



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

45



| | |
|---|----|
| Seguridad alimentaria y fuentes renovables de energía..... | 1 |
| EcoSol Energía: 18 años de experiencias en la aplicación de las fuentes renovables de energía en Cuba y en el exterior..... | 24 |
| Los límites naturales de la sostenibilidad. Una mirada a las condiciones específicas de Cuba desde los conceptos generalmente aceptados | 66 |
| Sistema energético con fuentes renovables de energía en el Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau..... | 84 |
| Ahorro de agua y energía mediante el empleo de tubería flexible en el cultivo del arroz..... | 90 |

Seguridad alimentaria y fuentes renovables de energía

Food security and renewable energy sources

*Por M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez**

** Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), Cuba.
e-mail: madelaine@cubasolar.cu*

Resumen

El trabajo aborda la temática de la seguridad y soberanía alimentarias vinculada a los modelos de producción sustentable de alimentos, y el apoyo de las energías renovables a este proceso, como garante de salud humana y sostenibilidad ambiental. Se expone el acompañamiento de la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR) en la aplicación de estos referentes. Se describe el desarrollo de los basamentos de la seguridad y soberanía alimentarias, que ha ido modificándose en consonancia con contextos y conceptos más actuales, así como los fundamentos de la agroecología como plataforma idónea para la erradicación del hambre y el logro de la sostenibilidad ambiental. Se explican las características de este proceso en Cuba y en el ámbito regional. En el caso cubano se refieren los cambios ocurridos en el modelo agrario y una mayor alianza con los propósitos del desarrollo sostenible. Se aborda el tema de la cultura alimentaria en Cuba para la comprensión de estos procesos y el mejoramiento de la cultura agroalimentaria. Se exponen los referentes de las energías renovables en la conformación de una cultura solar, que presupone una perspectiva holística para el desarrollo sostenible. Específicamente, se exponen las acciones de CUBASOLAR, que ha proyectado esta misión de trabajo en diversos campos de actuación, que comprenden:

1. Comunicación y cultura energéticas: Publicación de las revistas *Eco Solar y Energía y tú*, con artículos sobre energías renovables, cultura alimentaria, agroecología y permacultura. Desarrollo del proyecto «Comunicación y cultura energéticas», iniciado en 2010, que tuvo como objetivo la contribución al fortalecimiento de la cultura ambiental, energética y alimentaria de la población cubana, mediante acciones de capacitación, promoción y gestión del conocimiento.
2. Proyectos de colaboración internacional: Con propuestas sobre la aplicación de las energías renovables en la producción de alimentos (biogás, molinos de vientos para el bombeo de agua, arietes hidráulicos, secadores y calentadores solares, veraneros, etcétera).
3. Eventos nacionales e internacionales: Celebración bienal del Taller Internacional de CUBASOLAR, que incluye la temática «Seguridad

alimentaria y energías renovables». Otros talleres nacionales con este perfil son también desarrollados.

4. Estudios de caso: Se exponen experiencias que asumen la producción de alimentos y las energías renovables.

Finalmente, se presentan posibles soluciones relacionadas con la sustitución del modelo energético convencional, basado en los combustibles fósiles, por un nuevo modelo que privilegie el uso de las fuentes renovables de energía en comunión con la producción sustentable de alimentos.

Palabras clave: Agroecología, cultura energética y alimentaria, fuentes renovables de energía, seguridad y soberanía alimentarias

Abstract

This paper addresses the issue of food security and sovereignty linked to sustainable food production models, and the support of renewable energies for this process, as a guarantor of human health and environmental sustainability. The paper explains the accompaniment of the Cuban Society for the Promotion of Renewable Sources of Energy and Environmental Respect (CUBASOLAR) in the application of these concepts. It describes the development of the basis of food security and sovereignty, which has been modified in accordance with current contexts and concepts, as well as the foundations of agroecology, the ideal platform for the eradication of hunger and the achievement of environmental sustainability. The paper explains the characteristics of this process in Cuba and at regional level. In the Cuban case, the changes in the agrarian model and a greater alliance with the purposes of sustainable development are explained. The topic of food awareness in Cuba is addressed to understand these processes and improve the agricultural and food cultures. The paper also explains the key concepts of renewable energies in the creation of a solar culture, which supposes a holistic perspective for sustainable development. Specifically, the actions of CUBASOLAR, which has projected this mission in various fields of action, which include:

1. Communication and energy culture: Creation and dissemination of the magazines *Eco Solar* and *Energy and you*, with articles on renewable energies, food awareness, agroecology and permaculture. Development of the project "Communication and energy awareness" started in 2010, which had the objective of contributing to the strengthening of the environmental, energy and food awareness of the Cuban population, through training, promotion and knowledge management actions.
2. International collaboration projects: based on proposals for the application of renewable energies in the production of food (biogas,

- wind mills for water pumping, hydraulic rams, solar dryers and heaters, climate controlled chamber, etc.).
3. National and international events: Biennial celebration of the CUBASOLAR International Workshop, which includes the topic "Food security and renewable energies". Other national workshops with this profile are also carried out.
 4. Case studies: Experiences are exposed that assume the production of food and renewable energies.

Finally, the paper presents other possible solutions related to changing the conventional energy model, based on fossil fuels, for a new model that privileges the use of renewable energy sources and the sustainable food production.

Keywords: Agroecology, energy and food awareness, renewable sources of energy, food security and sovereignty

Introducción

Desde los tiempos en que el *Homo sapiens* fabricó su primera herramienta, hasta hace pocos siglos, los seres humanos fueron cazadores-recolectores de alimentos, plenamente condicionados con las características de cada entorno. En un período relativamente cercano se produjeron cambios radicales que transformaron a fondo la alimentación humana. El primer salto histórico en términos de abastecimiento de víveres fue la primera revolución agrícola hace unos diez mil años, y se caracterizó por la domesticación de plantas y animales seleccionados, el pastoreo y la creación de asentamientos relativamente estables. El segundo gran impacto lo aportaron las revoluciones científica e industrial, que comenzaron hace cuatrocientos años.

En la actualidad se producen suficientes alimentos en el planeta para satisfacer las necesidades de sus actuales habitantes, pero su distribución es desigual y poco equitativa [Vázquez y Montesinos, 2007]. Según Grande [2000], los datos de la producción mundial de alimentos indican que, distribuida equitativamente, sería suficiente para proporcionar una dieta aceptable a cada una de las personas que actualmente viven en el mundo.

Las proyecciones sobre seguridad alimentaria en el 2009 indicaron que «el total de personas subnutridas alcanzaría los 1 020 millones en todo el mundo y, en América Latina y el Caribe (ALC), regresaría el mismo nivel que en el período 1990-1992, es decir, 53 millones de subnutridos» [Panorama..., 2009: 15]. Por otro lado, en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, los jefes de Estado y de Gobierno de 189 países suscribieron la Declaración del Milenio, que plantea, en el objetivo número

uno, Erradicar la pobreza extrema y el hambre; y en la meta número dos, reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas que padecen hambre [PNUD, 2003].

Dentro de este complejo contexto se desarrollan las políticas de seguridad y soberanía alimentarias que se convierten en metas para los distintos países; ello significa brindar un suministro suficiente de alimentos a escala nacional, con un razonable grado de estabilidad, y también presupone que todas las familias tengan un adecuado acceso material y económico a los alimentos. El propósito de trabajar unidos en esa dirección, en un mundo de paz y ecológicamente seguro, se expresa en la declaración Mundial sobre la Nutrición, firmada por los representantes de los distintos países en la Conferencia Internacional que sobre ese tema se celebró en Roma en 1992 [Ferriol, s/a]. Los criterios de seguridad y soberanía alimentarias se complementan y fortalecen en la firme intención de reconocer a la alimentación como un derecho de la humanidad, y a la vez como garantía de seguridad para la paz mundial.

En el ámbito latinoamericano pequeños agricultores continúan su larga tradición de prácticas agrícolas sostenibles, con el apoyo de organizaciones internacionales; sin embargo, se enfrentan a grandes presiones económicas exteriores. Los mercados para cultivos locales están disminuyendo, debido a las importaciones de comidas baratas.

Existen temores fundamentados de que los acuerdos de libre comercio propuestos en Centroamérica, los Andes, y a lo largo de toda Latinoamérica, podrían inundar los mercados nacionales con productos subvencionados, en detrimento de las economías nacionales. Aun así, se aprecia un creciente movimiento en la región encaminado a la aplicación de un modelo de agricultura que proteja la naturaleza y la diversidad cultural, junto al ofrecimiento de oportunidades económicas locales. En las Américas, algunos agricultores están elaborando y aplicando principios agroecológicos, usando métodos tradicionales y nuevos métodos de policultivo, reciclaje de la biomasa y control biológico de plagas; preservando la diversidad genética de los cultivos y reduciendo los insumos de energía externa y de productos químicos [Cohn, et al., 2006].

En Cuba la seguridad y soberanía alimentarias se manifiestan mediante políticas encaminadas a cubrir las necesidades alimentarias de la población. La desaparición del campo socialista constituyó una dura lección que condujo a reconsiderar el modelo agrícola cubano en tanto fuente de abasto de alimentos, sesgado además por los cánones de una agricultura altamente convencional. La implementación de programas nutricionales para la seguridad alimentaria, el desarrollo de la agricultura urbana y periurbana y la transición hacia una agricultura sostenible, con predominio

de la innovación tecnológica y la sustitución de importaciones, son algunos de los basamentos de esas políticas.

El proceso de alimentación, examinado con visión ambientalista, obliga a reflexiones trascendentes. Es importante destacar que en un planeta todavía lleno de personas que sufren hambruna extrema y desnutrición, se necesitan 4,8 kilogramos de cereales para producir un kilogramo de carne, y para conseguir 250 gramos de filete se emplean de 625-1 500 litros de agua. Más aún, con el equivalente a 10% de toda la producción cárnica de Estados Unidos se podría alimentar con cereales a toda Etiopía [Motavalli, 2002]. Ello evidencia que existen patrones de producción y consumo evidentemente muy desequilibrados y no sostenibles.

En este escenario se insertan las fuentes renovables de energía, reconocidas como el «sistema integrado por diversos recursos naturales que poseen la capacidad de renovarse por sí mismos, sin crear alteraciones irreversibles en el sistema natural que les da origen, así como los distintos tipos de tecnologías que se emplean para su aprovechamiento energético» [Vázquez Pérez, et al., 2010].

La producción de alimentos requiere de la aplicación de tecnologías amigables que propicien la conformación de ciclos cerrados, y que estén dirigidas a la conservación de los ecosistemas. La tecnología del biogás, los molinos de vientos, los arietes hidráulicos, el empleo de cocinas eficientes y la aplicación de la tracción animal, entre otras opciones, constituyen una aproximación real a la infraestructura que debe soportar la producción y el consumo de alimentos de forma viable y sostenible.

El biogás resulta una aplicación de gran valor, por efecto de su uso como combustible económico y renovable para la cocción de alimentos, el alumbrado mediante lámparas adaptadas, en motores de combustión interna adaptados y para usos industriales y domésticos. Además de aportar un fertilizante orgánico de alta calidad, la producción de biogás contribuye al saneamiento ambiental.

Cuba cuenta con un sistema social que posibilita la integración de todos los factores que concursan para una verdadera propuesta de desarrollo sostenible. Los ejemplos expuestos en este trabajo corroboran las grandes posibilidades de desarrollar políticas alimentarias basadas en presupuestos ecológicos, con el sostén de basamentos científicos. En consonancia con estos propósitos, la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR) desarrolla acciones para insertar a las energías renovables dentro de este proceso, como vía para sostener un nuevo modelo de desarrollo sustentable.

La agricultura sostenible, la seguridad y soberanía alimentarias, y la aplicación de las fuentes renovables de energía, constituyen una tríada con profundos vasos comunicantes, cuyos principios debemos salvaguardar y desarrollar para las generaciones actuales y futuras.

Objetivos

General

Demostrar la correspondencia entre las fuentes renovables de energía y la seguridad y soberanía alimentarias, como factores claves que garantizan la salud humana y la sostenibilidad ambiental.

Específicos

Fundamentar los referentes de la seguridad alimentaria y soberanía alimentarias, y sus nexos con la perspectiva agroecológica.

Explicar la pertinencia de la aplicación de las fuentes renovables de energía dentro del contexto de la agricultura cubana actual, dado el carácter sistémico de este proceso.

Describir las experiencias actuales de CUBASOLAR en el uso de las fuentes renovables de energía, en los procesos comunicacionales y en sistemas vinculados a la producción de alimentos.

Desarrollo

En este acápite se abordan los presupuestos teóricos de la seguridad y soberanía alimentarias, vinculados a la producción de alimentos en los contextos nacional e internacional. En tal sentido se exponen los referentes de la agricultura cubana en su tránsito hacia un nuevo modelo de desarrollo.

Como garante de sostenibilidad ambiental se explica la necesidad de vincular las fuentes renovables de energía (FRE) a estos sistemas. Finalmente, se describen las acciones de CUBASOLAR para insertar las políticas de desarrollo de las FRE en las proyecciones de seguridad alimentaria, y lograr un enfoque holístico en esta dimensión.

Seguridad y soberanía alimentarias

La seguridad y soberanía alimentarias constituyen dos conceptos que expresan una unidad dialéctica de gran pertinencia en la actualidad. Se puede asegurar que la seguridad alimentaria es un concepto que ha variado con el tiempo, haciéndose cada vez más integral. Se reconoce una definición global, oficializada unánimemente por los jefes de Estado y de Gobierno de los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) durante la Cumbre

Mundial de la Alimentación (1996), que expresa que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social, y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y sus preferencias culturales para una vida sana y activa [Seguridad...,2012].

La seguridad alimentaria se estudia en componentes, ejes o dimensiones. De esta forma, existen tres componentes aceptados por todos: Disponibilidad, Acceso y Aprovechamiento Biológico. Otra corriente agrega el Consumo a las anteriores, y lo ubica en el tercer puesto. Por otra parte, la definición global de la FAO no considera Consumo como pilar individual y lo sustituye, en el segundo puesto, por Estabilidad del abastecimiento; de esta manera lo relativo al consumo queda incluido en la definición de Aprovechamiento Biológico. Otras referencias agregan la Adecuación a los tres componentes esenciales, y la sitúan en el tercer lugar. En realidad, esta discusión forma parte de un proceso en el fondo coherente e inclusivo. A continuación se describen los ejes más reconocidos:

1. Disponibilidad (obtenida por medio de producción interna, reservas, importaciones comerciales y no comerciales -generalmente ayuda alimentaria-, y apoyada por la capacidad de almacenamiento y movilización).
2. Acceso a los alimentos o capacidad para adquirirlos (significa que los alimentos estén disponibles a toda la población, física y económicamente, en el momento oportuno: si no se pueden producir los alimentos, la población debe tener ingresos o medios de cambio para obtenerlos; el acceso a los alimentos no debe estar restringido por causas sociales).
3. Estabilidad de la oferta (mantenimiento de alimentos suficientes durante todo el año a pesar de variaciones climáticas y sin excesiva variación de los precios. Esto incluye, el hecho de que se cuente con productos alternativos o sustitutos en función de las variaciones estacionales).
4. Adecuación (concepto relacionado con las condiciones sociales, económicas, culturales, climáticas, ecológicas y de otro tipo. Para su consecución se consideran las necesidades alimentarias en cantidad, y como combinación de nutrientes para el crecimiento físico y mental con consideraciones de edad, sexo y ocupación; la inexistencia de sustancias adversas para la salud -o inocuidad- y la aceptabilidad cultural o del consumidor).
5. Consumo (qué se come, su calidad y riesgos para la salud, cómo se prepara para consumo, cómo se distribuyen los alimentos dentro de la familia).

6. Aprovechamiento biológico (cómo el cuerpo aprovecha los alimentos consumidos, lo que está condicionado por aspectos de saneamiento del medio -como agua segura y condiciones que no contaminen los alimentos-, así como el estado de salud de la persona, que determinará la conversión de alimentos en nutrientes). Este último aspecto resulta de gran interés para los países desarrollados.

Un aspecto esencial en la comprensión de la seguridad alimentaria lo refiere Leiva [2003] cuando enfatiza en el uso eficiente de los recursos que nos brinda la naturaleza, es decir, tener en cuenta la amplia diversidad con fines alimenticios. Esta autora señala que el *Homo sapiens* ha domesticado a lo largo de los siglos aproximadamente cerca de diez mil plantas, pero que el número de especies mayormente cultivadas en la actualidad, apenas supera las 150. Destaca que, según expertos, la inmensa mayoría de la humanidad vive solo de doce especies de plantas alimenticias, y cerca de 60% de las calorías se obtiene de alimentos como el arroz, el trigo y el maíz. Esta evidente marginación de la inmensa mayoría de los fitorrecurso es, sin duda, un atentado a la sostenibilidad del planeta.

Para profundizar en la problemática de la seguridad alimentaria surge el concepto de soberanía alimentaria, que aporta una nueva dimensión. El término de soberanía alimentaria apareció en los debates públicos en 1996, y ha ganado una creciente relevancia internacional en los sectores de la sociedad civil. El concepto fue introducido con mayor preeminencia en 1996 por La Vía Campesina en Roma, con motivo de la Cumbre Mundial de la Alimentación de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y se entiende como la facultad de cada pueblo para definir sus propias políticas agrarias y alimentarias, de acuerdo a objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria. Ello implica la protección del mercado doméstico contra los productos excedentarios que se venden más baratos en el mercado internacional, y contra la práctica del dumping (venta por debajo de los costos de producción) [Soberanía..., 2012]. Más adelante, en el Foro del 2002 de Roma se plantea que: «La Soberanía Alimentaria es el DERECHO de los pueblos, comunidades y países a definir sus propias políticas agrícolas, pesqueras, alimentarias y de tierra que sean ecológica, social, económica y culturalmente apropiadas a sus circunstancias únicas. Esto incluye el verdadero derecho a la alimentación y a producir los alimentos, lo que significa que todos los pueblos tienen el derecho a una alimentación sana, nutritiva y culturalmente apropiada, y a la capacidad para mantenerse a sí mismos y a sus sociedades» [Boletín..., 2012].

En contraste con la seguridad alimentaria definida por la FAO, que se centra en la disponibilidad de alimentos, la soberanía alimentaria incide también en la importancia del modo de producción de los alimentos y su

origen. Resalta la relación que tiene la importación de alimentos baratos en el debilitamiento de la producción y población agraria locales [Soberanía..., 2012].

La soberanía alimentaria representa un enfoque holístico para el desarrollo rural, cuyos pilares son la reforma agraria, la seguridad alimentaria, la agricultura sostenible, el acceso a los mercados locales, créditos y precios justos para los agricultores familiares, los pobres rurales o los sin tierra de todo el mundo [Roset, 2007]. Este autor reconoce el papel desempeñado por la organización La Vía Campesina en la definición de estos presupuestos. Así, La Vía Campesina reconoce que la humanidad afronta un conflicto histórico entre dos modelos de desarrollo económico, social y cultural en el medio rural; y enfatiza que la soberanía alimentaria se fundamenta en la idea de los derechos humanos, económicos y sociales que poseen todas las personas, entre los que se incluye el derecho a la alimentación.

De acuerdo con La Vía Campesina, la soberanía alimentaria otorga prioridad a los productores locales en el acceso al mercado nacional. Sin embargo, los precios establecidos en el mercado internacional, producto de la liberalización agraria, niegan a los productores locales el acceso a sus propios mercados, y por tanto obstaculizan el derecho a producir, coartando el desarrollo económico local y regional [Roset, 2007].

Evidentemente, existe un conflicto fundamental entre un sistema de alimentos global signado por una agricultura industrial centralizada, impulsada por las corporaciones y orientada hacia la exportación, y un sistema más descentralizado y de menor escala, con patrones de producción sostenibles, orientado primariamente hacia los mercados domésticos, capaz de satisfacer necesidades locales, y lograr un control local de los procesos de trabajo y sus usos finales. La regeneración de los sistemas locales de alimentos implica salirse de la uniformidad, concentración, coerción y centralización, e ir hacia la diversidad, descentralización, adaptación dinámica y democracia [Cohn, et al., 2006].

Se trata entonces de reconocer el derecho de las comunidades rurales a la alimentación, a la tierra y a la producción de los alimentos. Queda entonces claro el principio de que «si la población de un país depende para su próxima comida de los caprichos o fluctuaciones de la economía global, de la buena voluntad de una superpotencia, de no usar la comida como un arma, de la incertidumbre y el alto coste de los envíos de larga distancia, entonces ese país no es seguro, ni a escala nacional, ni desde el punto de vista de su seguridad alimentaria» [Roset, 2007].

En realidad, las proyecciones debieran estar encaminadas a lograr la participación de los pueblos en la definición de sus políticas agrarias, y a la

eliminación de las políticas neoliberales que atentan contra los principios de la seguridad y soberanía alimentarias. En absoluto se ha erradicado el hambre y crece el daño al patrimonio genético, cultural y medioambiental del planeta, así como a la salud de su población. Definitivamente, este orden económico internacional ha empujado a millones de campesinas y campesinos a abandonar sus prácticas agrícolas tradicionales, al éxodo rural o a la emigración. La lucha por el logro de mejores propósitos requiere de acciones crecientes, sustentadas en un cambio de mentalidad a escala mundial.

Seguridad alimentaria y agroecología en Cuba

Para el abordaje de esta temática es preciso resaltar el panorama prerrevolucionario de la alimentación en Cuba, que se destacaba por una economía insostenible: importación de 70% de los alimentos y 80% del ingreso del país provenía de la caña de azúcar [Figuerola, et al., 2005].

Según Nova [2003], a finales de 1956 y principios de 1957 los miembros de la Agrupación Católica Universitaria de La Habana realizaron una encuesta para precisar la situación económica del campesinado cubano, con los resultados siguientes:

- El ingreso promedio anual familiar en el campo cubano era de 546,0 pesos (la familia campesina como promedio era de seis personas).
- Peso corporal de un trabajador agrícola, 16 libras por debajo del peso promedio nacional.
- Desnutrición, envejecimiento precoz, etcétera.
- Solo 4% de los encuestados mencionó la carne como integrante de su ración alimentaria habitual.
- Consumía pescado menos de 1% de los encuestados.
- Tan solo 2,12% de los encuestados consumía huevo; leche 11,22% y pan 3,36%. El elemento proteico básico: frijoles.
- Además, constituía el sector poblacional más afectado en cuanto a su higiene y salud.

En dicha época Cuba presentaba una notable vulnerabilidad económica: se importaba, como promedio por persona al año, unas 1 200 kCal y 30,4 g de proteína, representando 47 y 53% del total disponible, respectivamente [Nova, 2003].

La Revolución Cubana contrajo el ineludible deber de distribuir los alimentos de una forma equitativa entre todos los ciudadanos, lo que marcó, junto al bloqueo económico decretado por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, el inicio del racionamiento de los productos alimenticios, aunque aparecen otras alternativas en la red popular de alimentación social.

Antes del Período Especial, la población cubana sobrepasaba los indicadores de consumo recomendados de energía y proteínas, no sufría de carencias alimentarias que se manifestaran en enfermedades crónicas visibles, aunque en los indicadores de salud aumentaban los índices de enfermedades no transmisibles. Durante este período la producción nacional de alimentos se redujo considerablemente, entre 20 y 50%, así como la importación de alimentos. En términos nutricionales, por ejemplo, en 1993 la ingestión de energía per cápita disminuyó a 1 863 kCal/día y las proteínas a 46 g/día, lo que significa una reducción de 63 y 59%, respectivamente, con relación al cuadro de 1988.

En situación similar se produjo un decrecimiento en la ingestión de grasas, vitamina A, vitaminas del complejo B, hierro, calcio y otros nutrientes [Figueroa, et al., 2005].

El inesperado derrumbe del campo socialista provocó una precaria situación en la seguridad alimentaria de Cuba, al reducirse drásticamente su capacidad de compra en el extranjero. Evidentemente, estas consecuencias hubieran sido fatales sin la aplicación del sistema de racionamiento, que aseguró el acceso equitativo a los alimentos disponibles y evitó el hambre [Funes, 2009]. Aun así, se produjo una reducción muy notable de las necesidades calóricas de la población (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles nutricionales per cápita por día en 1987 y 1993

| Nutriente | Necesidades nutricionales* | Porcentaje de satisfacción de necesidades reconocidas | |
|------------|----------------------------|---|------|
| | | 1987 | 1993 |
| Calorías | 12,4 MJ | 97,5 | 62,7 |
| Proteínas | 86,3 g | 89,7 | 53,0 |
| Grasas | 92,5 g | 95,0 | 28,0 |
| Hierro | 16 mg | 112,0 | 68,8 |
| Calcio | 1 123 mg | 77,4 | 62,9 |
| Vitamina A | 991 mg | 100,9 | 28,8 |
| Vitamina C | 224,5 mg | 52,2 | 25,8 |

Fuentes: PNAN, 1994; Pérez Marín y Muñoz, 1991, citado por Funes [2009].

** Las necesidades nutricionales para la población cubana [Porrata, et al., 1996] se definieron por las normas de la FAO [FAO/WHO/UNU, 1985].*

Cuando se analiza el caso de Cuba se constata que es el único país que transita de un modelo agrícola convencional basado en el monocultivo, altos insumos importados y aplicación de fuertes subsidios, hacia otro modelo más descentralizado, con predominio de la diversificación agraria, los bajos insumos y el uso intensivo de los recursos naturales disponibles. La transición hacia una agricultura sostenible que tiene lugar en Cuba desde 1990, ha favorecido el desarrollo de la innovación tecnológica para adaptar los sistemas agrícolas a los limitados insumos externos disponibles [Funes, 2009]. Este autor, citando varias fuentes, expresa: «En el año 2006 se reconoció oficialmente que los pequeños campesinos, con la mitad de la tierra en uso agrícola (25% del total), eran responsables de 65% de la producción global agropecuaria...En la ganadería vacuna, con alrededor de 13% de las áreas de pastos (unas 300 mil hectáreas), el sector campesino cooperativo poseía 43,5% del rebaño nacional... y en marzo de 2008 esta cifra ya era de 55%... En el año 2009, después del proceso de entrega de tierras en usufructo...el sector campesino ya produce 96% del tabaco, 70% de la carne de cerdo, 60% de viandas y hortalizas y 59% de la leche de vaca. Además, posee 90% del ganado menor y 62% de la masa vacuna...» [Funes, 2009: 6-7].

Para una mayor comprensión de la dinámica de desarrollo de la agricultura en Cuba, es preciso conocer su infraestructura, que en la actualidad atraviesa un proceso de consolidación (Tabla 2).

Tabla 2. Organización de la agricultura cubana

| | |
|--|---|
| Sector estatal | <ul style="list-style-type: none"> • Fincas estatales. • Granjas Estatales de Nuevo Tipo (GENT). • Fincas de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, incluyendo fincas del Ejército Juvenil del Trabajo (EJT) y del Ministerio del Interior (MININT). • Fincas de autoabastecimiento en centros de trabajo e instituciones públicas. |
| Sector no estatal Producción colectiva Producción individual | <ul style="list-style-type: none"> • Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). • Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA). |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS). • Campesinos individuales, en usufructo. • Campesinos individuales, propiedad privada. |
| Sector mixto | Join ventures entre capital estatal y extranjero |

Fuente: Martín, 2001, citado por Funes, 2009.

La presencia del sector no estatal se adecua a lo expresado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, que establece en el lineamiento 167 la adopción de «un nuevo modelo de gestión, a tenor con la mayor presencia de formas productivas no estatales...» [Lineamientos, 2011: 22]. Por otra parte, el lineamiento 176 refiere: «Continuar reduciendo las tierras improductivas y aumentar los rendimientos mediante la diversificación, la rotación y el policultivo. Desarrollar una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente, que propicie el uso eficiente de los recursos fito y zoogenéticos, incluyendo las semillas, las variedades, la disciplina tecnológica, la protección fitosanitaria, y potenciando la producción y el uso de los abonos orgánicos, biofertilizantes y biopesticidas» [Lineamientos, 2011: 23]. Ello evidencia que la voluntad política del Estado avala la necesidad de afianzar los presupuestos de la agricultura sostenible, como modelo capaz de lograr un manejo eficiente y eficaz en la producción de alimentos.

En el mundo adquiere cada vez mayor relevancia el reconocimiento de privilegiar a la pequeña finca como unidad básica en dicho proceso. Aunque pudiera pensarse que las pequeñas fincas familiares son atrasadas e improductivas, numerosas investigaciones en varios países demuestran que estas son más productivas que las grandes fincas si se considera la producción en total, en lugar de considerar de forma aislada los rendimientos de cada cultivo o especie animal. Esta relación inversa entre el tamaño de la finca y la producción total se puede atribuir al uso más eficiente de la tierra, del agua, de la biodiversidad y de otros recursos agrícolas por parte de los pequeños agricultores [Altieri, 2009]. Vale destacar que una gran parte de las tierras para la agricultura en el mundo, aparte de la pequeña huerta, están destinadas a la producción de cereales y leguminosas para la alimentación animal, así como a usos no alimenticios: fabricación de papel y agrocombustibles.

Cuando se trata de sistemas integrados, se ha demostrado el aumento de las producciones con relación a las fincas especializadas. En Cuba, según Altieri [2009] se han realizado comparaciones entre varios tipos de fincas que revelaron que la salida energética total por unidad de área de finca, fue 4 a 6 veces mayor en las fincas mixtas (cultivos-ganado) que en las fincas lecheras especializadas, y la producción de leche fue el doble en las mixtas que en las especializadas. Toda esta producción podría ser complementada con la agricultura urbana y suburbana, que ya alcanza niveles notables de producción.

Cuando se realizan las evaluaciones de los sistemas agrícolas integrados, la dimensión del uso de la energía adquiere especial significado. De esta forma, se valoran tres indicadores: fuerza de trabajo, insumos energéticos y eficiencia energética. Según experiencias cubanas [Funes, 2009], la

demanda de la fuerza de trabajo pudiera ser tendiente al incremento en los primeros años, lo que se atribuye a las actividades de manejo durante la etapa de establecimiento, y luego se aprecia una disminución. Los insumos energéticos están compuestos por el trabajo humano, trabajo animal y el petróleo, y alimento animal; y se aprecia una mayor participación de la fuerza de trabajo humana, como la de mayor entrada. El reducido tamaño de las fincas permite el uso de la tracción animal y de la fuerza de trabajo intensiva, en sustitución de las operaciones mecanizadas.

La eficiencia energética viabiliza el incremento de las salidas energéticas totales, y constituye un indicador importante para países como Cuba; es aquí donde las energías renovables juegan un papel preponderante, ya que la alta dependencia de combustibles fósiles es un indicador de baja sostenibilidad. Según Pimentel, citado por Funes [2009: 66], «las energéticas renovables... poseen aplicaciones potenciales para el desarrollo de sistemas agrícolas autosuficientes desde el punto de vista energético».

Sin duda, el establecimiento de una nueva cultura agroecológica exige la superación de las prácticas agrícolas convencionales, sesgadas por una mentalidad muy arraigada con la Revolución Verde. En la cita de Cruz, et al. [2006: 15] se describe claramente esa mentalidad condicionada por factores históricos y socio económicos: «Durante siglos, nuestra cultura agraria se ha caracterizado, primero, por una mano de obra esclava que rechazaba el trabajo agrícola; más adelante por una baja proporción de tierra cultivada, predominio del monocultivo (caña y ganadería), una estructura social en la que prevalece, como fuerza productiva, el obrero agrícola y no el campesino, así como un modelo de producción dirigido a la exportación y a satisfacer las necesidades internas mediante la importación de alimentos».

Independientemente de los factores culturales, en Cuba se va logrando el desarrollo de una agricultura para garantizar la seguridad y soberanía alimentarias. El cuadro resulta alentador y ya se observan tres tendencias significativas: una tendencia es pasar del monocultivo a la diversificación, una segunda tendencia se manifiesta en el paso de la centralización a la descentralización, y la tercera se expresa en la disminución de la importación de alimentos sobre las bases de una mayor autosuficiencia [Funes, 2012].

La progresiva aplicación de la agroecología en Cuba deviene garante para la sostenibilidad, soberanía y seguridad alimentarias, logrando:

- Mayor resiliencia frente a los embates climáticos que afectan la Isla (huracanes, sequías, inundaciones, etcétera).

- Restauración de los suelos degradados por el uso intensivo de agroquímicos.
- Alimentos sanos (ningún daño a la salud).
- Mayor productividad.
- Ahorro en divisas, insumos e inversiones [Machín, et al., 2010].

Sin duda, la paulatina implantación de este modelo sentará las bases para el perfeccionamiento agrícola que tanto necesitan el país y la humanidad.

Las fuentes renovables de energía

Cada día la humanidad comprende con mayor claridad que el actual sistema energético mundial, basado en el uso predominante de las fuentes fósiles y nucleares de energía, debe sustituirse por una cultura energética respetuosa del medio ambiente, que permita la consecución del desarrollo sostenible, entendido este como el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se asegura el crecimiento económico y social, con respeto pleno a la integridad étnica y cultural (local, nacional y regional), y el fortalecimiento de la participación democrática de la sociedad, en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, de modo que se satisfagan las necesidades de las generaciones actuales sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Este proceso es viable (sostenible) siempre que se asuman dos principios básicos: a) lo que se «recolecte» no debe sobrepasar la capacidad de regeneración, y b) el ritmo de emisión de «residuos» debe ser menor o igual al ritmo de asimilación de los ecosistemas [Montesinos y Vázquez, 2010].

A diferencia de los combustibles fósiles (carbón, petróleo) y nucleares (uranio), las fuentes renovables de energía son aquellas cuya disponibilidad se asegura en el tiempo según períodos fijos o variables, y en cantidades no necesariamente constantes; es decir, se renuevan continuamente de manera natural y se originan a partir de la energía del Sol. Nunca se agotan mientras exista el Sol, y entre ellas se encuentran las siguientes: solar pasiva y térmica (calentadores y secadores solares, centrales termoeléctricas solares, equipos que utilizan el gradiente termooceánico, arquitectura bioclimática), solar fotovoltaica (módulos y sistemas fotovoltaicos), viento (aerogeneradores, molinos de viento), agua (centrales hidroeléctricas, arietes hidráulicos, sistemas de abasto por gravedad) y biomasa (cogeneración con producción de electricidad y calor, plantas de biogás). Estas fuentes no generan desequilibrio ambiental, en tanto revierten las causas del efecto invernadero, de las lluvias ácidas y de las contaminaciones por radiactividad. Su distribución y disponibilidad en todo el planeta facilitan la necesaria democratización del acceso a la energía,

además de no propiciar la conexión civil-militar inherente al petróleo y los combustibles nucleares [Montesinos y Vázquez, 2010].

El modelo energético actual se caracteriza por lo siguiente:

- Basado en los combustibles fósiles y la energía nuclear (no renovables).
- Especulación financiera.
- Fortalece la concentración del capital (del poder).
- Freno de los procesos democráticos y descentralizados.
- Desestimación de las fuentes renovables de energía.

Por otra parte, los nexos entre los modelos alimentario y energético vigentes son:

- La industria agroalimentaria es alta consumidora de energía.
- Incremento del uso de los biocombustibles.
- Especulación financiera.
- Desestimación de lo «alternativo».
- Necesidad de satisfacer las demandas de una población mundial creciente y cada vez más urbanizada.
- Crisis del sistema que los soporta.

Todo ello corrobora que los modelos energético y alimentario están signados por el patrón de consumo capitalista y las crisis financieras que genera el sistema, por lo que se requieren profundas transformaciones.

En Cuba la aplicación y desarrollo de las fuentes renovables de energía encuentran en la actualidad un escenario favorable, expresado en:

- El Lineamiento 247, que plantea «Potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, fundamentalmente la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico» [Lineamientos..., 2011: 32]. Ello evidencia el reconocimiento del Estado sobre la pertinencia de las FRE.
- Condiciones ambientales favorables por la alta incidencia de la energía solar en todo el territorio nacional.
- Crecientes acciones de las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y la sociedad civil para la protección y sostenibilidad ambientales.
- Inicio de acciones para el establecimiento de marcos regulatorios para las FRE.

- Existencia de entidades gubernamentales con la misión de desarrollar las FRE (Ministerio de Energía y Minas, CUBAENERGÍA) y no gubernamentales como CUBASOLAR.
- Presencia de instituciones científicas, ambientalistas y educacionales que asumen a las energías renovables dentro de su objeto de estudio o trabajo (CIES, CITA, CETER, IMRE, CEMA, CEDEL, CATEDES, CES, CIEC, Aumatex, universidades pedagógicas...).
- Reconocimiento internacional a Cuba como promotora de las energías renovables.
- Alto nivel científico del capital humano.
- Experiencias cubanas en la electrificación rural en lugares aislados e instalaciones de biogás.
- Abaratamiento progresivo de la energía fotovoltaica a escala mundial.
- Creciente competitividad de la energía eólica.
- Encarecimiento de los precios de los combustibles fósiles.
- Consecuencias nefastas del cambio climático y necesidad salvaguardar el planeta para las generaciones actuales y futuras.

CUBASOLAR y su misión en la seguridad y soberanía alimentarias

La Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR) ha desarrollado numerosas acciones para contribuir al fomento y desarrollo de una mentalidad que asuma la promoción y progresiva aplicación de las energías renovables en la producción de alimentos en Cuba. Para ello se basa en su proyección estratégica y en el cumplimiento del lineamiento 247. Para el logro de este objetivo ha proyectado su accionar en diversos campos, que comprenden los ámbitos de la comunicación, proyectos demostrativos, realización de encuentros nacionales e internacionales y el seguimiento de estudios de caso. Dada la visión holística que asume la organización, la seguridad alimentaria ha estado presente en su misión de trabajo.

Al respecto se presentan los ámbitos de intervención siguientes:

1. Comunicación y cultura energéticas

La comunicación y la cultura energéticas constituyen una función estratégica de CUBASOLAR, y tienen como objetivo la promoción de las FRE y el respeto ambiental, mediante la aplicación de estrategias comunicacionales y educativas que permitan alcanzar una mayor conciencia social sobre la importancia de sustituir el modelo energético convencional por otro sostenible, y lograr el empoderamiento de una cultura solar como alternativa para la preservación de los recursos naturales y la salud planetaria. Es, además, un proceso transversal y multidisciplinario presente en todas las acciones que desempeñan investigadores, científicos,

educadores, comunicadores, actores locales, líderes comunitarios, entre otros múltiples intervinientes, vinculados al desarrollo de las FRE [Montesinos y Vázquez, 2012].

En este campo ha realizado acciones como:

- Publicaciones periódicas como la revista *Energía y tú*, y la revista electrónica científica *Eco Solar*. En el caso de *Energía y tú*, se presentan las secciones de *Educación alimentaria* y *Permacultura familiar*, así como diversos artículos sobre agroecología y el uso de agrocombustibles. La aplicación de la tecnología del biogás en la producción de alimentos, y el empleo de la energía eólica y las tecnologías apropiadas, han sido temáticas permanentes en sus páginas.
- El proyecto de «Comunicación y cultura energéticas». Iniciado en 2010, y liderado por CUBASOLAR, en colaboración con el Imperial College de Londres y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), tuvo como objetivo contribuir al fortalecimiento de la cultura ambiental, energética y alimentaria de la población cubana, mediante acciones de capacitación, promoción y gestión del conocimiento encaminadas a mejorar la comunicación de los efectos de proyectos en estos ámbitos desarrollados en diferentes regiones del país, además de la validación de una metodología de trabajo que pueda ser utilizada en otros países, especialmente latinoamericanos y caribeños. Entre sus objetivos principales se incorporó el tema alimentario y la identificación de buenas prácticas.

2. Proyectos de colaboración internacional

Las proyecciones de CUBASOLAR en el campo de la aplicación de proyectos demostrativos han estado encaminadas a potenciar el uso de las FRE, y su vínculo con el fortalecimiento de la infraestructura para la producción de alimentos. Desde sus inicios la actividad de esta organización ha contemplado la sostenibilidad alimentaria. Ello se evidencia mediante una notable experiencia en el terreno del biogás, instalación de molinos de vientos para el bombeo de agua, arietes hidráulicos, secadores y calentadores solares, veraneros, etc. Numerosos proyectos de colaboración han sido liderados por CUBASOLAR y sus delegaciones provinciales para favorecer el desarrollo local, con inclusión de la energética solar. Se reconoce el apoyo y acompañamiento de CUBASOLAR en procesos de investigación e innovación tecnológicas.

En 2013 se prevé el desarrollo de un proyecto de agricultura urbana, enclavado en la CCS Gabriel Valiente de La Habana del Este, que

incorpora de forma directa a la agricultura entre sus objetivos fundamentales, lo que demuestra la pertinencia de esta integración.

3. Eventos nacionales e internacionales

CUBASOLAR celebra de forma bienal talleres internacionales, que en sus ediciones de 2008, 2010 y 2012 incluyeron la temática de «Seguridad alimentaria y FRE». Delegados nacionales y de diversos países han expuesto sus experiencias y prácticas en este campo, mediante paneles de discusión y la toma de acuerdos.

Otros talleres también han abordado esta temática, como los eventos desarrollados en Universidad 2012; Simposio de Educación Ambiental GEA, auspiciado por la UCP Enrique José Varona; talleres del uso del biogás; junto a intervenciones en países como Venezuela, Italia y Ecuador.

4. Estudios de caso

Alto de Aguacate: Se realizó una intervención comunitaria en esta comunidad perteneciente al municipio de Media Luna, provincia de Granma, donde mediante la observación participante se dio seguimiento al proceso de instalación de tecnologías de las FRE para la electrificación de las viviendas con sistemas fotovoltaicos, la construcción de un acueducto comunitario con bombeo solar y la instalación de fogones eficientes de biomasa para la cocción de alimentos.

Finca del Medio: En este lugar, situado en el municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus, se monitoreó un proceso dirigido a la producción de alimentos en ciclo cerrado, con uso mayoritario de fuentes renovables de energía en todos los procesos productivos y de la vida familiar. En esta finca que asume los fundamentos de la Permacultura, se dispone de un biogás, de arietes hidráulicos, molinos de viento, refrigeración de alimentos con biogás, bomba vaquera, y no se utilizan los combustibles fósiles para las labores agrícolas.

Parcelas solares: Iniciado en junio de 2013 como un proyecto vinculado a Slow Food Internacional, agrupa a diversas fincas en el ámbito nacional, las cuales incorporan las fuentes renovables de energía en el proceso de producción de alimentos.

Posibles soluciones

La integración de la seguridad y soberanía alimentarias y las fuentes renovables de energía constituye un proceso en el que intervienen múltiples dimensiones, por ello de manera global se consideran las soluciones siguientes:

- Desarrollar un modelo de agricultura sustentable, con proyectos agroecológicos que sean social, económica y ambientalmente justos;

con sistemas de producción que protejan la salud del planeta y sus ecosistemas, con vistas a lograr un desarrollo humano integral en las zonas rurales.

- Promover el enfoque de género: igualdad en el acceso y titularidad de tierras en la mujer y el hombre.
- Promover un consumo responsable, donde el valor nutricional del alimento, el gasto energético para su producción y el daño ambiental sean los principales elementos de juicio o de valor, y no la propaganda comercial.
- Preservar las culturas autóctonas. Consumo de productos locales.
- Aplicar políticas de educación agroalimentaria y energética, como vía para transformar la realidad actual.
- Sustituir el modelo energético convencional, basado en los combustibles fósiles, por un nuevo modelo que privilegie el uso de las fuentes renovables de energía.

La gran relevancia de esta problemática nos convoca a la búsqueda y aplicación de políticas eficaces que persigan un nuevo paradigma de desarrollo humano.

Conclusiones

- Las fuentes renovables de energía y la seguridad y soberanía alimentarias apuestan por objetivos comunes, vinculados al logro de una verdadera democracia e independencia energética y alimentaria.
- Cuba presenta condiciones favorables para el fortalecimiento y el logro de una cultura agroalimentaria, que incorpore los presupuestos de la aplicación de las fuentes renovables de energía para lograr la consecución del desarrollo sostenible.
- CUBASOLAR continúa desarrollando su misión para la promoción de las fuentes renovables de energía, basada en la necesidad del pueblo cubano de alcanzar la satisfacción de sus necesidades materiales y espirituales, junto a la preservación de su entorno, seguridad e identidad nacionales.

Bibliografía

ALTIERI, MIGUEL (2009). «La paradoja de la agricultura cubana: Reflexiones agroecológicas basadas en una visita reciente a Cuba». Universidad de California, Berkeley, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología, 2009. Publicado en <http://www.landaction.org/>
Boletín Economía solidaria. Consultado en www.ecosolrío.org/boletinesesor/BOLETIN_3,2012.

- CASIMIRO RODRÍGUEZ, LEIDY (2012). «Una finca funcional, punto de partida para altos propósitos ecológicos agropecuarios». Tesis de grado. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 2012.
- COHN, AVERY, JONATHAN COOK, MARGARITA FERNÁNDEZ, REBECCA REIDER Y CORRINA STEWARD (2006). *Agroecología y la lucha para la soberanía alimentaria en las Américas*. Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo (IIED), la Escuela de Estudios Forestales y Ambientales de Yale (Yale F&ES) y la Comisión sobre Política Ambiental, Económica y Social (CEESP) de la UICN, 2006.
- CRUZ, MARÍA CARIDAD, ROBERTO SÁNCHEZ MEDINA Y CARMEN LÓPEZ CABRERA (2006). *Permacultura criolla*. La Habana: Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, 2006
- FERRIOL MURUAGA, ÁNGELA. «La seguridad alimentaria en Cuba». Revista Cuba: Investigación económica, s/a.
- FIGUEROA, VILDA; OLIMPIA CARRILLO Y JOSÉ LAMA (2005).. *¿Cómo alimentarnos mejor?* La Habana: Proyecto Comunitario Conservación de Alimentos, 2005.
- FUNES-MONZOTE, FERNANDO R. (2009). *Agricultura con futuro*. Matanzas: Estación Experimental «Indio Hatuey», 2009.
- FUNES-MONZOTE, FERNANDO R. (2012). «20 años en defensa de la agroecología en Cuba: potencialidades y obstáculos». Publicado en www.bimestrecubana.cult.cu/ojs/index.php/.../article/.../73.2012.
- GRANDE COVIÁN, FRANCISCO (2000). *La alimentación y la vida*. Madrid: 2000.
- Hammer, Karl; Miguel Esquivel y Helmut Knüpffer (1992). *Origin, Evolution and Diversity of Cuban Plant Genetic Resources*. V. 2, Germany: 1992.
- HUMBOLDT, ALEJANDRO DE (1965). *Cuadro estadístico de la Isla de Cuba. 1825-1829*. La Habana: 1965.
- Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos (INHA) (1994). Plan Nacional de Acción para la Nutrición. La Habana: 1994.
- (1996). Recomendaciones nutricionales y Guías de Alimentación para la Población Cubana. La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1996.
- (2007). *Experiencias de un programa participativo de educación nutricional en adolescentes de 12 a 15 años*. La Habana: 2007.
- (2008). Programa Integral de Cultura Alimentaria y Obesidad. La Habana: mayo, 2008.
- LEIVA SÁNCHEZ, ÁNGELA (2003). *La experiencia cubana en el uso de la diversidad vegetal como fuente de alimento*. La Habana: Jardín Botánico Nacional, 2003.
- Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana:2011.
- MACHÍN SOSA, BRAULIO, ADILÉN MARÍA ROQUE JAIME, DANA ROCÍO ÁVILA LOZANO Y PETER MICHAEL ROSSET (2010). *Revolución agroecológica: El*

Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. La Habana: 2010.

MARRERO, LEVI (1971). *Cuba: Economía y Sociedad*. Madrid: Ed. Player. S.A., 1971.

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, OSVALDO (2007). *La compleja muerte del neoliberalismo*. La Habana: Ed. Ciencias Sociales, 2007.

MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO (2006). *Hacia la cultura solar*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2006. 176 pp. ISBN 959-7113-30-9.

MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO Y MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ (2012). «Metodología para la comunicación y la cultura energéticas». La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2012.

MOTAVALLI, JIM. «La opción vegetariana», *Integral*, (269): 36-41, mayo, 2002.

NOVA GONZÁLEZ, ARMANDO (2003). «Situación de la alimentación en el mundo y en Cuba», *Economía y Desarrollo*, XXXIII, 132, (1): 142, 2003.

NÚÑEZ JOVER, JORGE (2003). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*. La Habana: Ed. Félix Varela, 2003. 248 pp. ISBN 959-258-274-2.

ORTIZ, FERNANDO (1956). «La cocina afrocubana», en *¿Gusta Usted? Prontuario culinario y necesario*. La Habana: 1956. pp. 671-678.

Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe, FAO, 2009. Consultado en <http://www.fao.org>, en 2010.

PNUD (2008). *Informe sobre Desarrollo Humano 2003*. Madrid: Ediciones Mundi, Facultad de Psicología, Universidad de La Habana, 2008.

RAMÍREZ CORRÍA, FILIBERTO (1963). *La cultura condumial de los aborígenes cubanos*. Separata de la revista *Universidad de La Habana*, (160): mar.-abr., 1963.

ROSET, PETER MICHAEL (2007). «Mirando hacia el futuro: La Reforma Agraria y la Soberanía Alimentaria», en *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, no. 26, 2007.

Seguridad alimentaria (2012). Consultado en http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_alimentaria, 2012.

Soberanía alimentaria (2012). Consultado en http://es.wikipedia.org/wiki/Soberan%C3%ADa_alimentaria, 2012.

SUDAH, YEHUDA E IVETTE GARCÍA GONZÁLEZ (2008). «Falsa nación taína. Construcción de la identidad baracoense. Cuba es de nosotros». <http://www.isri.cu/Paginas-/Investigaciones/Investigaciones/Investigaciones41.htm>. Consultado en el 2008.

TURRINI, ENRICO; ALEJANDRO MONTESINOS LARROSA, AMADO CALZADILLA FIGUERAS, et al (2010). *Solarización territorial*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2010. 176 P. ISBN 978-959-7113-39-3.

VÁZQUEZ GÁLVEZ, MADELAINE (2010). «Programa de formación de profesores en cultura alimentaria para la Cátedra Universitaria del Adulto Mayor».

Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias de la Educación Superior. La Habana: Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior (CEPES), Universidad de La Habana, 2010.

VÁZQUEZ GÁLVEZ, MADELAINE Y ALEJANDRO MONTESINOS LARROSA (2007). «Alimentación, energía y sostenibilidad», en *Energía y tú* (39): jul.-sep., 2007.

VÁZQUEZ PÉREZ, ANTONIO; MARÍA RODRÍGUEZ GÁMEZ, MIGUEL CASTRO FERNÁNDEZ, JORGE ISAAC PINOS Y LAURA MONTESINOS ZAYAS-BAZÁN (2010). «Promoción de un marco jurídico superior, que favorezca la introducción de las fuentes renovables de energía en el planeamiento energético», en *Eco Solar*, (35): ene.-mar., 2011. Publicado en www.cubasolar.cu

VESA FIGUERAS, MARTA (1990). «Cocina, identidad cultural y turismo». Ponencia presentada en el Taller Preparatorio de IX Congreso de la AMFORT, Villa Clara, 1990.

EcoSol Energía: 18 años de experiencias en la aplicación de las fuentes renovables de energía en Cuba y en el exterior

EcoSol Energía: 18 years of experience in the application of renewable energy sources in Cuba and abroad

Por M.Sc. Andrés García de La Cruz,
Ing. Andrés Galbizu Lugones** e Ing. Omar Núñez Cosme***

** Gerente General de EcoSol Energía, Cuba.*

*** Especialistas Técnico-Comercial, EcoSol Energía, Cuba.*

e-mail:andres@energia.copextel.com.cu

Resumen

Esta ponencia muestra la experiencia alcanzada durante 18 años por la División Comercial EcoSol Energía en el campo de las fuentes renovables de energía, sus aplicaciones, tipos y diseños de proyectos, suministros e instalación en Cuba y en otros países. Para la ejecución eficiente de un proyecto es necesario, en primer lugar, la organización funcional de la institución desde los puntos de vista comercial y técnico; EcoSol Energía, como toda empresa, tiene creada una estructura comercial que permite la ejecución de los proyectos «llave en mano». En el presente trabajo se explica y grafica la estructura y funcionalidad de EcoSol Energía, y los tipos de proyectos que diseña y ejecuta, así como los levantamientos o diagnósticos que realiza para determinar en cada sitio qué tipo de proyecto de fuentes renovables de energía es aplicable, acorde con los objetivos o finalidad que debe cumplir. Forma parte también de este trabajo, la muestra en números y a través de gráficas, de los proyectos realizados que avalan la experiencia obtenida, y tratan aspectos necesarios para favorecer el incremento de estos tipos de proyectos para Cuba y otros países, así como sus perspectivas para el 2013; evidenciando el papel que la entidad desempeña en el suministro de las partes y piezas para la ejecución del mantenimiento a los sistemas, mediante su red territorial nacional corporativa. A partir del 2001, EcoSol Energía dio sus primeros pasos en la exportación de proyectos de instalación y suministros vinculados a los sistemas que utilizan las fuentes renovables de energía, dentro del marco de la colaboración y en instalaciones relativamente pequeñas, que sirvieron para abrir las puertas a las exportaciones de proyectos «llave en mano» hacia el mercado de la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América (ALBA) y otros mercados, en lo cual se describen en este trabajo, las experiencias alcanzadas.

Palabras clave: Proyectos «Llave en mano», EcoSol Energía, fuentes renovables de energía

Abstract

This paper describes the experiences obtained during 18 years by the Commercial Division EcoSol Energía in the field of renewable energy sources, their applications, projects design, supplies and installation in Cuba and other countries. For the efficient implementation of a project, it is necessary in the first place, the efficient organization of the institution from the commercial and technical points of view. EcoSol Energía, as any company, has created a commercial structure that allows the implementation of "turnkey" projects. This paper explains and graphs the structure and functionality of EcoSol Energía, and the types of projects it designs and accomplishes, as well as the surveys or diagnoses it carries out to determine in each site what type of project of renewable energy sources is applicable, according to the objectives or purpose that must be met. We present, using numbers and graphics, a sample of the projects carried out that guarantee the experience obtained, and deal with necessary aspects to favor the increase of these types of projects for Cuba and other countries, as well as their perspectives for 2013 demonstrating the role the entity plays in supplying parts and pieces for the maintenance of systems, through its national corporate territorial network. Starting in 2001, EcoSol Energía took its first steps in the export of installation projects and supplies linked to systems that use renewable energy sources, within the framework of collaboration and in relatively small facilities, which served to open the doors to exports of "turnkey" projects to the market of the Bolivarian Alliance for the Peoples of Our America (ALBA) and other markets, in which the experiences are described in this paper.

Keywords: "Turnkey" projects, EcoSol Energy, renewable energy sources

1. Introducción

En nuestros días, el empleo de las fuentes renovables de energía se ha convertido en una necesidad más que en un lujo. Su utilización, además de ofrecer soluciones sostenibles desde el punto de vista medioambiental, permite aplicaciones afables con el entorno. En muchos casos, debido a la situación geográfica del lugar donde se instalan, constituye una solución económica y viable. Las características y ubicación de nuestro país brindan potencialidades para el desarrollo de la energía solar, lo cual se ha demostrado a lo largo de los años. Por esto, su uso se expande en el territorio nacional mediante diferentes aplicaciones que han permitido, fundamentalmente, la electrificación de zonas rurales y de difícil acceso (aisladas del Sistema Electroenergético Nacional), y el tratamiento, bombeo y calentamiento de agua. La División EcoSol Energía de la Corporación Copextel, ha continuado ejecutando proyectos, tanto en Cuba como en el exterior, que brindan soluciones energéticas integrales mediante el

suministro y montaje de tecnologías destinadas a ese fin, a los cuales ha sumado los sistemas conectados a red, lo que acrecienta las perspectivas para Cuba y los países del ALBA.

Este trabajo tiene por objetivo mostrar las experiencias de trabajo de EcoSol Energía durante más de 18 años en el desarrollo de proyectos «llave en mano», diseño, suministro, instalación, puesta en marcha, explotación y mantenimiento de sistemas que utilizan las fuentes renovables de energía en sus diferentes formas de aplicaciones y soluciones técnicas, para Cuba y otros países, fundamentalmente la gama de proyectos que se desarrollan en la actualidad dentro de la colaboración con la República Bolivariana de Venezuela y otros países del ALBA.

Mediante muestra gráfica se reflejan los proyectos ejecutados atendiendo a tipos de soluciones prácticas y tecnologías utilizadas, tanto en Cuba como en el extranjero; el trabajo también expone en forma de tablas estadísticas el volumen de instalaciones realizadas por EcoSol Energía, diferenciándolas por tipo de proyecto y beneficiario en el caso de las instalaciones nacionales, y por aplicaciones de proyectos ejecutados y en ejecución, en el caso de los desarrollados en el exterior.

2. Caracterización de la organización

Copextel S.A. es una empresa cubana de capital cubano, que comienza sus operaciones a finales de 1991, prestando servicios de asistencia técnica a equipos de computación, gastronomía hotelera y electrodomésticos.

En la actualidad, dispone de una amplia y muy diversificada red de distribución y asistencia técnica que abarca todo el territorio nacional. Su principal ventaja competitiva consiste en la capacidad de ofrecer Soluciones Integrales de productos y servicios para una variada gama de esferas.

EcoSol Energía es una División Comercial importadora, exportadora y comercializadora de productos y servicios, adscrita a la Corporación Copextel S.A., perteneciente al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones; especializada en la instalación de tecnologías energéticas que aprovechen de una forma sustentable las diferentes manifestaciones de las fuentes renovables de energía, para contribuir al desarrollo de infraestructuras eficientes y un uso más racional de los recursos.

2.1. Su misión

Somos una empresa de ingeniería que brinda soluciones energéticas integrales a clientes en zonas urbanas, rurales y remotas de difícil acceso, aisladas sin servicios de electricidad, tanto en Cuba como en el exterior, a

partir de estudios, diagnósticos y soluciones de ahorro, eficiencia energética y sistemas ingenieriles, que utilizan las fuentes renovables de energía y ofreciendo paquetes «llave en mano», con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes y contribuir al desarrollo sostenido y sustentable de la sociedad, dando respuesta acorde al desarrollo tecnológico mundial con un alto grado de profesionalidad y compromiso de nuestros trabajadores, caracterizados por sus elevados valores éticos, morales y revolucionarios.

2.2. Su visión al 2013

Somos una entidad fortalecida en cuanto a organización, preparación y utilización de su capital humano, con una cultura orientada al cliente y un alto nivel de integración en los servicios y soluciones energéticas que brindamos; que garantiza la protección del medio ambiente, la calidad y eficiencia en nuestro desempeño.

2.3. Productos y servicios

EcoSol Energía es una de las empresas más reconocidas en Cuba, especializada en soluciones energéticas sustentables ambientalmente, a partir de la aplicación de productos y tecnologías dirigida a la eficiencia energética y de la energía solar en sus diferentes manifestaciones: fotovoltaica, térmica, eólica, hidráulica y biomasa, que contribuyen al desarrollo de infraestructuras eficientes en Cuba y en el exterior a través de diagnósticos y asesorías energéticas, utilizando para ello la cogeneración, la física ambiental, la optimización y el uso más racional de los recursos energéticos. Vale precisar, que la eficiencia energética significa elevar o mantener los niveles de producción o servicios con buena calidad y confort, con menos consumos de portadores energéticos o materia prima. Comercializa equipos y sistemas de iluminación, producción de agua caliente, refrigeración y climatización eficientes, ofrece servicios de soluciones energéticas en la modalidad «llave en mano». Esta ha sido la principal estrategia de desarrollo de la empresa, con una experiencia avalada por los más de 9 000 sistemas fotovoltaicos instalados en todo el territorio nacional, que representan una capacidad en potencia de alrededor de 3 000 kWp; ello ha favorecido la solución de diversos problemas energéticos en toda la geografía cubana.

Oferta y brinda, además, cursos y entrenamiento en todas las materias y alternativas energéticas mencionadas, incluyendo el adiestramiento de personal técnico y obreros calificados para el montaje y la reparación de los sistemas que se comercializan, y/o instalan, dentro y fuera del territorio nacional.

Compañía dinámica e innovadora, con solidez económica y financiera, con un personal especializado, comprometido, motivado y con alto sentido de pertenencia a la organización, orientado a satisfacer a los clientes. Distinguida por la excelencia y competitividad de las soluciones integrales que se brindan, la empresa fue certificada en el 2003 en la norma ISO 9001 del 2000, obteniendo la re-certificación en el 2006 por el Lloyd's Register Quality Assurance (LRQA) de Londres, y la Oficina Nacional de Normalización de Cuba.

2.4. Estructura técnica funcional

Para la ejecución eficiente de un proyecto es necesario, primero que todo, que la organización funcional de la institución apunte en una misma dirección, especialmente la parte técnica y comercial, para que pueda identificar una oportunidad de proyecto, clasificarla según el tipo de proyecto y evaluar su factibilidad, para, posteriormente, diseñarlo a la medida, planificando y ejecutando las tareas de suministro, montaje, puesta en marcha, explotación y mantenimiento que lo complementan. La División EcoSol Energía, como toda entidad comercial, ha creado la estructura necesaria para la ejecución de proyectos «llave en mano».

A continuación se muestra en forma de grafico la estructura técnica y funcional de EcoSol Energía (Fig. 1).

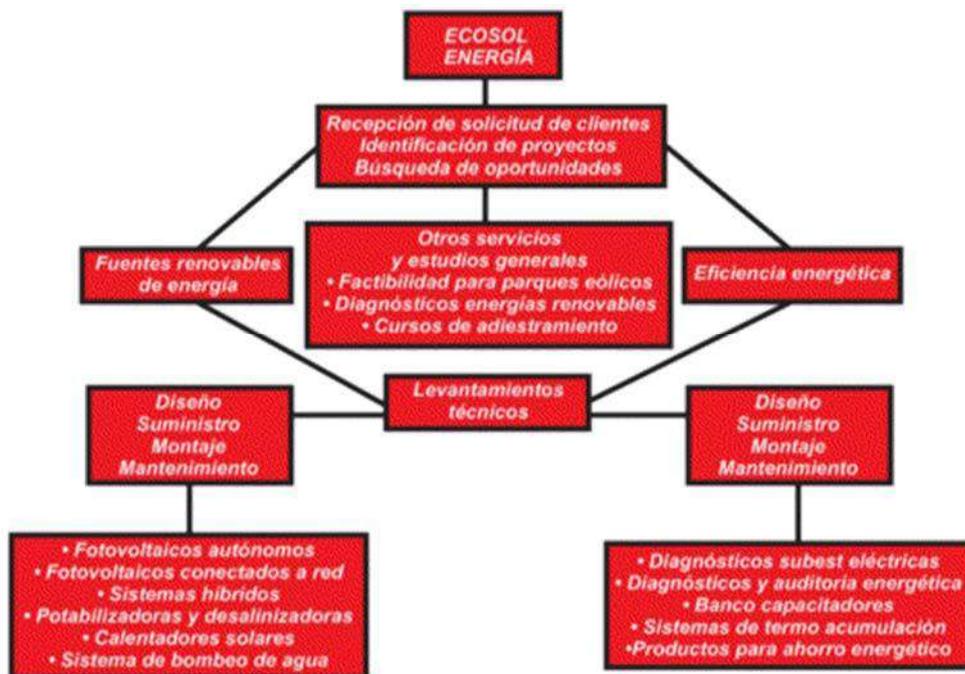


Fig. 1. Estructura técnica y funcional de EcoSol Energía.

3. Tipos de proyectos con fuentes renovables de energía que realiza EcoSol Energía

EcoSol Energía realiza levantamientos o diagnósticos para determinar en cada sitio qué tipo de proyecto de fuente renovable de energía es aplicable, acorde a los objetivos a cumplir con el proyecto.

- Factibilidad de uso de las distintas fuentes renovables de energía.
- Alcance y dimensión del posible proyecto.
- Factibilidad técnica de diseño.
- Factibilidad económica y social realización.

Partiendo de estos resultados se realizan diferentes diseños de proyectos «llave en mano». Los sistemas de suministro de energía para zonas rurales de difícil acceso aislados del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), en el caso de Cuba y de ese tipo de servicio en el país de que se trate, son diseñados acorde al posible uso de las fuentes renovables de energía; de aquí pueden surgir soluciones tales como: sistemas fotovoltaicos autónomos; sistemas híbridos (combinando diferentes fuentes como eólica-hídrica-solar fotovoltaica) e inclusive, acompañados de un pequeño grupo diésel como respaldo. También los sistemas de suministro de agua potable pueden desarrollarse con potabilizadoras o desalinizadoras de agua, usando como principal fuente la energía solar, aunque es factible también el uso de otras fuentes energéticas.

En resumen, EcoSol Energía diseña proyectos con fuentes renovables de energía para:

3.1. Sistemas solares fotovoltaicos autónomos

Consisten en la integración de varios componentes, cada uno de ellos con funciones específicas, a fin de que puedan suplir la demanda de energía impuesta por la carga, usando como único «combustible» la radiación proveniente del sol. Estos sistemas fotovoltaicos permiten alimentar viviendas, asentamientos humanos aislados, objetos sociales, puntos fronterizos, centros de salud, escuelas, salas de TV comunitaria, iluminación pública y de emergencia, entre otros (Fig. 2).

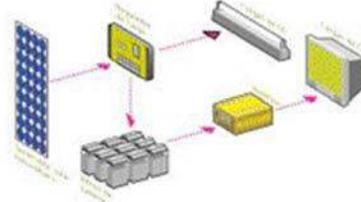


Fig. 2. Esquema de sistema solar fotovoltaico autónomo.

3.2. Sistemas fotovoltaicos para telecomunicaciones

Por su alto grado de fiabilidad y exigencia, requieren ser tratados de forma particular. Las diferencias fundamentales están asociadas al tipo de regulador de carga que utilizan, y al hecho de que, en la mayoría de los casos, los consumidores son alimentados en corriente directa (CD). Estos sistemas los podemos encontrar alimentando enlaces de microondas, telefonía móvil y fija, y repetidores de radio y TV, entre otros (Fig. 3).

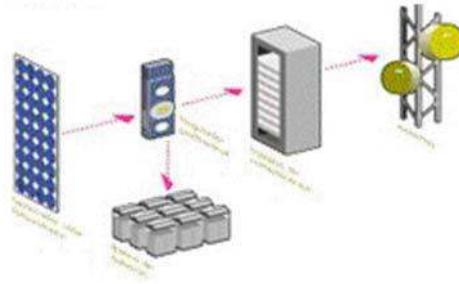


Fig. 3. Esquema de sistema solar fotovoltaico para telecomunicaciones.

3.3. Sistemas híbridos

Es la integración de dos o más fuentes de energía para garantizar el suministro de forma ininterrumpida a una instalación. Las combinaciones más frecuentes utilizan los recursos solares, eólicos o hidráulicos. Estas fuentes renovables de energía pueden acompañarse con otras fuentes no renovables, como la red eléctrica o los grupos electrógenos (Fig. 4).

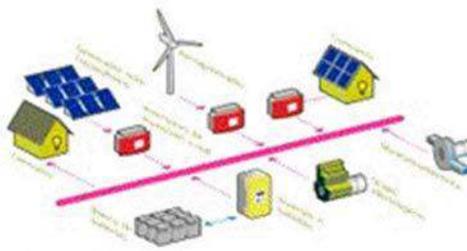


Fig. 4. Esquema de sistema híbrido.

3.4. Sistemas solares para el calentamiento de agua

Emplean el colector solar para convertir la radiación solar incidente en calor, para el calentamiento del agua. Existen, básicamente, dos formas para consumir el agua caliente:

- Circuito a lazo abierto: El agua calentada en el colector solar es consumida directamente por el usuario final.

- Circuito a lazo cerrado: En este caso existen dos circuitos: uno primario, donde el líquido portador de calor pasa a través del colector para ser calentado, y otro secundario, donde se encuentra el agua que se consume, la cual es calentada por conducción en el intercambiador del circuito primario (Fig. 5).

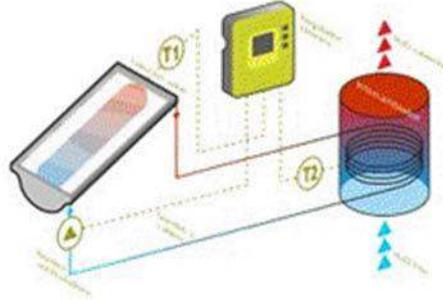


Fig. 5. Esquema de sistema solar para el calentamiento de agua.

3.5. Sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua

La escasez de agua es uno de los mayores problemas que existe en nuestro planeta. Su bombeo es necesario para numerosos propósitos, tales como la ganadería, el riego agrícola y el suministro a comunidades para uso doméstico, entre otros. El bombeo del agua con energía solar tiene un lugar preponderante entre las aplicaciones fotovoltaicas, pues presenta numerosas ventajas, entre las que se destacan: posibilidad de bombear sin necesidad de bancos de baterías (bombeo directo), una elevada correlación entre energía disponible y necesidad de agua, así como cero contaminación y bajos costos de mantenimiento (Fig. 6).

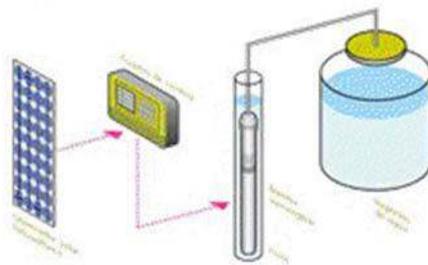


Fig. 6. Esquema de sistema fotovoltaico para bombeo de agua.

3.6. Sistemas fotovoltaicos para potabilización de agua

Consiste en la eliminación de todos los componentes dañinos para la salud humana: sólidos disueltos en suspensión, bacterias, virus y parásitos. Este proceso resulta muy eficaz si se utilizan técnicas de ultrafiltración a través de membranas, con lo que se disminuye el consumo de energía e impacto ambiental, y se evita el empleo de compuestos químicos agresivos (Fig. 7).

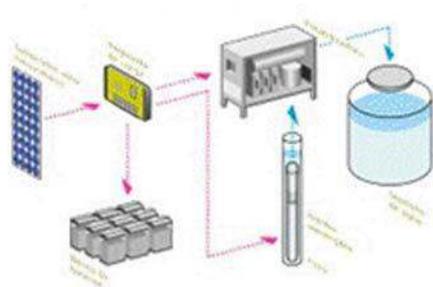


Fig. 7. Esquema de sistema fotovoltaico para potabilización de agua.

3.7. Sistemas fotovoltaicos para desalinización de agua

La posibilidad de consumir el agua salada mediante su desalinización, en todas aquellas regiones donde no abunda el agua dulce, o donde prevalece la cercanía del mar, es una solución de resultados inimaginables. Aunque 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, solo aproximadamente 3% de ella es agua dulce, por lo que resulta vital aprender a aprovechar 97% restante, de la que depende la supervivencia de nuestra especie en el futuro a vista (Fig. 8).

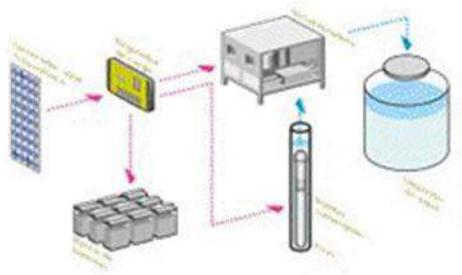


Fig. 8. Esquema de sistema fotovoltaico para desalinización de agua.

3.8. Sistemas fotovoltaicos para conexión a red

Un sistema fotovoltaico conectado a red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto de conexión a red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kWp de potencia instalada, hasta centrales de varios MWp. Estos sistemas presentan una serie de ventajas que los favorecen, pero la más importante es que al generarse en el mismo sitio donde se consume la energía, se eliminan las pérdidas por su transmisión y distribución (Fig. 9).

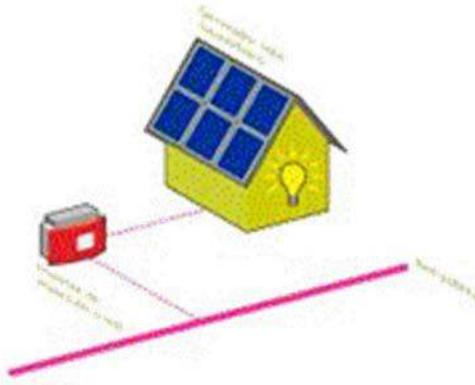


Fig. 9. Esquema de sistema fotovoltaico para conexión a red.

4. Proyectos nacionales

Desde 1994, EcoSol Energía ha desarrollado un grupo de soluciones con fuentes renovables de energía, y posteriormente ha llevado a cabo su instalación y puesta en marcha para brindar soluciones energéticas y tratamiento, así como bombeo y calentamiento de agua para diferentes programas que ha llevado a cabo el país como parte del esquema de la Revolución Energética.

Así surgieron, entre los años 1996 y 2000, programas tales como:

- Electrificación de consultorios médicos.
- Electrificación de escuelas rurales.
- Abastecimiento de agua caliente para círculos infantiles, escuelas, hogares de ancianos, hospitales y para la pequeña industria.
- Suministro de energía eléctrica para la enseñanza en zonas rurales.
- Suministro de energía eléctrica para círculos sociales comunitarios.

Posteriormente, con la introducción paulatina de estos tipos de proyectos de soluciones con fuentes renovables de energía, y tras demostrar su efectividad, se comenzó una etapa comercial con diferentes entidades nacionales, entre las que figuran:

- La Empresa Nacional para la Conservación de la Flora y La Fauna.
- El Ministerio del Interior (MININT), en el caso de electrificación de puestos de Guardafronteras en lugares aislados.
- La Empresa RADIOCUBA para las telecomunicaciones.
- El Ministerio de Educación para escuelas en zonas aisladas.
- El Ministerio del Turismo para el calentamiento de agua en sus instalaciones.

4.1. Cantidad de instalaciones realizadas en Cuba.

A continuación se muestra, en forma de tablas estadísticas, la información sobre refleja el volumen de instalaciones y las experiencias de trabajo que identifican a EcoSol Energía.



Fig. 10. Consultorio médico con sistema fotovoltaico autónomo.



Fig. 11. Consultorio médico con sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 1. Cantidad de instalaciones con sistemas fotovoltaicos autónomos en consultorios médicos.

| Consultorios con S.F.V. | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Cant. electrif | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Pinar del Río | 20 | 9,00 | 40,50 |
| Isla de la Juventud | 1 | 0,45 | 2,03 |
| Villa Clara | 2 | 0,90 | 4,05 |
| Cienfuegos | 4 | 1,80 | 8,10 |
| Sancti Spiritus | 4 | 1,80 | 8,10 |
| Ciego de Ávila | 2 | 0,90 | 4,05 |
| Camagüey | 9 | 4,05 | 18,23 |
| Las Tunas | 9 | 4,05 | 18,23 |
| Holguín | 95 | 42,75 | 211,61 |
| Granma | 110 | 49,80 | 246,51 |
| Santiago de Cuba | 123 | 55,35 | 273,98 |
| Guantánamo | 88 | 39,60 | 196,02 |
| Total | 467 | 210,45 | 1 031,40 |



Fig. 12. Escuela con sistema fotovoltaico autónomo.

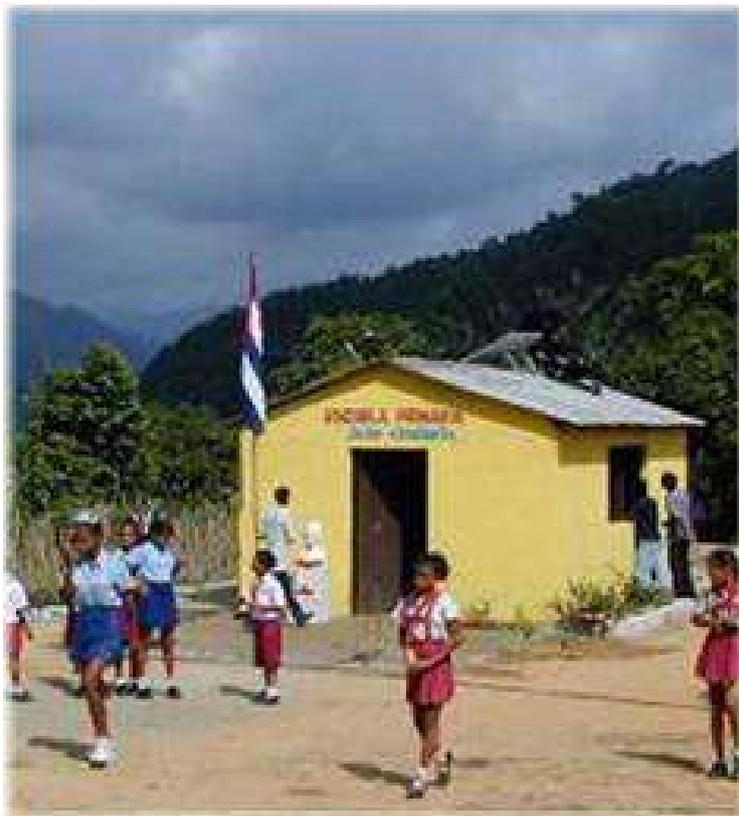


Fig. 13. Escuela con sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 2. Cantidad de sistemas fotovoltaicos instalados en escuelas

| Sistemas instalados en escuelas | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Pinar del Río | 334 | 55,11 | 248,00 |
| La Habana | 2 | 0,32 | 1,44 |
| Matanzas | 34 | 5,44 | 24,48 |
| Isla de la Juventud | 2 | 0,32 | 1,44 |
| Villa Clara | 299 | 47,84 | 215,28 |
| Cienfuegos | 73 | 11,68 | 52,56 |
| Sancti Spiritus | 102 | 16,32 | 73,44 |
| Ciego de Ávila | 58 | 9,28 | 41,76 |
| Camagüey | 138 | 22,08 | 99,36 |
| Las Tunas | 363 | 58,08 | 261,36 |
| Holguín | 937 | 149,92 | 742,10 |
| Granma | 1370 | 219,20 | 1 085,04 |
| Santiago de Cuba | 922 | 147,52 | 730,22 |
| Guantánamo | 909 | 145,44 | 719,93 |
| Total | 5 543 | 888,55 | 4 296,41 |



Fig. 14. Sala de televisión con sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 3. Cantidad de sistemas fotovoltaicos autónomos instalados en salas de televisión

| Sistemas instalados en salas de TV | | | |
|---|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Pinar del Río | 63 | 20,79 | 93,56 |
| Provincia Habana | 2 | 0,66 | 2,97 |
| Matanzas | 19 | 6,27 | 28,22 |
| Isla de la Juventud | 1 | 0,33 | 1,49 |
| Villa Clara | 84 | 27,72 | 124,74 |
| Cienfuegos | 23 | 7,59 | 34,16 |
| Santi Spíritus | 21 | 6,93 | 31,19 |

| | | | |
|------------------|-------|--------|----------|
| Ciego de Ávila | 19 | 6,27 | 28,22 |
| Camagüey | 46 | 15,18 | 68,31 |
| Las Tunas | 236 | 77,88 | 350,46 |
| Holguín | 448 | 147,84 | 731,81 |
| Granma | 447 | 147,51 | 730,17 |
| Santiago de Cuba | 308 | 101,64 | 503,12 |
| Guantánamo | 165 | 54,45 | 269,53 |
| Total | 1 882 | 621,06 | 2 997,92 |



Fig. 15. Vivienda electrificada con sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 4. Cantidad de sistemas fotovoltaicos autónomos instalados en viviendas

| Viviendas electrificadas con S.F.V. | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V, kWh/día |
| Pinar del Río | 204 | 38,75 | 174,38 |
| La Habana | 1 | 0,48 | 2,16 |
| Ciudad Habana | 2 | 0,40 | 1,80 |
| Matanzas | 31 | 7,75 | 34,88 |
| Cienfuegos | 80 | 20,00 | 90,00 |
| Camagüey | 16 | 2,72 | 12,24 |
| Las Tunas | 5 | 1,25 | 5,63 |
| Villa Clara | 12 | 1,80 | 8,10 |
| Granma | 136 | 38,74 | 174,33 |
| Guantánamo | 448 | 72,30 | 357,89 |
| Ciego de Ávila | 45 | 12,61 | 56,75 |
| Total | 980 | 196,80 | 918,14 |

Tabla 5. Cantidad de sistemas fotovoltaicos autónomos instalados en círculos sociales

| Círculos sociales | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, KWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Pinar del Río | 19 | 3,04 | 15,20 |
| Camagüey | 3 | 0,48 | 2,40 |
| Holguín | 62 | 9,92 | 49,60 |
| Granma | 18 | 2,88 | 14,40 |
| Santiago de Cuba | 4 | 0,64 | 3,20 |
| Guantánamo | 40 | 6,40 | 32,00 |
| Total | 146 | 23,36 | 116,80 |



Fig. 16. Instalación con sistema híbrido fotovoltaico-eólico.

Tabla 6. Cantidad de sistemas híbridos fotovoltaico-eólicos

| Sistemas híbridos | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Isla de la Juventud | 3 | 0,72 | 3,24 |
| Villa Clara | 2 | 2,50 | 11,25 |
| Camagüey | 12 | 6,61 | 29,75 |
| Guantánamo | 7 | 18,74 | 92,76 |
| Total | 24 | 28,57 | 137,00 |



Fig. 17. Sistemas de bombeo de agua.

Tabla 7. Cantidad de sistemas de bombeo de agua instalados

| Sistemas de bombeo | | | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Pinar del Río | 1 | 0,80 | 4,00 |
| Artemisa | 1 | 0,60 | 3,00 |
| Mayabeque | 1 | 0,60 | 3,00 |
| La Habana | 10 | 8,00 | 40,00 |
| Matanzas | 12 | 9,60 | 48,00 |
| Ciego de Ávila | 1 | 0,80 | 4,00 |
| Camagüey | 6 | 4,80 | 24,00 |
| Holguín | 2 | 1,60 | 8,00 |
| Las Tunas | 8 | 6,40 | 32,00 |
| Santiago de Cuba | 2 | 1,20 | 6,00 |
| Granma | 8 | 4,40 | 22,00 |
| Guantánamo | 11 | 8,80 | 44,00 |
| Total | 63 | 47,60 | 238,00 |

Tabla 8. Otras instalaciones realizadas

| Otras instalaciones | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Sistema | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Trasladores | 6 | 15,80 | 71,10 |

| | | | |
|------------------------|-----|--------|--------|
| Esc. Secundarias | 9 | 60,80 | 273,60 |
| Flora y Fauna | 82 | 23,95 | 107,78 |
| Comunicaciones | 11 | 2,89 | 13,01 |
| Centros Turísticos | 3 | 7,08 | 31,86 |
| Centros de Acopio | 9 | 3,68 | 16,56 |
| Guardabosques | 8 | 3,20 | 14,40 |
| Escuelas | 2 | 5,39 | 24,26 |
| Campamento de Pioneros | 1 | 1,40 | 6,30 |
| Expocuba | 1 | 1,02 | 4,59 |
| Pabellón Cuba | 1 | 0,15 | 0,68 |
| Pesca Habana | 6 | 9,02 | 40,59 |
| Geocuba | 1 | 6,00 | 27,00 |
| Campismo Popular | 2 | 2,40 | 10,80 |
| Comunidades | 6 | 14,04 | 63,18 |
| Inyección a Red | 3 | 12,20 | 54,90 |
| Total | 151 | 169,02 | 760,59 |



Figs. 18-23. Ejemplos de sistemas instalados.

5. Instalaciones nacionales 2010-2012

A continuación se reflejan los trabajos más recientes en el ámbito nacional que ha realizado EcoSol Energía, y que representan un salto en el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, así como nuevos tipos de proyectos con soluciones mediante fuentes renovables de energía.

La División EcoSol Energía ha instalado, tanto en la capital como en las restantes provincias mediante sus representantes, los sistemas fotovoltaicos que se plantean a continuación; en algunos casos, suministrando la tecnología a clientes como el MININT, MINFAR y la Empresa de Protección a la Flora y la Fauna, cuya experiencia adquirida les ha permitido a esas instituciones la formación de especialistas capaces de

ejecutar estas aplicaciones. Más de 70% de las instalaciones suministradas son sistemas con módulos fotovoltaicos de producción nacional.

5.1. Electrificación de 90 viviendas

Tabla 9. Cantidad de viviendas electrificadas

| Viviendas electrificadas | Municipio/Comunidad | Provincia | Potencia instalada, Wp |
|--------------------------|---------------------|------------------|------------------------|
| 3 | Imías | Guantánamo | 900 |
| 10 | Viñales | Pinar del Río | 2 000 |
| 45 | Guamá | Santiago de Cuba | 13 500 |
| 24 | Tunas | ANAP, Tunas | 4 320 |
| 4 | Bartolomé Masó | Granma | 960 |
| 4 | Comunidad El Mamey | Cienfuegos | 600 |
| Total | 90 | 6 | 22 280 |

5.2. Sistemas fotovoltaicos en objetivos aislados

Tabla 10. Cantidad de sistemas fotovoltaicos en objetivos aislados

| Objetivos electrificados | Objetivo | Ubicación | Potencia instalada, Wp |
|--------------------------|---|--|------------------------|
| 3 | Parques ecológicos | Centro Nacional de Áreas Protegidas | 1 350 |
| 9 | Parques ecológicos | Empresa Flora y Fauna | 2 660 |
| 1 | Centro de Acopio Pesquero | Empresa Nuevimar Camagüey | 1 200 |
| 1 | Huerto ecológico de referencia nacional | Finca Ecológica La Joya, San José, Mayabaque | 640 |

| | | | |
|-----------------|---|---------------------------|--------------|
| 1 | Dirección de Comunicaciones | MINFAR | 750 |
| 1 | Alumbrado y comunicaciones en patana de carga | Empresa Navegación Caribe | 300 |
| Total 16 | | 6 | 6 900 |

5.3. Sistemas de bombeo solar

Tabla 11. Cantidad de sistemas de bombeo solar

| Sistemas de bombeo | Objetivo | Ubicación | Potencia instalada, Wp |
|--------------------|---|--|------------------------|
| 1 | Huerto ecológico de referencia nacional | Finca ecológica La Joya, San José, Mayabeque | 750 |
| 3 | Abasto de agua para la población | Guantánamo | 2 250 |
| 1 | Abasto de agua para la población. Flora y Fauna | Bartolomé Masó, Granma | 600 |
| Total 5 | 3 | | 3 600 |



Fig. 24. Fotos de sistemas fotovoltaicos aislados y de bombeo solar en el huerto ecológico de referencia nacional Finca Ecológica La Joya, en San José, Mayabeque; la cual se destacó por la capacitación a estudiantes en ciencias agrícolas, donde ahora se incorporan conocimientos sobre las fuentes renovables de energía.

5.4. Sistemas de conexión a red

En 2008 EcoSol Energía instaló su primer sistema de conexión a red, de una capacidad de 4 kWp, en el municipio de Bartolomé Masó, provincia Granma.



Fig. 25. Instalación por EcoSol Energía de su primer sistema de conexión a red, municipio de Bartolomé Masó, provincia Granma.

En la dependencia de EcoSol Energía, sita en Avenida 17 y Calle 32, Playa, La Habana, está instalado un sistema de conexión a red que consta de 40 módulos fotovoltaicos de 150 Wp cada uno, dando en su totalidad una potencia instalada sobre la cubierta del área constructiva, de 6 000 Wp. Esta potencia es manejada de forma inteligente para su introducción a la red eléctrica por dos inversores de 3 300 W, Sunny Boy (SB3300), de tecnología alemana SMA. Estos dos inversores son controlados a su vez por el sistema de inversores Sunny Island 5048U, tratándose de dos inversores conectados en comunicación master/slave, con lo que se logra la conexión monofásica a dos fases, o *split fase*, además de estar encargados del trabajo de intercambio con el BUS de corriente directa, pudiendo usar la energía de baterías en caso de respaldo a la ausencia de la red, para fabricar una red aislada en corriente alterna que alimente las cargas eléctricas de la instalación.



Figs. 26-27. Instalación de módulos fotovoltaicos en EcoSol Energía.

Su ubicación en la capital y explotación con fines demostrativos, permite la capacitación práctica en esta tecnología y demuestra sus resultados en Cuba, ya que se monitorean en tiempo real una serie de parámetros eléctricos y meteorológicos, datos que mediante su interface de comunicación son recogidos y publicados de forma instantánea en la página Web: www.sunnyportal.com, permitiendo el acceso a ellos desde cualquier parte del mundo. Así, por ejemplo, podemos conocer: perfil de la instalación, energía y potencia, rendimiento, reporte diario, reporte mensual y valores de radiación, temperatura y velocidad del viento.

También se han instalados los sistemas de conexión a red siguientes:

- En la Maqueta de La Habana, con una capacidad de 2,88 kWp.
- Unidad de la PNR de la Avenida Acosta, municipio de 10 de Octubre, con una capacidad 22,62 kWp.
- Gases Industriales Camagüey, con una capacidad 2,7 kWp.
- Escuela Felipe Herrera, con capacidad de 2,9 kWp.

De igual manera, se ha brindado asesoría técnica en la instalación del sistema de conexión a red de 1 MWp, en Cantarrana.

6. Resumen de instalaciones en Cuba y energía generada

En resumen, en el período 2010-2012 se han instalado 492 sistemas con una potencia fotovoltaica de 91 010 Wp (91,01 kWp), lo que incrementa a 9 261 los sistemas instalados en Cuba, con una potencia de 2 221,31 kWp. La tabla 12 muestra el desglose por tipos de instalación de dichos sistemas.

Tabla 12. Resumen de instalaciones en Cuba y energía generada

| Sistemas instalados por EcoSol | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Tipo de instalación | Sistemas instalados | Potencia fotovoltaica, kWp | E. generada M.F.V., kWh/día |
| Escuelas | 5 543 | 888,55 | 4 294,97 |
| Salas de TV | 1 882 | 621,06 | 2 994,95 |
| Consultorios médicos | 467 | 209,25 | 1 025,46 |
| Viviendas | 980 | 196,80 | 918,14 |
| Círculos sociales | 146 | 23,36 | 116,80 |
| Híbridos | 24 | 28,57 | 137,00 |
| Bombeos | 63 | 47,6 | 238 |
| Otros | 151 | 169,02 | 845,10 |
| Conexión a red | 5 | 37,10 | 151,45 |
| Total | 9 261 | 2 221,31 | 10 721,86 |

Actualmente, por los sistemas suministrados e instalados por EcoSol Energía, se genera diariamente un promedio de 10,7 MWh/día con energía solar fotovoltaica, teniendo en cuenta un promedio de radiación solar de 5 kWh día/m².

En la gráfica siguiente se muestra de forma acumulativa la potencia fotovoltaica instalada en el país.

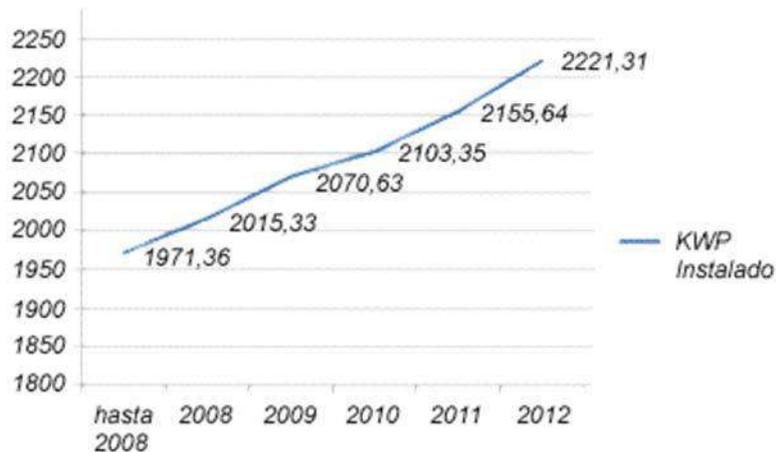


Fig. 28. Potencia fotovoltaica instalada en el país.

Se puede observar que la potencia fotovoltaica instalada en el país ha tenido un crecimiento sostenido, sin embargo, este no ha sido considerable pese a que Cuba cuenta con grandes potencialidades geográficas y tecnológicas (conocimiento).

7. Otras aplicaciones con las fuentes renovables de energía en Cuba

Las características y ubicación de nuestro país brindan potencialidades para el desarrollo de la energía solar térmica, lo cual se ha demostrado a lo largo de estos últimos años.

Por esto, su uso se expande en el territorio nacional mediante diferentes intervenciones de montaje de colectores solares, que han permitido fundamentalmente la sustitución de energía convencional para el calentamiento de agua para uso sanitario.

Durante 2012, EcoSol Energía ha continuado ejecutando proyectos, tanto en Cuba como en el exterior, que brindan soluciones mediante el suministro y montaje de tecnologías especializadas. Los calentadores que hoy comercializa, son del modelo COMPACTOS, marca MEGASUN, de origen griego, y la marca EcoSol V 250 L; basados en un diseño cubano y fabricado en Grecia. Las características técnico-comerciales fundamentales de estos equipos son las siguientes:

- Entregan 230 L/día a 45 °C, promedio anual en Cuba.
- Diseñados como calentador y acumulador, sus principios de funcionamiento son la concentración solar y el efecto invernadero.
- Su vida útil no está limitada por las incrustaciones calcáreas.
- Fácil de insertar en cualquier sistema.

- Este colector compacto que integra en un solo equipo el captador y el acumulador, permite hacer instalaciones sencillas y seguras, no presentando problemas de incrustaciones.
- Las herramientas y el personal del montaje, corren a la cuenta de Copextel S.A.
- Los servicios de garantía y posventa corren a cargo de Copextel S.A.



Figs. 29-30. Fotos de calentadores solares.

Tabla 13. Resumen en números de calentadores instalados en Cuba por EcoSol Energía

| Nombre | Fotos | Cantidad |
|----------------------------------|---|-----------------|
| Calentador Compacto Soleico 160 |  | 1 317 |
| Calentador Compacto EcoSol V-130 | Foto no disponible | 100 |
| Calentador Compacto EcoSol 160 |  | 735 |
| Calentador Compacto EcoSol 250L |  | 165 |

| | | |
|---------------------------------------|---|--------------|
| Calentador Solar Compacto Megasun |  | 2 356 |
| Calentador Solar Compacto Kivisol 160 |  | 160 |
| Calentador Tubos al Vacío 90 L |  | 349 |
| Calentador Tubos al Vacío 200 L |  | 322 |
| Total | | 5 504 |

8. Mantenimiento

Además de las nuevas inversiones trabajadas, EcoSol Energía, a través de los centros de servicios técnicos integrales y la red de Copextel en las provincias, se encarga del suministro de las partes y piezas para la ejecución de los mantenimientos a los sistemas fotovoltaicos instalados de los diversos programas del país. En el período 2010-2012 fueron suministrados al programa audiovisual (PAV) los recursos siguientes como reposición en sistemas de escuelas, consultorios y salas de televisión.

- 8 583 baterías
- 2 355 inversores
- 411 reguladores
- Kit eléctrico (cable, terminales, tornillería)

Con estos suministros y el mantenimiento de nuestra red territorial a estos sistemas, apoyado por una política estatal de financiación, han perdurado la durabilidad y los beneficios de estos sistemas que tanto aportan al bienestar de comunidades y objetivos aislados, así como al ahorro y al medioambiente.

9. Experiencia de EcoSol Energía en las exportaciones de proyectos que usan las fuentes renovables de energía

En 2001, EcoSol Energía dio sus primeros pasos en la exportación de proyectos que utilizan las fuentes renovables de energía en instalaciones relativamente pequeñas, que servirían para abrir las puertas a las potencialidades para la exportación de proyectos «llave en mano» hacia el mercado del ALBA y otros mercados. Las primeras exportaciones de proyectos que utilizan las fuentes renovables de energía se efectuaron hacia los países del Cono Africano y unas pequeñas instalaciones en el área de Centroamérica, todas con aplicaciones de suministro de energía con sistemas fotovoltaicos autónomos a objetivos sociales, viviendas o consultorios médicos. Con la firma de los proyectos de colaboración con la República Bolivariana de Venezuela, y en el marco de los proyectos del ALBA, se abrió un camino hasta nuestros días en proyectos «llave en mano», con uso de las fuentes renovables energía, desarrollándose diversos proyectos como:

- 931 sistemas fotovoltaicos autónomos para objetivos sociales.
- 125 sistemas de potabilizadoras de agua y 125 sistemas de bombeo.
- 1 301 sistemas fotovoltaicos autónomos de 600 Wp para viviendas.
- 450 sistemas fotovoltaicos autónomos de 300 Wp para viviendas.
- 48 sistemas híbridos eólico-fotovoltaico-diésel para suministro de energía a comunidades de 10, 20, 30 y 40 viviendas.
- 47 sistemas de potabilizadoras de agua y 54 sistemas de desalinizadoras de agua.
- Mantenimiento de los proyectos de mixtas anteriores.
- Plan piloto de calentadores solares.



Fig. 31. Sistemas fotovoltaicos autónomos para objetivos sociales.



Fig. 32. Sistemas de potabilizadoras de agua y de bombeo.



Fig. 33. Sistemas fotovoltaicos autónomos para viviendas.



Fig. 34. Sistemas híbridos eólico-fotovoltaico-diésel.

10. Exportaciones 2010-2012

Al igual que para el desarrollo de proyectos nacionales, a continuación se expone un análisis de las exportaciones de proyectos más cercanos que nos ayuden a evaluar las perspectivas para años venideros. Durante el período 2010-2012 las exportaciones constituyeron el peso fundamental de los proyectos ingenieros desarrollados por EcoSol Energía, siendo Venezuela el mercado fundamental. Fueron exportados los sistemas fotovoltaicos que describimos a continuación:

10.1. Proyecto sistemas híbridos (eólico-fotovoltaico-diésel), suministro, asesoría e instalación

Este proyecto tiene el objetivo de la adquisición de cuarenta y ocho (48) sistemas híbridos (eólico-fotovoltaico-diesel) y 891 viviendas de 600 Wp, así como la asesoría e instalación de los mismos, para lograr la electrificación de comunidades rurales aisladas con potencial eólico.

Tabla 14. Distribución de los sistemas

| Sistemas | Unidades | Paneles | kWp |
|-------------------------------------|----------|---------|--------|
| Sistemas híbridos para 10 viviendas | 7 | 140 | 25,2 |
| Sistemas híbridos para 20 viviendas | 15 | 540 | 97,2 |
| Sistemas híbridos para 30 viviendas | 14 | 784 | 141,12 |

| | | | |
|-------------------------------------|------------|--------------|-----------------|
| Sistemas híbridos para 40 viviendas | 12 | 864 | 155,52 |
| SFV p/ viviendas 600 Wp | 891 | 3 564 | 641,52 |
| Total | 939 | 5 892 | 1 060,56 |

Para el proyecto de 48 sistemas híbridos y 891 sistemas fotovoltaicos para viviendas en su conjunto, se suministraron 5 892 paneles fotovoltaicos de 180 Wp, dando una capacidad de 1 060,56 kWp, con un importe de inversión total de \$16 589 380,56 USD.

La totalidad de estos paneles fueron fabricados por el Combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río.



Fig. 35. Muestra de paneles fotovoltaicos fabricados por el Combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río.

10.2. Planta de ensamblaje de módulos solares y fábrica de aerogeneradores de pequeña potencia

Este proyecto, conocido también como «Unidad de Energía Renovable», tiene la capacidad productiva anual siguiente:

- Para la planta de ensamblaje de módulos solares, hasta 10 MWp anual con tres turnos de trabajo.
- Para la fábrica de aerogeneradores de pequeña potencia (1,5, 3 y 6 kW), hasta 200 unidades anuales con un turno de trabajo.

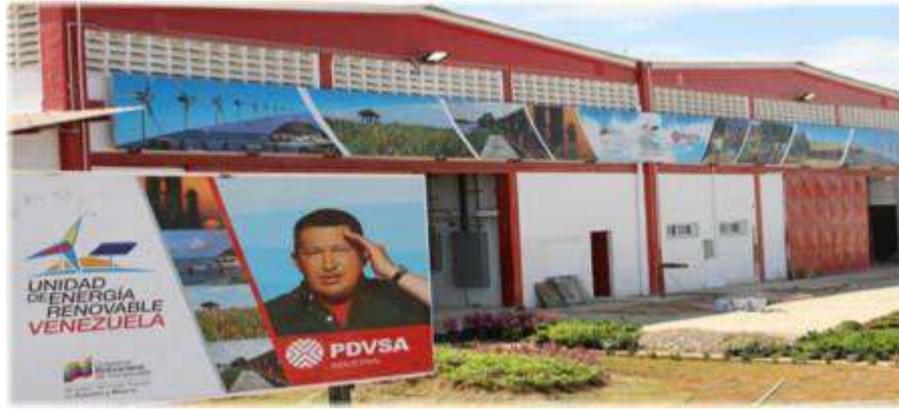


Fig. 36. Proyecto «Unidad de Energía Renovable».

10.3. Tres sistemas de conexión a red de 324 kWp cada uno, que representa el suministro de 5 400 paneles de 180 Wp

El objetivo es proyectar, suministrar y asesorar la instalación de 3 sistemas de inyección a red, de 324 kWp cada uno.

Tabla 15. Sistemas de inyección a red

| Sistema | Unidades | Paneles | KWp |
|----------------------------|----------|--------------|---------------|
| Sistema de inyección a red | 3 | 5 400 | 972,00 |
| Total | 3 | 5 400 | 972,00 |

Los 3 sistemas de conexión a red tienen una capacidad total de 972 kWp. Utilizan 5 400 paneles de 180 Wp; 3 600 fueron fabricados por el Combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río, y el resto (1 800) suministrados por Yingli Solar, a través de nuestra sucursal en Panamá ITC.



Fig. 37. Sistema de inyección a red.

10.4. Suministro e instalación de 275 calentadores solares

El objetivo es suministrar e instalar sistemas con calentadores solares, a partir de un diseño cubano, para entregar agua caliente a instalaciones del turismo en distintas regiones de la geografía venezolana, teniendo en cuenta los diseños siguientes:

- Instalar un sistema de calentamiento de agua mediante el empleo de energía solar en hoteles de categoría tres estrellas, tipo cabañas individuales, pertenecientes al Estado venezolano, para un total de 100 habitaciones, totalizando un consumo estimado de 2 920 000 L de agua al año, a 45 °C (aproximadamente 10 000 L de agua al día).
- Instalar un sistema de calentamiento de agua mediante el empleo de energía solar en hoteles de categoría cuatro a cinco estrellas, pertenecientes al Estado venezolano, para un total de 200 habitaciones, totalizando un consumo estimado de 8 760 000 L de agua al año, a 45 °C (aproximadamente 30 000 L de agua al día).

Para comenzar el proyecto, en forma demostrativa se instalaron 12 calentadores en dos sistemas en la Isla Los Roques e Isla La Orchila, quedando por instalar 253 calentadores, para lo cual se trabaja en los levantamientos técnicos y el envío de suministro. Este proyecto está en ejecución.



Fig. 38. Calentadores solares instalados en Venezuela.

10.5. Resumen de instalaciones en Venezuela

Tabla 16. Tipos de proyectos e instalaciones en Venezuela

| Tipos de proyectos | Instalaciones totales |
|---------------------------------|------------------------------|
| SFV autónomos | 2 682 |
| Potabilizadoras | 168 |
| Sistemas de bombeo | 125 |
| Desalinizadoras | 54 |
| Sistemas híbridos | 48 |
| Calentadores solares | 265 |
| Planta de ensamblaje de paneles | 1 |
| Planta de aerogeneradores | 1 |
| Total convenio | 3 344 |

Tabla 17. Descripción proyectos SF autónomos

| Tipos de proyecto | Viviendas | Viviendas | Viviendas | Objetos sociales | Viviendas híbridos | Total |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|--------------------|-------|
| Potencia, Wp | 1 200 | 300 | 600 | 3 800 | 600 | |
| Cantidad | 887 | 450 | 410 | 44 | 891 | 2 682 |

10.6. Exportaciones de proyectos hacia otros países

EcoSol Energía ha desarrollado proyectos en otras regiones y países de África, Suramérica, Centro América y el Caribe, principalmente por colaboración, y otros en el marco de los proyectos del ALBA. Países de África como Angola, Namibia, Sudáfrica, Zimbabue, Lesoto y Mali han recibido la instalación y puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos autónomos para consultorios médicos, escuelas rurales u objetivos sociales comunitarios.

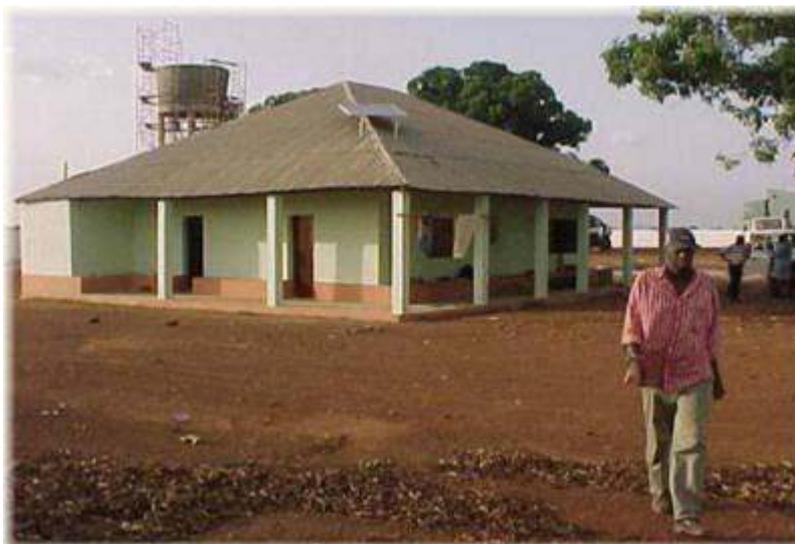


Fig. 39. Aplicación de proyectos en otros países.

En Suramérica, además de lo antes detallado, en Venezuela, Bolivia y Ecuador, se han instalado sistemas fotovoltaicos autónomos, principalmente para los programas de alfabetización «Yo sí puedo». En Centroamérica y el Caribe, países como Honduras, Nicaragua y Haití también han sido beneficiados con sistemas fotovoltaicos autónomos.



Figs. 40-42. Lugares de Latinoamérica y el Caribe con proyectos aplicados.

11. Perspectivas para el 2013

Para el 2013 EcoSol Energía se propone, con vista a dar respuesta a las solicitudes presentadas por clientes nacionales, la instalación de:

- 200 sistemas fotovoltaicos para viviendas.
- 25 sistemas de bombeo solar.
- 3 sistemas de inyección a red.
- 3 MWp en sistemas de inyección a red en techos, azoteas y áreas aledañas, proyectos conciliados con empresas cubanas, confirmados con los clientes.

De igual forma, se buscan nuevas fuentes de financiamiento que permitan desarrollar proyectos de mayor envergadura.

En cuanto a las exportaciones, se prevé para el 2013 el suministro e instalación de:

- 3 sistemas de inyección a red de 648 kWp.
- 30 sistemas para objetos sociales.
- 100 potabilizadores con alimentación fotovoltaica.
- 500 kW en sistemas de viviendas aisladas.

EcoSol Energía tiene conciliado un total de 48 838 739,08 CUC, que involucra el suministro de más de 7 500 sistemas fotovoltaicos, que representa a su vez una exportación superior a 20 000 paneles de 170 Wp, para una potencia pico total de 3,4 MWp (mega Watt pico x 1 x 10⁶ Wp). Wp es la sumatoria de la potencia pico de los paneles fotovoltaicos.

Tabla 18. Relación de los proyectos realizados

| Líneas | Clientes | Proyecto |
|---------------|-----------------|---|
| Fotovoltaicas | FUNDELEC | Proyecto de instalación de 1 000 sistemas fotovoltaicos de 1 200 Wp., y un stop de 20% de repuestos para comunidades aisladas, indígenas, fronteras y puestos militares a nivel nacional |
| | FUNDELEC | Proyecto de adquisición de repuestos para el mantenimiento de 3 200 sistemas de energía renovable y plantas potabilizadoras de agua energizadas con energía solar |
| | FUNDELEC | Proyecto de capacitación y transferencia de tecnología para la reparación de las tarjetas inteligentes y componentes electrónicos de los sistemas fotovoltaicos, plantas potabilizadoras y sistemas híbridos |
| | FUNDELEC | Proyecto de adquisición y asesoría de 50 sistemas fotovoltaicos de 3 840 Wp., y un stop de 20% de repuesto para la electrificación de 50 objetos sociales |
| | FUNDELEC | Proyecto de adquisición de 50 plantas potabilizadoras y 200 bombeos solares, y un stop de 20% de repuesto para capacitación y asesoría para comunidades aisladas, indígenas, fronteras y puestos militares |
| | FUNDELEC | Proyecto de adquisición, capacitación y asesoría de 10 plantas potabilizadoras con energía solar, y un stop de 20% de repuesto para la República de Haití. |
| | CORPOELEC | Proyecto de suministro de equipos tecnológicos y servicios de asesoría técnica para la instalación de 644 kW de potencia pico fotovoltaica en sistemas de conexión a red, utilizando sistemas modulares de 7 y 21 kWp |
| | CORPOELEC | Proyecto de suministro de equipos tecnológicos y servicios de asesoría técnica para la instalación de 1 |

| | | |
|-----------------------|-----------|--|
| | | MWp de potencia pico fotovoltaica, distribuido para el suministro a pozos de bombeo. |
| | CORPOELEC | Proyecto de suministro de equipos tecnológicos y servicios de asesoría técnica para la instalación de sistemas fotovoltaicos de alumbrado exterior en calles secundarias y parques, así como escaleras de edificios |
| Eficiencia energética | CORPOELEC | Proyecto de asesoría técnica para diagnósticos energéticos integrales en instalaciones del sector turístico, cuantificación y suministro del equipamiento necesario para la ejecución de las medidas derivadas, promoción del uso eficiente de la energía y soluciones de energía renovable, incluyendo la solar térmica |
| Solar térmica | CORPOELEC | Proyecto de asesoría técnica, suministro e instalación de sistemas de calentamiento de agua mediante el empleo de energía solar para objetos sociales |

12. Conclusiones

A pesar de la crisis económica y financiera mundial, en nuestro país se potencia la utilización de las fuentes renovables de energía, y lo demuestra el Decreto Presidencial No. 3, que dispone «Constituir una Comisión Gubernamental encargada de elaborar la propuesta de política para la utilización y desarrollo prospectivo de las fuentes renovables de energía en el período comprendido del 2013 hasta el 2030».

La actividad en el uso de las fuentes renovables de energía no se ha detenido, pues se instalaron, por EcoSol Energía, 404 sistemas que aportan una potencia fotovoltaica de 74 987 Wp (75 kWp), lo que incrementa a 9 261 los sistemas instalados en Cuba, garantizando una potencia de 2 221,31 kWp, y demuestra la importancia y factibilidad del uso de las fuentes renovables de energía.

Se produjo un importante avance cualitativo y cuantitativo que benefició a diferentes comunidades aisladas que no contaban con electricidad y otros objetivos de interés nacional, y se establecieron las bases para el desarrollo en el 2013 de importantes proyectos que abren las puertas a los sistemas de conectados a red en nuestro país y otros países del ALBA. Se continuó brindando mantenimiento a los sistemas ya instalados, lo cual permite la continuidad del sistema educativo en zonas rurales aisladas.

Se fortalecen las exportaciones a otros países de América Latina y el Caribe mediante el diseño, suministro e instalación de sistemas que utilizan fuentes renovables de energía.

Bibliografía

COLECTIVO DE AUTORES (2009). *Energía y tú*, (45), 2009.

COLECTIVO DE AUTORES (2013a). *Informe sobre la instalación de las aplicaciones de energía fotovoltaica en Cuba y en el exterior*. 2013.

COLECTIVO DE AUTORES (2013b). *Informe sobre la instalación de las aplicaciones de energía solar Térmica en Cuba en el 2012 y perspectiva de trabajo para el 2013*. 2013.

Decreto Presidencial No. 3. Dado el 11 de diciembre de 2012. La Habana: 2012.

GARCÍA DE LA CRUZ, A. (2010). «Impacto de las energías renovables en Cuba». 2010.

————— (2011). «Diseño de la planeación estratégica de la División EcoSol Energía para el período 2011-2013». 2011.

TURRINI, E. (2007). *El camino del Sol*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2007.

TURRINI, E.; A. MONTESINOS, A. CALZADILLA, et al. (2010). *Solarización territorial. Vía para el logro del desarrollo sostenible*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2010.

**Los límites naturales de la sostenibilidad.
Una mirada a las condiciones específicas de Cuba
desde los conceptos generalmente aceptados**

**The natural limits of sustainability. A look
at the specific conditions of Cuba
from the generally accepted concepts**

Por Dr. Carlos Gómez Gutiérrez y Dr. Antonio Gómez Sal***

** Instituto Superior de Tecnologías
y Ciencias Aplicadas (InSTEC), La Habana, Cuba.*

*** Universidad de Alcalá (UAH), Alcalá de Henares, España.*

e-mail: cgomez@instec.cu y antonio.gomez@uah.es

Resumen

El hombre siempre ha utilizado al medio natural como proveedor de materiales y energía para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, no fue hasta la segunda mitad del siglo xx que el crecimiento poblacional y los niveles de producción y consumo entraron en contradicción con el limitado aporte natural del mundo, poniendo en riesgo la propia existencia de los seres humanos a escala planetaria. Un punto referente de cualquier evaluación y análisis de la sostenibilidad en un país o territorio, lo constituye identificar y evaluar los límites que impone el medio natural al desarrollo económico y social. El proyecto de investigación «Sistema integrado de evaluación de la sostenibilidad en Cuba», incluyó dentro de sus objetivos y alcance una precisión de los componentes del medio natural que son identificados como limitantes de la sostenibilidad, los principales servicios asociados a estos factores limitantes, y su importancia relativa a nivel global, de un país o un territorio. Se utilizó como método de trabajo una amplia revisión de las experiencias y criterios internacionales, y posteriormente, con el concurso de expertos y la información estadística oficial del país, se caracterizó la situación existente en Cuba a partir de una línea base del decenio 2000-2010. Los resultados obtenidos constituyen un punto de partida para evaluar en los próximos años los avances o retrocesos operados en cuanto al logro de la sostenibilidad, así como para la elaboración de un modelo de desarrollo y de las estrategias pertinentes, considerando los límites que impone el medio natural al desarrollo sostenible.

Palabras clave: Límites, sostenibilidad, medio natural

Abstract

Humankind has always used natural environment as a supplier of materials and energy to satisfy its needs. However, it was not until the second half of

the twentieth century that population growth and levels of production and consumption came into contradiction with the limited natural resources of the world, putting at risk the very existence of human beings on a planetary scale. A reference point of any evaluation and analysis of sustainability in a country or territory is to identify and assess the limits imposed by the natural environment to economic and social development. The research project "Integrated System for the Evaluation of Sustainability in Cuba", included within its objectives and scope a precise definition of the components of the natural environment that are identified as limiting sustainability, the main services associated with these limiting factors, and their relative importance at global, nation or territorial levels. A broad review of international experiences and criteria was used as a working method, and subsequently, with the assistance of experts and the official statistical information of the country, the situation in Cuba was characterized from a baseline of the 2000-2010 decade. The results obtained are a starting point to evaluate in the coming years the advances or retrogresses occurred in terms of the achievement of sustainability, as well as the creation of a development model and the relevant strategies, considering the limits imposed by nature to sustainable development.

Keywords: Limits, sustainability, natural environment

Introducción

El empleo de los recursos del medio natural para satisfacer las necesidades humanas, es tan antiguo como la propia existencia del hombre sobre el planeta Tierra. Pero cuando los seres humanos eran pocos, sus necesidades eran elementales y los recursos naturales eran abundantes, esto no constituyó ningún problema. Cuando resultaba escaso un recurso natural (los animales o los frutos), o quedaba contaminada una caverna o un río por los desechos propios de la actividad del hombre, la solución era trasladarse a otro lugar donde los recursos fueran más abundantes, o sus condiciones fueran consideradas aceptables. Tuvieron que pasar miles de años, crecer la población del planeta e incrementarse sus necesidades, para que surgiera un conflicto de intereses entre las crecientes demandas de los seres humanos de recursos y servicios del medio natural, y la capacidad limitada de la naturaleza para satisfacerlos. Acertadamente, Schumacher [2011] lo resumió de este modo: «El “problema ecológico” no es tan nuevo como frecuentemente se le hace aparecer. Aun así, hay dos diferencias decisivas: la Tierra está mucho más densamente poblada de lo que estuvo en los tiempos primitivos y no hay, generalmente hablando, nuevas tierras a donde mudarse».

Aunque algunos pensadores de las ciencias naturales, y otros en menor cuantía de las ciencias económicas, habían percibido el carácter

trascendente de este conflicto, no es hasta la segunda mitad del pasado siglo xx que se adquiere una conciencia de la magnitud que había alcanzado este problema, y se comienza a abordar el tema de los límites que impone el medio natural al crecimiento económico y el desarrollo social de los grupos humanos, ya sea a escala planetaria o en un país o región.

El concepto de *desarrollo sostenible* acuñado en el conocido *Informe Brundtland* [Brundtland, 1987], adoptado después como filosofía de trabajo en la Primera Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, llevaron a un plano «popular», inicialmente en el plano político y después en los medios de comunicación, empresariales y público en general, el carácter insostenible de los actuales patrones de consumo material y energético.

Aunque de modo inevitable, algunas mistificaciones y desviaciones se han introducido en este proceso de popularización, y el concepto de sostenibilidad ha ganado un espacio propio que amerita su análisis y evaluación rigurosa por la comunidad científica.

Es en este contexto que el proyecto internacional «Sistema integrado de evaluación de la sostenibilidad en Cuba» abordó una evaluación de los límites naturales existentes al desarrollo sostenible a escala de país, a partir de los criterios internacionalmente aceptados y de los elementos recogidos en la estadística oficial.

Criterios internacionales sobre los límites naturales a la sostenibilidad

Un criterio inicial de valoración de los límites que impone el medio natural al desarrollo económico y social, consiste en identificar los diferentes componentes de ese medio natural, su estado actual y la capacidad de prestación de servicios que ofrecen en la actualidad, según su grado de conservación o deterioro. Para ello pueden a su vez utilizarse dos tipos de enfoques: analizar los componentes del medio natural por separado (suelo, agua, aire, flora y fauna), o evaluarlos en la forma en que se presentan habitualmente en la naturaleza, en su interacción recíproca como ecosistemas. Ambos enfoques pueden resultar complementarios, y por supuesto su empleo estará en correspondencia con el tipo de información disponible.

Habitualmente, los países disponen de una valoración primaria de sus recursos abióticos (suelo, agua y en menor medida, del aire) y bióticos (flora y fauna), pero no siempre se encuentra disponible una evaluación detallada cuantitativa y cualitativa de sus ecosistemas y de los servicios que los mismos prestan. En una obra devenida clásica y publicada en 1997 (*Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*), G. C. Daily recopiló un conjunto de trabajos de destacados especialistas sobre los

servicios que prestan a la sociedad los componentes del medio natural. A continuación se reseñan los servicios fundamentales que prestan los componentes físicos y bióticos del medio natural.

El aire, elemento esencial para la vida, está directamente vinculado a la composición y características de la atmósfera. Constituye un factor limitante a nivel global, pero también a nivel local, particularmente en núcleos urbanos y localidades industriales específicas, incide en la calidad de vida por su influencia sobre las enfermedades respiratorias y el funcionamiento de algunos ecosistemas naturales. Su carácter abierto y global hace muy complejo determinar su papel limitante a escala de país.

El suelo es un componente esencial de los ecosistemas y soporte de las actividades económicas relacionadas con el sector primario. Su productividad es un elemento determinante del estatus económico de muchos países, especialmente los pobres [Wali, 1992; y Ehrlich et al., 1995]. Su otra acepción, como espacio físico susceptible de diferentes usos (industrias, viviendas, transporte, turismo, etc.), influye sobre el resto de las actividades económicas. En sus dos acepciones, es un factor básico de la sostenibilidad, por su carácter limitado, su lenta capacidad de recuperación y su variedad de usos alternativos. Dentro de los servicios naturales fundamentales de los suelos [Daily, et al., 1997], se pueden mencionar: infiltración, amortiguación y reserva del agua de las precipitaciones; soporte físico de las plantas y retención y entrega de nutrientes a estas; descomposición de residuos y materia orgánica; fijación de nutrientes y renovación de la fertilidad, y regulación de los ciclos de elementos como el nitrógeno, el carbono y el fósforo.

Otro elemento fundamental como limitante natural de la sostenibilidad es el agua. Es un recurso abundante a nivel global, pero 97,5% es agua salada. Se considera un recurso renovable, pero el ciclo hidrológico establece una disponibilidad temporal en diversas regiones. En los países insulares pequeños, con limitados volúmenes de agua disponibles en total y en determinadas épocas del año, tienen en este recurso natural una limitante significativa a su sostenibilidad, no siempre adecuadamente considerada. Los servicios del agua, al igual que el aire, son indispensables para la vida. Según Postel y Carpenter [1997], pueden ser agrupados en tres categorías: como utilización directa del agua dulce para consumo humano, irrigación y agricultura, usos industriales y otros; como suministro de alimentos, peces y otros organismos acuáticos, y como servicios no extractivos para transportación, recreación, generación hidroeléctrica y otros.

Un cuarto factor que impone limitaciones al desarrollo sostenible es la abundancia o escasez relativa de especies diferentes de la flora y la fauna, es decir, la biodiversidad. Esta constituye una reserva valiosa de

potenciales usos con fines económicos, en actividades tales como la industria farmacéutica, biotecnológica, alimenticia, de cosméticos o turismo de naturaleza. Los países que dispongan de una mayor riqueza de especies y sean capaces de conservarla, estarán en mejores condiciones para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. En estrecho vínculo con esta, se encuentra la abundancia y variedad de ecosistemas de diversa naturaleza. Tilman [1997] señala como funciones de la biodiversidad en los ecosistemas, las siguientes:

- Contribuir a la estabilidad, haciendo más resistentes los ecosistemas y con mayor capacidad de recuperación ante las perturbaciones.
- La diversidad morfológica, fisiológica y otras diferencias entre especies de un ecosistema, permiten un empleo más prolongado de sus limitados recursos.

Un quinto factor que constituye una limitante física o natural al desarrollo sostenible, es la disponibilidad de fuentes de energía. Esta puede manifestarse en cada uno de los componentes del medio natural antes mencionados: en el suelo y el subsuelo, con sus reservas de combustibles fósiles no renovables; en el agua, según sus volúmenes, caudales y formas de encontrarse disponible; en la biomasa vegetal o animal, como fuente renovable, en varios casos dependiente de la reposición de la fertilidad del suelo, y en la posibilidad de captación de fuentes naturales renovables como la energía solar o eólica. Las capacidades creadas o no por la naturaleza de fuentes renovables, o no renovables de energía, hacen más complejo o más fácil el camino para alcanzar un desarrollo sostenible.

El otro enfoque que ha sido utilizado internacionalmente, consiste en valorar las capacidades y servicios de los ecosistemas, en interacción recíproca de los componentes antes valorados, que es como se presentan en la naturaleza.

En el 2000, el entonces Secretario General de Naciones Unidas, Sr. Kofi Annan, promovió una iniciativa en tal dirección, el Programa Internacional «Evaluación de los Ecosistemas del Milenio», en el cual participaron 1 360 expertos de todo el mundo, cuyas conclusiones fueron dadas a conocer en el 2005 en un informe titulado «Capital natural y bienestar humano» [2005], que clasificó los servicios de los ecosistemas según cuatro criterios:

Aprovisionamiento: suministro de agua dulce, maderas, fibras, medicamentos y combustible, entre otros. Regulación: reguladores del clima, de la circulación de enfermedades, de los efectos de eventos extremos como huracanes y crecidas, y de purificación del agua. De apoyo: al ciclo de nutrientes, a la formación del suelo y al incremento de la producción primaria.

Culturales: como proveedores de servicios estéticos, recreativos, educativos y espirituales (asociados a creencias religiosas).

En total, al comprobar el estado de salud de 24 de tales servicios, sobre los cuales se pudo disponer de información a nivel internacional, se constató que en cuatro de ellos estaba creciendo su capacidad de beneficiar las poblaciones humanas, en cinco existía un estado estacionario, aunque con problemas en algunos países, y en quince, la capacidad estaba disminuyendo. Dentro de estos últimos se incluyen la disponibilidad de peces marinos, el suministro de agua dulce en varios países y la mayoría de los servicios regulatorios (del clima, de la erosión de los suelos, merma de la calidad del agua, control natural de pastos por abusivo empleo de pesticidas, y pérdida de amortiguadores naturales de desastres como manglares y humedales), así como también, pérdida de bosques y especies sagradas, y merma en la cantidad y calidad de áreas naturales.

En Cuba existe una información aceptable sobre el agua y el suelo, aunque menos actualizada en el segundo caso. No así sobre la calidad del aire, de la cual se carece de medios de monitoreo y registro sistemáticos. Está bastante sistematizada la información sobre los recursos forestales y se dispone de estudios sobre la flora y fauna autóctonas. Las fuentes de recursos energéticos y minerales del país están identificadas parcialmente, y se encuentran en fase de exploración reservas en la plataforma marina. En resumen, es posible realizar una valoración utilizando este enfoque, aunque con algunas limitaciones.

En lo que respecta al enfoque valorando el estado de los ecosistemas, Cuba no formó parte de los países que realizaron la Evaluación de los Ecosistemas de Milenio; sin embargo, una apreciación cualitativa primaria refleja una correspondencia con la mayor parte de los servicios identificados como en retroceso en el informe internacional. No se puede utilizar plenamente dicho enfoque en el presente análisis, aunque sí brindar algunas valoraciones preliminares.

Una consideración adicional amerita un tercer enfoque: la valoración de la sostenibilidad atendiendo a la naturaleza renovable o no renovable de los recursos naturales. Este tema se encuentra estrechamente vinculado a la sostenibilidad, por cuanto, en esencia, un recurso no renovable tiene un carácter finito en el tiempo, su uso apropiación y uso continuado conducen a su agotamiento y no es por consiguiente sostenible. Sin embargo, algunos de tales recursos, como los minerales, los áridos utilizados en la construcción o los combustibles fósiles, son de empleo cotidiano, y desafortunadamente, de uso excesivo o empleo inadecuado con mucha frecuencia.

Por su parte, los recursos considerados renovables son aquellos que pueden recuperar su volumen, composición y cualidades en el transcurso del tiempo, siempre que sean utilizados dentro de ciertas reglas. Son por consiguiente un factor inherente a la sostenibilidad. Pero un recurso renovable puede dejar de serlo si se rebasa el límite permisible de su tasa natural de reposición. Un ejemplo característico son los recursos animales marinos utilizados como alimento. Si se rompe su ciclo biológico de reposición, ya sea por captura de las madres en épocas de desove, por sobre explotación, o por la captura o empleo de artes de pesca que arrastran ejemplares juveniles, se produce una disminución progresiva de la especie y el recurso decrece y deja de ser renovable. Lo mismo puede suceder con la vegetación arbórea: si se produce una tala excesiva sin resiembra, o se realiza esta pero sin considerar el período de tiempo necesario para que los árboles crezcan y alcancen su madurez, que usualmente es de varios años, no se logra el equilibrio de la sostenibilidad.

De modo similar se comporta la capacidad del medio natural para depurar o descomponer los residuos. Existe en varios cuerpos de agua, por ejemplo, una cierta capacidad de biodegradación en el tiempo, pero si el volumen de residuos es muy elevado, o el tiempo de degradación resulta muy corto, esta capacidad se desvanece y deja de producir el efecto deseado.

En un esfuerzo por lograr criterios más rigurosos de evaluación de la sostenibilidad, y atendiendo a los aspectos antes mencionados, el Dr. Herman Daly [1990], uno de los teóricos más destacados en este tema, elaboró lo que denominó tres «criterios operativos o reglas de la sostenibilidad», enunciados del modo siguiente:

1. «Ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación».
2. «Los residuos de la producción vertidos al medio natural no deben sobrepasar la capacidad de absorción de este».
3. «Los recursos no renovables deben ser utilizados a una razón tal que permita dedicar un monto de sus beneficios a crear fuentes renovables equivalentes».

Este enfoque, siendo teóricamente riguroso, resulta difícil de evaluar y medir en los casos concretos. No obstante, del mismo se puede derivar que una tendencia al crecimiento o dependencia de recursos renovables, resulta favorable para una evolución hacia la sostenibilidad. Del mismo modo, es favorable una disminución de la carga contaminante vertida al medio natural, y una tendencia a la disminución en el consumo de materiales y energía provenientes de fuentes no renovables. Estos criterios alternativos pueden ser utilizados como una contribución a alcanzar los principios enunciados por Daly [1990]. Del mismo modo, se concluye que la tasa de

renovación de los recursos renovables, y la capacidad de absorción de residuos del medio natural, actúan como criterios limitantes de la sostenibilidad. Más difícil resulta derivar un criterio semejante para los recursos no renovables, en todo caso, la dependencia de ellos es en cierto grado un factor de insostenibilidad, y en la medida de que se reduce tal dependencia, más sostenible resulta un país o una región.

Condiciones del medio natural que limitan la sostenibilidad en Cuba

Cuba abarca un territorio de 109 866 km² que comprende todo su archipiélago, formado por la Isla de Cuba, con 104 556 km², la mayor de las Antillas, la Isla de la Juventud con 2 204 km², y más de 1 600 islas, islotes y cayos [ONE, 2008]. Su posición geográfica y condición insular han sido factores que han influido en su desarrollo político, económico y social en todas las etapas de su evolución histórica. Su origen geológico, clima y relieve, unido a su particular ubicación, favorecen algunas actividades y constituyen factores limitantes en otros casos. El archipiélago cubano posee gran variedad de ecosistemas y paisajes terrestres y marinos. Las llanuras representan 75% de la superficie del territorio y en más de 70% presentan ángulos de pendiente de 3° o menores, lo cual favorece su utilización con fines agrícolas. Las montañas constituyen 18%, los humedales 4% y el resto son alturas bajas.

Las particularidades geológicas, mineralógicas, climáticas y estructurales del archipiélago cubano, y de su plataforma marina, tienen una significativa incidencia en la concepción y fundamentación del modelo de sostenibilidad para el país. Ello es debido a su peso en la constitución y características de los suelos cubanos, en la formación de las cuencas hidrográficas subterráneas y superficiales, así como en la calidad y composición de sus aguas; en el origen, evolución y endemismo de la biota, en la disponibilidad y volumen de los diferentes tipos de recursos minerales metálicos y no metálicos, en los atractivos para el turismo de naturaleza, y en la vulnerabilidad y resiliencia naturales para afrontar los peligros geológicos e hidro-meteorológicos, dentro de los cuales es necesario resaltar la sismicidad activa, particularmente en la región suroriental del país, y el frecuente paso de ciclones tropicales.

En el país existen reservas de minerales, en explotación o potencialmente utilizables, destacándose las industrias y reservas de níquel y cobalto, los yacimientos en explotación de mármol, caolín, poli metales, bentonita, mica, zeolita, asfaltita, arena sílice, fosforita, cromo, magnesita, sal y carbonato de calcio. También se explotan yacimientos de petróleo y gas natural, que no cubren toda la demanda nacional (alrededor de 40-50%), aunque se exploran posibles yacimientos en aguas territoriales, aún sin resultados. Las características de relieve, favorables a la producción agrícola, y las

reservas minerales de Cuba, constituyen factores que pueden contribuir al desarrollo económico y a una evolución hacia un desarrollo sostenible, tomando en consideración que en el caso de estos últimos se trata de recursos no renovables limitados en el tiempo, y cuya explotación puede provocar efectos adversos sobre el medio ambiente. La baja disponibilidad de recursos energéticos constituye una limitante fuerte en la evolución hacia un desarrollo sostenible. El clima es muy benigno.

Siendo un país ubicado en la zona subtropical, la condición de la isla mayor de ser larga y estrecha tiende a que disfrute de días cálidos y noches frescas la mayor parte del año, con pocas variaciones extremas. Ello, unido a disponer de alrededor de 5 746 kilómetros de costas irregulares, que incluyen cientos de kilómetros de playas de finas arenas, hacen al país muy atractivo para el turismo, sobre todo en el período de temporada invernal en el hemisferio norte.

Por su particular influencia sobre la sostenibilidad, se analizan a continuación los aspectos de suelos, agua, biodiversidad y fuentes naturales y renovables de energía.

Suelos. La superficie agrícola actual de Cuba es de aproximadamente 6,5 millones de hectáreas, algo más de 60% de sus tierras firmes. Sin embargo, la superficie cultivada llegó a ser solo 54% de esta superficie agrícola. Estudios del Instituto de Suelos [Instituto..., 1996] señalaban los principales factores limitantes de la agro-productividad de los suelos cubanos, en millones de hectáreas, que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Factores limitantes de la agro-productividad de los suelos cubanos

| Erosión | Acidez | Salinidad /Sodicidad | Baja fertilidad | Mal drenaje | Compactación natural | Poca materia orgánica |
|----------------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 2,9 | 3,4 | 1,0 | 3,0 | 2,7 | 1,6 | 4,6 |

La incidencia de uno o varios de estos factores limitantes en la superficie agrícola cubana implica que, al menos 65%, de la misma presenta algún grado de afectación en su agro-productividad. Es conocido que el cultivo de determinada variedad en un suelo degradado puede provocar una disminución de hasta 40% de su potencial genético, de aquí su influencia en la baja productividad agrícola de la agricultura cubana. El país desarrolla un programa de medidas para mejorar el recurso suelo, que entre los años 2001 y 2010 apenas alcanzó las 500 mil hectáreas, como media anual, representando 7% de la superficie agrícola del país y 14% de la superficie cultivada [ONE, 2011]. Lograr un alto grado de auto-abastecimiento

alimentario de su población es uno de los objetivos del desarrollo sostenible. Cuba importa anualmente entre 1 000 y 2 200 millones USD en alimentos (entre 2004 y 2009), que representan entre 16 y 18% de su volumen total de importaciones, y ha sido señalado por las máximas autoridades de la nación como un importante problema económico. Influyen de modo adverso en revertirlo, de una parte, el bajo nivel de superficie cultivada, y de otro, la baja productividad de los suelos por su degradación. Este factor natural constituye una limitante a la sostenibilidad, que puede ser en parte contrarrestada con una mayor superficie cultivada y un programa de mayor envergadura para la rehabilitación de los suelos.

Agua. La escasez del recurso agua fue identificada por primera vez como uno de los problemas ambientales de Cuba en la Estrategia Ambiental 2007-2010 [CITMA, 2007], a pesar del enorme esfuerzo dedicado en las décadas precedentes, que permitió incrementar en 200 veces la capacidad de embalse del país y lograr que 96% de toda la población tuviese acceso al agua potable. Varios factores influyen en esta situación, algunos de origen natural, tales como la condición insular del país, su relieve y la disposición de sus ríos, usualmente de corta longitud; el carácter abierto de sus acuíferos en contacto hidrogeológico con el mar y la disponibilidad natural de agua, que solo alcanza 1 220 m³ por habitante al año para todos los usos [García y Cantero, 2008], y la elevada dependencia de las precipitaciones. Según PNUMA [2003], Cuba alcanza un índice de reposición anual del recurso agua de 13,7%, ligeramente superior al umbral mínimo de 10%, lo cual ubica al país en una condición de estrés moderado.

A lo anterior se deben unir aspectos de carácter antrópico que han afectado la calidad y disponibilidad de este recurso. En el 2006 se produjo un incremento de la carga contaminante orgánica dispuesta en los cuerpos de agua [ONE, 2008], mostrando una mayor intensidad en el 2007 con un incremento total de 9,7% respecto al año anterior, motivado en gran medida por el vertimiento directo de sus residuales de los productores porcinos. En el 2010 [ONE, 2010], las diez principales cuencas hidrográficas recibieron 25 182 toneladas de DBO, procedentes de 495 fuentes. No se reporta estadísticamente la carga inorgánica procedente de las industrias, pero diversos trabajos informan la presencia de metales pesados y compuestos químicos debido al vertimiento y mal manejo de los residuales industriales. No se dispone de una evaluación rigurosa, pero existen indicios de que la capacidad de depuración en diversos cuerpos de agua ha rebasado su capacidad de absorción, y por tanto, de su sostenibilidad.

A ello se deben unir las pérdidas de agua por el mal estado técnico de las tuberías y sistemas domésticos, que provocaban en el 2003 pérdidas estimadas en más de 800 millones de m³ anuales, más de 50% del agua suministrada por las fuentes de distribución y consumo [INRH, 2003], así

como un consumo excesivo en el sector agrícola que no se corresponde con sus resultados productivos. Algunos de los problemas mencionados han sido objeto de atención particular en los últimos años; sin embargo, el recurso agua por su importancia para la alimentación y la salud, y su limitada disponibilidad natural, resulta un recurso limitante de la sostenibilidad en Cuba, que amerita una delicada atención en cualquier proyección de desarrollo futuro.

Diversidad biológica. Cuba es el país del Caribe insular con mayor diversidad biológica, tanto en riqueza total de especies, como en el grado de endemismo. La diversidad y variabilidad de la biota cubana están asociadas a la existencia de una gran variedad de paisajes y ecosistemas, con diferencias geológicas y geomorfológicas que determinan la presencia de sistemas montañosos, extensas costas, llanuras y colinas. En el período 2001-2010 la cobertura boscosa de Cuba aumentó de 23,0 a 26,7% de la superficie del país, con un ritmo anual de crecimiento ligeramente inferior a 0,4%. La flora y fauna marinas poseen una riqueza de especies mayor que otras islas de Caribe, lo cual parece estar asociado con la disposición de una plataforma marina relativamente extensa, comparable con algunas regiones continentales, todo lo cual favorece el auto-reclutamiento y contribución de la biota a la biodiversidad regional, así como al asentamiento de larvas oceánicas provenientes de regiones alejadas [Claro, 2007].

La biota cubana presenta 34 767 especies autóctonas y 732 especies introducidas [Vales, et al., 1998], con las características generales siguientes: la biota terrestre muestra 20 800 especies conocidas, con 8 948 endémicos que representan 43,0%. Los animales presentan 12 860 especies, de las cuales la mayor cantidad se registran en los Invertebrados: Insectos con 8 312 especies y 40% de endemismo; Moluscos 1 299 especies y 66,3% de endemismo; y Arácnidos 1 466 especies y 46,2% de endemismo. Las aves que anidan en el país son unas 280 especies, con la mayor cantidad de especies entre los vertebrados, aunque el endemismo es de 10%. La mayor cantidad de endemismos en Vertebrados se presentan en Anfibios, con 56 especies y 96,6% de endemismo, y en Reptiles con 142 especies y 87,3% de endemismo. Los mamíferos son pocos, casi todos endémicos.

Una característica distintiva de los ecosistemas marinos es su pobre endemismo, pues existe una notable conectividad y múltiples interrelaciones en el medio acuático y sus especies. El número de especies marinas conocidas es menor que el de las terrestres, y su diversidad en los taxones superiores es mayor que en tierra. Si se consideran las relaciones de conexión de la plataforma cubana con otras del Gran Caribe, es de esperar que su fauna y flora sean pobres en especies endémicas, pero su

riqueza de especies, variedad de hábitats y estado de conservación caracterizan a esta región como una de las de mayor diversidad biológica del hemisferio occidental. Los invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasan la cifra de 5 700 especies, y la de cordados más de 1 060 (principalmente peces). Además, de los microorganismos y la flora marina, se conocen unas 7 300 especies.

El conocimiento existente sobre la diversidad de especies en el Gran Caribe, permite estimar que el número de especies probables en las aguas marinas de Cuba, pudiera sobrepasar las 10 500. A partir de esta estimación, se infiere que al menos 30% de las especies de la flora y fauna marina de Cuba aún están por descubrir. Este porcentaje puede ser aún más elevado, pues los microorganismos y la fauna de aguas profundas, debido a su poca accesibilidad, han sido menos estudiados.

La biodiversidad de Cuba constituye un factor favorable al desarrollo sostenible. Las principales amenazas al mismo están asociadas a la transformación y fragmentación del hábitat, esencialmente por actividades económicas como la minería y la deforestación, y la presencia de especies exóticas invasoras. Influyen también los incendios forestales y la caza y pesca furtivas, así como los desastres naturales.

Fuentes naturales y renovables de energía. La carencia de recursos energéticos convencionales propios, así como razones de carácter económico e histórico, han determinado que la matriz energética cubana se sustente esencialmente en el uso de los hidrocarburos líquidos de importación, por lo general consumidos con baja eficiencia. Por otra parte, el empleo de las fuentes renovables de energía ha estado limitado por diversos factores como el insuficiente conocimiento de su potencial, la baja capacidad de producción nacional de equipos y piezas, el insuficiente financiamiento y la carencia de una diáfana política para su uso.

En Cuba, en 1959 solo 58% de la población, que ascendía a 6,5 millones de habitantes, tenía acceso a los servicios de electricidad [Huberman y Sweezy, 1961]. El extraordinario esfuerzo realizado en materia de electrificación, incrementó sustancialmente la capacidad de generación eléctrica, pasando de 397 MW en esa fecha a 3 100 MW en 1992, con lo que se logró que más de 90% de la población disfrutara de los beneficios de la electricidad. En la actualidad, con 11,2 millones de habitantes, esta cifra sobrepasa 97%, quedando solo algunas familias residentes en las zonas rurales de difícil acceso, sin ser cubiertas por este servicio.

En los últimos 10 años se ha operado una profunda transformación en la matriz energética de Cuba, con repercusiones sobre la sostenibilidad [ONE, 2011]. El petróleo continúa siendo la fuente primaria fundamental del país,

experimentando un crecimiento de 4,6 millones de TM en el 2001 a 4,9 en el 2010. El gas natural pasó de 595 millones de m³ en el 2001 a 1 045 millones en el 2010. La biomasa cañera se redujo de 2 424 TM en el 2001 a 695 TM en el 2010, y la leña disminuyó de 3,1 TM en el 2001 a 1,1 en el 2010. Gran parte del petróleo consumido se dedica a la generación de electricidad, la cual se incrementó de 15 GWh en el 2001 a 17,4 GWh en el 2010. Como aspectos positivos para el desarrollo sostenible, resultan en un mayor peso de las fuentes naturales del país en este consumo, el petróleo, que en el 2009 alcanzó los 2 731 millones de toneladas (34,0%), seguido por el gas natural con 1,019 millones de toneladas equivalentes de combustible (12,7%). Es también positiva la disminución de la leña. Son negativos respecto a la sostenibilidad el incremento del consumo total de petróleo, la disminución de la biomasa cañero-azucarera, un recurso renovable, y el peso poco significativo en sentido general del empleo de fuentes renovables dentro de la matriz energética.

Cuba dispone de cinco fuentes naturales renovables de energía que no son plenamente aprovechadas: la biomasa, fundamentalmente la azucarera, la energía hidroeléctrica, la energía solar, la energía eólica y el biogás a partir de residuos.

La biomasa representa quizás, a corto plazo, el mayor potencial existente en el país.

La biomasa cañero-azucarera, que se redujo considerablemente en el último decenio como resultado del cierre de numerosos centrales azucareros, es un recurso renovable asociado a la producción de azúcar, que llegó a aportar hasta 10% de la energía eléctrica producida en épocas de zafas de 8 millones de TM, y abastecía de modo distribuido a una parte considerable de los poblados cubanos. Existen también reservas de biomasa en la industria forestal, el arroz y otras producciones agrícolas, aunque menos significativas.

En el último decenio, la biomasa descendió de 2 333 miles de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP) en el 2000, a 900 MTEP en el 2009. La tendencia actual del país, en correspondencia con el aumento del precio del azúcar, de incrementar la producción azucarera, debe contribuir a recuperar un papel significativo de este recurso renovable en la matriz energética nacional.

En cuanto a la energía hidroeléctrica, Cuba no dispone de un gran potencial, dadas las características de sus ríos, de corta longitud y limitado caudal. Sin embargo, el amplio desarrollo de presas y micropresas posibilita la instalación y aprovechamiento de las mismas para generar electricidad a nivel local. En los últimos cinco años del pasado decenio 2001-2010 se

llegó a alcanzar la cifra de 180 mini y micro hidroeléctricas en explotación, que llegaron a producir una generación de 150,8 GWh en el 2009 (12,9 MTEP), aunque su capacidad se vio limitada por factores climáticos, como la extensa sequía ocurrida en dicho período. Según datos suministrados por la Organización Latinoamericana de Energía [Oxilia Dávalos, 2012], Cuba dispone de un potencial de 848 MW para la hidroenergía, y solo tiene instalado un total de 62 MW, para 7,3%, lo que evidencia una capacidad real de incremento en su uso, en una cifra superior a diez veces la actual.

En la energía solar, Cuba dispone de una gran reserva potencial. La radiación solar presenta valores altos, pues cada metro cuadrado del territorio recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a 5 000 kcal, o 500 g de petróleo, con variación mínima de un lugar a otro y durante todos los meses, lo cual permitiría una generación de 5 kWh al día por metro cuadrado todos los días, como promedio anual. La inversión inicial requerida para ello ha limitado aprovechar este potencial, por lo cual se han desarrollado sobre todo instalaciones fotovoltaicas en parajes aislados, muchas veces con patrocinio de ONG internacionales. En el pasado decenio la cantidad de instalaciones fotovoltaicas en funcionamiento pasó de 3 268 en el 2001, a 6 150 en el 2010, pero su peso en la generación nacional no es significativo.

En cuanto a la energía eólica, se han intensificado los estudios del potencial eólico, cuyo potencial ha sido estimado en más de 3 000 MW. Al cierre del 2010 el país tenía en funcionamiento tres parques eólicos, con una capacidad instalada de 11,7 MW. Se proyecta crecer en esta capacidad, pero ello requiere de fuertes inversiones. Además, funcionaban más de 5 000 molinos de viento para bombeo de agua, que representaban unas 6,2 MTEP. Esta última modalidad estuvo duplicada en etapas anteriores, lo cual puede lograrse con una inversión muy inferior.

Finalmente, el uso de residuales porcinos, como fuente para generar biogás, está demostrado en numerosas experiencias nacionales e internacionales. La inversión es recuperable en corto plazo, y aporta un doble beneficio, al generar energía y eliminar un residual muy agresivo, cuya carga contaminante se ha incrementado en Cuba considerablemente por productores privados en los últimos años, afectando la calidad de aguas superficiales y subterráneas.

Conclusiones

1. Internacionalmente, al valorar las limitaciones a la sostenibilidad que se puede lograr a partir de los recursos naturales propios, se han utilizado dos enfoques complementarios: el análisis de los recursos

naturales abióticos (aire, suelo y agua) y bióticos (vegetación y fauna), y el análisis del estado de conservación y servicios provenientes de los ecosistemas. Otra consideración es si se cumplen las reglas operacionales para el desarrollo sostenible formuladas por Herman Daly [1990].

2. En el caso de Cuba, no se ha desarrollado a escala de país una evaluación completa del estado de los ecosistemas y de sus servicios, aunque sí existen valoraciones parciales. Por ello, el presente trabajo se concentró en la valoración separada de los recursos naturales de suelo, agua, biodiversidad y fuentes naturales y renovables de energía, complementando el análisis, donde fue posible, con criterios sobre los ecosistemas y el cumplimiento de las reglas operacionales del desarrollo sostenible, como una primera aproximación.
3. Una valoración inicial de la posición geográfica de Cuba, su clima, relieve, disponibilidad y volumen de recursos minerales, estado de conservación de sus ecosistemas naturales, calidad del aire y biodiversidad, apuntan como factores favorables a un desarrollo sostenible. Existen factores adversos como los huracanes y la sismicidad activa en la región oriental del país. Se aprecian como limitantes serias la baja disponibilidad de fuentes naturales de energía y del recurso agua, este último muy dependiente de factores climáticos. El suelo no es una limitante en cantidad, pero sí cualitativamente y en función de la atención recibida y su productividad limitada.
4. Cuba dispone del suelo suficiente para lograr mayores niveles de producción agrícola y satisfacer la mayor parte de sus necesidades alimentarias, pues la superficie cultivada es solo 54% de la superficie agrícola. Los suelos están afectados en 65% por uno o más factores adversos, tales como erosión, acidez, baja fertilidad, poca materia orgánica, mal drenaje, salinidad/sodicidad y compactación. Los volúmenes anuales de suelo que son objeto de rehabilitación no se corresponden con esta situación, ni con el objetivo fundamental de lograr un auto sostenimiento alimentario y reducir los más de 1 000 millones de importaciones anuales de alimentos.
5. El recurso agua constituye una limitante objetiva al desarrollo sostenible, tanto a escala de país como en varias regiones dentro de este. La disponibilidad natural del recurso es de 1 220 m³ por habitante por año para todos los usos, el cual depende en gran medida del régimen de lluvias, y el índice de reposición anual de 13,7% sitúa al país como de estrés hídrico moderado. La cobertura de presas y otras inversiones en el período revolucionario han permitido un nivel de acceso de 96% de la población al agua potable,

pero son elevadas aún las pérdidas en la distribución, se ha elevado la carga contaminante a los cuerpos de agua, y numerosas poblaciones del país carecen de acueducto y sistemas de alcantarillado, todo lo cual afecta la disponibilidad y calidad de este recurso, y amerita una atención especial por su significación para la sostenibilidad en la alimentación y la salud

6. La biodiversidad de la flora y la fauna cubanas, la cobertura forestal alcanzada por el país y la variedad de ecosistemas naturales terrestres y marinos, constituyen factores favorables para la sostenibilidad. Sin embargo, no están exentos de amenazas tales como la fragmentación del hábitat, la presencia de especies exóticas invasoras, y algunas actividades socioeconómicas como la minería y la pesca intensiva, que han afectado en ocasiones los niveles naturales de reposición. Están aún por identificar muchos recursos naturales de los fondos marinos, pero constituyen una reserva importante para el desarrollo sostenible en sectores como el biotecnológico y la industria farmacéutica.
7. La disponibilidad de fuentes naturales de energía accesibles en el corto plazo, constituye una limitante importante a la sostenibilidad del país. Cuba ha logrado una adecuada cobertura de servicios eléctricos a la población, pero esta descansa en la generación a partir de combustibles fósiles, en gran medida importados. En los últimos años creció la participación del petróleo y gas natural nacional dentro de la matriz energética, lo cual es positivo, pero se trata de recursos no renovables que no estarán siempre disponibles. El país dispone de un potencial en energías renovables, tales como la biomasa cañera, las energías hidroeléctricas, solar y eólica, que pueden y deben adquirir un mayor peso dentro del balance nacional como requisito para lograr la sostenibilidad a mediano plazo.

Bibliografía

BRUNDTLAND, G. H. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, 1987. CMMAD

«Capital Natural y Bienestar Humano. Declaración del Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio». UNEP.

www.unep.org/maweb/documents/document440.aspx.pdf. s/a.

CLARO, R. (ed.) (2007). *La biodiversidad marina de Cuba*. CD-ROM, Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba, 317 pp, + Anexos.

DAILY, GRETCHEN C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington D.C.: Island Press, 1997. 1-10 pp.

DAILY, GRETCHEN C.; PAMELA MATRON Y PETER M. VITOUSEK (1997).

Ecosystems Services Supplied by Soil, en Daily G. C. (editor). *Nature's*

Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington D.C. 1997. pp. 113-132.

DALY, HERMAN E. (1990). *Criterios operativos para el desarrollo sostenible*. <http://www.eumed.net/cursecon/textos/Daly-criterios.htm>.

EHRlich, P.; A. EHRlich y G. DAILY (1995). *The Stork and the Plow. The Equity Answer to the Human Dilemma*. New York: Putman Press. 1995.

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005. Principales conclusiones. <http://www.millenniumassessment.org/es/About.aspx#2>.

GARCÍA, J. M. Y L. CANTERO (2008). «Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del agua: Caso cubano», en *Voluntad Hidráulica*, 46(100): 12-19, 2008.

HUBERMAN, L. Y P. M. SWEETZ (1961). *Cuba, Anatomía de una Revolución*. La Habana: Ed. Vanguardia Obrera, 1961. (Páginas 28-29 y 59-60).

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INRH), 2003. «Informe de actualización del trabajo desarrollado en los últimos años por el INRH en los servicios a la población y la economía». Septiembre de 2003, 37 p.

INSTITUTO DE SUELOS (1996). *Factores limitantes en las tierras cubanas*. Informe inédito. Ministerio de la Agricultura (MINAGRI), Cuba, 1996.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE (CITMA) (2007). *Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010*. Resolución No. 40/2007. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición ordinaria, 18 de abril de 2007, CV(30): 449-478, 2007.

OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (ONE) (2008). *Panorama Medioambiental CUBA 2007*. La Habana, edición mayo de 2008. 68 pp.

OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (ONE) (2009). *Medio Ambiente, Estadísticas en la Revolución*. La Habana: 2009. 177 pp.

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) (2010). *Anuario Estadístico de Cuba*. La Habana: 2010.

OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (ONE) (2011). *Anuario Estadístico de Cuba*. La Habana: 2011.

OXILIA DÁVALOS, V. (2012). «Matriz energética en América Latina y el Caribe, situación actual y perspectivas de las energías renovables», Conferencia magistral en la XXXIII Convención Panamericana de Ingenierías UPADI 2012. La Habana, 9-13 de abril de 2012.

POSTEL, S. L.; G. C. DAILY Y P. R. ERLICH. «Human Appropriation of Renewable Fresh Water», en *Science* 271, pp. 785-788. s/a.

POSTEL, S. Y S. CARPENTER (1997). «Freshwater Ecosystem Services», en Daily, Gretchen C.: *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C. 1997.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA) (2003). *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003*. PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, D. F. México, 2003. 281 pp.

SCHUMACHER, E. F. (2011). *Lo pequeño es hermoso*. Ed. AKAL, 2011.

TILMAN, DAVID (1997). «Biodiversity and Ecosystems Functioning», en Daily, Gretchen C.: *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C. 1997, pp. 93-112.

VALES, M.; A. ÁLVAREZ, L. MONTES Y A. ÁVILA (comps.) (1998). Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba. Madrid: Ed. CESYTA, 1998. xxv + 480 pp.

WALI, M. K. (1992). *Ecosystems Rehabilitation*, vol. 2, The Hague: SBP Academic Publishers, 1992.

Sistema energético con fuentes renovables de energía en el Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau

Energy system with renewable energy sources in the Pablo de la Torriente Brau Educational Center

*Por Lic. Francisco Rodríguez Castanedo**

** Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau,
Bahía Honda, Artemisa, Cuba.
email: sarmiento@ceter.cujae.edu.cu*

Resumen

Se presenta el dimensionado de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau. Consiste en un sistema conectado a la red con un banco de baterías y ocho horas de autonomía para los fallos de la red. Se obtiene el dimensionado fundamental para los módulos fotovoltaicos, el inversor y las baterías; se realiza un análisis económico y se consideran aspectos sobre la reducción del impacto al medio ambiente.

Palabras clave: Energía fotovoltaica, fuentes renovables de energía

Abstract

The paper presents the sizing of a photovoltaic system for supplying electricity to Pablo de la Torriente Brau Educational Center. It is a grid-tied system with a battery bank and eight hours of autonomy in case of grid failures. We carried out the sizing of the photovoltaic modules, the inverter and the batteries; an economic analysis is carried out and aspects on reducing the impact on the environment are considered.

Keywords: Photovoltaic energy, renewable energy sources

Introducción

El Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau, perteneciente al municipio artemiseño de Bahía Honda, está compuesto por más de 10 edificios y abarca un área de 7 hectáreas, la cual comprende laboratorios, salas de conferencias, biblioteca, almacenes, dormitorios, comedor, cafetería, oficinas administrativas, campos deportivos, dispensario médico, áreas especializadas y otras instalaciones, cuyo objetivo es la preparación de sus estudiantes.

En la actualidad el Centro cuenta con una matrícula de 784 estudiantes de diferentes subsistemas de la educación general: Secundaria Básica, 57; Preuniversitario, 141; Técnica y Profesional, 522, y Cursos de Superación de Adultos, 64 estudiantes. De los 784, internos son 180, y externos 604.

Dada la cantidad de laboratorios y actividades docentes del Centro, el uso de la energía eléctrica resulta esencial para el cumplimiento de su misión, aunque su ubicación en el final de una línea de la red de distribución, y otros aspectos técnicos, hacen que el suministro de electricidad resulte afectado por una determinada cantidad de fallos que afectan su proceso docente.

Por otra parte, es conocida la situación mundial referida a la producción de electricidad con combustibles fósiles, por lo que los análisis y proposiciones adecuadas para el uso de las fuentes renovables de energías, son bien recibidas, sobre todo con tecnologías de fuentes renovables ya establecidas como la fotovoltaica.

El presente reporte contiene el dimensionado de un sistema fotovoltaico [Cabrera, 2005; Hernández, 2007] para suministro de energía eléctrica al Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau, con las características de un sistema conectado a la red con un banco de baterías y ocho horas de autonomía para los fallos de la red. Además, se presenta un breve análisis de la reducción del impacto ambiental.

Método

Se consideró a diciembre como el peor mes [Montgomery, 2012], en el cual la relación entre el consumo energético y la radiación solar ofrecía el cociente o indicador de mayor valor, por lo que los datos para el dimensionado en dicho mes fueron:

Consumo: 1 799,4 kWh/mes (58,04 kWh/día)

Irradiación: 3,32 kWh/m².día

La eficiencia eléctrica integrada del regulador, las baterías y el inversor, se estimó en:

$$\eta_{ele} = 0,86$$

$$\text{Utilizando } Co = \eta_{ele} Ee$$

Donde:

$Co = 58,04$ kWh/día: Consumo energético

$\eta_{ele} = 0,86$: Eficiencia eléctrica

$Ee = 67,49$ kWh/día: Valor calculado para la energía a entregar por los módulos

Se consideraron módulos fotovoltaicos del modelo DSM-185 (23)-C, del Combinado de Componentes Electrónicos, Ernesto Guevara, de Cuba.

El factor de reducción de la generación, se obtuvo de:

$$Fred = Fenv \cdot Fso$$

Donde:

Fred: Factor de reducción de la generación

Fenv: Factor de envejecimiento de los módulos fotovoltaicos

Fso: Factor por suciedad óptica en los módulos fotovoltaicos

Numéricamente:

$$Fred = (0,87) (0,90) = 0,78 = 78\%$$

Calculando la entrega diaria promedio de energía por cada módulo en los 25 años de vida útil del proyecto [Stuart, 2012] mediante:

$$(Ee)_u = \eta p Fred (I A)$$

Donde:

(Ee)_u: Energía entregada por cada módulo

ηp = (0,143): Eficiencia del módulo

Fred = 0,78: Factor de reducción de la generación

I = 3,32 kWh/m².día: Irradiación promedio anual en diciembre

A = (1,31) (0,99) = 1,29 m²: Área del módulo seleccionado

Obteniéndose:

$$(Ee)_u = 0,478 \text{ kWh/día módulo}$$

De aquí que la energía eléctrica entregada (*Ee*) por todos los módulos (*n*) será:

$$Ee = n (Ee)_u$$

Donde el número de módulos es:

$$n = Ee / (Ee)_u = 67,49 / 0,478 \approx 144 \text{ módulos}$$

Para el dimensionado de las baterías, se consideró al mes de abril como el mes de consumo absoluto mayor, con 65,88 kWh/día, y dimensionando una autonomía de 8 horas (8/24 días) con una profundidad de descarga máxima de 50% (PD = 0,5), la energía que debe almacenarse (*Ea*) en las baterías debe ser:

$$E_a = (8/24) (65,88) / (0,5) = 43,92 \text{ kWh}$$

Se seleccionó una tensión eléctrica de 96 V para la zona de corriente directa, así como una tensión eléctrica de $V_o = 12 \text{ V}$ para cada una de las baterías a seleccionar.

Por tanto, se han de requerir 8 baterías en serie (96/12).
Como deben almacenar 43,92 kWh, a cada una le corresponde

$$(43,92 / 8) = E_u = 5,49 \text{ kWh}$$

$$\text{Según } E_u = C [\text{Ah}] V_o [\text{V}]$$

De donde se obtiene como capacidad de cada batería a:

$$C = 457 [\text{Ah}] \approx 450 [\text{Ah}]$$

Para el inversor, se estimó una potencia máxima de 8 kW, suficiente para la demanda del Centro.

Resultados

Un análisis económico simplificado puede realizarse utilizando la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros para el análisis económico

| | Cantidad | Índice | Costo, \$ |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
| Módulos | 144 (185 Wp) = 26 640 Wp | 0,60 (\$/Wp) | 15 984,0 |
| Baterías | (8) 5,49 kWh = 43,9 kWh | 75 (\$/kWh) | 3 292,5 |
| Inversor | 8 000 W | 0,25(\$/Wh) | 2 000,0 |
| Regulador | (96 V) (283 A) = 27168 VA | 0,08 (\$/VA) | 2 173,4 |
| Subtotal | | | 23 449,9 |
| Otros | 20% del subtotal | | 4 690,0 |
| Instalación | 26 640 Wp | 0,20 (\$/Wp) | 5 328,0 |
| Costo de inversión | | | 33 467,9 |
| Costo de operación y mantenimiento | 26 640 Wp | 0,50 (\$/Wp) | 13 320,0 |
| Costo de reemplazos | Baterías | 3 292,5 | 3 292,5 |
| | Inversor y regulador | 2 000,0 + 2 173,4 | 4 173,4 |
| Costo total | | | 54 253,9 |

La energía total producida en los 25 años del proyecto, se puede estimar como sigue:

Utilizando la irradiación promedio anual de 4,96 kWh/m²día.

$(E_e)_u = 0,714 \text{ kWh/día módulo}$

Con 144 módulos, 365 días en 25 años, se obtiene:

$E = (0,714 \text{ kWh/día módulo}) (144 \text{ módulo}) (365 \text{ día/año}) (25 \text{ años}).$

$E = 938 \ 196 \text{ [kWh]}$

Finalmente, el costo equivalente de la energía, o costo del kWh, se obtiene de:

$\text{Costo del kWh} = 54 \ 253,9 \text{ [\$]} / 938 \ 196 \text{ [kWh]} = 0,06 \text{ [$/kWh]}$

Este costo resulta sustancialmente inferior [Fitz, 2012] al típico de 0,24 [\$/kWh] obtenido en plantas de generación eléctrica con vapor y eficiencia de 33%, a partir de petróleo a \$100 el barril.

Considerando [Micropower, 2012] como indicadores de contaminación evitada por el uso de la fotovoltaica, en sustitución de la energía generada con combustibles fósiles a:

CO₂: 833 g/kWh

SO₂: 2,74 g/kWh

NO_x: 1,34 g/kWh

Y utilizando los valores de energía generada por año, según cálculos anteriores:

$E = 938 \ 196 \text{ [kWh]} / 25 \text{ [año]} = 37 \ 528 \text{ [kWh/año]}$

Entonces, la contaminación evitada es de:

31,3 t (CO₂)/año

0,1 t (SO₂)/año

0,05 t (NO_x)/año

Conclusiones

Los objetivos planteados para este estudio fueron cumplidos. Se obtuvo el dimensionado de un sistema energético que utilice la energía solar fotovoltaica en el Centro Mixto Pablo de la Torriente Brau para la

satisfacción de sus necesidades, con una disminución de la contaminación ambiental, y se alcanzaron los resultados siguientes:

Se obtuvo el dimensionado fundamental de la instalación fotovoltaica, para los módulos de las baterías y el inversor.

Se consideró una reserva o autonomía de 8 horas de consumo en las baterías, para atenuar la mayoría de las fallas de la red.

Se logró un balance económico satisfactorio y un nivel apreciable en la reducción de la contaminación al medio ambiente, con el uso de esa fuente renovable de energía.

Bibliografía

CABRERA, I. (2005). «Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red», en *Energía y tú*, (31): 2005. www.cubasolar.cu.

HERNÁNDEZ, L. (2007). «Sistemas fotovoltaicos ¿Autónomos o conectados a la red?», en *Energía y tú*, (38): 2007). www.cubasolar.cu.

MONTGOMERY, JAMES (2012). «Europe's 2011-2012 PV Installs: Two Tales of Growth», www.RenewableEnergyWorld.com (2012).

STUART, BECKY (2012). «2011: 27 GW of PV installed; Full Potential of Many Markets Unfulfilled», www.RenewableEnergyWorld.com (2012).

FITZ, ERIC (2012). «The Bottom Line Impact of PV Module Reliability», www.RenewableEnergyWorld.com (2012).

«Micropower System Modelling with HOMER». www.nrel.gov/homer (2012).

Ahorro de agua y energía mediante el empleo de tubería flexible en el cultivo del arroz

Water and energy savings through the use of flexible tubing in rice cultivation

Por Ing. Héctor Moreno Guerra
y Ing. Raidel Vidal González**

** Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA), Camagüey, Cuba
e-mail: hecto@cita.hidro.cu y raidel@cita.hidro.cu*

Resumen

Se presentan los resultados del estudio sobre el ahorro de agua mediante el empleo de tubería flexible en un pequeño sistema de riego para el cultivo del arroz. La prueba se desarrolla en una finca del municipio de Esmeralda, provincia de Camagüey, realizándose evaluaciones hidráulicas y operacionales con el objetivo de conocer las posibilidades de generalización de esta tecnología, como una alternativa para la sustitución de canales y el consiguiente ahorro de agua. Los resultados indican que la tecnología es de fácil aplicación en el sector cooperativo y campesino, obteniéndose un considerable ahorro de agua además de otros beneficios colaterales tales como el mejor aprovechamiento del área y una distribución más eficaz de los fertilizantes.

Palabras clave: Ahorro, tubería flexible, cultivo de arroz, riego, canal terciario

Abstract

The results of the study on water saving through the use of flexible tubing in a small irrigation system for rice cultivation are presented in the current paper. The test takes place on a farm in the municipality of Esmeralda, province of Camagüey, carrying out hydraulic and operational evaluations in order to know the possibilities of generalization of this technology, as an alternative for the replacement of channels and the consequent saving of water. The results indicate that the technology is easy to apply in the cooperative and peasant sector, obtaining a considerable saving of water in addition to other benefits such as the better use of the area and a more efficient distribution of fertilizers.

Keywords: Savings, flexible pipe, rice cultivation, irrigation, can to tertiary

Introducción

El agua participa en todos los procesos productivos agrarios, industriales, etc., como un elemento imprescindible pero cada vez más escaso y costoso. La FAO [1998] ha señalado que en la medida en que se desarrolla la población en el mundo aumentan las demandas de agua a un ritmo muy acelerado para suplir las necesidades de abasto humano y animal, riego y usos industriales. Señala Alonso [2006] que según aumenta la población y crecen las economías, el agua va convirtiéndose en un recurso cada vez más escaso y valioso, por lo que resulta cada día más importante hacer un uso eficiente de la que utilizamos para el riego.

Según estudios de la FAO [Besseat, 2005], el riego insume en la actualidad 70% del agua a nivel mundial, proporción que debe incrementarse en los próximos años al expandirse las áreas irrigadas como consecuencia del incremento de las necesidades alimentarias. La utilización del riego en Cuba adquiere hoy una importancia vital, con vistas a lograr los mejores resultados productivos con el uso más eficiente del agua.

El arroz es el cultivo mayor consumidor de agua para riego; se han realizado diversos esfuerzos para mejorar la eficiencia del uso de agua en este cultivo, como es el microcampo y el trazado de los canales terciarios sobre colchón [Alemán, 1980]; sin embargo, aún son pocas las áreas que disponen de sistemas ingenieros, lográndose eficiencias de conducción inferiores a 50%.

El empleo de tubería flexible con compuertas para la regulación del gasto, constituye una tecnología ampliamente empleada en el mundo para el riego superficial intermitente por surcos, en cultivos sembrados en hileras. Considerando las grandes pérdidas de agua en el cultivo del arroz, se realiza la evaluación del empleo de tubería flexible sustituyendo el canal terciario para el riego de una parcela de arroz, con el objetivo de valorar su eficiencia técnica y económica como posible alternativa para el ahorro de agua de riego en el sector cooperativo y campesino.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la finca La Victoria perteneciente a la CCS 26 de Julio, ubicada en el municipio de Esmeralda, provincia de Camagüey, durante el periodo comprendido desde septiembre de 2010 hasta febrero de 2011.

El suelo del área se clasifica como ferralítico pardo rojizo; se seleccionó un área de 0,77 ha sembrada de arroz (*Oriza sativa*), variedad Reforma, con tecnología de seco-fangueo por medio de tracción animal, a razón de 180 plantas/m², regada por inundación.

El canal terciario utilizado tradicionalmente para el riego es sustituido por una tubería flexible, con las características siguientes:

Longitud del rollo: 150 m.

Diámetro: 400 mm.

Material: Polietileno de baja densidad con aditivos que le confieren protección contra los rayos solares.

Compuertas regulables: Permiten gastos entre 1 y 6 L/s.

Presión máxima: 5 PSI.

Temperatura máxima: 70 °C.

Costo: 1,82 CUC/m.

Esta tubería permite un montaje y desmontaje sencillo, pudiendo guardarse al concluir la campaña de riego; para la colocación de las compuertas se suministran con un kit de perforación, lo que permite colocarlas en los lugares indicados según las características del área de riego. La tubería puede ser acoplada a la salida de un equipo de bombeo, o a una compuerta situada en un punto de distribución del sistema de riego.

Previamente a la instalación de la tubería se realizó el aforo del canal terciario, utilizando la relación:

$$Q = A \times v$$

Donde:

Q: Gasto en el canal, m³/s

A: Área del canal, m²

v: Velocidad del agua en el canal, m/s

El área del canal se obtuvo según su forma geométrica, aplicando la ecuación correspondiente. La velocidad del agua fue determinada utilizando un flotador, para lo cual se escogió un tramo de 20 m de longitud de sección uniforme, se colocó un objeto flotante 5 m aguas arriba del punto inicial para garantizar una velocidad estable en el tramo seleccionado, y se hicieron 3 repeticiones para medir el tiempo, mediante un cronómetro. Con el gasto calculado se obtuvo el volumen de agua aplicado al área de riego:

$$V = Q \times t \times 3\,600$$

Donde:

V: Volumen de agua aplicado, m³

t: Tiempo de riego, h

Esos mismos cálculos se efectuaron una vez instalada la tubería en sustitución del canal terciario, midiendo el gasto entregado en cada compuerta, mediante el método volumétrico.

$$Q = V / t$$

Se utilizó un recipiente previamente aforado y se efectuaron tres repeticiones en cada compuerta para precisar el resultado.

Los resultados de la evaluación fueron los siguientes:

A. Canal de riego

Se realizó el aforo del canal (Tabla 1).

Tabla 1. Aforo del canal

| Término | U.M. | Punto 1 | Punto 2 |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Área de la sección del canal | m ² | 0,075 | 0,075 |
| Velocidad del agua en el canal | m/s | 0,22 | 0,15 |
| Gasto en el canal | L/s | 16,50 | 11,20 |

Tabla 2. Eficiencia de conducción del canal entre los puntos 1 y 2

| Término | U.M. | Indicador |
|---|-------------|------------------|
| Distancia evaluada | m | 200 |
| Pérdida de agua en el tramo evaluado | L/s | 4,30 |
| Eficiencia de conducción en el tramo evaluado | % | 68 |
| Pérdida específica | L/s/m | 0,021 |

Punto 1. Punto inicial de entrega de agua al área.

Punto 2. Punto final de entrega de agua al área.

B. Tubería flexible

Mediante la tubería flexible se logran eliminar las pérdidas de agua en el canal, a la vez que se obtiene un mejor control de la entrega de agua al campo. Al realizar el aforo en las compuertas se obtuvo:

Tabla 3. Aforo de la tubería flexible

| No. Compuerta | Tiempo, s | | | | Gasto, L/s |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------|------------|
| | Evaluación 1 | Evaluación 2 | Evaluación 3 | Media | |
| 1 | 6 | 5 | 6 | 5,66 | 3,18 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 6,00 | 3,00 |
| 3 | 6 | 7 | 6 | 6,33 | 2,84 |
| 4 | 6 | 7 | 7 | 6,66 | 2,70 |
| Total | | | | | 11,72 |

Volumen del recipiente: 20 L.

En la tabla 4 se presenta una comparación del volumen de agua utilizado para el riego del campo con ambas tecnologías:

Tabla 4. Volumen de agua aplicado

| Tecnología de conducción de agua | Gasto, L/s | Volumen de agua, m ³ | Norma de riego, m ³ /ha |
|----------------------------------|------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Canal de riego | 16,50 | 159 969 | |
| Tubería flexible | 11,72 | 114 264 | |
| Diferencia | 4,78 | | |

Se evidencia que el ahorro de agua con el empleo de la tubería flexible es considerable, sin embargo, los beneficios reales son mayores, e incluyen [Rodenos, 2009]:

- Fácil transportación y almacenamiento.
- Fácil instalación.
- Contribuye a evitar la erosión del suelo.
- Evita que nazcan malezas en los canales terciarios.
- Evita las pérdidas de agua por infiltración y evaporación en los terciarios.

- Reduce los costos de la mano de obra y de los materiales que se usan en el riego.
- Posibilita la medición correcta del agua en el campo.
- Mayor efectividad en la aplicación de fertilizantes y mejoradores de suelo.
- Elimina el uso de maquinaria y el gasto de combustible para la construcción y el mantenimiento del canal terciario.
- Aumenta el área cultivable.
- Humaniza el trabajo del regador.

Resumiendo, las pérdidas de agua por filtración y evaporación en la conducción terciaria son erradicadas por las mangueras flexibles; esta tecnología elimina la construcción del canal terciario y todas las labores que ello implica, y humaniza el trabajo del anegador.

El costo de esta tubería en el momento del estudio fue de 364,00 CUC; en realidad, la tubería utilizada en este caso (400 mm) estuvo sobre dimensionada, disponible por una donación realizada por la firma Grupo Olefinas; para el caso en cuestión hubiera sido suficiente una tubería de 200 mm, con un precio de 240,00 CUC.

La evaluación económica de los resultados indica el beneficio obtenido con el uso de la tubería flexible (Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación económica de los resultados obtenidos en el área evaluada

| Parámetro | U.M. | Canal terciario | | | Tubería flexible | | | Diferencia | |
|------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | | Cant. | Costo | | Cant. | Costo | | | |
| | | | CUP | CUC | | CUP | CUC | CUP | CUC |
| Tubería flexible | m | 200 | | | | | 480,0 | | (480,0) |
| Consumo agua | Mm ³ | 160 | 800,0 | - | 114 | 571,32 | - | 228,68 | - |
| Consumo diésel | L | 66,5 | - | 65,8 | - | - | - | - | 65,8 |
| Salario chapea | m | 200 | 33,2 | - | - | - | - | 33,2 | - |
| Total | | | 833,2 | 65,8 | | 571,32 | 480,0 | 261,88 | 414,2 |

La tubería flexible protegida del intemperismo puede tener una duración, según el fabricante, de hasta 10 años; para los efectos de estos cálculos se consideró un límite de 5 años, de lo cual resultó el costo anual de 480,0 CUC reflejado.

Los resultados indican el beneficio económico obtenido solamente por concepto de ahorro de agua, combustible y salario, lo cual se acrecienta al considerar los efectos colaterales señalados.

El sector cooperativo y campesino en el país posee una gran cantidad de áreas de riego de diversos cultivos abastecidas por canales, cuya sustitución por tuberías flexibles constituye una opción viable para el desarrollo de una agricultura más eficiente y productiva, lo cual tiene una importancia particular en el caso de las áreas de riego de arroz por las bajas eficiencias de conducción en los sistemas de riego de este cultivo, así como por la posibilidad de lograr un mejor control del agua entregada a las parcelas y un trabajo más eficiente del regador.

En el caso de los grandes sistemas arroceros, el canal terciario siempre ha sido un tema muy debatido, y es el principal obstáculo para la cosecha en los sistemas tradicionales y semi ingenieros, en los cuales estos canales se construyen generalmente con motoniveladora, tecnología que no permite obtener los parámetros esperados, ni alcanzar el mando necesario del agua sobre la superficie del campo [Pla, 1979]. Por lo antes expuesto, no suelen conducir el gasto suficiente, a lo cual se adiciona que al carecer de obras hidrotécnicas y compuertas, el regador se ve obligado a realizar piquetes adicionales en los hombros del canal y utilizar construcciones aledañas al canal terciario, desviando volúmenes de agua por encima de la entrega necesaria, tardándose el riego total del campo entre 10 y 15 días; como resultado, se crean grandes dificultades para la mecanización agrícola al tener que construir micro campos dentro del campo, mientras que el aumento de los diques obstruye la cosecha mecanizada, ocasionando disparidades en el ciclo vegetativo dentro del campo.

Con el sistema ingeniero se da solución a esta problemática, pero se encarece considerablemente el costo de los sistemas, por lo cual debe valorarse la alternativa de utilizar tubería flexible en sustitución de canales terciarios en los sistemas de riego de las empresas arroceras, lo cual implica la utilización de los diámetros y longitudes de tuberías adecuados para cada caso.

Tabla 6. Utilización de las mangueras según carga

| Carga | Ø (en mm) de manguera flexible a usar |
|---|--|
| Para carga de 0,25 m: Distancia de 100 m y un gasto de 18 L/segundo | 200 |
| Para carga de 0,25 m: Distancia de 100 m y un gasto no mayor de 60 L/segundo | 300 |
| Para carga de 0,8 m: Distancia de 300 m y un gasto no mayor de 60 L/segundo | 300 |
| Para carga de 0,8 m: Distancia de 300 m y un gasto de 25 L/segundo | 200 |
| Para carga de 1,2 m: Distancia de 800 m y un gasto 40 L/segundo | 300 |
| Para carga de 1,2 m: Distancia de 800 m y un gasto 45 L/segundo | 300 |
| Para carga de 1,2 m: Distancia de 800 m y un gasto 48 L/segundo | 300 |
| Para carga de 1,2 m: Distancia de 1 425 m y un gasto 60 L/segundo | 400 |
| Para carga de 1,2 m: Distancia de 1 425 m y un gasto no mayor de 120 L/segundo | 600 |
| Para carga de 1,8 m: Distancia de 1425 m y un gasto no mayor de 120 L/segundo | 500 |

Conclusiones

La utilización de tubería flexible en sustitución de canales terciarios constituye una opción técnica y económicamente viable para el ahorro de agua y energía en pequeños sistemas de riego, predominantes en los sectores cooperativo y campesino.

Teniendo en cuenta el ahorro en divisa que significaría por ahorro de energía eléctrica si se usaran las mangueras flexibles, siendo conservador este análisis, solamente para 9 estaciones de bombeo con las mismas características que la de la tabla, sería de 193 428 USD/ año, o su equivalente en combustible: 193,41 TM.

En la actualidad existen en el país unas 50 estaciones de bombeo que riegan arroz, con diámetros por encima de 200 mm, lo que significaría en ahorro de divisas por el uso de las mangueras flexibles, de 967 140 USD/año. Con un ahorro de combustible equivalente a 967,00 TM.

Teniendo en cuenta esto, se amortizaría la adquisición de las mangueras flexibles en menos de un año.

También se puede concluir que del estudio realizado en este caso, ha sido favorable el estado físico que aún presentan las mangueras usadas en el riego del arroz y en la rotación de cultivos, para el máximo aprovechamiento del agua. Esta manguera fue donada, pero su costo es de 3 078,32 USD.

En los 4 años transcurridos se ha producido arroz con un rendimiento de 4,5 TM por ha en la campaña de frío, y de 3,9 TM/ha en la primavera. Esto, en los cuatro años, da una producción de arroz total de 18 TM en frío y de 15,6 TM en primavera, que a los precios actuales en el mercado internacional significa un ingreso de:

$$33,6 \text{ TM} \times 524,00 \text{ USD/TM} = 17\,606,40 \text{ USD.}$$

En este valor no se consideran las producciones de cultivos varios en ciclos cortos, en rotación con el arroz.

La diferencia de agua consumida usando la manguera flexible, en comparación con el sistema de canales de tierra terciarios, sería de 45 000 m³, cantidad que se hubiera podido utilizar para regar una hectárea más de siembra. Con esta agua ahorrada se pueden producir unas 55 TM de arroz adicionalmente, lo que reporta para el país un incremento de 55,0 TM x 524,00 USD/TM = 28 820,00 USD, lo que paga con creces el precio de costo de la manguera flexible empleada. Si esto se extrapola al país, en el sector privado, el cual dispone ahora de más de 30 000 fincas en producción, la sustitución de importaciones del arroz que pudiéramos

producir en Cuba adicionalmente, mediante el uso de las mangueras, podría ascender a 864 millones de USD.

Estos parámetros, analizados a 4 años del estudio realizado en condiciones de producción en la finca experimental La Victoria, corroboran los resultados expuestos.

Recomendaciones

- Evaluar el uso de la tubería flexible en sustitución del canal terciario en los grandes sistemas de riego de arroz.
- Utilizar esta tecnología para conducir el agua en otros cultivos que empleen el riego por gravedad, como medida para disminuir las pérdidas de agua por conducción y lograr otros beneficios.

Bibliografía

- ALEMÁN, LUIS (1980). *Diferentes estudios sobre el riego del arroz en Cuba*. La Habana: Editorial Científico Técnica, 1980.
- ALONSO, R. (2006). «Uso eficiente del agua en el riego: una tarea esencial». Fecha de acceso: 18 de noviembre de 2006. Disponible en: www.mesaredonda.cu/noticia.asp?id=4044.
- AMADOR VILARIÑO, J. L. Y J. B. MARTÍNEZ RODRÍGUEZ (2012). *Software para el cálculo económico en la selección de conductoras de impulsión*. 2012.
- BESSEAT, F. (2005). Centro virtual para agua en la agricultura, en Revista GRID. ISSN 1021-268X. Ed. FAO, Roma, 2005. (23). p 17-18.
- FAO (1998). *Producción de alimentos: función decisiva del agua*. Documentos Técnicos de Referencia. Roma: 1998.
- PÉREZ FRANCO, DIOSDADO (1986). *Equipos de bombeo*. La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1986.
- PLA, ALBERTO (1979). *Estudio de diferentes manejos de agua en el cultivo de arroz*. La Habana: Ed. Científico Técnica, 1979.
- RODENOS, SALVADOR (2009). «Sistema tradicionales de riego». Fecha de acceso: 25-10-2009. Disponible en: <http://www.icid.org/nup2005-3-sp.pdf>.

Eco Solar es una publicación científica electrónica trimestral para los especialistas de las fuentes renovables de energía. Se dedica a la promoción de temas relacionados con la energética, las energías alternativas, la física ambiental, la arquitectura bioclimática, el impacto sobre el medio ambiente la educación ambiental, la termoconversión, la eficiencia energética, y las energías de origen hidráulico, fotovoltaico, eólico, solar, biomasa y ciencias relacionadas

DIRECTOR GENERAL:

Dr. Luis Bérriz Pérez.

DIRECTOR:

M.Sc. Manuel Álvarez González.

EDITOR JEFE:

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

EDITORA:

M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez.

CORRECCIÓN:

Ing. Jorge Santamarina Guerra.

CONSEJO EDITORIAL:

Dr. Luis Bérriz Pérez.

M.Sc. Manuel Álvarez González.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

M.Sc. Manuel Fernández Rondón.

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

M.Sc. Daniel López Aldama

DISEÑO ELECTRÓNICO:

D.I. Antonio Romillo Polaino.

WEB MASTER:

M.Sc. Fernando González Prieto.

CONSEJO ASESOR:

Dra. Elena Vigil Santos.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

Dr. Sergio Corp Linares.

Dr. José Guardado Chacón.

Dr. Deny Oliva Merecio.

Dra. Dania González Couret.

Dr. Juan José Paretas.

Lic. Bruno Henríquez Pérez.

M.Sc. Leonor Turtós Carbonell.

M.Sc. Alejandro Montesinos Larrosa.

Lic. Ricardo Bérriz Valle.

Dr. David Pérez Martín.

Dr. César Cisnero Ramírez



**SOCIEDAD CUBANA PARA LA PROMOCIÓN
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EL RESPETO
AMBIENTAL**

Calle 20 no. 4113, esquina a 47, Miramar, Playa,
Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal: 11300.

Teléfono: (537) 205-9949.

Apartado postal: 6611, CP: 10600, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: editora@cubasolar.cu

<http://www.cubasolar.cu>