



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

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

**40**



<b>Material para la educación energético-ambiental: libro virtual: la destilación solar. Algunas experiencias cubanas.....</b>	<b>1</b>
<b>Recuperación de la disponibilidad de generación en el ciclo combinado de Energás Varadero con aporte termosolar.....</b>	<b>11</b>
<b>La exención tributaria como incentivo de producciones agropecuarias ecológicas.....</b>	<b>29</b>
<b>La escuela como contexto para el correcto desarrollo de la percepción ambiental.....</b>	<b>48</b>
<b>Construcción de una planta de biogás en un combinado cárnico.....</b>	<b>60</b>

## **Material para la educación energético-ambiental: libro virtual: la destilación solar. Algunas experiencias cubanas**

### **Teaching material for energy-environmental education: e-book on solar distillation. Some Cuban experiences**

*Por M.Sc. Susana Fonseca Fonseca\*,  
M.Sc. Iván Martínez Reyes\*,  
Ing. Alonso Torres Ten\* y Lic. Ruberlando Espinosa Borges\**

*\* Centro de Investigaciones de  
Energía Solar (CIES), Santiago de Cuba, Cuba.  
e-mail: sfonseca@cies.ciges.inf.cu*

#### **Resumen**

La electricidad que consume la sociedad se genera en su mayor cuantía a partir de combustibles fósiles. La generación de energía contribuye en gran medida a las emisiones de CO<sub>2</sub>, con su consecuente impacto nocivo al medio ambiente. Es amplio el uso de los destiladores eléctricos en laboratorios, industrias y otros destinos; el agua destilada es muy utilizada también en el transporte. Los destiladores eléctricos consumen una considerable cantidad de energía, a la vez que gastan una gran cantidad de agua para la condensación. La energía solar es una fuente energética alternativa para la obtención de agua destilada. La desalinización de agua con energía solar es una técnica ya desarrollada con ventajas económicas, principalmente por el ahorro de electricidad y petróleo, así como por la posibilidad de disponer de agua desalinizada in situ. Se presenta un libro virtual sobre aspectos referidos a la destilación solar mediante destiladores de simple efecto, el cual recopila información sobre el desarrollo de este tipo de tecnología, así como también de los trabajos realizados en el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) al respecto. Todo ello permite crear una base para la enseñanza, difusión y aplicación de este dispositivo, lo que pudiera contribuir al desarrollo sostenible de la región y a la disminución de la contaminación ambiental mediante la reducción de emisión de sustancias nocivas al disminuir el empleo de combustibles fósiles en la obtención de agua destilada.

**Palabras clave:** Destiladores solares, destilador tipo invernadero, energía solar

#### **Abstract**

The electricity consumed by society is mostly generated from fossil fuels. The generation of electricity greatly contributes to CO<sub>2</sub> emissions, with a harmful impact on the environment. The use of electric distillers in

laboratories, industries and other places is extensive. Distilled water is also widely used in transport. Electric distillers consume a considerable amount of energy, while spending a large amount of water for condensation. Solar energy is an alternative for obtaining distilled water. The desalination of water with solar energy is an already developed technique with economic advantages, mainly for saving energy resources, as well as for the possibility of having desalted water in situ. This paper presents the e-book developed on aspects related to solar distillation by single-effect distillers, which collects information on the development of this type of technology, as well as the work carried out at the Solar Energy Research Center (CIES) regarding the aforesaid renewable energy technology. All this allows creating the basis for training, dissemination and application of this device, aimed at contributing to the sustainable development of the region and the reduction of environmental pollution by cutting the emission of harmful substances by means of reducing the use of fossil fuels in obtaining distilled water.

**Keywords:** Solar distillers, greenhouse type distiller, solar energy

## **Introducción**

Desde la década de los años 90, la educación y difusión de los temas relacionados con la energía y la protección del medio ambiente han centrado la atención de un número cada vez mayor de especialistas e instituciones dedicadas al desarrollo de la ciencia y la tecnología solares. Este interés tiene su origen fundamentalmente en la posibilidad cada vez más perceptible de una crisis energética y las afectaciones que experimenta el medio ambiente como consecuencia del uso irracional de la energía y los recursos energéticos.

La búsqueda de otras formas de uso y consumo de la energía capaz de garantizar un desarrollo sostenible, es inaplazable. Dicho desarrollo sostenible debe lograrse a partir de la satisfacción de un doble imperativo: ahorro energético y protección ambiental. En ello las energías renovables juegan un papel fundamental siguiendo la vía «suave» propuesta por Enrico Turrini [Turrini, 1993].

Las fuentes renovables de energía, en particular la solar, constituyen una alternativa idónea para resolver simultáneamente dos problemas esenciales: el agotamiento de los combustibles fósiles y el deterioro del medio ambiente provocado por su uso. El desarrollo y la generalización del uso de las fuentes renovables de energía (FRE) están siendo limitados en la actualidad por la insuficiente cultura acerca de los problemas energéticos y ambientales contemporáneos.

En la transmisión cultural de los principales conceptos ambientalistas y energético-solares juegan un importante papel los referentes externos internacionales, provenientes en su mayoría de países desarrollados, transmitidos a la población fundamentalmente a través de los medios masivos de comunicación. No obstante, es evidente que la información no llega a la población con la sistematicidad, fuerza y volumen necesarios como para repercutir decisivamente en el fomento de su cultura, y en el enriquecimiento de su pensamiento ambientalista y energético-solar. Estos problemas pueden ser resueltos, en parte, mediante la incidencia directa sobre la población por parte de especialistas en las temáticas energéticas y ambientalistas.

El CIES cuenta con numerosos especialistas en la temática de las FRE que han contribuido a la educación de la población, particularmente en la provincia de Santiago de Cuba. Esta labor se ha llevado a cabo mediante el desarrollo de proyectos de Educación Ambientalista y Energético Solar, fundamentados en el uso de las FRE como fuentes de energía limpias para el medio ambiente.

Es deseable que en ese proceso de desarrollo del conocimiento y la difusión de las tecnologías, se disponga de materiales que de una forma adecuada permitan hacer llegar el conocimiento a la población, entre ellos, la documentación apropiada sobre temas específicos. Siendo la destilación con energía solar un tema de gran interés por sus posibles aplicaciones en beneficio de la sociedad, y considerando todo lo expresado anteriormente, se constata la importancia y necesidad de elaborar un material que contenga información detallada específica sobre la destilación solar. Para ello el presente trabajo tiene por objetivo elaborar un libro virtual en formato de web con información organizada y actualizada sobre destiladores solares de simple efecto.

## **Desarrollo**

La purificación de fluidos, especialmente la desalinización o destilación de agua, es una necesidad del mundo civilizado y su consumo se centraliza en las ciudades, fundamentalmente en el transporte, las industrias química y químico-farmacéutica, y los laboratorios de la salud y la educación. En los lugares aislados puede emplearse para el consumo humano y animal, siendo el autoabastecimiento del agua el factor fundamental para el mantenimiento de algunas actividades como la señalización marítima y la defensa en los puestos guardafronteras [Bérriz, et al., 1992].

La desalinización o destilación del agua, utilizando como fuente energética la radiación solar, es una técnica ya desarrollada con grandes ventajas económicas, principalmente por el ahorro de electricidad o petróleo, así

como por la calidad del agua obtenida [Bérriz, et al., 1992]. Los destiladores solares pueden ser construidos de muchas formas y con diferentes materiales, y a la vez ser destinados para diferentes usos.

La destilación de agua aprovechando el uso de fuentes no convencionales de energía tiene dos enfoques: tecnologías sencillas basadas en el empleo del efecto invernadero, y tecnologías complejas que permiten incrementar la productividad a costa de un mayor costo unitario, siendo la primera vía la de mayores posibilidades de aplicación inmediata en Cuba.

A nivel nacional se han desarrollado trabajos relacionados con la destilación solar, en los cuales se ha perseguido fundamentalmente la determinación de las condiciones de operación del equipo, así como el empleo de distintos materiales en su fabricación [Fonseca, 1999].

En el país se han desarrollado con carácter experimental diferentes diseños de destiladores solares, tales como, el de cascada, de caseta o bandeja, y de casita [Bérriz, et al., 1992].

El Grupo de Energía Solar de Ciudad de La Habana (actualmente CUBAENERGÍA) y el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) de Santiago de Cuba, ambos pertenecientes al CITMA, han desarrollado investigaciones en la destilación solar durante más de 20 años, que permiten disponer de experiencias en este proceso de aprovechamiento térmico de la energía solar [Álvarez, 2009].

Dichas experiencias demuestran que la destilación solar del agua es una opción tecnológica y económicamente factible. La poca generalización que se ha logrado de esta aplicación de la energía solar se debe en alguna medida al desconocimiento social de la tecnología. Esto puede atenuarse con la incidencia directa de especialistas en las temáticas energéticas y ambientalistas sobre la población, mediante una adecuada divulgación de los fundamentos y los equipos, en este caso para la destilación solar, lo cual puede lograrse en alguna medida mediante la elaboración de materiales especializados.

Se hace imprescindible, por tanto, una labor de difusión y educación a la población en el empleo de destiladores solares, lo cual requiere de materiales que faciliten la transmisión de conocimientos, como es el caso de una monografía sobre destilación solar. Como tendencia en el desarrollo de estos dispositivos, la literatura internacional evidencia una disminución progresiva del costo unitario y el uso de materiales locales de fácil adquisición [Franco, 1994]. Las tecnologías aquí tratadas se inscriben en esta línea y buscan disminuir los costos y aumentar su versatilidad; y además de ser simples, eficientes y de bajo costo, deben ser aceptables para la población.

## **Materiales, métodos y procedimientos**

Para el desarrollo del trabajo primeramente se elaboró una monografía sobre destilación solar, que posteriormente fue llevada a formato web y se elaboró un CD con toda la información.

A continuación se presenta el índice general del libro virtual:

Capítulo 1. Introducción

Capítulo 2. Reseña de la destilación solar

Capítulo 3. La destilación solar. Conceptos generales

Capítulo 4. Algunas experiencias de la destilación solar en el Centro de Investigaciones de Energía Solar

Bibliografía

En el libro virtual se presentan las principales características del agua como sustancia utilizada en las diversas actividades humanas, y se exponen diferentes métodos de destilación, empleando la radiación solar como fuente energética.

En el primer capítulo se expone la introducción del tema. Se detallan las propiedades químicas y físicas del líquido, así como sus usos y agentes contaminantes; seguidamente se dedica un apartado a explicar la purificación del agua, los procedimientos y las acciones que se realizan con este objetivo. Por último se aborda la desalinización del agua; se explica en qué consiste y cómo se realiza la desalación o extracción de las sales presentes en el líquido con el fin de potabilizarla y hacerla disponible para sus diversos usos. Todo esto va agrupado en secciones diferentes del capítulo para una mejor comprensión y fácil búsqueda de un contenido en particular.

En el capítulo 2 se expone una breve reseña sobre la destilación solar, fundamentalmente con los antecedentes y el estado actual del arte de la temática.

Seguidamente, el capítulo 3 se adentra en el tema específico de la destilación solar, detallándose conceptos generales y otros aspectos de vital importancia. Es el capítulo base y de más peso.

Aquí se detalla dónde y por qué es necesaria la destilación del agua. Se presenta una breve explicación sobre la radiación solar como fuente energética para el funcionamiento de los destiladores solares, lo cual permite comprender los procesos de captación de energía y su utilización en estos equipos. Los destiladores solares son detallados en las secciones que le siguen; en ellas se explican los diversos y variados modelos de destiladores conocidos, así como el principio de su funcionamiento, los factores que inciden en el mismo, así como en su diseño y construcción,

dando una visión general de estos temas. Por último, se realiza un análisis comparativo de varios destiladores solares en el que se pueden apreciar sus ventajas y desventajas, características principales y propiedades constructivas.

El último capítulo presenta algunas experiencias obtenidas en Cuba en el desarrollo de diferentes modelos de destiladores solares.

El libro virtual *Destilación solar. Algunas experiencias cubanas*, está soportado en la herramienta de Autor NeoBook 5.5.3.

¿Cómo navegar en la monografía de destilación solar?



*Fig. 1. Página inicial.*

En la página inicial (Fig. 1), al hacer clic en algunos de los botones de opciones del menú principal ello nos remite a la opción deseada, es decir, posibilita una navegación iterativa a petición del usuario. Luego cada botón es un hipervínculo a la página seleccionada.

Cada ventana de opciones posee la estructura en la que se podrá navegar de forma lineal secuencial, u optando por ir de nuevo al menú principal con el botón indicado para ello. Ofrece en cada una de las páginas (Fig. 2) la hora actual, el día de la semana y la fecha actualizada, así como el nombre de la sección en la que se encuentra, lo que nos orienta constantemente. En su parte inferior aparece el nombre de la institución en la que fue creado dicho producto informático, y un botón que permite salir en cualquier momento de la multimedia.



Fig. 2. Imagen de una de las páginas del libro virtual.

Botón para navegar: Icono imagen para navegación a Internet-Intranet. Al ejecutar la multimedia aparecerá el símbolo de identificación para este hipervínculo, el cual facilitará mayor interacción de su contenido con la actualización del mismo. Facilita que se pueda obtener de forma libre la retroalimentación de cualquier tema sobre destilación solar a nivel internacional o nacional, además de fotos, relación con otros centros de investigación, universidades, etcétera.

Este vínculo facilita el correo electrónico o cualquier sitio Web deseado.

### Ventana de salida y créditos

La primera vez que se accede a esta ventana (Fig. 3) aparecerá aparentemente vacía, y al ir pasando el puntero del mouse por cada una de las letras aparecerán los créditos identificativos que se corresponderán con el currículo de cada uno, los cuales se muestran en la película que se activa cuando el usuario lo desee, a través de los botones de vínculo multimedia.



Fig. 3. Ventana de salida.



Fig. 4. Ventana de salida con los créditos.

Se podrá pasar el puntero del mouse por encima de cada uno de los botones y este lo resaltará a petición deseada (Fig. 4). Si optamos por la opción Deseas salir, en Sí se cerrará el software de forma inmediata; en No se navegará hacia el menú principal como se muestra en la figura 5.



Fig. 5. Ventana de salida con opción resaltada al pasar el mouse sobre ella.

## Conclusiones

Se dispone de un material científico-docente que crea una base para la enseñanza, difusión y aplicación de un tema de interés para la utilización de la energía solar con fines térmicos: la destilación solar, y se refieren experiencias del CIES en la temática.

El libro virtual presentado puede ayudar a una mayor utilización de los conocimientos de la energía solar en la solución de problemas energéticos y sociales, lo cual facilitaría el ahorro de la energía utilizada para estos fines, así como la disminución de los gastos por transportación del agua destilada; a la vez que garantiza su existencia en el lugar de utilización y también ayuda a disminuir la contaminación del medio ambiente, puede contribuir a elevar la cultura energético solar de la comunidad, con lo que se apoya el desarrollo sostenible de la región.

El CDROM en formato Web es una poderosa herramienta de divulgación, tanto para el estudio como para la impartición de cursos en temas relacionados con las fuentes renovables de energía, específicamente la destilación solar.

## Bibliografía

- ÁLVAREZ, MANUEL. (2001). «La destilación solar. Una posibilidad real de utilización en Cuba», en *Energía y tú* (16): 6-10, oct.-dic., 2001.
- BERRIZ, LUIS, et al. (1992). «Destiladores solares», en *Energía* (2): 17-29, 1992.

Fonseca, Susana, et al. (1999). *Destilación de agua con energía solar. Informe final*. Santiago de Cuba: CIES, 1999.

FRANCO, J. (1994). «Producción de agua potable con energías renovables en zonas aisladas del Noa», Tesis Doctoral, capítulos 1, 3, y 6, Departamento de Física, Universidad Nacional de Salta, 1994.

TURRINI, ENRICO (1993). *El camino del Sol*. Petrópolis: Ed. Vozes, 1993.

## **Recuperación de la disponibilidad de generación en el ciclo combinado de Energás Varadero con aporte termosolar**

### **Recovery of generation availability in Energás Varadero combined cycle with termosolar contribution**

*Por Ing. Diego la Rosa Morales\**

*\* Despacho Nacional de Carga, Unión Nacional Eléctrica (UNE), Cuba.  
e-mail: diego@dnc.une.cu*

#### **Resumen**

El objetivo de este estudio preliminar es evaluar la posibilidad de introducir un campo solar anexo a la central eléctrica de Energás Varadero, convirtiéndola en una central híbrida termosolar-ciclo combinado para recuperar la disponibilidad de generación de su turbina de vapor, que se ha visto deprimida ocasionalmente debido al déficit del suministro de gas. Se analizan para ello los datos de radiación solar, nubosidad, acceso al agua, condiciones y disponibilidad del terreno circundante, utilizando para ello información cartográfica 1:100000. Se calculan preliminarmente los niveles de ahorro de combustible haciendo un despacho económico de la generación disponible en el país para un caso actual con y sin aporte solar en Varadero, teniendo en cuenta la gráfica promedio de demanda del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y los horarios de mayor radiación solar en el lugar escogido para el emplazamiento. Se calcula el ahorro económico obtenido y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, así como lo que puede representar esto en un año de trabajo. Se concluye que con el sistema híbrido con dependencia de la nubosidad se puede lograr recuperar la disponibilidad de generación en determinados horarios del día, un considerable ahorro económico y una significativa reducción de las emisiones de gases contaminantes. Se recomienda hacer un diseño detallado de la planta y su factibilidad económica, considerando los precios actuales de los combustibles, los costos de inversión en la tecnología termosolar y sus proyecciones a mediano plazo, teniendo en cuenta el LCOE (*Costo Nivelado de la Energía*) y el VAN (*Valor Actual Neto*).

**Palabras clave:** Radiación solar, nubosidad, sistema híbrido, termosolar, ciclo combinado, despacho económico

#### **Abstract**

The objective of this preliminary study is to evaluate the possibility of installing a solar field in the vicinity of Energás Varadero power plant, transforming it into a hybrid termosolar-combined cycle power plant in order to recuperate the generation availability of its steam turbine, which has

been depressed occasionally due to the deficit of the gas supply. For this purpose, the data of solar radiation, cloudiness, access to water, conditions and availability of the surrounding land are analyzed, using cartographic information 1: 100000. Fuel savings levels are preliminarily calculated by making an economic dispatch of the generation available in the country for the current case with and without solar contribution in Varadero, taking into account the average demand graph of the National Electric Power System (SEN) and schedules of greater solar radiation in the place chosen for the solar thermal plant. The economic savings obtained and the reduction of CO<sub>2</sub> emissions are calculated, as well as what this may represent in a year of work. It is concluded that with the hybrid system with dependence on cloud cover it is possible to recover the availability of generation at certain times of the day, a considerable economic saving and a significant reduction in emissions of polluting gases. It is recommended to make a detailed design of the plant and its economic feasibility, considering the current fuels prices, investment costs in solar thermal technology and its med-term projections, taking into account the Levelized Energy Cost (LEC) and the Net Present Value (NPV).

**Keywords:** Solar radiation, cloudiness, hybrid system, solar thermal, cyclone or combined, economic dispatch

## Introducción

Más que un preocupante panorama, son ya una amenaza para la vida las tendencias en el aumento de las temperaturas medias en el mundo y la crisis climática global, las cuales están mostrando por doquier sus impactos, y el archipiélago cubano no se encuentra exento de este proceso. Papel protagónico importante en este resquebrajamiento de la salud del planeta lo tiene el uso indiscriminado de los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) [Greenpeace, 2003].

Cuba tiene alta dependencia de los combustibles fósiles, más de 93% de la energía eléctrica se produce a partir de su quema, lo que hace del sector eléctrico el responsable de aproximadamente 40% de las emisiones totales de gases contaminantes en el país, y que a su vez ocupe el quinto lugar entre países del mundo que más CO<sub>2</sub> por kWh generado emite, según los datos de la Agencia Internacional de Energía en el 2008 mostrados en la tabla 1. La tabla original de 156 países y regiones se redujo promediando los datos por continentes, con excepción de Cuba y de los 4 países que la superan en emisiones.

Todo lo anteriormente expuesto evidencia cada vez más el apremio de avanzar hacia el uso de las fuentes renovables de energía; por otra parte, al

encontrarse Cuba en una zona geográfica de alta radiación solar hace de este recurso una fuente atractiva para su estudio y aprovechamiento.

Este trabajo tiene como propósito en su primera instancia analizar el uso de la energía termosolar para convertir el ciclo combinado de Energías Varadero en una central híbrida conocida como ISCC (*Integrated Solar Combined Cycle*), mediante la cual se pretende resolver el problema de su disponibilidad de generación que se ha visto deprimida casi en 50% debido al déficit del suministro de gas, y en segunda instancia motivar el uso de las fuentes renovables de energía (en específico la radiación solar) a partir del análisis de las condiciones existentes para su explotación en el país.

*Tabla 1. Promedio de emisiones de CO<sub>2</sub>, g/kWh*

No.	País o continente	CO <sub>2</sub> , g/kWh
1	Botswana	1 789,162
2	Camboya	1 159,732
3	India	968,227
4	Bosnia y Herzegovina	928,292
5	Cuba	913,455
6	Asia	751,207
7	África	619,275
8	Oceanía	548,41
9	Centroamérica	516,31
10	El mundo	52,326
11	Norteamérica	489,59
12	Europa	298,649
13	Suramérica	253,024

## **Desarrollo**

A continuación se analiza la factibilidad de instalar un campo solar para convertir el ciclo combinado existente actualmente en Varadero en una central ISCC, desde los puntos de vista siguientes:

1. Irradiación solar disponible en la zona de estudio (Varadero).
2. Características del terreno circundante y su disponibilidad.
3. Accesibilidad, conectividad a la red y disponibilidad de agua.
4. Nubosidad.
5. Cubrimiento de la demanda eléctrica.
6. Reducción de la contaminación.

### Irradiación solar disponible en la zona de estudio (Varadero)

Los espejos concentradores parabólicos, así como los helióstatos y el receptor de torre en la tecnología de torre solar solo pueden concentrar la radiación directa, y no concentran la difusa. Por lo tanto, una central de este tipo solo tendrá sentido en una locación muy soleada, donde la irradiación difusa sea mínima.

Los criterios de niveles de irradiación que se manejan son los siguientes [Téllez, 2008]:

- No idóneos: locaciones con irradiación solar anual menor de 1 700 kWh/m<sup>2</sup>.
- Idóneos: lugares con irradiación solar anual de al menos 1 700 kWh/m<sup>2</sup>.
- Óptimos: sitios con irradiación solar anual mayor de 2 700 kWh/m<sup>2</sup>.

A partir de los valores de longitud y latitud de Varadero se obtienen los datos atmosféricos y de radiación solar en una cuadrícula de 16 x 16 km consultados en la base de datos SSE (*Surface meteorology and Solar Energy*) versión 6.0, calculados a partir de datos satelitales.

En la tabla 2 se muestran los valores promedio mensual de irradiación normal directa (kWh/m<sup>2</sup>/día).

Tabla 2. Promedio mensual de irradiación normal directa, kWh/m<sup>2</sup>/día

Lat. 23.154 Lon 81.251	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom. anual
Promedio: 22 años	5,69	6,46	6,99	7,82	7,44	6,60	7,27	7,15	6,28	5,97	5,48	5,18	6,53

Fuente: Datos SSE 6.0 NASA.

Se observa que el resultado medio anual en Varadero es de 6,53 kWh/m<sup>2</sup>/día. Al multiplicarse por los 365 días del año se obtiene una irradiación solar anual de 2 383,45 kWh/m<sup>2</sup>/día, que ubica a este

emplazamiento como un lugar idóneo para la instalación de una central termosolar; inclusive no está muy lejos del umbral de sitio óptimo.

Al analizarse el comportamiento de la irradiación de forma mensual se pueden convertir los criterios expuestos anteriormente, basados en la irradiación solar anual, en irradiación diaria solamente dividiéndose estos entre los días totales de un año, obteniéndose los nuevos elementos.

- No idóneos: Locaciones con irradiación solar diaria menor de 4,66 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- Idóneos: lugares con irradiación solar diaria de al menos 4,66 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- Óptimos: sitios con irradiación solar diaria mayor de 7,39 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Se observa que, en cuanto a irradiación, se destacan como meses óptimos abril y mayo, e idóneos de mayor irradiación julio y agosto. Al mismo tiempo no se observan durante el año niveles de irradiación promedio no idóneos. En la figura 1 se puede notar que la provincia de Matanzas en general posee niveles entre 5,5 y 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/día, lo cual coincide aproximadamente con los datos expuestos anteriormente.

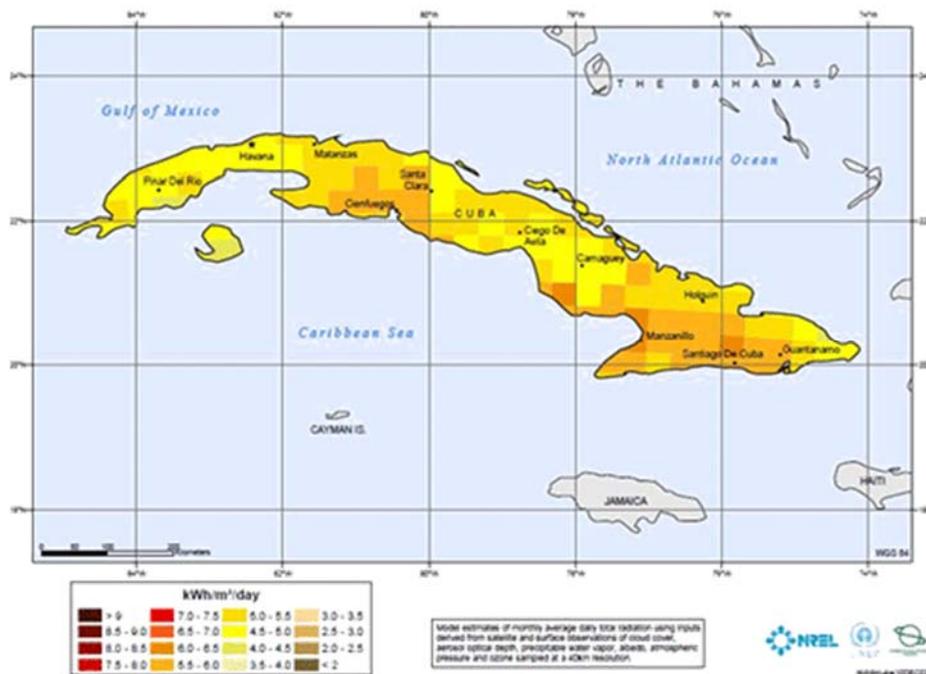
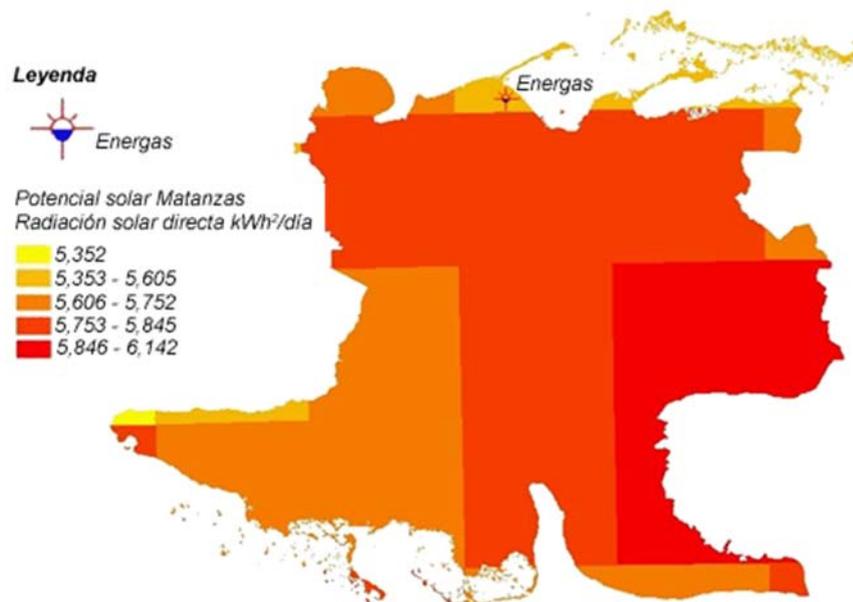


Fig. 1. Datos de irradiación solar normal directa anual en Cuba.  
Fuente: Datos SWERA.

En la figura 2 se muestra el mapa de la provincia de Matanzas y la irradiación solar que incide en el plano inclinado como promedio anual. En el mismo aparece la posición que ocupa la planta de Energás.

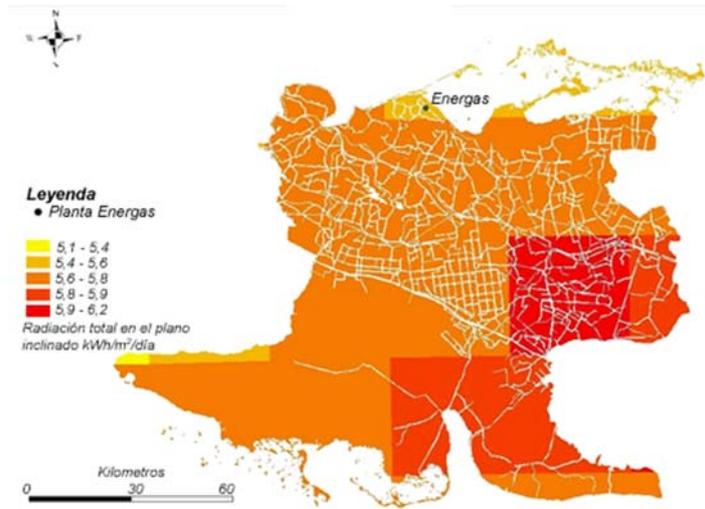


*Fig. 2. Potencial solar en la provincia de Matanzas y ubicación de la planta de Energás*  
*Fuente: Datos SWERA*

Al hacer el análisis en un mapa con una escala mucho mayor (1:100000), se obtienen con más exactitud los datos del lugar escogido para el emplazamiento, los cuales se pueden ver en la figura 2. Para este caso el rango expuesto para la radiación en el plano inclinado es de 5,353 a 5,605 kW/m<sup>2</sup>/día, lo cual también confirma la idoneidad del lugar. Por todo lo expuesto se puede concluir de forma parcial que desde el punto de vista de irradiación solar es factible la construcción de un campo termosolar para su explotación en cualquier mes del año.

### **Características del terreno circundante y su disponibilidad**

Otro de los factores determinantes para la construcción de un campo de espejos solares es la característica del terreno, el cual tiene que ser llano y alejado de elementos que puedan aportar sombra como colinas, edificaciones, vegetación alta, etcétera. Al visitar el lugar escogido se observa que cumple con esos requisitos. Se trata de un terreno muy llano sin elevaciones cercanas, su pendiente es muy pequeña (<3%), no existen edificios cercanos y la vegetación circundante es escasa sin abundancia de grandes árboles. En la figura 3 se puede observar el mapa de viabilidad para la instalación de los sistemas de energía en la provincia de Matanzas, y las áreas próximas a Energás cumplen con este requisito.



*Fig. 3. Mapa de viabilidad para la inversión de los sistemas de energía solar.*

*Fuente: Ordenamiento de las fuentes renovables de energía [Rodríguez, 2010].*

El área requerida para la instalación de este tipo de tecnología es por lo general de dimensiones grandes, en función de obtener grandes concentraciones de calor y poder producir vapor a altas temperaturas. Se propone para este campo solar utilizar la tecnología de Canal Parabólica. Esta tecnología, aunque todavía con algunos problemas en aspectos relacionados con los costos en su operación y mantenimiento, se puede considerar como la más madura y el estado de su comercialización muy avanzado. Desde 1984 a 1990 tuvo su auge más sobresaliente, gracias a las políticas fiscales y convenios de compra-venta de electricidad en los Estados Unidos, específicamente en el estado de California. La experiencia acumulada de la tecnología SEGS incluye 9 plantas con poco más de 350 MWe. En la tabla 3 se observan las características de estas plantas [Romero, 2007].

*Tabla 3. Características de las plantas SEGS*

Planta	Inicio	Capacidad, MWe	Temperatura operación, °C	Tecnología colector*	Tamaño campo solar, m <sup>2</sup>
SEGS I	1984	14	307	LS1	82 960
SEGS II	1985	30	321	LS1	190 338



En la figura 5, más ampliada, se puede detallar que el terreno, además de ser mucho mayor que el descrito arriba para un campo CP de una planta de 30 MWe es ideal, pues se observa que no existen siembras, edificaciones, carreteras ni árboles grandes que pudieran obstaculizar la inversión. Solo restaría verificar la propiedad del mismo y si existen planes de desarrollo para ese terreno, lo cual no es objetivo de este trabajo. Finalmente se concluye que desde el punto de vista de terreno existen las condiciones ideales para la construcción del campo solar.



*Fig. 5. Foto satelital ampliada del terreno de Energías Varadero.  
Fuente: Imágenes Google.*

### **Accesibilidad, conectividad a la red y disponibilidad de agua**

En cuanto a estos aspectos se puede decir que no representan un problema para el caso planteado. El emplazamiento donde se encuentra Energías Varadero está perfectamente conectado por carretera. La accesibilidad resulta un factor muy importante para el funcionamiento de la planta por el principio de localización de mínimo costo de Éntremont [Entremónt, 1997]. La red vial hace posible que los trabajadores e insumos lleguen al emplazamiento de la central. Expertos chilenos plantean, como un criterio aceptado para aplicar a la realidad chilena, que una distancia ideal para la ubicación de una planta termosolar, con respecto al vial más cercano, es la que se encuentra a menos de 50 km [Orellana, 2009a]. Realmente la vía más cercana a Energías Varadero pasa a escasos metros del lugar, por lo que este aspecto está garantizado.

También la conectividad o acceso a la red eléctrica reviste gran importancia, pues la cercanía a la red de alta tensión abarata los costos de

conexión. En este caso como la función del campo solar será aportar vapor al ciclo térmico de la turbina del ciclo combinado ya instalado, no existe problema alguno para recuperar su capacidad, desde el punto de vista de la conectividad eléctrica, toda vez que dicha conexión ya existe y de forma muy bien concebida para la capacidad nominal del generador. La subestación posee todos los requerimientos para que se entreguen al Sistema Electroenergético Nacional los 80 MW nominales del generador a través de una subestación moderna, cuyo esquema garantiza una operación confiable de la central. De tal forma no es necesario invertir para este fin.

Para la generación de energía, las plantas termosolares requieren de vapor de agua. Este se consigue con los intercambiadores de calor en un proceso llamado ciclo Rankine, en el cual el fluido calentado evapora una cantidad de agua y el vapor resultante mueve una turbina que genera energía. Los diferentes autores poco mencionan la cantidad de agua que necesitan las plantas, y entre ellos se destacan las experiencias en México que determinan que la disponibilidad de agua puede ser un factor significativo en las regiones áridas en las que pueden operar mejor las plantas solares, debido a que se requieren de 41 a 54 m<sup>3</sup>/MWh.

En uno de los reportes finales para la operación y mantenimiento de las plantas solares SEGS se expone que el agua no es abundante en ambientes desérticos, y por tanto extraerla es relativamente costoso, ya sea por extraerla de pozos o por su tratamiento si es agua de desecho. Es por ello que se ha reducido el consumo de esta a través de los años; por ejemplo, en 1989 se requerían 4,26 m<sup>3</sup>/MWh, en cambio, en 1997 se llegó tan solo a 3,4 m<sup>3</sup> de agua por MWh, de los cuales se utiliza 1,4% en el mantenimiento de la planta y más de 90% en el ciclo de Rankine. Esto quiere decir que para una planta que genere 100 MWh/día se necesitarían aproximadamente, según los criterios de SEGS, 340 m<sup>3</sup> diarios [Orellana, 2009b].

Para este caso con la disponibilidad de agua sucede algo similar que con la conectividad eléctrica. Gran parte del agua tratada producida actualmente para ser usada en el circuito térmico del ciclo combinado se dejará de usar en la caldera (una de las tres disponibles), que debe mantenerse apagada (por falta de gas), y suministrarse al campo solar para la generación de vapor sobrecalentado. Por otra parte, la cercanía al polo turístico de Varadero y a la propia central Energás hace que exista en la zona un sistema de redes de acueducto que garantiza un importante volumen de suministro del líquido. Por último, también existe una gran cercanía al mar y la idea de poder estudiar la factibilidad de invertir, de ser necesario, en la construcción de una planta desalinizadora solar parece ser bastante atractiva y a primera vista viable.

## Datos de nubosidad

Como se ha visto, en Cuba los niveles de irradiación solar son idóneos para la explotación de la energía termosolar. A pesar de ello la mayoría de los expertos y la literatura consultada consideran a las regiones tropicales menos adecuadas para la instalación de este tipo de centrales, tomando en cuenta la alta presencia de componente difusa de la radiación solar y las prolongadas estaciones de lluvia [Andújar, 2004].

No obstante, se pueden analizar distintos datos de nubosidad y lluvia con vistas a precisar la cantidad aproximada de días al año en que puede estar disponible un campo termosolar en Varadero.

A partir de los datos de longitud y latitud de Varadero se pueden conseguir los datos de nubosidad en una cuadrícula de 16 por 16 km, consultados también en la base de datos SSE 6.0, y calculados a partir de información satelital. En la tabla 4 se observa que la cantidad de días totalmente despejados por meses es la siguiente: en un año existen en Varadero, como promedio, 58 días completamente despejados y de alta radiación muy adecuados para la explotación de una central termosolar, destacándose los meses de abril y mayo.

*Tabla 4. Promedio mensual de días de cielo despejado (días)*

Lat.23.154 Lon-81.251	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
Promedio: 22 años	5	5	6	8	7	4	5	4	4	5	2	3	4,83

Por otra parte, obtuvimos los días en los que se produjo lluvia o llovizna en la localidad estudiada, observados en el lugar durante el 2010. Se pueden consultar estos datos desde 1932, pero se usaron los más recientes y se prefirió no trabajar en este caso con promedios. Los resultados se muestran en la tabla 5.

*Tabla 5. Cantidad de días en que se produjo lluvia o llovizna mensualmente (días)*

Varadero	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Año 2010	5	14	10	7	8	14	21	19	16	11	8	7	140

En el 2010 fueron 140 los días en los que llovizó o llovió, siendo los meses de mayores incidencias julio y agosto. En la tabla se aprecia que por lo general muchos de estos días no son consecutivos (con la excepción de los

meses de verano), sino que siguen un patrón intermitente y aleatorio que se puede ver en la gráfica de la figura 6.

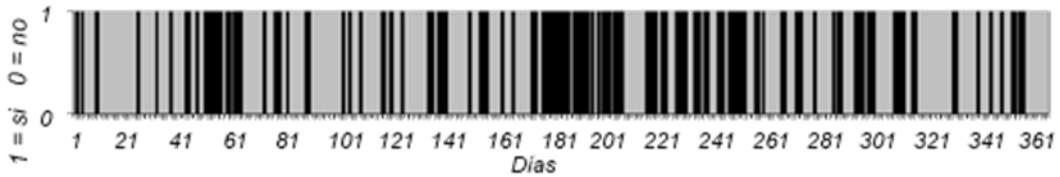


Fig. 6. Días con lluvias o lloviznas en Varadero, 2010.

A partir de los datos anteriores se calcula la cantidad de días aproximados que aunque no haya llovido, existe nubosidad parcial o total que pudiera permitir o no de forma limitada el funcionamiento del campo solar en determinada cantidad de horas al día, lo que se expresa en la tabla 6.

Como se ve, existen al año aproximadamente 167 días con estas características y para poder conocer cuál nivel de uso se puede hacer de esta tecnología en esos días, es necesario analizar otros datos de nubosidad.

En el gráfico de la figura 7 se puede observar el porcentaje de días despejados, lluviosos y nublados sin lluvia, y la composición de los mismos en el año.

Tabla 6. Cantidad de días parcial o totalmente nublados pero sin lluvia, mensualmente (días)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Datos aproximados calculados	21	9	15	15	16	12	5	8	10	15	20	21	13,92

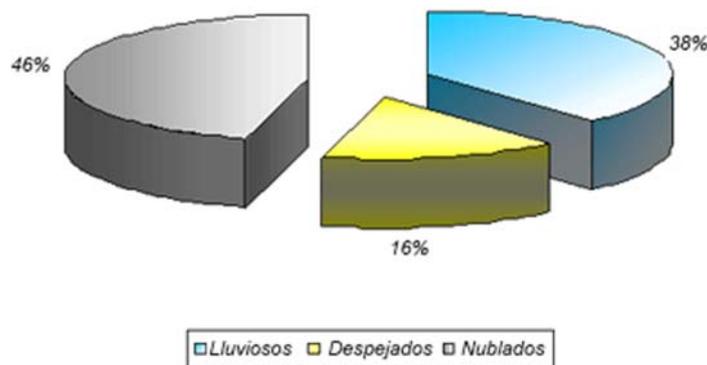


Fig. 7. Composición de días en el año de acuerdo a la nubosidad.

Si se descartan como días disponibles para el funcionamiento del campo solar 38% de días lluviosos al año, cuestión esta no del todo rigurosa, se pueden calcular cuántos días de los nublados sin lluvia (46%) pueden ser viables para el aporte solar al ciclo, y aproximadamente por cuántas horas promedio de estos se podrá contar con dicho aporte.

Se utilizan los datos aportados por el Instituto de Meteorología de la nubosidad en octas cada 3 horas de los años 2008 y 2009 en la estación meteorológica de Matanzas. Se hizo un procesamiento estadístico de los mismos calculando los promedios de nubosidad en octas cada 3 horas para cada día de un año, y su varianza en el tiempo. Seguidamente se contaron los días por meses que cumplían los valores siguientes: despejados, con nubosidad promedio en el día entre 0 y 2,5 octas; parcialmente nublados, con nubosidad promedio mayor de 2,5 y hasta 4 octas; y nublados, con nubosidad promedio mayor que 4 y hasta 8 octas. Además, se buscó la varianza promedio de la nubosidad en el tiempo de estos días. Por último se totalizaron estos datos para un año, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla 7.

Como se puede observar existen en el año 55 días despejados, información que se acerca a la obtenida en los datos satelitales, y que estos tienen una varianza pequeña, lo cual evidencia que las características de los días despejados consisten en no tener nubes durante todo el día, por lo que se puede aprovechar el sol durante todas las horas del día.

*Tabla 7. Composición promedio de días de un año atendiendo a su nubosidad*

<b>Octas</b>	<b>Categorías</b>	<b>Cant. días</b>	<b>Varianza</b>
De 0 a 2,5	Despejados	55	0,67
Más de 2,5 a 4	Parcialmente nublados	145	1,80
Más de 4 a 8	Nublados	167	1,81

Además, existen unos 145 días parcialmente nublados con una varianza mayor (1,80), para los cuales se necesita conocer cómo se comporta dicha variación de la nubosidad, y así obtener el aprovechamiento del sol en esos días.

Con una muestra de los días parcialmente nublados con varianza mayor de 2 (36 días) se calculó la nubosidad promedio de los mismos en el horario de sol de 7 a 19 horas. El resultado se muestra en la tabla 8.

*Tabla 8. Comportamiento de la nubosidad para días parcialmente nublados en horario diurno (octas)*

Muestra, días	Horas					Promedio
	7	10	13	16	19	
36	2,4	2,3	3,1	4,0	4,9	3,33

En los datos anteriores se observa que la tendencia de la nubosidad en los días parcialmente nublados aumenta en la tarde, pues aproximadamente hasta las 12 horas el día se tiende a comportar como despejado, y al final de la tarde como nublado con muy poca o ninguna radiación solar directa. Para los que viven en Cuba esta tendencia no es sorpresa y viene a confirmar un criterio práctico conocido popularmente a partir de observaciones y de los partes meteorológicos.

### **Cubrimiento de la demanda eléctrica**

En el apartado anterior se abordó el comportamiento de la nubosidad y se conoció que en el año existen en Varadero como promedio unos 55 días totalmente despejados, o sea, en los que se mantiene durante todo el día la posibilidad de uso de la radiación solar. Además, existen cerca de 145 días parcialmente nublados cuyo comportamiento es el de aumentar su nubosidad progresivamente a partir de las 12 horas.

A partir de estos datos se puede elaborar una tabla de la generación del ciclo combinado con el aporte solar, partiendo de la suposición de que el mismo se encuentra limitado todo el día a 45 MW, y sumándole en las horas de sol el aporte del campo solar que lograría aumentar su capacidad en dependencia del tipo de día atendiendo a su nubosidad. Los días totalmente nublados no se consideran en el cálculo y los resultados son expuestos en la tabla 9.

*Tabla 9. Comportamiento de la generación eléctrica de la unidad de Varadero con aporte solar, MW*

as	Categoría	Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
55	Despejados	MW	45	45	45	45	45	45	45	45	52	60	78	80
145	Parcialmente nublados	MW	45	45	45	45	45	45	45	45	52	60	78	80

Días	Categoría	Horas	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
55	Despejados	MW	80	80	80	78	60	52	45	45	45	45	45
145	Parcialmente nublados	MW	75	65	55	50	45	45	45	45	45	45	45

Para tener una mejor percepción del resultado obtenido en la figura 8, se muestra en forma de gráfico de generación.

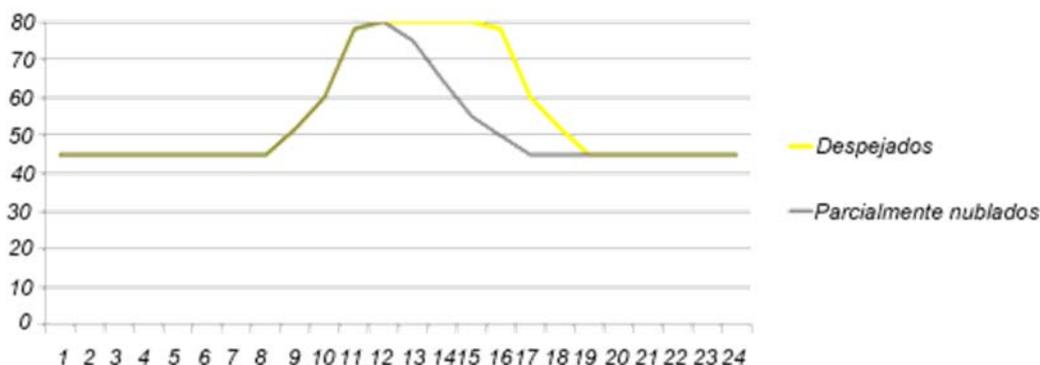


Fig. 8. Gráfico de generación del ciclo combinado con aporte solar (MW).  
Reducción de la contaminación

Para calcular el ahorro económico que puede representar este resultado se comparan estos dos casos de cubrimiento de la demanda, o sea, se considera este comportamiento del ciclo combinado para días despejados y parcialmente nublados. A partir de esto se hace un despacho económico y se aplica el programa actualmente usado en el Despacho Nacional de Carga, «Predespacho de la generación», para la planificación del cubrimiento de la demanda para cada caso, y se calculan los costos de la operación de cada clase de día.

Dichos costos se comparan con un caso base que tiene en cuenta que el ciclo combinado se mantiene limitado a 45 MW todo el día. Para el caso base se escoge el de menor costo, garantizando de esta forma que las unidades que queden fuera del cubrimiento de la demanda, cuando se agrega el aporte solar, sean aquellas que menos ahorro pueden dar, garantizando la confiabilidad del resultado obtenido.

El costo de la operación para el caso base escogido es de \$ 3 516 081,2 USD. Para el caso corrido, teniendo en cuenta los días despejados (curva amarilla), se obtiene un costo de \$ 3 489 901,6 USD

y por tanto un ahorro de \$ 26 179,6 USD. Para el caso de los días parcialmente nublados (curva gris) se obtiene un costo de \$ 3 499 188,9 USD y por tanto un ahorro de \$ 16 892,3 USD. Se comprueba que el ahorro viene dado fundamentalmente por disminuir la generación en las máquinas de la central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes, de Cienfuegos, en las horas de aporte solar y de esa forma reducir su consumo de combustible fuel.

Multiplicando los ahorros obtenidos por la cantidad de días despejados y parcialmente nublados en un año se obtiene que la reducción de los costos anuales, con el empleo del sol, es de \$ 3 889 261,5 USD.

Teniendo en cuenta las gráficas de generación del ciclo combinado de Energías Varadero con aporte solar, se puede calcular la energía eléctrica que debe aportar el campo solar durante los días despejados y los parcialmente nublados, y lo que representa en un año (Tabla 10), significa aproximadamente 0,36 GWh.

*Tabla 10. Energía generada al año (MWh)*

<b>Categorías</b>	<b>MWh/día</b>	<b>MWh/año</b>
Despejados	250	13 750
Parcialmente nublados	155	22 475
<b>Total</b>		<b>36 225</b>

La producción de un kWh de electricidad se puede lograr usando diferentes fuentes de energía; cada una puede ser caracterizada por un factor que indica cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se emiten a la atmósfera para producir 1 kWh de electricidad.

Cada nación tiene diversas plantas de generación eléctrica que utilizan diferentes fuentes de energía, por lo que el valor de kg CO<sub>2</sub>/kWh es diferente para cada país. Este factor puede ser usado para calcular los kg de emisiones de CO<sub>2</sub> que se evitan en el país donde se instale cualquier central de generación de energía eléctrica a partir de una fuente limpia de energía [sunearthtools.com, 2008].

En la tabla 11 se plasman los valores medios de emisiones de Cuba y del combustible fuel, y el resultado del cálculo de la reducción anual de emisiones de CO<sub>2</sub> para cada caso.

Tabla 11. Cálculo del volumen de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir (t)

Energía al año, kWh	CO <sub>2</sub> g/kWh		Emisiones CO <sub>2</sub>	
	Cuba	fuel	t	t
36 225 000	913,45	860	33 089,7	31 153,5

Como se observa, con la explotación del campo solar en Energás Varadero se puede evitar emitir al medio ambiente entre 31 153 y 33 089 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

El CO<sub>2</sub> en la atmósfera es la causa principal del calentamiento global, que influye directamente en el aumento de la temperatura en la tierra y en el cambio climático, por lo que se puede considerar que todo intento por reducir sus emisiones es importante, y que las reducciones que se plantean para este caso son significativas.

### Conclusiones

Después de analizados cada uno de los aspectos planteados en el presente trabajo se pudo concluir que de manera general existen condiciones para la instalación del campo solar en el emplazamiento escogido. La irradiación solar existente es idónea con los mejores comportamientos en los meses de abril y mayo, y los peores en noviembre y diciembre. El terreno aledaño a la planta Energás Varadero posee las condiciones idóneas en cuanto a tamaño y pendiente, desprovisto también de obstáculos que puedan crear sombras que entorpezcan la producción de los espejos reflectores. La cercanía a la carretera y a los recursos hídricos es ideal, y también está resuelto el problema de la conectividad a la red eléctrica, ya que por diseño la subestación y las líneas soportan la potencia nominal del generador que existente. El factor más incierto a tener en cuenta es la nubosidad; sin embargo, se pudo estimar que en un año existen aproximadamente 55 días totalmente despejados y 145 parcialmente nublados, los que en total pueden aportar una energía de aproximadamente 36 000 MWh/año y una reducción de gastos para generar superior a \$ 3,8 MM USD/año por concepto de ahorro de combustible fuel. Al mismo tiempo, al ser una energía totalmente limpia se logra una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> considerable, en el orden de las 33 000 t/año.

Se recomienda, en futuros trabajos, hacer un diseño detallado de la planta y su factibilidad económica considerando los precios actuales de los combustibles, los costos de inversión en la tecnología termosolar y sus proyecciones a mediano plazo, teniendo en cuenta el LEC (*Levelized*

*Energy Cost*) y el VAN (valor actual neto), así como calcular y valorar los resultados para un campo solar que incluya almacenamiento térmico.

## **Agradecimientos**

Dra. María Rodríguez Gámez. Generación Distribuida, UNE.  
M.Sc. Lázaro Guerra Hernández. Despacho Nacional de Carga, UNE.

## **Bibliografía**

- ANDÚJAR SAGREDO, RODRIGO (2004). «Estudio técnico-económico de una planta termosolar de alta temperatura en una central de ciclo combinado». Tesis de Grado, Universidad Pontificia Comillas, 2004.
- ENTREMÓNT, ALAN (1997). *Geografía Económica*. Madrid: Ed. Cátedra, 1997.
- Greenpeace (2003). «Informe a legisladores: La necesidad de regular la generación de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos integrados a la red eléctrica en la Ciudad de Buenos Aires». Buenos Aires: 2003.
- ORELLANA BUSTAMANTE, EDUARDO (2009a). «Determinación de áreas con potencial para la instalación de plantas de energía termoeléctrica solar. Caso de estudio: III Región de Atacama». Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009. p 53.
- ORELLANA BUSTAMANTE, EDUARDO (2009b). «Determinación de áreas con potencial para la instalación de plantas de energía termoeléctrica solar. Caso de estudio: III Región de Atacama». Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009. p 31-32.
- RODRÍGUEZ GÁMEZ, MARÍA (2010). «La ordenación y la planificación de las fuentes renovables de energía en la Isla de Cuba desde una perspectiva territorial. Estudio de caso en el municipio de Guama a partir de un Geoportal». Tesis de Doctorado.
- ROMERO, MANUEL (2007). «Energía solar termoeléctrica». Consultado en: 30 de septiembre de 2010 en:  
[http://www.uib.es/facultat/ciencias/prof/victor.martinez/recerca/jornadesI/ManuelRomero/CSP\\_Termoelectrica.pdf](http://www.uib.es/facultat/ciencias/prof/victor.martinez/recerca/jornadesI/ManuelRomero/CSP_Termoelectrica.pdf).
- sunearthtools.com (2008). «Las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de electricidad». Consultado en: 17 de marzo de 2011, en [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/CO<sub>2</sub>-emissions-calculator.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/CO2-emissions-calculator.php?lang=es).
- TÉLLEZ, FÉLIX (2008). «Energía Solar termodinámica: tipologías y primeros pasos del surgimiento comercial». Madrid: 2008.

## **La exención tributaria como incentivo de producciones agropecuarias ecológicas**

### **Tax exemption as an incentive for ecological agricultural productions**

*Por M.Sc. Leidy Casimiro Rodríguez\*  
y Lic. Yhovanni R. Reyes Castro\*  
\* Facultad de Humanidades,  
Departamento de Derecho, Universidad  
de Sancti Spíritus, Cuba.  
e-mail: leidic@suss.co.cu*

#### **Resumen**

El trabajo tiene como objetivo determinar las causas de la no aplicación de exenciones tributarias a campesinos en el municipio de Taguasco, que impiden el estímulo de la obtención de producciones agropecuarias ecológicas que sustituyan importaciones, argumentando la importancia estratégica de fomentar esta actividad a través de medios económicos por parte de la Administración Pública, para el desarrollo de una agricultura menos dependiente y de recursos endógenos. El estudio posibilita una valoración de la exención tributaria en el ordenamiento jurídico cubano actual y su estipulación en el municipio seleccionado, estudiando aspectos contenidos, principalmente, en la Ley 73 de 1994, «Del Sistema Tributario», y el Decreto Ley 169 de 1997, «De las normas generales y de los procedimientos tributarios». Se determinan causas objetivas y subjetivas que imposibilitan el estímulo a la agroecología con el otorgamiento de estas ventajas financieras mediante auxilios indirectos de la actividad administrativa de fomento. Además, se analizan los impactos que se obtendrían al aplicarse como incentivo de la agricultura sustentable, lo que resultaría en beneficio fiscal eficaz y no en costo tributario.

**Palabras clave:** Exención tributaria, agroecología, autosuficiencia alimentaria y energética

#### **Abstract**

The objective of this paper is to determine the causes why peasants in Taguasco municipality are not benefited with tax exemptions, which impede incentivize the production of agroecological crops that substitute importations. We argue the strategic importance of promoting this activity through economic activities by the Public Administration, in order to develop a less dependent agriculture based on endogenous resources. The study allows an assessment of the tax exemption in the current Cuban legal system and its implementation in the selected municipality, studying

aspects contained, mainly, in Law 73/1994, "On the Tax System", and Decree Law 169/1997, «General rules and tax procedures». The study determined the objective and subjective causes that impeded to stimulate agroecology by granting financial advantages through indirect assistance from the administrative activity of promotion. In addition, the impacts that would be obtained when applied as a incentive for sustainable agriculture are analyzed, which would result in an effective fiscal benefit and not a tax cost.

**Keywords:** Tax exemption, agroecology, food self-sufficiency and energy

## **Introducción**

La aplicación de agrotóxicos y fertilizantes, y la utilización de maquinarias pesadas, costosas y perjudiciales, han enajenado al mundo agrícola de hoy, que cada vez se hace más dependiente de ellos y se va deteriorando su modelo productivo por ineficiente e irrentable. Esto afecta más a los países subdesarrollados, pues dependen totalmente de las grandes trasnacionales que suministran esos productos químicos, y pierden además sus tradiciones, la tierra y la capacidad de producir en ella.

En la actualidad la agroecología viene dando respuesta a estos problemas, planteando nuevas soluciones ecológicas y sostenibles, combinando los factores sociales, económicos y ambientales; se puede decir que la agricultura ecológica es la única posibilidad sostenible de lograr producciones sanas e independientes de recursos externos, de mejorar los suelos devolviéndoles la vida y de alimentar a la población creciente sin comprometer la futura.

En Cuba, debido fundamentalmente a la práctica de la agricultura convencional, existen grandes afectaciones ambientales de bastante alcance, a lo que se agrega, además, un bloqueo económico intensificado en el último lustro en la esfera financiera, todo lo cual le impide seguir con tal modelo de agricultura. Ante ello, el país se ve forzado a buscar soluciones que aseguren su independencia y permitan enfrentar por vías endógenas sus propios problemas, reflejados en los Lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, que refiriéndose a la política económica y social expresan la necesidad de buscar soluciones del desarrollo sostenible, a más largo plazo, que permitan una autosuficiencia alimentaria y energética altas, un uso eficiente del potencial humano y una elevada competitividad en las producciones tradicionales, así como el desarrollo de nuevas producciones de bienes y servicios de alto valor agregado.

Por parte de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) se desarrolla desde 1997 el Movimiento Agroecológico de Campesino a

Campesino (MACAC), el cual tuvo un auge notable en la primera década del siglo XXI, dándole nueva significación a la forma de ajustarse al momento que vivía el país hace algunos años, y buscando una transferencia de conocimientos de campesino a campesino sobre formas agroecológicas de cultivo. Sin embargo, en la actualidad los campesinos cubanos se sienten desmotivados a practicar la agroecología debido principalmente a que no encuentran atractivo económico, ya que los costos de producción son mayores que los beneficios obtenidos al comerciar sus productos en un mercado que, además, no valora la calidad de los productos orgánicos ni establece ninguna diferenciación con respecto a los convencionales.

Hoy en día no existen actividades de fomento mediante medios económicos por parte de la Administración Pública que incentiven a campesinos a practicar la agroecología. No obstante, dentro de estas actividades están las exenciones tributarias como auxilios indirectos y estímulos fiscales, reflejados en la Ley 73 de 1994, «Del Sistema Tributario» (L 73/94), y el Decreto Ley 169 de 1997, «De las normas generales y de los procedimientos tributarios» (DL 269/97), que brindan la posibilidad de su otorgamiento a los campesinos para impulsar la obtención de productos orgánicos que a la vez sustituyan importaciones; lo que se suma a lo expresado también en el Lineamiento 60 del Partido Comunista de Cuba dentro de la política fiscal, sobre la necesidad de mantener la aplicación de estímulos fiscales, y estudiar otras medidas que contribuyan a eliminar los subsidios a los fondos exportables y a los que sustituyen importaciones.

También más adelante se refiere el hecho de continuar priorizando los regímenes arancelarios preferenciales y las bonificaciones que se consideren convenientes otorgar, con el principio de que los fondos exportables y las producciones que sustituyan importaciones deben ser rentables. Todo esto ha llevado al cuestionamiento de conocer cuáles son los motivos por los que no se otorgan exenciones tributarias a los campesinos, que contribuyan al estímulo de la obtención de producciones agropecuarias ecológicas que sustituyan importaciones.

Para ello este trabajo se trazó como objetivo general: determinar las causas de la no aplicación de exenciones tributarias a los campesinos en el municipio de Taguasco, que impiden el estímulo de la obtención de producciones agropecuarias ecológicas que sustituyan importaciones.

En tal sentido la investigación se desarrolla sobre la base de la hipótesis siguiente: Si se utilizan correctamente los aspectos contenidos en la L 73/94 y el DL 169/97, vinculados a la aplicación de lo estipulado en cuanto al otorgamiento de la exención tributaria a los campesinos, se puede estimular e incrementar la producción agroecológica y la sustitución de importaciones.

## La exención tributaria a campesinos agroecológicos en el municipio espirituano de Taguasco

El municipio de Taguasco se encuentra casi al Este de la provincia de Sancti Spíritus. Limita al Norte con Yaguajay y al Sur con Sancti Spíritus, al Este con Jatibonico y al Oeste con Cabaiguán. Tiene una extensión territorial de 515,18 km<sup>2</sup> y posee una población de 36 305 habitantes (hombres: 18 773, y mujeres: 17 532), para una densidad de población de 70,47 habitantes por km<sup>2</sup> (Fig. 1).

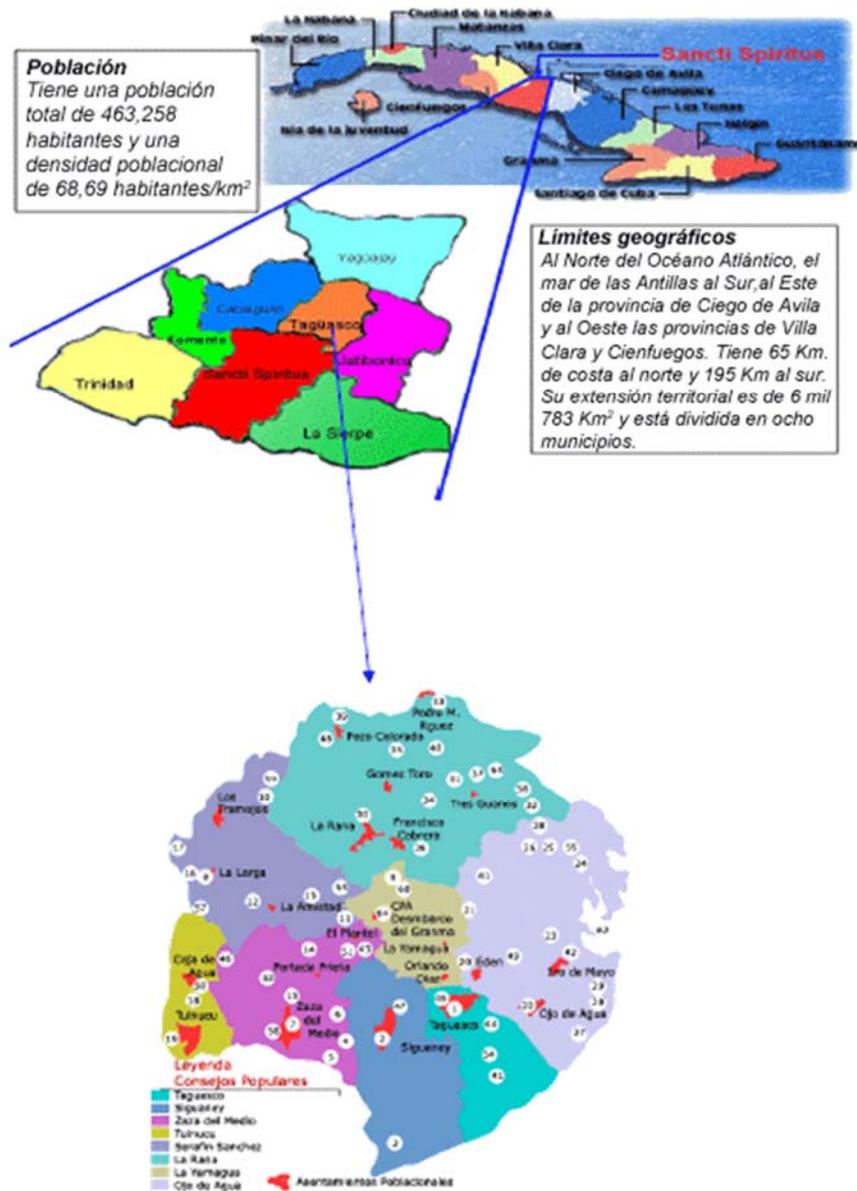


Fig. 1. Municipio de Taguasco.

Su economía está basada, fundamentalmente, en la agricultura, y son representativos los cultivos varios, con un relieve de predominio llano. Sus tierras son regadas por una amplia red fluvial, dentro de las que se encuentran la presa Siguaney y los ríos Taguasco, Zaza y Tuinucú, así como varias micropresas ubicadas en demarcaciones y zonas campesinas y diversos arroyos que benefician los cultivos. Su clima es tropical insular, no observándose microclimas, es decir, hay presencia de un clima de llanuras y alturas con humedecimiento estacional relativamente estable. Las lluvias son variables en tiempo y espacio, y sus suelos son pardos, sin y con carbonatos.

El municipio es eminentemente agrícola y altamente dependiente de insumos externos para su agricultura, contando entre ellos con una gran gama de productos químicos, costosos y perjudiciales para la salud, los suelos y el entorno. En tanto su objeto fundamental es la producción de alimentos, es un alto consumidor de fertilizantes, pesticidas, fungicidas, herbicidas, abonos químicos, etc., lo que no solo contribuye a una dependencia casi total de importaciones, sino a un continuado deterioro de los recursos naturales por el proceso de envenenamiento que el uso de esos productos provoca.

Existen alternativas que, con el uso de recursos locales, tienen una tendencia a la sostenibilidad para la adaptación a otras formas de producción, más sustentables y saludables para la comunidad y el desarrollo local. En este marco se destaca la agroecología, dando respuesta a la problemática existente en el país y en el municipio taguasquense con respecto al deterioro de la cubierta vegetal, la erosión del suelo (eólica, hídrica, pérdida de fertilidad), el incremento de la salinidad de los suelos, la disminución considerable de los mantos freáticos, la pérdida de diversidad agrícola biológica y genética, la resistencia constante de plagas y enfermedades agrícolas, el azolve de embalses, las inundaciones naturales, la eutrofización de lagos y la contaminación del aire, que son algunas de las múltiples consecuencias de la agricultura basada en agroquímicos y en el uso de grandes cantidades de energía.

Ante estos variados factores negativos de la agricultura convencional, emerge la concepción de la agroecología, que promueve la producción agrícola conservando los recursos naturales elementales de la producción de alimentos, tales como suelo, agua y biodiversidad, sobre la base de acciones que se basan en el respeto a las tradiciones campesinas (quienes aportan el material genético mejor adaptado a las condiciones locales) y a los principios éticos y humanos en su realización.

La agricultura ecológica, como puesta en práctica de la ciencia agroecológica, puede ser altamente productiva y a su vez sostenible en

producción y conservación a largo plazo, con la finalidad de poder solventar el abastecimiento de alimentos a una creciente población humana. En esta perspectiva, el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles no puede ni debe abandonar las prácticas convencionales, sino que debe considerar las prácticas tradicionales para asegurar su sostenimiento. Se trata de diseñar científicamente nuevas concepciones y tecnologías agrícolas, sobre la base de los métodos y conocimientos ecológicos actuales y los principios tradicionales de conservación de los recursos naturales que muchas comunidades rurales poseen, y con las que cubren sus necesidades alimentarias sin requerir grandes insumos externos en su ciclo productivo [Casimiro, 2004].

Principalmente, varios países europeos y otros industrializados, como EE.UU. y Australia, son vanguardias en la aplicación de principios agroecológicos en sus políticas de desarrollo agrícola, por medio de incentivos fiscales y subsidios otorgados a los productores que realizan sus labores de esta forma. También en varios países de Latinoamérica, Asia y África se están poniendo en marcha proyectos agrícolas que consideran la protección del ambiente.

En Cuba, el Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino (MACAC) es miembro de la Vía Campesina Internacional. La ANAP promueve este Movimiento entre sus bases campesinas para transformar sus fincas a través de la agroecología, a fin de que el sector campesino logre mayores índices productivos con menores costos, y para contribuir a la producción nacional total de alimentos con una mayor resiliencia al cambio climático, el bloqueo económico, etcétera.

En el municipio de Taguasco, el Movimiento Agroecológico ha tenido su impacto y se desarrollan diversas prácticas agroecológicas en varias fincas, entre las que se destaca la Finca del Medio, hoy Faro Agroecológico, Referencia Nacional por la Agricultura Urbana, Finca de Experimentación Docente Agropecuaria (FEDA) por la Universidad de Sancti Spíritus, sede de varios eventos a todos los niveles, y perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Rolando Reina Ramos.

Al entrevistar al agroecológico de esta FEDA, José A. Casimiro González, expresa que «en la actualidad ha podido valorar que se necesita mucho más, no solo es muy importante que los campesinos compartan los conocimientos, sino que como política de Estado se asuma ahora el rol de dar continuidad a esa novedosa ciencia en el país, apoyando con recursos y financiamientos, incentivos, etc.; por ejemplo, la instalación de tecnologías apropiadas, la adquisición de conocimientos actualizados en el uso de las aguas, las fuentes renovables de energías, fogones eficientes, la

elaboración local de conservas, el desarrollo de mini industrias, etcétera». También enfatiza en la necesidad de que:

«Se estimule en metálico con cualquiera de las formas posibles el beneficio ecológico, que se pague y se premien las fincas más forestadas, mejor asistidas, las que tengan mejor conservación y la mayor cantidad de medios y recursos empleados en base al no uso de combustibles fósiles ni fertilizantes químicos, y una infraestructura que independice al sistema y asegure lo cierto del no uso, de la no necesidad. Hay que aplicar principios éticos que permitan de verdad al agricultor optar por algo que le conviene a él y a su familia, primero que nada porque es posible hacerlo y económicamente le resultará un beneficio; tiene que verlo así: si el campesino lo va a ver por el cambio climático, porque es bueno para el medio ambiente, etc., existirán muy pocos que por esa convicción ambientalista puedan hacerlo.

»El reconocimiento social es muy importante para motivar no solo al pequeño agricultor sino a su familia, y para esto deben crearse incentivos, intercambios, donde todos en la finca puedan agregarle valores a las producciones para vender al Estado, y que por esa vía se comercialicen, por ejemplo, dulces, conservas, etcétera.

»La agricultura ha llegado a un punto de desarrollo, de industrialización, mecanización y de certificación que por ejemplo, desde Australia se puede hacer un paquete tecnológico para sembrar papa en Cuba, y si se cumple a 100% se obtiene el resultado, porque está basado en un análisis económico productivo donde están los mejores científicos del mundo concentrados en dos o tres laboratorios que dan como resultado el paquete tecnológico de la papa exacto y con un índice de riesgo mínimo.

»Uno de los problemas que existe es que a los pobres le es muy complicado ese paquete tecnológico porque los hace dependientes de muchas cosas, entonces los hay que van a fallar porque no pueden tener la tecnología de punta, no cuentan con la maquinaria más actualizada, etc., entonces de esa manera no pueden competir al obtener productos cuyo costo de producción es irrentable venderlos a los precios promedios de un mercado abarrotado con productos subsidiados.

»Es necesario apoyar la dignificación de la agricultura, porque son muchos años de estigmatización al pequeño agricultor como algo retrógrado, como una forma de trabajo excesivo, de aislamiento, etc. ¿De qué forma?, haciendo saber socialmente que es bueno ser campesino, importante para la sociedad, y comenzar con acciones que le permitan también al agricultor integrarse a ella, donde pueda ir al cine, participar la familia, como el resto de los pobladores; tiene que saberse que no es un lujo para personas

inteligentes ofrecerles como «destino» que en el campo no se descansa nunca, que no hay fin de semana ni días feriados.

»Podría haber premios, reconocimientos, subsidios, mediante los cuales se le compre la producción a este productor a un valor que le dé resultado producirlo y se le comercialice al pueblo en otro, de forma tal que no afecte la economía de la localidad, que se lleve al mercado, se exporte, o se lleve al turismo, pero teniendo claro que este dinero del subsidio —que es una forma es responsabilidad del Estado—, saldría de lo que se dejaría de importar en alimentos y productos químicos, de las transportaciones, etc., por el desarrollo de esa agricultura ecológica y de recursos endógenos; y a la vez enseñar a la población a comer alimentos de mejor calidad para que prefieran el consumo local de productos naturales que vienen de la propia comunidad y sin el deterioro que sufren normalmente en la transportación, refrigeración, y dé como resultado una calidad de vida mejor y el abaratamiento por parte del Estado de la seguridad alimentaria de la población».

También se realizaron entrevistas a especialistas de la ANAP en el municipio de Taguasco (Anarely Izquierdo Sánchez, funcionaria ideológica; Maribel Pereira Quiñones, miembro del Buró de Organización, y Heiner Gómez Serqueira, coordinador de Agroecología Municipal), y se obtuvieron los datos siguientes:

El municipio cuenta con 22 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), 15 tabacaleras, 5 ganaderas y 2 cañeras, 9 Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) (8 agropecuarias y una cañera), para un total de 3 422 socios o cooperativistas, 3 190 de CCS y 232 de CPA, con un total de 17 767,42 hectáreas de tierra para las CCS, distribuidas en 7 962,02 ha en propiedad, 9 699,44 ha en usufructo y 105,96 ha colectivas. Las CPA cuentan con 3 370,49 ha.

Existen 82 promotores de agroecología en el municipio, que realizan labores agroecológicas; las promueven en sus cooperativas y en intercambios de experiencias con otros municipios y provincias, que practican y difunden la agroecología sobre la base del MACAC, aunque es digno de destacar que en la mayoría de las fincas se realiza por lo menos alguna práctica agroecológica, ya sea por tradición, por no contar con recursos, etcétera.

También existen 31 facilitadores que realizan la función del coordinador municipal a nivel de cooperativa, coordinando intercambios de experiencias, preparando los talleres, etcétera.

En el desarrollo de esta actividad se encuentran los agroecológicos enmarcados en la posibilidad que ofrece la Ley para el otorgamiento de

exenciones tributarias, comenzando por lo reflejado en la L 73/94 sobre el régimen especial para el sector agropecuario, disposición final Cuarta inciso D, donde se expone que este podrá contar adicionalmente con bonificaciones según la característica de cada territorio, cultivo u organización, con el fin de propiciar por esta vía un estímulo adicional a la producción. En la disposición final, Quinta, queda facultado el MFP, cuando circunstancias económicas y sociales a su juicio así lo aconsejen, para conceder exenciones y bonificaciones totales, parciales, permanentes o temporales.

En la Ley 81 del Medio Ambiente, artículo 63, establece que sobre la base de las políticas y disposiciones que se instrumenten, podrán adoptarse, entre otras, las medidas siguientes: incisos d) Otorgamiento excepcional de beneficios fiscales o financieros a determinadas actividades que favorezcan el medio ambiente, y g) El establecimiento de mecanismos de regulación económica que estimulen la conservación de la diversidad biológica y el empleo de prácticas agrícolas favorables al medio ambiente y que tiendan a evitar el uso inadecuado de los suelos y demás recursos naturales y el empleo irracional de agroquímicos. Estas regulaciones serán de especial aplicación en los ecosistemas frágiles donde puedan existir procesos degradantes manifiestos.

Consecuentemente, también se entrevistó al Director de la Oficina Nacional Tributaria (ONAT) municipal, Tomás Pérez Gutiérrez, y a Lissett Carbonel Campo, Especialista Oficial de Servicios Tributarios, con el objetivo de conocer cómo se implementaba la exención tributaria en el municipio de Taguasco. Sin embargo, ambos entrevistados afirmaron que en la historia de la ONAT en el municipio no se han otorgado exenciones o bonificaciones tributarias a campesinos por razón alguna.

Los principales motivos del no otorgamiento de exenciones tributarias se reflejan según lo analizado *un supra* sobre la valoración y estipulación de la exención tributaria en el ordenamiento jurídico cubano actual.

En tal sentido se considera, a pesar de la insuficiencia del postulado legal donde se dejan de regular elementos importantes en la configuración de la exención tributaria, que utilizando correctamente los aspectos contenidos en la L 73/94 y el DL 169/97, relacionados con la aplicación de lo estipulado sobre su otorgamiento a los campesinos, y pronunciándose el Ministro de Finanzas y Precios para concederlas, haciendo uso de su potestad reglamentaria configurando los hechos y bases imponibles para la aplicación de las exenciones y bonificaciones que favorezcan la producción agropecuaria ecológica, se puede estimular e incrementar esta producción y directamente proporcional a ella, la sustitución de importaciones.

### Costo fiscal vs. beneficio tributario eficaz

La intervención del Estado mediante regímenes de fomento es práctica actual en la mayoría de los países, otorgando incentivos y exenciones tributarias que representan un costo fiscal que debe calcularse, pues tienen un determinado impacto recaudatorio negativo.

Por ello, se realizan análisis de los efectos económicos que se esperan conseguir mediante tales actividades de fomento para el desarrollo de cualquier actividad que el Estado proteja o promueva, resultando un beneficio a la comunidad. De ahí la necesidad de que se evalúe también el beneficio obtenido por la comunidad mediante la aplicación de los regímenes de fomento.

Con el supuesto de que se otorguen exenciones tributarias a las fincas agroecológicas en el municipio de Taguasco, se realiza una evaluación económica de su aplicación, analizando si al final incurren en los llamados gastos tributarios, o si el resultado revierte cualquier efecto negativo debido al antes mencionado efecto recaudatorio negativo, al dejar de recibir la ONAT recaudaciones tributarias por este concepto.

Para la realización del análisis económico se tendrá como referencia la Finca de Experimentación Docente Agropecuaria «del Medio», partiendo de los resultados productivos obtenidos en ella en un año (Tabla 1).

*Tabla 1. Resultados de un año en la Finca del Medio extrapolados a una política que apoye el desarrollo de pequeñas fincas agroecológicas en Cuba*

	Unidad	Finca del Medio, \$/año	Importe*, CUP	Cantidades**, en miles	Importe, MM CUP
Campeñinas para estos tiempos	u	4		1 millón	
Reses***	cabeza	15		3 750	
Equinos	cabeza	2		0 500	
Gallinas	u	30		7 500	
Estiércol tratado	t	54		13 500	

Gas metano	m³	4 380		1 095	
Arroz	qq	25 (300)	7 500	6 250	1 875
Frijoles	qq	10 (700)	7 000	2 500	1 750
Aceite de ajonjolí	l	40 (50)	2 000	10 000	500
Yuca	qq	115 (40)	4 600	28 750	1 150
Leche	t	6 (2,50)	15 000	1 500	3 750
Cerdos	cabeza	10 (500)	5 000	2 500	1 250
Plátano	racimo	1 000 (20)	20 000	250 000	5 000
Café	qq	1 (3 000)	3 000	250	750
Añojos	cabeza	6 (500)	3 000	1 500	750
Huevos	u	3 650 (1,50)	5 475	912 500	1 369
Miel de abeja	L	50 (20)	1 000	12 500	250
Calabazas	qq	100 (3)	300	25 000	75
Boniato	qq	20 (100)	2 000	5 000	500
Harina de viandas	qq	4 (300)	1 200	1 000	300
Panela o melado	kg	100 (10)	1000	25 000	250
Frutas varias	qq	50 (50)	2 500	12 500	625
Vino	L	100 (20)	2 000	25 000	500
Conejos	cabeza	100 (40)	4 000	25 000	1 000
Chopos	qq	20 (75)	1 500	5 000	375

Garbanzos	qq	2 (800)	1 600	500	400
Puré de tomate	L	30 (10)	300	7 500	75
Puré de ají	L	10 (10)	100	2 500	25
Ajonjolí	qq	3 (1 000)	3 000	750	750
Maní en grano	qq	1 (1 000)	1 000	250	250
Ajo	ristra	20 (100)	2 000	50 000	500
Cebolla de la tierra	qq	1 (500)	500	250	125
Biodigestor	u	1		250	
Lombricultura	m <sup>2</sup>	10		2 500	
Aguas negras****	L	73 000		18 250 000	
Aguas grises*****	L	73 000		18 250 000	
Área protegida	ha	13,6		3 400	
Valores en bruto	CUP		96 575		24 143

\* A precios aproximados del mercado actual, CUP.

\*\* 250 000 familias x 5 de núcleo (1 250 000 personas). Cada familia tendría que producir para 48 personas, aparte de la familia.

\*\*\* Carne y leche en pie.

\*\*\*\* Tratadas.

\*\*\*\*\* Reutilizadas.

Se selecciona esta Finca por ser 100% agroecológica. Con aproximadamente un área de 11 hectáreas, posee un currículum investigativo en el desarrollo de la agroecología y la permacultura por más de 15, de los

19 años que lleva la familia Casimiro Rodríguez viviendo en ella. Tiene una participación en eventos locales, nacionales e internacionales, obteniendo varios premios en Fórum de Ciencia y Técnica por los logros obtenidos, y cuenta con Certificado de Patente de Invención de un multiimplemento agrícola de tracción animal, al que popularmente se le conoce como JC21A, muy novedoso y de gran potencialidad para el desarrollo sustentable de la agroecología a gran escala.

En la tabla 1 se referencian las producciones obtenidas en un año en esta finca, y para los análisis se toman en cuenta los precios promedio del mercado, en un rango bastante por debajo de los actuales, pero que le dan más significancia al presente estudio; también muchas de las producciones superan el número que se refleja. En la misma se valora esta producción para 250 000 fincas que pudieran existir en el país de extrapolarse la experiencia a ese número como resultado de una política que apoye estas formas ecológicas de obtención de alimentos sanos, y los resultados obtenidos a partir de la multiplicación de esta experiencia particular; donde se le está poniendo valor solo a las producciones principales, como granos, viandas, leche, huevo, aceite, conservas, etc., y no a las cantidades de carbono u oxígeno dejados de emitir, a los combustibles obtenidos en el propio sistema familiar, los fertilizantes, lo dejado de contaminar, la protección del entorno y la preservación de los recursos naturales.

Los costos de producción son casi nulos en el sentido de que la mano de obra utilizada es la familiar, y se produce un significativo ahorro de recursos en el proceso de producción debido a la no necesidad de usar combustibles fósiles para el riego, llevando el agua de regadío a los cultivos por gravedad a través de un sistema soterrado de mangueras y llaves desde la parte más alta de la finca donde existe un tanque que está abastecido el año entero por arietes hidráulicos y molinos de viento (de forma combinada: en período de seca los molinos de viento, y en primavera los arietes hidráulicos), que funcionan con la energía del agua y del viento. Se ve también disminuida la necesidad de agua en 50% debido al uso sistemático del productivo multiimplemento JC21A, que posibilita realizar más de 28 formas de labores de labranza y cultivo, en las que cada una de ellas es prácticamente un equipo diferente.

Aún más, si a las 28 formas se les pone precio, considerando lo que serían equipos independientes, y se le agrega el valor real que tuviera cada uno de ellos, el costo de producción de esta tecnología se vería muy aminorado, y sería una gran oportunidad de desarrollar proyectos de Iniciativa Municipal para el Desarrollo Local (IMDL), basados en que cada campesino pudiera contar con un equipo de estos, generando a la vez ingresos para el municipio. El JC21A es capaz de cultivar 2,5 hectáreas de frijol en un día, la mayor parte de las veces sin tan siquiera sostenerlo el boyero, y de sustituir

el trabajo de 66 personas guataqueando; al precio actual de los jornales se amortiguaría rápidamente el costo de la inversión inicial al adquirir el JC21A, sumándole a las ventajas de la productividad agrícola, la variedad de beneficios ambientales por la mejora constante de la estructura del suelo, el no uso de químicos contaminantes, etcétera.

No se consumen tampoco químicos de ningún tipo para la fertilización, que queda abastecida en el sistema con los efluentes sólidos y líquidos de una planta de biogás de 14 m<sup>3</sup> (también con el humus de lombriz y el compost que se produce en la finca), que se usan para el fertirriego por el mismo sistema de mangueras y a gravedad en los diferentes cultivos, a la vez que no hay necesidad de pesticidas, fungicidas, etc., por la no incidencia de plagas en el predio debido al equilibrio ecológico de los suelos y cultivos, resultante de tantos años practicando la agroecología y la permacultura.

El trabajo con el ganado es prácticamente la labor de ordeño, puesto que existe una infraestructura en cuarterones que las vacas con solo cerrarles una puerta o abrirles otra se abastecen de pastos y agua por sí mismas, encontrándolas cada día en la casa de vaquería para el ordeño. Siendo además ganado seleccionado que se alimenta con los recursos del propio sistema, con una alta productividad en leche y carne, y la descendencia cotizada a precios distinguidos.

Estos y otros elementos hacen que la producción en la Finca del Medio se obtenga con costos cercanos a cero y se torne paradigma en el municipio y el país en el desarrollo de una agricultura de avanzada, acorde a los nuevos tiempos y al logro de la sustentabilidad agraria.

Según los datos de la tabla1, si se lograra extrapolar la experiencia a 250 000 fincas, que viviendo en ellas 5 personas serían 1 250 000 hombres y mujeres que el Estado no tendría que preocuparse por subsidiarle la canasta básica, ya que salen del mercado de consumidores y figurarían como aportadores de una variedad de alimentos ecológicos de alta calidad, sumados al resto de personas que consumirían de estas fincas (45); si cada finca sustenta el consumo anual de 50 individuos, tenemos entonces que se abastecerían 12 500 000 personas de esta producción sana y variada.

Esas posibles 250 000 fincas garantizarían una producción equivalente a 24 143 millones de pesos cubanos, o más de 950 millones de dólares al cambio actual.

¿De dónde se considera posible obtener fondos para el apoyo a esta agricultura? Según entrevista al agroecólogo José A. Casimiro González: de los gastos en importaciones de combustibles, químicos, paquetes

tecnológicos, maquinarias, transportación, dependencia, costo ambiental, gastos indirectos en la salud, etcétera.

Si el MFP otorgara exenciones tributarias totales, por ejemplo, como auxilio indirecto de los medios económicos de la actividad de fomento o estimulación para el desarrollo de la agroecología, en la Finca del Medio, que es el ejemplo de análisis, si 50% de las producciones se acopian, quedaría que 5% del tributo dejado de pagar equivaldría a \$2 414,38. Se analizarán entonces algunos de los elementos que podrían hacer ver esa cifra no como un costo tributario, sino como un estímulo estratégico para que los campesinos opten por esta agricultura natural.

Este tipo de finca logra un autoabastecimiento casi total de todos los alimentos de consumo, aunque no a 100% por la sal que se trae del exterior (la sal no está en la canasta básica de alimentos normados), y el azúcar, minimizado su consumo al sustituirla en un alto porcentaje por miel de abejas, melado y panela.

Analizando solo 3 elementos y de forma reducida las ventajas que ofrece esta producción agroecológica a la administración pública, se tendría que:

1. La canasta básica per cápita: 84,64 CUC al año, 5 personas equivalen a 423,20 CUC.

2. Consumo energético (se valora en este caso solo la cocina eléctrica): Si bien la electricidad se cobra a todos los consumidores, también es algo que el Estado subsidia con precios diferenciados acordes a los ingresos de los cubanos, pero que en realidad al país le cuesta mucho más, teniendo presentes los altos costos de los combustibles fósiles en la actualidad, que no son estables y que cada vez su disponibilidad decrecerá en el mundo.

A partir de datos ofrecidos por el ingeniero Yonis León Fonseca, Especialista A en Explotación de Centrales Eléctricas y Representante de Fuentes Renovables de Energía por el MINBAS en la Empresa Eléctrica Camagüey, el consumo mensual de una vivienda de 4 a 6 personas en la cocina es:

Cocina eléctrica: 90 kW.

Olla reina: 45 kW.

Olla arrocera: 15 kW.

Un total de 150 kW de consumo al mes, que equivale en un año a 1 800 KW por 0,12 CUC (costo del KW a Cuba) son 216.00 CUC.

3. Potenciación a cultivos (solo se refleja para el caso del frijol, en 2 productos químicos que se subsidian para incentivar su producción). Otro de los subsidios del Estado son para insumos como químicos y diésel destinados a determinados productos agrícolas, potenciando así su

obtención a escalas mayores y con vistas a sustituir importaciones; por ejemplo, granos como el frijol, el maíz, algunas viandas como el boniato, etc. La empresa agropecuaria de Taguasco apoya el cultivo del frijol, suministrando a los campesinos diversos insumos para ello.

Para la obtención de este grano en la Finca del Medio se cuenta con una investigación dirigida al logro de la máxima eficiencia, productividad y calidad del producto, cultivando por años una hectárea con altos rendimientos.

Para una hectárea del cultivo, reflejando solo 2 de los productos usados y facilitados por la empresa agropecuaria, se tiene lo siguiente (Tabla 2):

*Tabla 2. Productos facilitados para la producción de frijol*

<b>Producto</b>	<b>Costo en el mercado internacional</b>
200 kg de NPK 20-20-20	80.00 CUC
50 kg de urea	50.00 CUC
<b>Total</b>	<b>130.00 CUC</b>

Si se incluyeran los costos de los demás productos, la diferencia sería mayor. Analizando lo anterior y comparándolo con el costo tributario por el otorgamiento de exenciones tributarias totales a las fincas agroecológicas, que en la del Medio para un año consistirían en \$ 2 414,38 CUP, como se argumentó anteriormente, con los subsidios dejados de otorgar por parte de la administración, 769,20 CUC pesos, equivalentes a 19 230,00 CUP al cambio actual, se observa una diferencia de 16 815,62 CUP, lo que demuestra que en realidad el otorgamiento de este incentivo fiscal va a redundar en una ganancia amplia para la Administración. Vale destacar que al desarrollarse la agroecología estimulada por la administración con incentivos fiscales como la exención tributaria, indirectamente se dejará de otorgar subsidios en un número mayor, con prevalencia de beneficios tributarios eficaces y no de costos fiscales.

Otros elementos se podrían tener en cuenta y sería más amplia la diferencia, puesto que solo se analizó en el cultivo del frijol. Cuando se sumen los demás, se añada el costo ambiental al usar químicos contaminantes y degradantes y sus efectos en los suelos y aguas, se calculen las externalidades positivas de la agroecología en la protección del medio ambiente y en la obtención de productos altamente apreciados por su calidad y valor nutritivo, en la elevación de la calidad de vida de la

población al consumirlos, en la disminución del uso de medicamentos para enfermedades causadas por los productos convencionales, etc., entonces sería más evidente lo considerado hasta ahora.

Por ejemplo, en Cuba existen más de 250 000 núcleos familiares campesinos [Colectivo, 2010b], si en cada uno de estos sistemas familiares existiera una planta de biogás de 14 m<sup>3</sup>, y se usara este gas ecológico para la cocción de los alimentos, esos 1 800 kW que consume como promedio al año una familia de 4 a 6 personas (sin incluir el valor de las tecnologías importadas como la olla arrocera, la olla reina y la hornilla eléctrica, además del costo en reparaciones, depreciación, etc.), representaría en un año para esas 250 000 familias un consumo de 450 000 000 kW, para un costo al país de 54 000 000,00 CUC en ese período, que usándose para invertir en tecnologías apropiadas podrían adquirirse por ejemplo 36 000 molinos de viento (costo de un molino de viento 1 500,00 CUC), o 135 000 arietes hidráulicos CITA 3 (costo: 400,00 CUC), o disponer esos recursos para la inversión en más de 28 800 biodigestores de 14 m<sup>3</sup>. Los precios de las tecnologías mencionadas fueron obtenidos según entrevista con el Subdirector de desarrollo tecnológico, Pedro González Martínez, del Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA), de Camagüey.

## **Conclusiones**

1. La actividad de fomento como estímulo para el desarrollo de actividades que resultan beneficiosas para satisfacer necesidades generales, es practicada por la Administración Pública y su aplicación comienza desde el siglo xviii, teniendo gran auge en la actualidad; existen en varios países, Ministerios de Fomento, y en algunos se establecen exenciones tributarias como medios económicos para incentivar el desarrollo agropecuario.
2. En Cuba no existe un marco legal específico que regule las actividades de fomento de la Administración Pública; sin embargo, existen medios económicos de fomento en varias normas para estimular el desarrollo de determinadas actividades, incluyéndose las exenciones tributarias para sectores específicos como la inversión extranjera, la actividad forestal y el sector agropecuario.
3. En Taguasco no se aplica la actividad administrativa de fomento, concretamente el otorgamiento de exenciones tributarias a los campesinos como estímulo para la obtención de producciones agropecuarias ecológicas que eliminen importaciones, por las causas siguientes:

Causas objetivas: Ausencia de una norma común administrativa en Cuba, y no se ha establecido en la ley su aplicación para incentivar el

desarrollo agropecuario sustentable, ni han sido configurados aun completamente los hechos y bases imponibles que podrían dar lugar a ello. No existe ordenación de la exención por la ley, tanto en lo relativo a la delimitación de su presupuesto de hecho, como de sus consecuencias jurídicas.

Causas subjetivas: Queda a apreciación de la administración tributaria, a discrecionalidad, partiendo de una realidad y necesidad concretas, pero aún no se evalúan los hechos para regularlo ni se toman las decisiones que aconsejan las circunstancias económicas, políticas y sociales actuales.

4. Es indispensable otorgar exenciones tributarias a los campesinos que obtengan sus producciones de forma ecológica, con vistas a que se sientan progresivamente motivados a hacerlo. Ello será un beneficio fiscal eficaz y no un costo tributario para la Administración Pública, pues al dejar de otorgar en subsidios un número mucho mayor al del tributo dejado de percibir, podrá disponer de esos recursos monetarios para poder fomentar la agricultura sustentable mediante otros medios económicos como las subvenciones.

## **Recomendaciones**

Continuar la investigación para tratar de contribuir a eliminar las causas de la no aplicación de exenciones tributarias a los campesinos, que impiden el estímulo a aquellas producciones agropecuarias ecológicas que eliminen importaciones.

## **Bibliografía**

- ÁGUILA CARRALERO, ALISVECH Y JUDITH NAVARRO RICARDO (2011). «Consideraciones sobre la tributación ecológica como una alternativa para la protección ambiental», en *Revista Cubana de Derecho Ambiental*, año I (4): abril-junio, 2011.
- BORRERO MORO, CRISTÓBAL JOSÉ (2010). *Algunas reflexiones sobre el ordenamiento jurídico tributario cubano*. Universidad de Valencia: 2010.
- CASIMIRO RODRÍGUEZ, LEIDY (2004). «Una finca funcional, punto de partida para altos propósitos ecológicos agropecuarios», *Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 2004*.
- CASSAGNE, JUAN CARLOS (1994). *La intervención administrativa*, Abeledo Perrot, Bs. As., 1994.
- Colectivo de autores (2005). *Apuntes de Derecho Financiero Cubano*. La Habana: Ed. Félix Varela, 2005.
- Colectivo de autores (2006). *Temas de Derecho administrativo cubano*. La Habana: Ed. Félix Varela, 2006.

Colectivo de Autores (2010a). *Auxiliar Administrativo Ayuntamientos Comunidad de Madrid*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2010.

Colectivo de autores (2010b). *Revolución Agroecológica: El movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba*. Oxfam en Cuba, 2010.

CORTES CUETO, J. R. (2008). *Los tributos ambientales en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquía, 2008.

DROMI, JOSÉ ROBERTO (1979). *Derecho Administrativo Económico*. ASTREA, Universidad de Colombia, 1979.

GILARDI MADARIAGA, CECILIA. «Regulación de la Actividad de Fomento en las economías liberales. Perspectivas comparadas con el caso de la economía de China», Centro Argentino de Estudios Internacionales, Programa Derecho Internacional, Disponible en World Wide Web: [www.caei.com.ar](http://www.caei.com.ar) (consultado: 19-2-2012).

LÓPEZ GONZÁLEZ, IDANIA (2012). «La actividad administrativa de fomento para el desarrollo local en Cuba», Disponible en: <http://www.newsmatic.e-pol.com.ar/index.php> (consultado: 8-1-2012).

LUCAS MAS, CRISTIAN-ÓLIVER (2002). «El Sistema tributario cubano: evolución histórica, análisis de la problemática actual y propuesta de reforma». Universidad de Barcelona, mayo, 2002.

MORA BASTIDAS, FREDDY. «Procedimiento Administrativo», Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/economía/fremova> (consultado: 3-2-2012).

PARADA, R. (1992). *Derecho Administrativo I. Parte general*. Madrid: Ediciones Jurídicas. S.A., 1992.

PÉREZ HERNÁNDEZ, L. Y M. PRIETO VALDEZ (2011). «Valoración del municipio en la organización del Estado en función de un Proyecto de Ley de los Municipios para la República de Cuba», Universidad de La Habana, 2011.

SEOANE RODRÍGUEZ, LILIA MARÍA. «La Administración Tributaria en Cuba», Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com) (consultado: 3-2-2012).

[www.gestiopolis/peru/cultura.php.htm](http://www.gestiopolis/peru/cultura.php.htm)

*Legislación cubana:*

Ley 73 de 1994. Del Sistema Tributario.

Ley 81 de 1997. Del Medio Ambiente.

Decreto Ley 169 de 1997. De las normas generales y de los procedimientos tributarios.

Resolución No. 13/99, del Ministerio de Finanzas y Precios.

Resolución Conjunta No. 1/2000, del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios.

Resolución No. 24/95, del Ministerio de Finanzas y Precios.

Resolución No. 69 del 2000, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Resolución No. 330 de 1999, del Ministerio de la Agricultura. Reglamento de la Ley Forestal.

## **La escuela como contexto para el correcto desarrollo de la percepción ambiental**

### **The school as a context for the correct development of environmental awareness**

*Por Lic. Olga Tserej Vázquez\* y Dra. María Febles Elejalde\*\**

*\* Licenciada en Biología. Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de La Habana, Cuba.*

*\*\* Doctora en Ciencias Psicológicas y Profesora Consultante. Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de La Habana, Cuba.  
e-mail: tserej@imre.oc.uh.cu y mariaf@rect.uh.cu*

### **Resumen**

En dependencia de la percepción que se tenga del ambiente se desarrolla la acción e interacción con él, y viceversa. Con una adecuada interacción se desarrolla una buena percepción de los elementos significativos del ambiente y se contribuye a la aparición de la conciencia ambiental. En esto, la escuela es una de las principales vías de formación de conocimientos, habilidades, hábitos y actitudes con respecto al entorno. Es por ello que el diagnóstico del grado de desarrollo de la percepción ambiental en estudiantes permite detectar las debilidades que poseen los programas de estudio en cuanto a la dimensión ambiental, y contribuye a encontrar soluciones sobre la base de problemas concretos. Este estudio se apoya en investigaciones y muestreos realizados en estudiantes cubanos de diferentes niveles de enseñanza, y provee un primer acercamiento a la percepción del ambiente en dichos individuos. En algunos casos se utilizaron como indicadores de desarrollo todas las dimensiones del concepto de medio ambiente: material o artefactual, relacional, intrapersonal, comportamental, cognoscitiva, natural o ecológica y cultural. En sentido general se describen los aspectos positivos y negativos detectados en cuanto al desarrollo de la percepción ambiental. Se analiza, además, la responsabilidad de las escuelas y universidades en estos asuntos desde la educación ambiental y las acciones que pudieran acometer para superar las debilidades que se presentan en algunas temáticas.

**Palabras clave:** Educación ambiental, percepción ambiental, universidad, enseñanza, desarrollo

### **Abstract**

Depending on the perception about the environment, the action and interaction with it is established and vice versa. With an adequate interaction, a good perception of the significant elements of the environment

is developed and contributes to the creation of environmental awareness. The school is one of the main ways of training knowledge, skills, habits and attitudes regarding the environment. That is why the diagnostic of the degree of development of environmental perception in students allows detecting the weaknesses of the curriculum with regard to the environmental dimension, which helps to find solutions based on concrete problems. This study is supported by research and sampling conducted on Cuban students of different levels of education, and provides a first approach to the environmental perception of these individuals. In some cases, all dimensions of the concept of the environment were used as indicators of development: material or artifactual, relational, intrapersonal, behavioral, cognitive, natural or ecological and cultural. The positive and negative aspects detected in terms of the development of environmental perception are described. It also analyzes the responsibility of schools and universities in these matters from environmental education and the actions that could be taken to overcome the weaknesses that exist in some areas.

**Key words:** Environmental education, environmental awareness, university, education, development

## Introducción

Los jóvenes de la época actual conviven en un planeta que cada vez más se encuentra afectado por diversos tipos de degradación ambiental, en una escala sin precedentes. Este deterioro ha resultado de la relación que hemos creado los seres humanos con el entorno [Anderson, 2007; Febles, 2010].

Como ha ocurrido en todas las épocas históricas, la sociedad evoluciona y ello requiere cada vez más la utilización de recursos del planeta. En su indetenible deseo de desarrollo, el ser humano ha destruido recursos insustituibles que no volverán a ser generados por la naturaleza, ha degradado elementos naturales indispensables para nuestra vida en la Tierra y está próximo a agotar las fuentes tradicionales de energía. De este modo el entorno en que vivimos se encuentra sometido a tantas presiones que exige cambios drásticos en las relaciones que la especie humana mantiene con él [Benegas y Marcén, 1995].

Las ciencias sociales han intentado brindarnos herramientas para revertir el impacto que provocamos en el ambiente. En este sentido es necesario explorar en las causas de este comportamiento inadecuado, y particularmente, en la percepción que tienen las personas del medio ambiente y su protección.

El sistema de valores tiene mucho que ver con la manera como se ve el individuo y el papel que ocupa con respecto a la naturaleza. El desarrollo de

estos valores es básicamente un proceso social y se va forjando progresivamente en las personas. Esto significa que los niveles de razonamiento moral se construyen y pasan por etapas diferentes. No cabe duda de que la escuela reúne unas características esenciales que la hacen, en principio, idónea para proyectos de socialización y/o moralización de la población infantil y juvenil [Benegas y Marcén, 1995].

La escuela no solo puede sino que debe desencadenar un cambio actitudinal en los sujetos para favorecer su crecimiento moral; solo así se podrá cambiar una sociedad [Yus, 1994]. Debemos tener en cuenta que es en las escuelas donde desarrollamos nuestras primeras vivencias ambientales, ya sea en asignaturas como «El mundo en que vivimos», o en proyectos ambientales que en ellas se desarrollen. Las vivencias en sentido general son muy importantes pues regulan la dirección de nuestro desarrollo [Febles, 2001], y ese tipo de vivencia ambiental, en particular, puede producir efectos positivos en nuestra percepción del ambiente. Es por este motivo que las investigaciones en el marco de la psicología ambiental realizadas en sujetos insertados en los diferentes niveles de enseñanza diseñados para niños, adolescentes y jóvenes, son puntos cruciales en el incremento de una conciencia ambiental para la sociedad del mañana.

Cabe destacar que muchos de los problemas ambientales están dados porque las personas son incapaces de percibir su magnitud, y es necesario informarles. Se conoce que en dependencia de la percepción que un individuo tiene del ambiente, se desarrolla la acción e interacción con él.

Una buena percepción de los elementos significativos del ambiente (alto nivel de desarrollo de la percepción), llámense de los problemas que lo afectan o de sus numerosas dimensiones, contribuye al desarrollo de la conciencia ambiental y por ende a una mayor protección y cuidado en las interacciones con él [Febles, 2003].

Es por esto que conocer la variedad de percepciones del ambiente que poseen las personas, en las diferentes etapas de su formación, nos ayuda en la planificación de un programa de educación ambiental orientado a fortalecer las debilidades detectadas en cada nivel. En el caso de la Universidad resultan indispensables trabajos de este tipo, ya que estudios previos realizados en la Universidad de La Habana muestran que aún es pobre la inclusión de la dimensión ambiental en los currículos [Betancourt y Febles, 2009].

Teniendo en cuenta lo anterior nos hemos propuesto analizar las posibles debilidades en cuanto a percepción ambiental en cada nivel de enseñanza, poniendo el énfasis en el nivel universitario y en identificar cuáles pudieran

ser las vías más propicias para lograr un adecuado desarrollo de dicha percepción.

## **Métodos utilizados**

### *Tipo de estudio y diseño de la investigación*

Para esta investigación utilizamos un diseño no experimental exploratorio con el objetivo de conocer si existe una problemática real en cuanto a la percepción ambiental. Este estudio es descriptivo porque manifiesta cómo se comportan los indicadores en cada grupo de sujetos y propone una primera aproximación a la temática.

### *Definiciones conceptuales y operacionales*

A continuación se relacionan las definiciones relacionadas con las categorías e indicadores utilizados en nuestra investigación:

- Percepción ambiental: es un proceso cognoscitivo holístico e integral, que tiene un carácter selectivo, histórico y social; es una función psicológica que permite el conocimiento del mundo y se produce en la interacción con este; se encuentra además en constante cambio y necesita actualizarse sistemáticamente; dicha actualización a través de la enseñanza apunta a su buen funcionamiento. Depende en gran medida de la actividad de las personas que median su relación con el mismo, y se encuentra relacionada con el sistema de sentidos psicológicos y vivencias que poseen las personas con respecto a su medio ambiente [Peña, 2011].

Los indicadores que tuvimos en cuenta para determinar el grado de desarrollo de la percepción ambiental fueron las dimensiones que abarca este concepto. Estas son:

- Material o artefactual: implica la percepción de los elementos objetales del medio ambiente, sean concretos o no, pero que existen como esencia independientemente de los significados subjetivos, constituyendo realidades y hechos en sí mismos.
- Relacional: todo tipo de interacciones, objeto-objeto, sujeto-objeto y sujeto-sujeto; esta última se refiere a las interpersonales, hace alusión a las interacciones y comunicación entre dos o más personas y los vínculos que se establecen a nivel grupal; ello implica la inclusión de todas las relaciones sociales.
- Intrapersonal: alude a la relación que establece el hombre con su propio yo; en la percepción del papel de lo intrapersonal como parte del medio ambiente es importante la crítica, autoconciencia de las capacidades, las actitudes y los recursos propios. En esta dimensión se tomarán en cuenta también las vivencias individuales, así como

los significados y sentidos psicológicos. (Referencia a situaciones o emociones personales).

- Comportamental: constituye uno de los indicadores fundamentales de la conciencia ambiental, y toma en cuenta toda la gama de comportamientos que asume el individuo. Relacionada con la categoría principal de análisis, se refiere a la percepción que puede tener el estudiante del impacto de la conducta ambiental y la importancia del comportamiento humano en la determinación de las condiciones y los problemas.
- Cognoscitivo: sistema de conocimientos y saberes que tiene el adolescente sobre su medio ambiente. Abarca todas las nociones e ideas que posee el sujeto del ambiente específico donde se desarrolla, incluye también aquellos aspectos que puede crear o deducir a partir de conocimientos y experiencias ya existentes.
- Natural o ecológico: sistema de elementos bióticos y abióticos que puedan existir, incluye todos los componentes vivos y de la naturaleza.
- Cultural: sistema de construcciones sociales propias de la cultura, específicas del contexto donde se desarrolla la investigación. Pautas singulares y características del hacer en la escuela, aspectos culturales e históricos que identifican y distinguen al centro educativo.

Con el objetivo de caracterizar el grado de desarrollo de la percepción ambiental, esta se define como:

- Percepción ambiental poco desarrollada: Cuando en el sujeto se manifiestan menos de tres dimensiones en su concepto de medio ambiente.
- Percepción ambiental medianamente desarrollada: Cuando en el sujeto se manifiestan entre tres y cuatro dimensiones en su concepto de medio ambiente.
- Percepción ambiental desarrollada: Cuando en el sujeto se manifiestan más de cuatro dimensiones en su concepto de medio ambiente.

### *Muestras*

Los sujetos de la muestra fueron escogidos de forma no aleatoria. Nuestro criterio de selección, de modo general, se basó en el nivel de enseñanza. Se seleccionaron 10 individuos de la enseñanza primaria, 10 de secundaria, 10 pertenecientes a pre-universitario y 10 universitarios provenientes de diferentes municipios de La Habana. Los estudiantes universitarios pertenecen al Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.

Además, se tuvieron en cuenta investigaciones relacionadas con esta temática, específicamente estudios realizados en estudiantes de la Universidad de La Habana [Betancourt y Febles, 2009].

#### *Obtención y análisis de los datos*

Los datos fueron obtenidos a través de encuestas que nos permitieron investigar y explorar los objetivos anteriormente planteados. Las encuestas, aunque ligeramente diferentes, evaluaban el mismo tipo de respuesta en cada nivel de enseñanza, y fueron aplicadas en las respectivas aulas de los alumnos seleccionados. Además de los datos personales del estudiante, las encuestas cuentan con 5 preguntas que abarcan los temas siguientes: percepción ambiental en sentido general, vías de información de temas ambientales, propuesta de acciones ambientales positivas y grado de alarma con respecto a los elementos que conforman el ambiente en general, con énfasis en la ciudad o comunidad de los sujetos.

### **Resultados**

En los sujetos encuestados el concepto de medio ambiente se encuentra expresado en varias de sus dimensiones (Fig. 1). Las dimensiones que más se manejan en estos niveles son la material, la comportamental y la natural. La relacional y la cognitiva solo se observaron en algunos estudiantes de secundaria, pre-universitario y universidad. Por último, la interpersonal y cultural se observó escasamente en estudiantes de preuniversitarios y universitarios. En estudios previos [Peña, 2011] se demostró que en estudiantes de secundaria existe una tendencia a ejemplificar el medio ambiente con elementos concernientes a la dimensión material o natural. Esto se debe a los conceptos que son manejados en asignaturas como Ciencias Naturales, en la que se expresa que medio ambiente es el «conjunto de factores bióticos, abióticos y socio-económicos» o «todo lo que nos rodea». Este tipo de respuesta se detectó en todos los niveles. Esto indica que una debilidad a fortalecer desde la educación ambiental es precisamente la apreciación del ambiente en toda su magnitud, ya sea cultural e intrapersonal. Es curioso que casi todas las personas encuestadas no se incluyan en su percepción del ambiente, lo cual denota que la educación ambiental ha estado orientada, durante mucho tiempo, al concepto externo de ambiente y no se ha logrado que las personas se sientan parte de ese «todo lo que nos rodea».

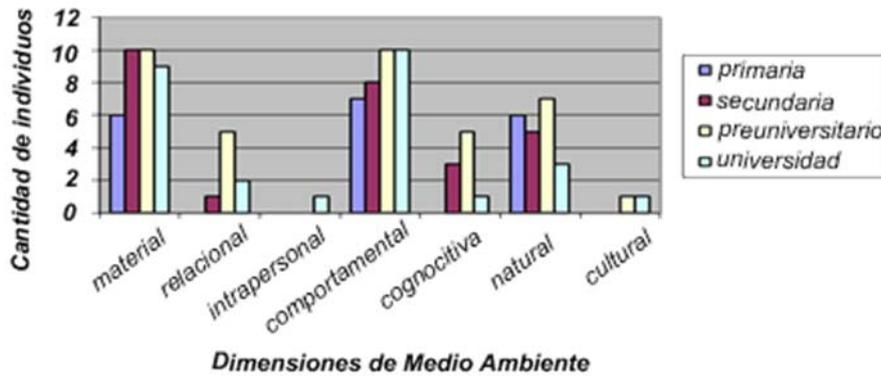


Fig. 1. Cantidad de individuos que muestran cada una de las dimensiones de medio ambiente por nivel de enseñanza.

El análisis por individuos demostró que la mayor parte de los encuestados solo percibían el medio ambiente mediante dos o tres de sus dimensiones. Solamente algunos estudiantes pre-universitarios y universitarios fueron capaces de representar hasta 5 y 6 dimensiones, en contraposición con muchos de los estudiantes de primaria, que solamente perciben una de ellas. Ello indica que pudiéramos estar en presencia de un desarrollo en la percepción del ambiente en este gradiente de edades; sin embargo, resulta peculiar que la mayor parte de los estudiantes universitarios solamente representen 2 dimensiones ambientales en los conceptos expresados a través de la encuesta. Según nuestro sistema de clasificación, la mayor parte de los estudiantes de nivel superior presentan una percepción del ambiente «poco desarrollada» (Fig. 2).

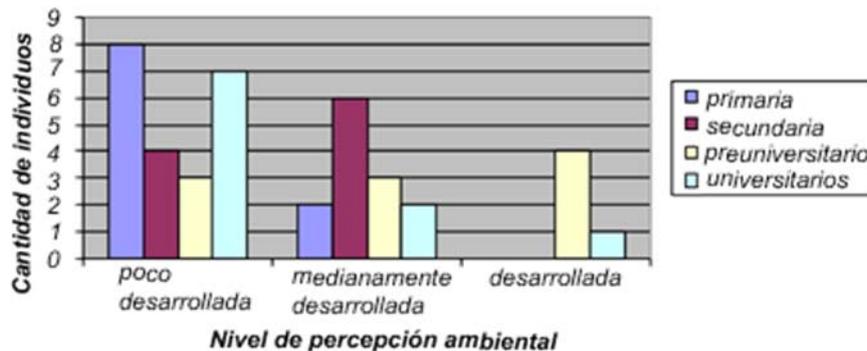


Fig. 2. Cantidad de individuos por grado de desarrollo en cuanto a percepción ambiental en cada nivel de enseñanza.

Se aprecia que los estudiantes del nivel de enseñanza superior pertenecientes a carreras de ingenierías muestran apatía en los temas relacionados con el medio ambiente, sus respuestas generalmente son cortas y desprovistas de los elementos que se espera que aborden. El

presente estudio reportó, como se verá más adelante, un insuficiente trabajo de educación ambiental por parte de los profesores en este nivel. Esto no significa que los estudiantes carezcan de los conocimientos incorporados en los niveles inferiores, sino que estos necesitan ser constantemente abordados con el propósito de mantener y desarrollar una actitud ambiental positiva. Se conoce que existe una estrecha relación entre los conocimientos y las actitudes ambientales de los sujetos. Moore [1981] realizó un estudio comparativo entre universitarios de distintas especialidades, y comprobó que los sujetos que más valoraban la necesidad de tomar medidas de ahorro energético coincidían con los que poseían más información sobre la problemática energética.

Esto demuestra que una efectiva educación ambiental en carreras no relacionadas con la Biología es indispensable. Nuestras encuestas fueron aplicadas a estudiantes de ingenierías, sin embargo, Betancourt y Febles [2009] demuestran que en carreras como Biología 83,3% de los estudiantes opina que las asignaturas abordan el tema solo en alguna medida, 11,1% en gran medida y 5,5% que no lo abordan. Esta alarmante situación se observa en varias de nuestras facultades por lo que se hacen imprescindibles estudios más amplios que propicien la creación de nuevos programas curriculares que reflejen estas temáticas.

Los estudiantes de primaria constituyen el otro conjunto que presenta bajos niveles de desarrollo en cuanto a percepción ambiental. Estos resultados se corresponden con nuestras expectativas, puesto que en este nivel los estudiantes carecen de las herramientas apropiadas (dígase conocimientos de Biología, Física, Geografía, Cultura política, etc.) para caracterizar íntegramente el concepto de medio ambiente. Sin embargo, en estos estudiantes se observa un gran desarrollo en cuanto a la dimensión natural o ecológica. Estos resultados se corresponden con los descritos por Benegas y Marcén [1995], en los que plantean que muchos escolares hoy día siguen relacionando el medio ambiente exclusivamente con «lo verde».

En el análisis del desarrollo de la percepción ambiental por género, se obtuvo que los individuos del sexo masculino superan a los del femenino. Esto no se contrapone al hecho de que ambos grupos demostraron en las encuestas igual interés en la protección del entorno. Esto concuerda con lo descrito por Anderson [2007], el que demuestra cuantitativamente que ambos, muchachos y muchachas, deseaban en igual medida practicar un comportamiento responsable con el ambiente.

#### *Vías de información sobre temas ambientales*

En sentido general, las vías más efectivas en cuanto a temas medio ambientales son la televisión, la escuela y los libros. Como se ha explicado previamente, los profesores parecen no influir en la educación ambiental

que poseen o reciben los estudiantes universitarios. Esto se contrapone con lo encontrado en el resto de los grupos, en los que los maestros son una de las fuentes principales para su desarrollo en cuanto a los conocimientos sobre el entorno.

Sin embargo, tanto para estudiantes universitarios como para pre-universitarios, y en buena medida para los de primaria y secundaria, la televisión es una de las principales vías de aprendizaje y conciencia ambiental. Es indudable el alcance que posee la televisión dentro de los medios de comunicación. Teniendo esto en cuenta resulta apropiado el uso de esta herramienta para fortalecer la percepción del ambiente en su dimensión cultural sin crear estereotipos, como relacionar estrictamente los conceptos ambientales a las dimensiones natural o conductual, según es costumbre en este medio.

Uno de los resultados más alarmantes presentados en este estudio revela que los padres y familiares parecen jugar un papel ínfimo en la educación ambiental en los niños, adolescentes y jóvenes. Si bien la escuela es el sitio ideal para el aprendizaje ambiental, es en el seno de la familia donde se forman muchos de los valores éticos, y es por tanto un espacio decisivo para fortalecer la conciencia ambiental en los jóvenes.

Otro momento significativo para abordar la temática ambiental sería en las excursiones planificadas por los diferentes centros educativos. Para ello es imprescindible que los profesores cuenten con una capacitación adecuada que les permita realizar actividades prácticas en favor del medio ambiente. Percibir estos temas desde las acciones hace a la educación ambiental más didáctica y se facilita la verdadera caracterización de las dimensiones del medio ambiente [Peña, 2011].

*¿Por qué es importante la protección del medio ambiente?*

Este tipo de preguntas nos permite diagnosticar el grado de peligro que los estudiantes perciben en la degradación del ambiente. En este punto observamos que la mayor parte de los estudiantes enfocaron sus respuestas en dos aspectos:

1. En la absoluta e indispensable necesidad del ambiente para la vida en la Tierra (con respuestas tales como: «sin el ambiente no podemos vivir»).
2. En la seguridad que nos proporciona el entorno sano (disminución de enfermedades, disminución de la destrucción, etcétera).

Sin embargo, se observa que con el aumento de la edad en los individuos disminuye la primera apreciación y aumenta la segunda. En este caso observamos un desarrollo en la concepción de la importancia del medio

ambiente. Si bien es cierto el primer planteamiento, el segundo se enfoca en ejemplificar, relacionar y hallarle sentido al primero. Es por esto que se considera que en este aspecto en particular existe un mayor desarrollo en cuanto a la concepción ambiental en los universitarios. No obstante, se detecta una posición antropocéntrica del asunto, ya que ningún estudiante planteó la importancia del ambiente *per se*. No se han creado posiciones de respeto al ambiente por el mero hecho de existir; todos los estudiantes reportaron su importancia en relación con las facilidades que le brinda al hombre, ya sea desde el punto de vista estético o como fuente de recursos naturales.

#### *Nivel de preocupación con respecto a los diferentes elementos que conforman el ambiente*

La preocupación con respecto a cualquier problemática se encuentra relacionada con los conocimientos que se posean del tema en cuestión. Se evidenció que estudiantes de escuela primaria no mostraban gran interés por temas como el cambio climático y el uso de los recursos naturales. Por el contrario, mostraban gran preocupación por el medio ambiente en sentido general, la naturaleza, la flora, la fauna y la salud, temas abordados en las clases, o más divulgados por los medios. De esta forma, se hace imprescindible un trabajo ambiental enfocado a llevar los conocimientos referidos al cambio climático y recursos naturales a los estudiantes de primaria. Contrario a lo anteriormente descrito, la mayor parte de los estudiantes universitarios mostraron mucha preocupación por el cambio climático. Como reflejan nuestros resultados, en este nivel los conocimientos de lo que constituye el cambio climático y sus repercusiones son mucho mayores.

Para muchos estudiantes sus preocupaciones se enfocaron hacia lo social: la salud y la pobreza. Es válido aclarar que aun cuando los estudiantes no han incluido la dimensión cultural en sus conceptos de ambiente, existe una conciencia de respeto y preocupación hacia estas materias.

En este caso la educación ambiental pudiera aprovechar estos valores éticos que los estudiantes poseen previamente, y relacionarlos con las cuestiones ambientales. Por ejemplo, los profesores pudieran elaborar ejemplos que relacionaran los problemas de salud con la contaminación ambiental.

#### *Análisis de la percepción de los problemas ambientales en la ciudad*

Los problemas más apremiantes que los estudiantes detectan son: los árboles o áreas verdes en la ciudad, la suciedad, la contaminación de las aguas con especial énfasis en la bahía de La Habana y las obras públicas como calles y edificios. Es de resaltar que aun cuando la bahía de La Habana no se encuentra en el entorno cercano de ninguno de los individuos

encuestados, fue mencionado por varios estudiantes. Esto evidencia el trabajo propagandístico eficiente que se está desarrollando en ese sentido por parte de los medios de comunicación, y constituye un ejemplo de campaña de concientización.

Algunos estudiantes mencionaron su preocupación por la limpieza escolar, lo que evidencia que en este nivel los estudiantes ya son capaces de llevar el concepto de medio ambiente a un entorno más cercano que les influye directamente. Solo algunos estudiantes universitarios describieron la problemática de la contaminación acústica, tema aún no muy conocido o trabajado por los profesores; sin embargo, puede formar parte de la educación ambiental que se debe promover en asignaturas relacionadas con la Física, entre otras. La educación ambiental fue otra temática propuesta como problema en nuestra ciudad. Es importante que los jóvenes interioricen la importancia que tiene el conocimiento para la protección del ambiente, y que se interesen no solo en adquirir dichos conocimientos, sino en transmitirlos a la población.

Solamente una estudiante universitaria plasmó la importancia de proteger las obras sociales como parte de un proyecto ambiental. Como ya se ha planteado a lo largo de este trabajo, uno de los principales problemas ambientales sigue siendo precisamente que los estudiantes no incluyen la dimensión cultural en ellos. Es por esto que en todos los niveles de enseñanza este debe ser el enfoque a fortalecer como parte de una educación ambiental efectiva.

## **Conclusiones**

- En sentido general se evidenció que la mayor parte de todos los encuestados presentan un nivel de desarrollo bajo o mediano en cuanto a su percepción del ambiente. La mayor parte de los estudiantes universitarios se clasificaron con bajo desarrollo de percepción ambiental, ya que sus respuestas demostraron si no desconocimiento, apatía con respecto al tema. Esto pudiera estar relacionado con la carencia de educación ambiental que proporcionan los profesores en este nivel.
- Las dimensiones ambientales más abordadas en los conceptos ambientales fueron la material, la natural y la comportamental; mientras que las menos mencionadas fueron la intrapersonal y la cultural.
- En sentido general, las vías más efectivas en cuanto a temas medio ambientales son la televisión y los libros; por el contrario, resulta significativo el hecho de que padres y familiares parecen jugar un papel ínfimo en la educación ambiental en los niños, adolescentes y

jóvenes. Se detectó debilidad en el trabajo de educación ambiental por los profesores universitarios, lo que evidencia la necesidad de inclusión de estas temáticas en el programa curricular en las diferentes carreras. La inclusión de la dimensión ambiental en el plan de estudios permitiría la incorporación de un sistema de conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes y valores, conscientemente diseñado y contextualizado, dirigido a que los estudiantes adquieran y desarrollen la conciencia ambiental tan necesaria en estos tiempos. De ahí que la formación ambiental debe ser también un proceso continuo, organizado y permanente en nuestros centros y facultades.

## **Bibliografía**

- ALEA G., A. (2005). «Diagnóstico y potenciación de la educación ambiental en jóvenes universitarios». Tesis presentada en opción al título de Máster en Desarrollo Social Caribeño. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. La Habana: 2005.
- ANDERSON, I. K. (2007). «Junior Secondary School Pupils' Perception of the Relevance of Environmental Issues: Implications for Science Educators», en *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences* 5.
- BENEGAS, J. Y C. MARCÉN (1995). «La educación ambiental como desencadenante del cambio de actitudes ambientales», en *Revista Complutense de Educación*. Madrid: 1995.
- Betancourt, Y. y M. Febles (2009). «Estudio exploratorio de la formación ambiental en carreras de la Universidad de La Habana», en *Congreso del Centro de Estudios Pedagógicos de la Educación Superior*. La Habana: 2009.
- FEBLES, M. (2001). «La vivencia como punto de partida de las transformaciones estructurales y funcionales de la subjetividad». Ponencia en sesión científica de la Cátedra L. S. Vygotski. La Habana: 2001.
- FEBLES, M. (2003). «Acerca de la percepción de los problemas ambientales». Bolivia: 2003.
- FEBLES, M. (2011). «Cultura y Educación Ambiental. Centro de Estudios del Medio Ambiente». La Habana: 2011.
- MOORE, H. K. (1981). «Energy Related Information-Attitude Measure of College Age Students», en *The Journal of Environmental Education*, 12(4): 30-33, 1981.
- PEÑA, Y. (2011). «Actuando..., percibirás». Una propuesta de procedimiento metodológico grupal para la caracterización de la percepción del medio ambiente escolar. Tesis en opción del título de Licenciado en Psicología. La Habana: Facultad de Psicología, Universidad de La Habana, 2011.
- YUS, R. (1994). *Dos mundos contradictorios*. Cuadernos de Pedagogía 227. 1994.

## **Construcción de una planta de biogás en un combinado cárnico**

### **Construction of a biogas plant in a meat production industry**

*Por M.Sc. Anislei Santiesteban Velázquez\*,*

*Dr.C. José Marcos Gil Ortiz\*,*

*Dr.C. Pedro Remedios Castañeiras\**

*e Ing. Raúl Roberto Otaño Guerra\*\**

*\* Centro de Estudios de Energía*

*y Procesos Tecnológicos, Universidad de Las Tunas, Cuba.*

*\*\* Universidad de Las Tunas, Cuba.*

*e-mail: anisleisv@ult.edu.cu y jgil@ult.edu.cu*

### **Resumen**

Este trabajo fundamenta la construcción de una planta de biogás para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos originados por una planta industrial para el sacrificio de reses y cerdos. Se determinaron los beneficios económicos, sociales y medioambientales. El período de recuperación directa de la inversión es de un año y medio.

**Palabras clave:** Ahorro de energía, biogás, fuentes renovables de energía

### **Abstract**

This paper presents the foundations of the construction of a biogas plant for the treatment of organic solid waste originated at a slaughtering industrial plant of cattle and pigs. The economic, social and environmental benefits were determined. The period of direct recovery of the investment is 1.5 years.

**Keywords:** Energy saving, biogas, renewable energy sources

### **Introducción**

La planta industrial Combinado Cárnico Álvaro Barba Machado está ubicada en el kilómetro 9½ de la carretera Guáimaro-Colombia, en el municipio de Colombia, de la provincia de Las Tunas, Cuba. Fue construida en 1925 para el sacrificio de ganado vacuno y la producción de carnes saladas.

En el marco del Perfeccionamiento Empresarial y la Legislación Ambiental vigente, la entidad está implementando su Sistema de Gestión Ambiental como vía de minimizar sus impactos negativos sobre la comunidad y áreas circundantes.

La UEB Combinado Cárnico Álvaro Barba Machado produce alimentos para la población y organismos estatales de los municipios de Amancio

Rodríguez, Jobabo y Colombia, y parte del municipio de Las Tunas, empleando para ello a 272 trabajadores que desayunan, almuerzan o cenan en la entidad; además, 45 de ellos viven en la comunidad rural circundante, por lo que sus familiares y el resto de la comunidad están expuestos a los efectos contaminadores de la generación de los desechos líquidos y sólidos, así como a las emisiones al aire, y a enfermedades diarreicas, respiratorias, zoonosis y otras.

La gestión de los residuos sólidos procedentes de la planta, que en lo fundamental están constituidos por diversos elementos (excretas e intestinos de res y cerdo, rumen de res, descartes del proceso de obtención de subproductos y carnes, pelos, astas y pezuñas, huesos, lodos flotantes de trampas y de la planta de pretratamiento de residuales líquidos, nylon, cartón, basura doméstica -podas, residuos de alimentos o de limpieza-), está concebida para su recogida, almacenamiento, comercialización o depósito en el vertedero municipal. Sin embargo, esta solución presenta la desventaja siguiente: el estiércol, el rumen, el pelo y los lodos flotantes extraídos del sistema de tratamiento de residuales líquidos permanecen largos períodos en el estercolero o depósitos, lo que constituye un foco de proliferación de vectores y malos olores. Además, no se puede hablar de eficiencia de un sistema de tratamiento de residuos si no se prevé el uso de sus efluentes o subproductos.

La descomposición de desechos orgánicos en ausencia de oxígeno (anaeróbica) es un fenómeno conocido desde hace muchos años [Barreto, 2006; Androvetto, 2003; Carmona, 2008; Guardado, 2006; Martínez, 1998; Guerrero y Suárez, 1998; Martín, 1997; Montalvo, 2003]. La materia orgánica se descompone [Dieter y Steinhäuser, 2008] y se obtienen productos que sustituyen materias primas agotables, convirtiendo los desechos forestales, industriales y humanos en un gas biológico combustible (biogás) con 60% de metano [Chinh, 2008; Field, 2005; Fabelo, et al, 2005] y un residuo líquido o sólido (biofertilizante o abono digerido) con buen contenido de nitrógeno, fósforo y potasio [Colectivo..., 2006]. Este proceso es conocido como fermentación anaeróbica y se presenta en la naturaleza de formas diversas [Chinh, 2008].

## **Materiales y métodos**

En el 2010 se sacrificaron 5 132 reses y 25 276 cerdos, obteniéndose 13 73,02 t de cerdo en bandas y 461,3 t de carne de res deshuesada, para una producción de 172,1 t de productos salados, 1 622,4 t de embutidos, 316,2 t de otras carnes y 671,2 t de masa de croqueta.

En el 2011 se sacrificaron 6 240 reses, con un peso promedio de 350 kg, y 20 847 cerdos con peso promedio de 80 kg, obteniéndose 1 168,9 t de

cerdo en banda, 614,2 t de carne de res deshuesada, 151,5 t de productos salados, 1 806,6 t de embutidos, 249,6 t de otras carnes y 800,3 t de masa de croquetas.

En la realización de estas producciones actualmente se producen durante el sacrificio de reses y cerdos los desechos siguientes:

Desechos sólidos: diariamente se producen como promedio 800 kg de desperdicios cárnicos que se destinan a la alimentación animal (cerdos), 150 kg de estiércol vacuno, 300 kg de rumen vacuno, 150 kg de excretas y contenidos gastrointestinales de cerdo y 100 kg de lodos de flotación de trampas, que actualmente no tienen aprovechamiento.

### **Consideraciones para el diseño**

La ubicación del digestor de biogás es tan importante como su propia construcción. Una planta mal ubicada será una instalación a la que se le sacará poco provecho; sin embargo, una buena ubicación jugará un papel importante para su mejor manejo y operación [Chinh, 2008; Herrero, 2003].

Los principales aspectos que se tuvieron en cuenta fueron:

- La materia prima está ubicada a 60 m de la planta.
- La planta se construirá en un lugar llano.
- Está garantizada el agua necesaria para el proceso tecnológico y la limpieza de la planta.
- La cocina del establecimiento (receptor del gas) está a 85 m de la planta.
- La temperatura media anual del lugar es de 25 °C.
- La fuente de agua potable más cercana se encuentra a 70 m del lugar de ubicación de la planta.
- El establecimiento tiene indicadores financieros positivos.
- El efluente se usará como abono en la Cooperativa de Créditos y Servicio adyacente al establecimiento.
- Se selecciona para la planta un digestor de cúpula fija (chino) por las ventajas que presenta su diseño [Chinh, 2008].

### **Diseño tecnológico del biodigestor**

*Nomenclatura:*

*%MSO:* Porcentaje de sólidos orgánicos, %

*B:* Biomasa, kg/día

*Cab:* Cabeza de ganado

*Cc:* Cantidad promedio de cerdos diarios, Cab/día

*Cv:* Cantidad promedio de ganado vacuno diario, Cab/día

*Ec*: Estiércol de cerdos, kg/día  
*Ev*: Estiércol vacuno, kg/día  
*Ma*: Cantidad de agua, kg/día  
*O*: Rumen más lodo de flotación, kg/día  
*Pg*: Producción de gas, m<sup>3</sup>  
*Pgc*: Producción de gas cerdos, m<sup>3</sup>  
*Pgv*: Producción de gas vacuno, m<sup>3</sup>  
*PPc*: Peso promedio de cerdos, kg/Cab  
*PPv*: Peso promedio de ganado vacuno, kg/Cab  
*TE*: Total de estiércol, kg/día  
*Tec*: Tiempo de estabulación cerdos, h  
*Tev*: Tiempo de estabulación vacuno, h  
*Tm*: Temperatura ambiente  
*TRH*: Tiempo de retención hidráulico, día  
*Vcg*: Volumen de la cámara de gas, m<sup>3</sup>  
*Vt*: Volumen total del digestor, m<sup>3</sup>  
*Vtm*: Volumen total de mezcla, m<sup>3</sup>

#### *Base de cálculo*

*Tm* = 25 °C; *Cc* = 80 Cab/día; *Cv* = 20 Cab/día; *PPc* = 80 kg/Cab;  
*PPv* = 350 kg/Cab; *Tec* = 12 h; *Tev* = 12 h.

*TRH* = Se recomienda que a temperatura media 25 °C el tiempo de retención sea de 20 días, con un factor de corrección de 1,5. Por tanto, *TRH* = 30 días [Androvetto, 2003].

% de excreta en cerdo vivo = 3% de masa corporal [Androvetto, 2003].

% de excreta en vacuno vivo = 6% de masa corporal [Androvetto, 2003].

%MSO vacuno = 13% [Androvetto, 2003].

%MSO cerdos = 12% [Androvetto, 2003].

Relación estiércol: agua = 1:2 [Androvetto, 2003].

Cantidad de comensales del establecimiento = 272

#### **Metodología de cálculo** [González, 2011]

##### *Cálculo de la biomasa*

$$B = TE + Ma \quad (1)$$

$$TE = EC + Ev + O$$

$$Ec = Cc \times PPc \times \% \text{ de excreta en cerdo vivo} \times (Tec/24) \quad (2)$$

$$Ec = 96 \text{ kg/día}$$

$$Ev = Cv \times PPv \times \% \text{ de excreta en ganado vacuno vivo} \times (Tev/24)$$

$$Ev = 210 \text{ kg/día}$$

$$O = \text{Rumen} + \text{Lodos} \text{ [Androvetto, 2003; González, 2011]}$$

O = 400 kg/día  
Sustituyendo en (2):  
TE = 706 kg/día  
Ma = TE x 2  
Ma = 1 412 kg/día  
Sustituyendo en (1):  
B = 2 118 kg/día

*Cálculo del volumen total de mezcla*

$$\begin{aligned} V_{tm} &= B \times TRH \\ V_{tm} &= 63\,540 \text{ kg} \end{aligned} \quad (3)$$

Si 1 kg de mezcla ocupa aproximadamente el volumen de un litro, entonces:

$$V_{tm} = 63,54 \text{ m}^3$$

Como el digestor seleccionado es de cúpula fija, consta de tres partes: cónica, cilíndrica y esférica; se procede a realizar los cálculos correspondientes que se representan de la manera siguiente [Androvetto, 2003]:

*Cálculo del volumen total del digestor*

Considerando que  $V_{cg}$  es 40% de  $V_{tm}$  [Chinh, 2008; Herrero, 2008; Colectivo..., 2008], resulta:

$$\begin{aligned} V_{cg} &= V_{tm} \times 0,4 = 25,416 \text{ m}^3 \\ V_t &= V_{tm} + V_{cg} = 88,96 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (4)$$

De acuerdo con la bibliografía especializada [Barreto, 2006; Martín, 1997; Hernández, 1982; Miranda, 1986; Pinnekamp, 1989; González, 1997; Pérez, 1997; Zapata, 2003], y teniendo en cuenta que la producción del combinado cárnico se realiza en el segundo semestre del año, con especial concentración en los meses de octubre a diciembre, que representa 65% con respecto al año; además, de acuerdo con las características de las materias primas (presencia de grasas animales y sangre) se escoge la variante de dividir el volumen total necesario en dos biodigestores, lo que facilita el funcionamiento y las operaciones de mantenimiento durante todo el año.

Según biodigestores tipificados [Androvetto, 2006].

Para dos digestores de  $V_t = 42 \text{ m}^3$

### *Cálculo de la producción de gas*

Consideraremos la mitad del rumen y los lodos de flotación como estiércol de res [González, 2011].

$$P_g = P_{gc} + P_{gv} \quad (5)$$

$$P_{gc} = E_c \times \%MSO_{cerdos} = 11,52 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$P_{gv} = E_v \times MSO_{vacuno} = 59,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

Sustituyendo en (5):

$$P_g = 71,32 \text{ m}^3/\text{día}$$

### *Cálculo de la demanda energética del usuario*

Para este caso, total de usuarios 272 por día, se realiza solamente la cocción del almuerzo y se considera el coeficiente  $0,2 \text{ m}^3$  de biogás/persona\*día [Field, 2005].

Entonces, se demandan  $45 \text{ m}^3$  de biogás/día.

Para el encendido de la caldera diariamente se necesitan sustituir 3 kg de gas licuado de petróleo (GLP), por lo que se demandan  $10 \text{ m}^3$  de biogás [Chinh, 2008].

Para la cocción de almuerzo y comida de 20 personas de las 8 viviendas colindantes se demandan  $10 \text{ m}^3$  de biogás.

Comparando de producción de biogás con la demanda energética del usuario, se considera factible utilizar el biogás producido en la elaboración de alimentos en el comedor obrero, el encendido de la caldera y la cocción de alimentos de 8 viviendas con 20 habitantes.

### **Análisis de los resultados**

Datos:

GPL: Gas licuado de petróleo

Costo de inversión: \$ 18 736,5 en CUP y 9 925,15 en CUC, según [González, 2011].

Costo de operación y mantenimiento: \$12 000/año (CUP).

Precio del GLP en cilindros: \$ 0,94 kg (CUP).

Precio del GLP a granel: \$0,44/litro igual a \$ 0,84 kg (CUP).

Precio de la leña: \$50,00/m<sup>3</sup> (CUP).

Precio del fertilizante químico: \$196,84/t (CUP).

Costo de generación por el SEN: 0,14 \$/kWh (CUP).

Consumo de GLP en la cocina: 2 160 kg/año

Consumo de GLP en la caldera: 1 080 kg/año

Consumo de leña en la cocina: 300 m<sup>3</sup>/año

Consumo de diesel para evacuar estercolero y PPTR: 600 L/año

Consumo de electricidad en 8 viviendas para cocinar: 8 640 kWh  
Importe de leña consumida en comedor: \$15 000,00 (CUP).  
Importe del GLP consumido en cocina: \$2 030,40 (CUP).  
Importe del GLP consumido en caldera: \$1015,20 (CUP).  
Costo de electricidad consumida en viviendas: \$1 209,6 (CUP).  
Importe del diesel: consumido: \$540,00 (CUP).  
Importe de fertilizante químico sustituido: \$7 420,86 (CUP).  
Producción de biogás anual: 19 970 m<sup>3</sup>, igual a 6 438kg de GLP  
Producción de biofertilizante anual: 376,81 t. igual a 37,7 t de fertilizantes químicos.  
Aporte económico anual total: \$27 216,06/año (CUP).

### **Cálculo del período de recuperación de la inversión**

$PRD = (C1 + Gom) (I_{gpl.co} + I_{gpl.ca} + I_{lc} + I_{aq} + Ge + Id) [González, 2011]$

Donde:

*Ce*: Costo de electricidad ahorrada

*Ci*: Costo de inversión

*Gom*: Gasto de operación y mantenimiento

*Iaq*: Valor de abono químico sustituido

*Id*: Valor del diesel ahorrado

*Igpl.ca*: Valor del GLP sustituido en caldera

*Igpl.co*: Valor del GLP sustituido en cocina

*Ilc*: Valor de la leña sustituida en la cocina

*PRD*: Período de recuperación directo

PRD = 1,5 años, igual a 18 meses

TIR = 66,93%

Donde:

*TIR*: Tasa interna de retorno.

Se evidencia que el proyecto es factible económicamente.

Valoración de beneficios económicos:

- Ahorro de gas licuado: 3 240 kg al año que equivalen a \$3 045,60/año.
- Se dejan de gastar \$15 000,00 en la compra de leña para la cocción de alimentos.
- Ahorro de 8,64 MWh de electricidad, equivalentes a \$1 209,6.
- Sustitución de 37,7 t de fertilizantes químicos con un valor de \$7 420,87.
- Ahorro de 600 litros de diesel con un importe de \$540,00.

Valoración de beneficios medioambientales:

- Reduce en aproximadamente 70% la carga contaminante que se depone debido a su utilización como materia prima para la alimentación de los digestores.
- Contribuye a la disminución de la proliferación de vectores y olores desagradables.
- El efluente es usado como fertilizante con un alto contenido de nutrientes, lo que aumenta la producción de viandas en 25% [Colectivo..., 2006].
- Elimina la emisión a la atmósfera de 15 t de dióxido de carbono de efecto invernadero.

Valoración de beneficios sociales:

- Mejora las condiciones de trabajo de 2 cocineros.
- Disminuye los gastos en electricidad de 864,00\$ en 8 viviendas.
- Crea un puesto de trabajo.

### Conclusiones

1. Se determinó una producción de biogás de 71,2 m<sup>3</sup>, suficiente para sustituir todo el GLP necesario para la cocción de alimentos de los trabajadores y los moradores de 8 viviendas y el pre-encendido de la caldera de generación de vapor.
2. La construcción de una planta de biogás en la UEB Combinado Cárnico Álvaro Barba Machado es factible económica, social y medioambientalmente, con un tiempo de recuperación de dos años, aproximadamente.

### Bibliografía

- ANDROVETTO, E. (2003). «Diseño y operación de un modelo para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la granja porcina de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala». 2003. Disponible: <http://www.cepis.ops-oms.org-bvaar/fulltext/andro.pdf>.
- BARRETO, S. (2006). «Estrategia para la inserción industrial de la digestión anaerobia en el desarrollo regional». Tesis de Doctorado, 2006.
- Carmona, M. E. M. (2008). «Estudio técnico-económico de la digestión anaerobia conjunta de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora para la obtención de biogás». 2008.
- CHINH, B. H. (2008). *Tecnología del biogás*. Hanoi: Ed. de Ciencia Natural y Tecnología, 2008.

- Colectivo de autores (2006). *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. La Habana: Instituto de Ciencia Animal, 2006.
- Colectivo de autores (2008). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008.
- Dieter, D. y A. Steinhauser (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., 2008.
- FABELO FALCÓN, J. A.; V. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, et al. (2005). «Diseño de una planta de producción de biogás», en *Centro Azúcar* 32 (1): 50-56, enero-marzo, 2005.
- FIELD, J. (2005). *Biogás. Medición de parámetros*. Wageningen: Universidad Agrícola de Wageningen, 2005.
- GONZÁLEZ G., R. (2011). «Estudio de factibilidad de construcción de biodigestores en el Combinado Cárnico Álvaro Barba Machado», en Taller Territorial Ecoelia Colombia-Las Tunas, 2011.
- GONZÁLEZ, S. M. (1997). «Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados en residuos sólidos urbanos: análisis de variables y modelización» Tesis de Doctorado, Universidad de Oviedo, 1997.
- GUARDADO CHACÓN, J. A. (2006). *Tecnología del biogás. Manual del usuario*. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2006.
- Guerrero L., A. D. y M. Suárez (1998). «Adherencia microbiana para un sistema anaerobio de lecho fluidizado». 1998.
- HERNÁNDEZ, M. (1982). «Biogás: Recuperación de energía de los excrementos animales». MINAG, p. 132, 1982.
- HERRERO, J. M. (2008). «Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación», en *GTZ-Energía*, vol. 3, 2008.
- MARTÍN GONZÁLEZ, S. (1997). «Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos: análisis de variables y modelización». 1997.
- MARTÍNEZ, N. (1998). «Digestión anaeróbica». Curso de postgrado. Universidad de Huanuco, Perú, 1998.
- MIRANDA, R. (1986). «Factibilidad económica de la producción de biogás a partir de residuales, economía y desarrollo». 1986.
- MONTALVO. S., G. L. (2003). *Tratamiento anaerobio de residuos. Producción de biogás*. 2003.
- PÉREZ, Y. (1997). «Tratamiento de residuales vacunos». Tesis de Diploma, Universidad de Camagüey, 1997.
- PINNEKAMP, J. (1989). «Effects of Thermal Pretreatment of Sewage Sludge on Anaerobic Digestion», en *Water Science and Technology*, 1989.
- ZAPATA, A. (2003). *Utilización del biogás para generación de electricidad*. Fundación CIPAV, 2003.

**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](mailto:editora@cubasolar.cu)

<http://www.cubasolar.cu>