, Bangladesh, Water Engineering and Development Centre (WEDC).