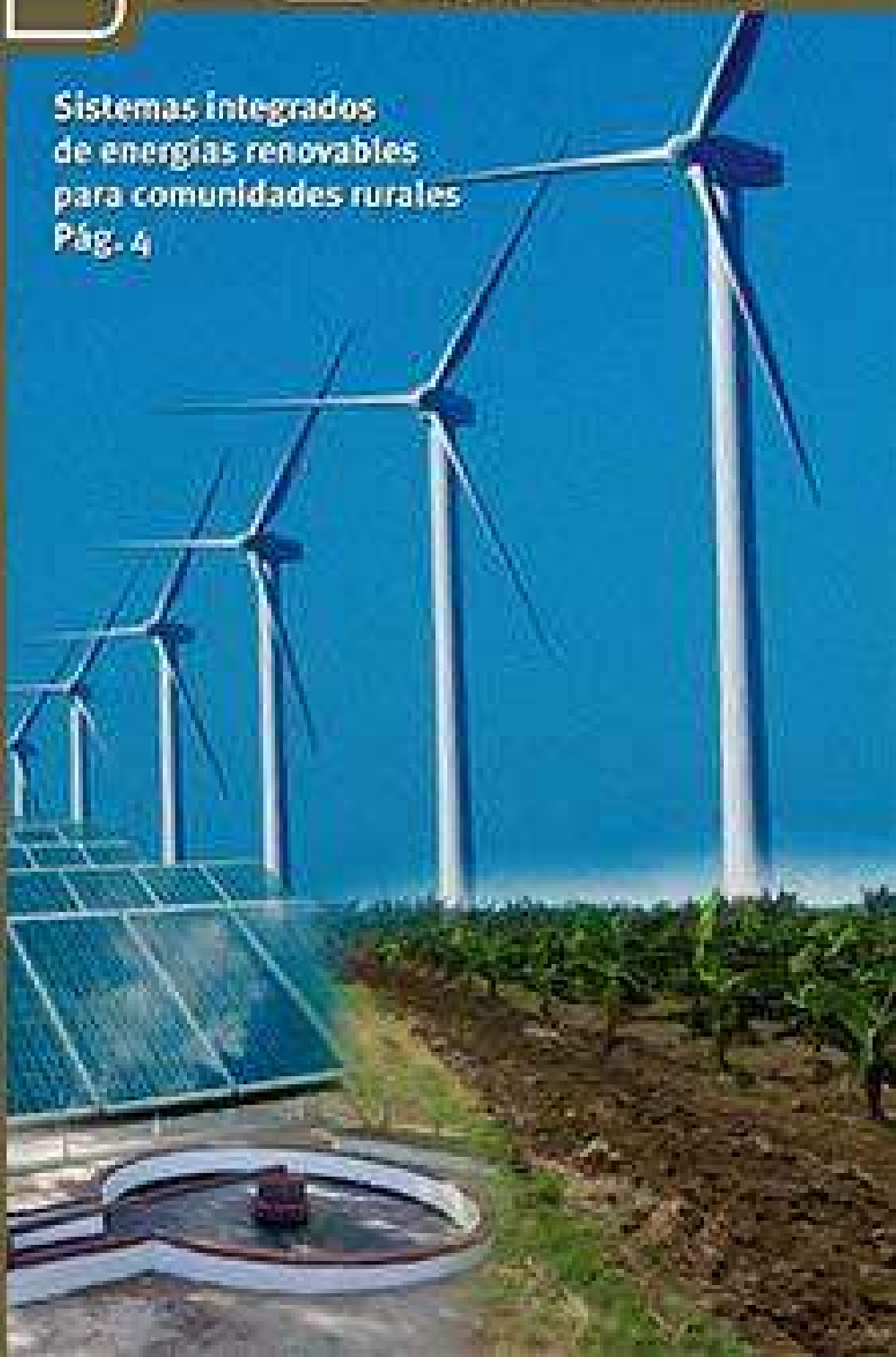


Sistemas integrados  
de energías renovables  
para comunidades rurales  
Pág. 4





- 2 EDITORIAL
- 4 SISTEMAS INTEGRADOS DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA COMUNIDADES RURALES
- 11 FOTVOLTAICA NANOPASMÓNICA
- 16 EL BIOGÁS NO ES UN SÍMBOLO DE POBREZA
- 20 VIII ENCUENTRO NACIONAL DE USUARIOS DEL BIOGÁS EN CUBA
- 23 EL GRAN VALOR DEL BIOGÁS EN SU SENTIDO ECOLÓGICO Y SOCIAL
- 29 MUJER Y ENERGÍA
- 31 MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FV CONECTADOS A RED
- 35 XIII TALLER INTERNACIONAL CUBASOLAR 2018
- 41 EL COSTO DE UN KWH
- 43 EL HILO CONDUCTOR DE LAS DESAPARICIONES
- 45 ¿COCINA GOURMET O TRADICIONAL?
- 48 VERBO Y ENERGÍA
- 49 CRUCIGRAMA
- 50 NOTICIA
- 51 CONVOCATORIA



# Lecciones aprendidas de la tormenta Alberto \*

**NO HACEN** falta imágenes, pues hay abundantes evidencias de los destrozos dejados por las inundaciones provocadas por Alberto, y en especial, aquellas determinadas por las fuertes corrientes de agua que fluyen por los cauces fluviales, por sus llanuras de inundación, e incluso por las partes zonas donde normalmente no corren tales flujos.

No hay probablemente un modo absoluto de evitar estos desastres en los términos de la infraestructura actual, no solo en Cuba, sino casi en cualquier parte del mundo. Esto significa que Alberto nos ha dado una oportunidad insuperable de valorar nuestras vulnerabilidades.

De estos eventos no hay que lamentarse, hay que aprender, y por eso resulta conveniente relacionar algunas ideas para reflexionar sobre ellas:

1. Hay que modificar nuestro paradigma constructivo. Debemos usar más la construcción de casas elevadas, ya sea sobre pilotes como sobre una base levantada sobre el nivel de inundación histórica, sobre todo en las áreas bajas con drenaje pobre. Los viales (carreteras y líneas de ferrocarril) deben dotarse de obras de drenaje mucho más eficientes, que



permitan el paso de grandes caudales de agua. También es necesario colocar diques en las márgenes de los cauces de los ríos que transitan por la ciudad.

2. Los nuevos desarrollos urbanos e industriales deben localizarse en terrenos altos dentro del entorno donde se construyen, las presas de cola y estanques de aguas usadas deben tener muros más altos y resistentes. Los puentes tienen que estar mejor asentados en el substrato, sobre todo si este es de rocas arcillo-arenosas donde el contacto roca-hormigón es una superficie vulnerable a la erosión. Las instalaciones de generación eléctrica, los tanques de combustibles y los de agua, y los almacenes, deben estar protegidos contra las inundaciones (elevados, rodeados de diques, etc.).

3. Hay que lograr la reducción de la basura sólida que se vierte en lugares no adecuados (dentro y fuera de la ciudad), así como la limpieza y desobstrucción de tragantes y sistemas de alcantarillado previos a la temporada de lluvia.
4. Se deberían establecer mapas detallados (1:25 000) del nivel máximo de inundación que se alcanzó en estos días, sobre todo en las urbanizaciones y zonas de interés industrial y turístico, para mejorar la base cartográfica que permita planear el desarrollo constructivo futuro tomando en cuenta esta experiencia y otras anteriores tanto o más críticas. También se deben determinar la dirección y el sentido de los flujos principales y secundarios de las aguas corrientes, para diseñar canales de drenaje.
5. Será necesario recoger las experiencias que nos dejan las construcciones dañadas (para aprender a no repetirlas en iguales condiciones) y las obras que no fueron afectadas, a fin de establecer las causas de su resistencia (estado de la construcción, diseño, sitio de emplazamiento, tipo de suelos, etc.).

En definitiva, para garantizar un desarrollo estable, que no dependa de los avatares del clima cambiante, hay que saber aprender de las experiencias negativas y no reconstruir las vulnerabilidades. Esto se ha dicho muchas veces, pero no siempre es asimilado, especialmente por aquellas personas que deciden construir, modificar o reinstalar obras sin tomar en cuenta las experiencias previas, el consejo de los expertos y los resultados de los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo existentes. Sencillamente porque si el clima cambia, nosotros también debemos cambiar. 🇺🇸

Nota: Se agradece la autoría de este editorial al Dr. Manuel Iturralde Vinent. Académico de Mérito, Academia de Ciencias de Cuba.



## Sistemas integrados de energías renovables para comunidades rurales

*Un paso más hacia la sostenibilidad energética y alimentaria*

Por CONRADO MORENO FIGUEREDO\* y JOEL MORALES SALAS\*\*

**LA ENERGIZACIÓN** de comunidades rurales en el contexto cubano actual se inserta en lo que, en estos momentos, se encuentra en pleno desarrollo. El concepto de desarrollo local está relacionado con un proceso de participación de la población local, los organismos y sectores de la economía, conjuntamente con las asambleas municipales y provinciales del Poder Popular, mediante la planificación, organización, ejecución y control de los procesos inherentes al desarrollo, con prioridad

en el fortalecimiento de la base productiva en cada territorio de manera integrada y articulada con los intereses nacionales.

Está claro que en este concepto los territorios deben identificar las posibilidades para gestionar proyectos con el incentivo de la creación de una cuenta de ingresos y gastos de la región, que antes no existía. Esto implica que es decisivo elaborar proyectos a partir de las potencialidades de cada lugar.

En las zonas rurales aisladas de la red eléctrica uno de los proyectos a elaborar que no tiene discusión está relacionado con la energización local, por lo que los pobladores deberán estar preparados para abordarlos, y ese es uno de los objetivos de este trabajo.

El desarrollo económico de las comunidades rurales sin suministro de corriente eléctrica procedente del sistema eléctrico nacional, está íntimamente relacionado con la disponibilidad y uso de las fuentes renovables de energía. A esto se le agrega que el consumo de alimentos está directamente relacionado con la cantidad de energía consumida. Un ejemplo fehaciente es la situación de África, donde sus pobladores no llegan a consumir diariamente 2000 calorías; claramente, esto va unido al precario o carente acceso a las fuentes de energía disponibles, en la mayoría de los casos, las renovables. El incremento de la producción de alimentos no es posible sin un mayor acceso a las fuentes de energía.

De esta indisoluble unidad surge la idea de la creación de Comunidades Energéticamente Integradas, donde se produzcan alimentos y energía. Como aseveró *El Bassam* (1998), la creación de este tipo de comunidades es una visión realística que pudiera ser aplicada en diferentes regiones del planeta. En este trabajo se aborda lo relacionado con la producción de energía para las diferentes necesidades presentes en las comunidades rurales. Es decir, si se desea establecer una Comunidad Energéticamente Integrada, donde la producción agrícola y la ganadera estén fundidas con la autogeneración de energía para cubrir todas las necesidades presentes, la pregunta es ¿cómo enfocar este problema desde el punto de vista energético?

### Antecedentes

No dejan de haber ejemplos en nuestro país. En el número 53 de la revista *Energía y Tú*, el artículo «Comer en la finca agroecológica» nos ofrece un recorrido por la Finca del Medio, en Taguasco, Sancti Spíritus, en el cual además de la producción de alimentos se combinan diferentes tecnologías energéticas

renovables como molinos de viento, digestores de biogás, arietes hidráulicos y otras, siendo esta finca un ejemplo de desarrollo sostenible en un área rural basado en el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

En el libro *Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba*, de Fernando R. Funes-Monzote (2009), se plantea la necesidad de pasar de un sistema agrícola especializado a un sistema agroecológico como una necesidad indiscutible para dar el salto necesario en la agricultura cubana. A estos sistemas Funes-Monzote los denomina sistemas DIA (diversificados, integrados y autosuficientes) los que se rigen bajo varios principios básicos: a) incrementar la biodiversidad del sistema, b) poner énfasis en la conservación y manejo de la fertilidad del suelo, c) usar al máximo las energías renovables y optimizar los procesos de reciclaje de la energía, d) aumentar la eficiencia en el uso de los recursos naturales locales, y e) mantener altos niveles de resiliencia. Estos sistemas buscan la producción sostenible alcanzando la autosuficiencia al menor costo posible, con el mínimo costo ambiental y la máxima satisfacción de las necesidades humanas. Como queda expresado, uno de los principios radica en «usar al máximo las energías renovables...». El problema queda planteado y se puede adelantar que para hacer un mayor uso y un empleo óptimo de las fuentes renovables de energía presentes en una comunidad rural dedicada a la agricultura, se necesita de modelos de optimización de los sistemas de energías renovables.

En aras de dar respuesta a lo anterior, se ha introducido el concepto de los conocidos Sistemas Integrados de Energías Renovables (SIER).

### Sistemas Integrados de Energías Renovables (SIER)

En general, dos opciones se han adoptado para suministrar energía a una variedad de cargas energéticas en una comunidad rural, utilizando la combinación de varias fuentes renovables de energía.

- 1. Primera opción:** Todos los recursos pueden ser convertidos en una sola forma de energía que por lo general es electricidad, la que se almacena y se suministra a los usuarios finales. A estos se les conoce como Sistemas Híbridos. Esto pudiera ser conveniente, pero no en todos los casos es económicamente apropiado.
- 2. Segunda opción:** Combinar los diferentes recursos, equipos y las necesidades para alcanzar una integración de los beneficios en cada usuario, sin pasar por la conversión en una sola forma de energía, los conocidos Sistemas Integrados de Energías Renovables (SIER). En la mayoría de los casos, este enfoque resulta una opción más económica.

Los SIER emplean dos o más fuentes renovables de energía y diferentes sistemas convertidores de energía hasta el uso final para satisfacer una variedad de necesidades energéticas.

El objetivo fundamental de un SIER es obtener las dimensiones y las potencias de los diferentes equipos de conversión y almacenamiento de energía necesarios para suministrar energía a las diferentes cargas solicitantes de esa energía, por supuesto, con un mínimo costo y garantizando fiabilidad en el suministro de la energía.

Como se señaló previamente, en Cuba existen ejemplos de fincas o áreas ubicadas en zonas rurales que combinan la producción de energía con fuentes renovables de energía, la producción de alimentos y la cría de ganado. En todos los casos, el conjunto de tecnologías empleadas no han sido proyectadas de forma tal que las configuraciones resultantes hayan sido dimensionadas para ofrecer las soluciones más viables para la energización rural en una región aislada de la red eléctrica, en función de los recursos energéticos renovables disponibles y las necesidades energéticas. Es decir, el resultado, aunque positivo y con las mejores intenciones, no ha sido enfocado integralmente y las



soluciones han sido aisladas, sin un enfoque integrador.

Lo que deseamos transmitir es que la solución está en que el diseño del sistema energético de una Comunidad Energéticamente Integrada debe ser tal que ordene, priorice, combine, dimensione y determine las configuraciones posibles a utilizar en un Sistema Integrado de Energía Renovable para la energización de una zona rural aislada de la red eléctrica, o conectada a ella.

No se pretende en este trabajo abordar los variados métodos para la búsqueda de tales soluciones, sino tan solo enfocar y adelantar algunos aspectos de este problema.

**Fuentes renovables de energía y necesidades energéticas presentes en las comunidades rurales**

Las fuentes renovables de energía más frecuentes en áreas rurales son:

- 1. la biomasa, fundamentalmente aprovechable con la tecnología del biogás;
- 2. la energía solar, térmica y fotovoltaica;
- 3. la energía eólica, y
- 4. la energía hidráulica.

Las necesidades energéticas son variadas, pero pueden concentrarse en cuatro clases:

- 1. Energía térmica de media temperatura (100° C- 300° C).
- 2. Energía térmica de baja temperatura (menos de 100° C).
- 3. Potencia en un eje rotatorio.
- 4. Electricidad.

El biogás obtenido por digestión anaeróbica de la biomasa es hasta el momento el recurso energético más económico. El biogás puede quemarse directamente para obtener energía térmica de baja y mediana temperaturas y además, puede emplearse en un motor de combustión interna para obtener potencia mecánica en un eje en rotación o electricidad cuando se conecta a un generador eléctrico, de aquí que el biogás sea, en cualquier

solución, el recurso de mayor prioridad. La energía hidráulica puede emplearse con turbinas hidráulicas para obtener potencia mecánica o electricidad. Los colectores solares pueden usarse para obtener energía térmica de baja temperatura muy económicamente. Los sistemas conversores eólico-mecánicos también pueden usarse para obtener energía mecánica en un eje rotatorio. Finalmente, aunque un poco más caras, la energía eólica y la solar pueden convertirse en electricidad a través de los Sistemas de Conversión Eólico Eléctrico (SCEE) y los arreglos fotovoltaicos (AF), respectivamente.

**Lineamientos generales para el diseño de un Sistema Integrado de Energías Renovables (SIER)**

El objetivo general que se persigue con el diseño de un SIER es obtener los tamaños, dimensiones y capacidades de los diferentes tipos de sistemas de conversión de energía y de los elementos acumuladores de energía que suministren energía a las diferentes cargas, por supuesto, con un mínimo costo y cierto nivel de fiabilidad.

Algunos de los recursos, como el viento y el sol, son altamente variables y específicos del sitio. Otros como la biomasa y la hidráulica son más predecibles, ya que son variables estacionales, aunque son propios también del sitio en cuestión. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta en el proceso de diseño.

Por lo anterior, el año debe dividirse en periodos de tiempo o por estaciones como lo indique el comportamiento de las fuentes y las necesidades. De esta forma el procedimiento de diseño se aplica a cada periodo de tiempo hasta encontrar las capacidades de los sistemas convertidores y las cantidades de recursos necesarios para ellos, además de las dimensiones de los sistemas de almacenamiento de energía, de forma tal que se satisfagan las necesidades con el nivel de fiabilidad exigido, supeditado todo ello a las disponibilidades de los recursos con un mínimo costo de inversión.



El diseño final para todo el año se basa entonces en los diseños estacionales y en la priorización que se decida en cuanto a las estaciones. Si el diseño final se basa en la peor combinación posible teniendo en cuenta las disponibilidades del recurso y las necesidades y sus cargas, entonces una considerable cantidad de energía en exceso estará disponible durante el resto del tiempo. Si este exceso de energía es empleado correctamente, el costo del proyecto se mantendrá en rangos económicamente adecuados.

El asunto está en combinar los recursos, los equipos convertidores y las necesidades, y lograr una integración conveniente y beneficiosa para el usuario final.

Los sistemas energéticos por lo general están compuestos por varios componentes interconectados entre sí, con el fin de satisfacer un conjunto de necesidades. Un SIER puede estar compuesto por varios equipos de conversión como colectores solares térmicos, turbinas hidráulicas, sistemas de conversión eólico-mecánicos (SCEM), sistemas de conversión eólico-eléctricos (SCEE), arreglos fotovoltaicos (AF) y diferentes tipos de sistemas de almacenamiento, reconversión y equipos de uso final en una o más de las posibles combinaciones para satisfacer una variedad de necesidades energéticas.

Diferentes recursos energéticos están disponibles en diferentes magnitudes, y algunos se complementan dentro de una estación o periodo del año. Las cargas también varían tanto en magnitud como en la calidad de la energía necesaria a suministrar. Los equipos convertidores de energía están en función de las diferentes tecnologías y deben ser combinados en concordancia con las situaciones específicas derivadas de los tipos de energías necesarios a suministrar y los escenarios de uso final.

Cualquier recurso energético puede emplearse para satisfacer todas las necesidades energéticas, colocando en serie un grupo de sistemas de conversión y equipos intermedios. Sin embargo, algunas combinaciones recurso-necesidad son más lógicas que otras si se tienen en cuenta los costos y la eficiencia.

Como conclusión, el diseño de un SIER debe ordenar, priorizar, combinar y finalmente encontrar las capacidades de los sistemas de conversión que puedan intervenir en la solución, e identificar las dimensiones de los diferentes sistemas de almacenamiento de energía requeridos.

Para darlo a entender, pongamos el ejemplo siguiente:

Sea una comunidad agrícola aislada de la red eléctrica que tiene 300 habitantes en 67 viviendas y 400 cabezas de ganado vacuno. La mayor parte de la población está vinculada a las actividades agrícolas. En la comunidad hay agua subterránea a una profundidad menor de 10 metros, por lo que puede extraerse y ser usada para la irrigación, la producción de biogás y el suministro de agua potable y uso doméstico. Funciona también una pequeña industria.

Un estudio de las disponibilidades de las fuentes de energía y tecnologías posibles a emplear se resume como sigue:

1. Biogás (BI).
2. Colectores solares térmicos (CS).
3. Sistemas de conversión eólico-mecánicos (SCEM).
4. Sistemas de conversión eólico-eléctricos (SCEE).
5. Arreglos fotovoltaicos (AF).
6. Altura de agua almacenada (AA).

#### **Las necesidades que predominan en la comunidad son:**

1. Energía térmica de media temperatura (100° C- 300° C) (ETMT).
2. Energía térmica de baja temperatura (menos de 100° C) (ETBT) para la cocción de alimentos, entre otros usos.
3. Potencia en un eje rotatorio para la pequeña industria movido mediante biogás que alimenta un motor de combustión interna o electricidad (PM<sub>1</sub>).
4. Potencia en un eje rotatorio para el riego y uso doméstico (PM<sub>2</sub>).
5. Electricidad (EL).

Las combinaciones más lógicas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Combinaciones óptimas a aplicar

		ETBT	ETMT	PM1	PM2	EL
Necesidades Recursos / Tecnologías	BI	X	X	X	X	X
	CS	X				
	SCEM				X	
	SCEE			X	X	X
	AF		X	X	X	X
	AA					X

Dado que el año se divide en dos estaciones, lluviosa y seca, y según cálculos realizados y datos de la climatología del sitio, se conoce la potencialidad de cada uno de los recursos (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros FRE según las estaciones

FRE parámetros característicos	Estación	Lluviosa (mayo-octubre)	Seca (noviembre-abril)
Energía solar			
Valor medio de la nubosidad		0,34	0,23
Desviación estándar de la nubosidad		0,24	0,18
Radiación máxima, kW/m <sup>2</sup>		1	0,9
Energía eólica			
Velocidad media, m/s		6,0	6,7
Desviación estándar, m/s		2,5	3,3
Biogás			
kWh		420	630
m <sup>3</sup>		68	102

Energía hidráulica		
Caudal m <sup>3</sup> /día	40	40
Altura h, m	10	10

Se han calculado las necesidades energéticas que deben ser satisfechas por día (Tabla 3).

Tabla 3. Necesidades energéticas a satisfacer diariamente

Estación		Lluviosa	Seca
Necesidades energéticas en kWh/día	ETBT	3,0	3,0
	ETMT	200,0	200,0
	PM1	7,0	150,0
	PM2	110,0	0/0
	EL	50	50

Considerando los datos de las dos tablas anteriores y añadiéndole los siguientes se obtiene:

- el costo de los equipos conversores por kW de potencia y de los sistemas de acumulación por kWh;
- las eficiencias de las combinaciones asociadas a las combinaciones recurso-necesidad;
- los costos de los equipos;
- un tiempo de vida del equipamiento;
- los costos de mantenimiento y operación;
- factores de carga o capacidad de cada combinación, y
- la tasa de interés de la inversión.

En este caso hipotético se obtienen las combinaciones recurso-necesidad óptimas empleando algún programa de optimización

para el diseño, o un sistema de experto como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4. Combinaciones recurso-necesidad

Estación	Lluviosa	Seca
ETBT satisfecha con BI, kWh Volumen de biogás, m <sup>3</sup>	3,0 0,81	3,0 0,81
ETMT satisfecha con BI, kWh Volumen de biogás, m <sup>3</sup>	200 54,0	200 54
PM1 satisfecha con BI, kWh Volumen de biogás, m <sup>3</sup>	0 0	130 52
PM2 satisfecha con BI, kWh Volumen de biogás, m <sup>3</sup>	40 16	0 0
Volumen de biogás no empleado	1	1
ETBT satisfecha con CS, kWh	0	0
PM2 satisfecha con SCEM, kWh	0	0
EL satisfecha con AF, kWh	0	0
ETMT satisfecha con SCEE, kWh	0	0
ETBT satisfecha con /SCEE, kWh	0	0
PM1 satisfecha con /SCEE, kWh	9,3	56
PM2 satisfecha con SCEE, kWh	123	0
EL satisfecha con /SCEE, kWh	55	55

Como conclusión dada por el programa de optimización empleado, la energía hidráulica no proporciona una sensible cantidad de energía por día y, por tanto, no es una fuente atractiva y no aparece en el resultado final. La energía térmica de baja y media temperaturas

se satisface solo con biogás y en ese caso los colectores solares tampoco son equipos a emplear. Los sistemas eólico-mecánicos SCEM (molinos de viento) no se recomiendan al no ser una alternativa económica en comparación con los pequeños aerogeneradores (SCEE). Dado el alto régimen de viento en la localidad, los paneles fotovoltaicos no se seleccionaron, es decir, la solución más viable son los pequeños aerogeneradores. Los pequeños sistemas eólico-eléctricos (SCEE) con almacenamiento suministran toda la energía eléctrica rentablemente.

Con este resultado se puede entonces dimensionar y(o) seleccionar cada uno de los sistemas conversores que el programa recomienda. Es decir, el tipo y volumen del biodigestor de biogás y el aerogenerador más adecuado, conjuntamente con el banco de baterías para el almacenamiento de la energía.

Cualquier otra variante puede analizarse, pero lo más posible es que no sea la más adecuada económicamente.

Se ha presentado un ejemplo hipotético, solo como una introducción a un problema que no es de fácil solución y que para resolverlo se han elaborado variadas formas. El mensaje es que no se debe proyectar indiscriminadamente una finca o comunidad integral sin antes detenerse en los aspectos que implican los Sistemas Integrados de Energías Renovables (SIER). En el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter) se ha trabajado este tema y se cuenta con programas que posibilitan resolver este problema de manera más adecuada. 🇨🇺

\* Doctor en Ciencias Técnicas. Vicepresidente de la Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA). Profesor Titular del Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter), La Habana, Cuba.

E-mail: conradomor2014@gmail.com

\*\* Profesor y Doctor. Director del Ceter, La Habana, Cuba.

E-mail: jmorales@ceter.cujae.edu.cu



# FOTOVOLTAICA NANOPLASMÓNICA: novedosa tecnología emergente de la antigüedad

11

*El pasado empírico  
en el futuro próximo  
de la fotovoltaica*

Por AUGUSTO A. IRIBARREN ALFONSO\* y ROMÁN E. CASTRO RODRÍGUEZ\*\*

## **Introducción a la nanoplasmónica**

**LA NANO PLASMÓNICA** es una rama de la nanofotónica y esta, a su vez, es la ciencia que se ocupa del estudio de las interacciones entre la luz y la materia en la escala nanométrica y sus aplicaciones. Esta ciencia ha adquirido relevancia y muchos investigadores se han enfocado en ella por sus amplias perspectivas.

En la fotovoltaica, o sea, la conversión de energía luminosa, en especial la solar, en corriente eléctrica, también tiene aplicación la nanofotónica. Uno de los fenómenos relacionados con esta ciencia ocurre cuando la luz incide sobre una nanopartícula metálica, de manera que el campo electromagnético incidente genera una excitación colectiva de los electrones de

conducción dentro de la nanopartícula que tienden a oscilar junto con el campo y con ello se relaciona la nanoplasmonica.

La luz, visible o no, es una radiación electromagnética que se propaga en una dirección dada. Esta radiación está formada por un campo eléctrico y otro magnético que oscilan en función del tiempo, perpendicularmente entre sí y a la dirección de propagación como se ilustra en la figura 1. La radiación electromagnética está caracterizada por la frecuencia de oscilación ( $\nu$ ), que a su vez se relaciona directamente con la energía ( $E$ ) y es inversamente proporcional a la longitud de la onda ( $\lambda$ ) y al período de la oscilación ( $\tau$ ). La radiación electromagnética se compone de paquetes de energía denominados fotones. El espectro de la luz solar abarca desde el ultravioleta cercano ( $\lambda \approx 300$  nm) en que la intensidad crece fuertemente hasta tener un máximo en el verde ( $\lambda \approx 500$  nm), a partir del cual la intensidad disminuye más suavemente hacia el rojo ( $\lambda \approx 700$  nm) y el infrarrojo ( $\lambda > 750$  nm).

Los materiales están formados por átomos que poseen un núcleo positivo y electrones con carga negativa generalmente ligados a ese núcleo. Los metales y sus aleaciones, sin embargo, poseen electrones libres que forman una nube de electrones delocalizados en el material que les confiere la capacidad de conducir fácilmente calor y electricidad, y que puede considerarse un gas o plasma de electrones. En la escala nanométrica, como en las nanopartículas, esta nube queda confinada por las dimensiones de estas.

Cuando la radiación electromagnética incide sobre una nanopartícula metálica (Fig. 2),

el plasma de electrones libres que esta posee tiende a moverse según el campo eléctrico que los hace oscilar, creando desbalances espaciales de las cargas que a su vez producen un campo eléctrico que tiende a compensar o apantallar el campo eléctrico de la radiación incidente. En resumen, los plasmones son las oscilaciones colectivas del plasma de electrones libres discretizadas, o sea, cuantos de oscilación del plasma de electrones y son cuasipartículas como los fotones y los fonones.

Las cargas positivamente polarizadas en la superficie opuesta crean una fuerza de restauración sobre los electrones. Esto induce la tendencia a la oscilación del gas de electrones. Cuando la frecuencia de la radiación electromagnética incidente es relativamente baja, o sea, el período de la oscilación es relativamente alto, el gas de electrones tiene el tiempo de respuesta suficiente para apantallar el campo eléctrico y de ahí que la luz sea reflejada. Si la frecuencia es muy alta, es decir, el período de la oscilación es pequeño, el plasma de electrones no tiene tiempo suficiente para apantallar al campo eléctrico y la luz se transmite. Cuando el período de oscilación del campo eléctrico coincide con el tiempo de respuesta del plasma de electrones, ocurre un efecto de resonancia y la nanopartícula absorbe la energía del fotón. En este caso, si la luz es retirada, su campo eléctrico deja de interactuar, pero los electrones continúan oscilando a una frecuencia de plasma  $\omega_p$  dada por la concentración de electrones libres y su masa efectiva, y de manera similar a las de un oscilador armónico simple en que la amplitud de oscilación se va reduciendo debido a la disipación de la energía.

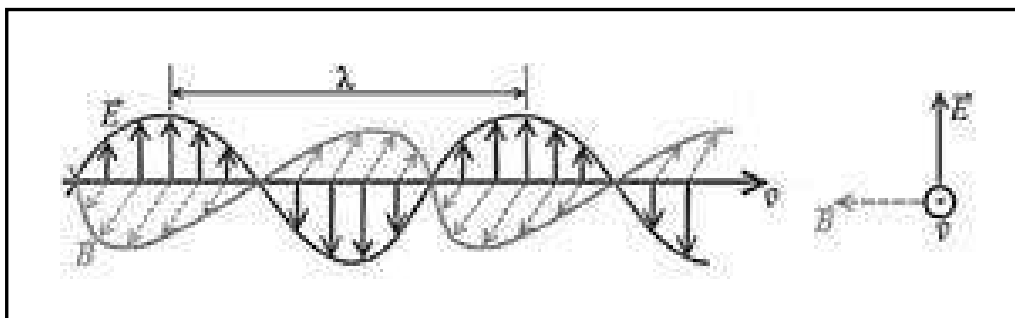


Fig. 1. Esquema de la oscilación y propagación de las ondas electromagnéticas. A la derecha los vectores de oscilación de los campos eléctrico y magnético con el vector de propagación saliendo del plano de la hoja. Se indica la longitud de onda  $\lambda$  dada entre dos crestas.

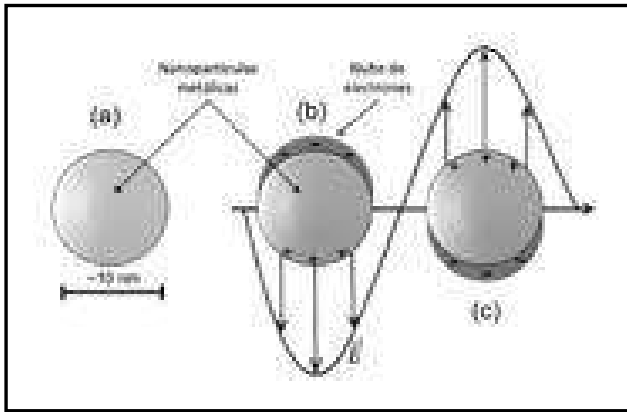


Fig. 2. Cuando una nanopartícula metálica (a) se expone a un campo eléctrico los electrones se desplazan con respecto a la red de átomos (b y c).

### Frecuencias plasmónicas

La frecuencia plasmónica de la mayoría de los metales está en la región ultravioleta, lo que hace que se vean brillantes debido a que son reflectivos en el rango de luz visible que posee frecuencias menores. Sin embargo, hay metales en que la frecuencia plasmónica está en la región del visible, por lo que algunas frecuencias del visible son absorbidas y otras reflejadas, y de ahí que ellos tengan un color característico como son los casos de metales nobles como el oro ( $\omega_p \approx 520 - 560 \text{ nm}$ ), la plata ( $\omega_p \approx 400 - 530 \text{ nm}$ ) y el cobre ( $\omega_p \approx 560 - 600 \text{ nm}$ ) para nanopartículas de diámetros entre 10 y 100 nm. Otros metales también poseen frecuencias plasmónicas en el rango visible, pero tienden a formar óxidos y otros compuestos en el ambiente atmosférico como los casos del litio, el sodio y el potasio. La frecuencia plasmónica en semiconductores está también en el ultravioleta, por lo que son también reflectivos en la región visible, lo que es indeseable en dispositivos fotovoltaicos en que es necesario que la mayor cantidad de luz penetre en el material fotoabsorbente.

La frecuencia plasmónica puede ser modificada por medio de variaciones de tamaño, geometría y el medio que rodea la nanopartícula. Por ejemplo, comparando con una nanopartícula esférica, en una nanopartícula elipsoidal ocurre un desplazamiento de la frecuencia de resonancia plasmónica  $\omega_p$  hacia energías menores sobre el eje de la mayor dimensión de la nanopartícula, mientras que sobre el eje de menor dimensión  $\omega_p$  se corre hacia mayores frecuencias.

### Celdas solares de películas muy gruesas

Una celda solar de segunda generación está formada por varias películas o capas delgadas. Simplificadamente (Fig. 3), estas están constituidas por un sustrato o soporte sobre el que va un contacto conformado por una película conductora transparente a la luz visible o cátodo, frecuentemente un óxido, luego una película muy fina semiconductor tipo n que funciona como extractora de electrones, a continuación una película semiconductor tipo p que funciona como absorbente de luz y generadora de portadores de cargas, y finalmente un contacto metálico o ánodo. En este tipo de celda la luz incide por el cátodo transparente, atraviesa la película tipo n y penetra la película tipo p en que se absorbe la luz y se generan los portadores de carga, una gran parte de ellos en la zona cercana a interfaz entre la película n y la p. Hay celdas solares en que se invierte la posición de los contactos y la luz no pasa por la película tipo n, pero la fotoabsorción y mayor generación de portadores de carga ocurre relativamente lejos de la interfaz p-n, por lo que hay pérdidas de portadores en su recorrido hasta la interfaz. En cualquier caso el espesor de la película absorbente tipo p debe ser grande, o sea, del orden de los micrómetros para garantizar que haya la mayor absorción de luz.

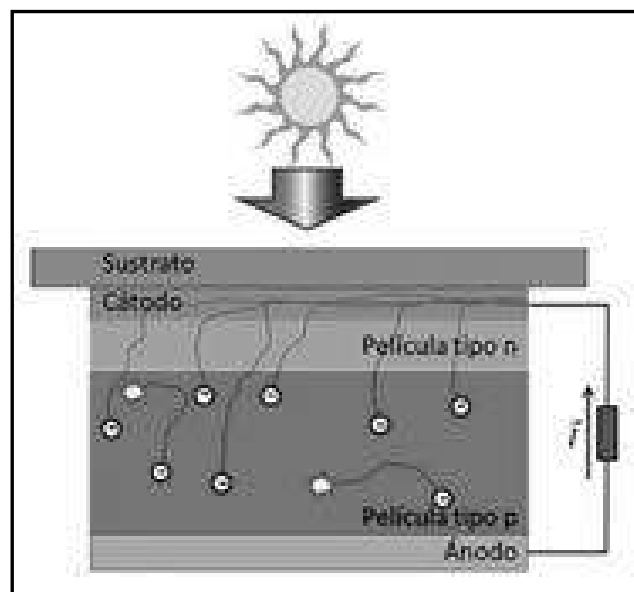


Fig. 3. Esquema que ilustra la difusión de los electrones fotogenerados (círculos blancos) desde la región en la que se generan a la unión p-n.

### Mecanismos plasmónicos para capturar la luz

Al menos cuatro mecanismos plasmónicos pueden utilizarse para influir en el incremento de la absorción de luz en las capas de una celda solar, manteniendo constante el espesor óptico.

Uno de esos mecanismos se basa en el uso de las nanopartículas metálicas de dimensiones de decenas de nanómetros, menores que la longitud de onda de la radiación incidente. En este caso la frecuencia de la radiación es mayor que la plasmónica, por lo que la luz se transmite, pero dispersada, de manera que se reduce la reflexión y los haces se redireccionan con diversos ángulos de propagación. Así se incrementan el camino recorrido por la luz y la probabilidad de ser absorbida (Fig. 4a). En este caso las nanopartículas se deben situar en el frente del semiconductor

absorbente, o de la película tipo n, aunque otras posiciones son también factibles.

Otro mecanismo es aprovechar la formación del fuerte campo eléctrico formado en la nanopartícula durante la resonancia plasmónica al incidir la luz, y que influye sobre el material absorbente alrededor de ella (Fig. 4b), acoplándose al semiconductor. Como la absorción óptica es proporcional a la intensidad del campo, altos campos eléctricos locales conducen al incremento de la absorción de la luz. Para esta técnica las nanopartículas se deben situar en el frente o dentro del semiconductor absorbente.

Una tercera variante es situar las nanopartículas en la parte trasera del semiconductor absorbente, en la interfaz con el ánodo metálico. Dado que supuestamente el semiconductor sería bastante fino alguna luz podría atravesarlo sin ser absorbida, pero, antes de salir del absorbente se encontraría con estas nanopartículas que, al dispersar la luz, excitan la propagación de modos plasmónicos superficiales que se propagan horizontalmente dentro de la capa absorbente donde serían absorbidos (Fig. 4c) para producir portadores de carga.

Un cuarto mecanismo está relacionado con el hecho de que la dispersión superficial promueve la fotogeneración de electrones calientes, o sea, muy energéticos, que se transfieren de la nanopartícula metálica al semiconductor (Fig. 4 d).

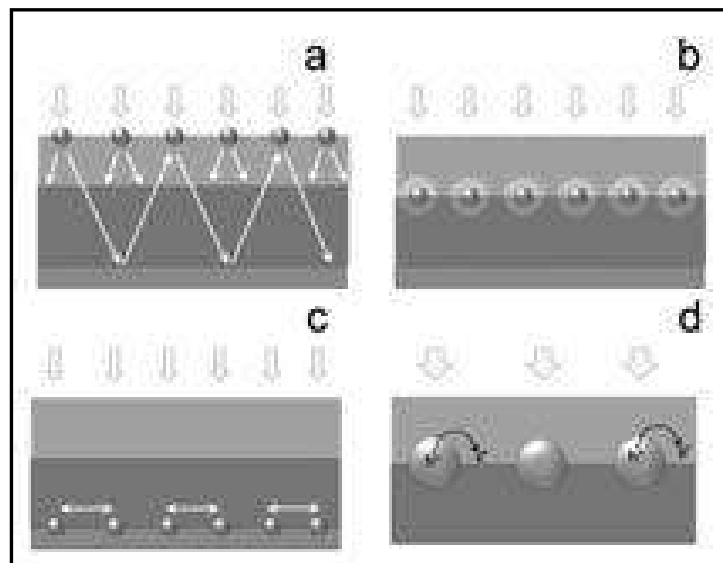


Fig. 4. Esquemas de los mecanismos plasmónicos para mejorar la captura de luz.

Estas cuatro formas de aplicación del efecto plasmónico que benefician la captura y absorción de luz y la generación de portadores de carga, pueden permitir una reducción considerable del espesor de la capa absorbente fotovoltaica, se espera que en un rango entre diez y cien veces, manteniendo la absorción óptica y, por tanto, la eficiencia constante, e incluso mayores.

El efecto nanoplasmónico fue explotado empíricamente de manera artística y magistral por artesanos ancestrales usando coloides de nanopartículas de oro que producían vidrios coloreados, como en los vitrales de la Catedral de Notre Dame en París (Siglo XIII), o en la copa Lycurgus de la época del Imperio Bizantino (Siglo IV), entre otros.

### Conclusiones y perspectivas

Actualmente la eficiencia de las mejores celdas solares ya es bastante alta. La

posibilidad de lograr celdas solares con mejores eficiencias y desempeño radica en usar menos material y disminuir los costos de producción. Con celdas solares asistidas por efectos nanoplasmónicos utilizando nanopartículas de metales nobles se pueden lograr estos objetivos, pues la capa absorbente solo requeriría unos pocos nanómetros de espesor, con lo que sería capaz de absorber luz de manera mucho más eficiente. ☺

\* Doctor en Ciencias Físicas, Investigador Titular, Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

E-mail: agosto@imre.uh.cu

\*\* Doctor en Ciencias Físicas, Profesor Titular, CINVESTAV-IPN, Universidad de Mérida, Yucatán, México.

E-mail: roman.castro@cinvestav.mx



**REVISTA CIENTÍFICA  
DE LAS FUENTES  
RENOVABLES  
DE ENERGÍA**

Visítanos en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar.html>



**Visítanos en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar.html>**



# El biogás no es un símbolo de pobreza

*Una tecnología para el cuidado del medioambiente y la producción de energía renovable*

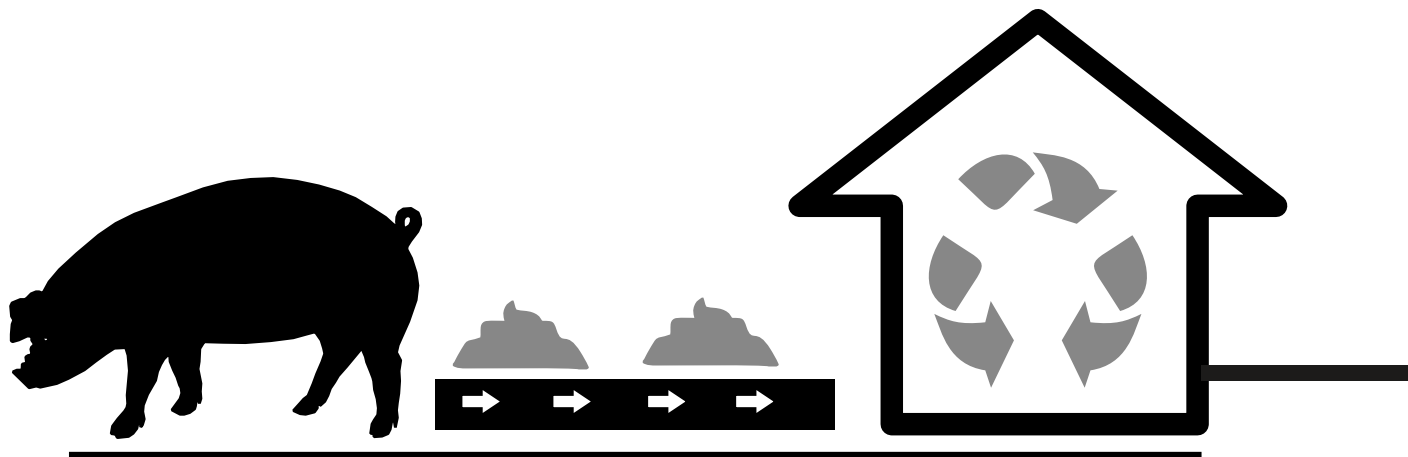
16

Por MARIO ALBERTO ARRASTÍA AVILA\*

**EL BIOGÁS** es un recurso bioenergético de gran valor. Es renovable y se puede usar para producir electricidad, como gas de refrigeración, para la iluminación, la cocción de alimentos y el funcionamiento de los motores de combustión interna de los medios de transporte automotor, aunque se puede asegurar que el mayor beneficio que se obtiene de su producción es higiénico y ambiental. De hecho, la República Popular China, cuenta con la mayor cantidad de biodigestores del mundo con una instalación de este tipo aproximadamente cada 30 habitantes (40 millones de biodigestores en el 2011); su propósito es evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y de las tierras, así como evitar la propagación de enfermedades.

La mayor parte del biogás es metano (50-70 % en volumen), un Gas de Efecto Invernadero que permanece en la atmósfera entre

nueve y 15 años y tiene un potencial de calentamiento global veintiún veces mayor que el dióxido de carbono. Por eso es conveniente quemarlo para destruirlo antes de que ingrese a la atmósfera. La crianza intensiva de animales, las industrias azucarera y alimenticia, así como los residuos sólidos urbanos, emiten contaminantes orgánicos que dañan los suelos, el manto freático y en general afectan las cuencas hidrográficas, por lo que pueden llegar a constituir problemas ambientales de no ser tratados adecuadamente. El proceso de fermentación anaeróbica que se produce en los biodigestores es una solución efectiva al manejo de esos residuos, ya que la mayor parte del carbono se convierte en biogás y la materia sólida que queda como uno de los residuos finales del proceso, contiene nutrientes que se pueden emplear



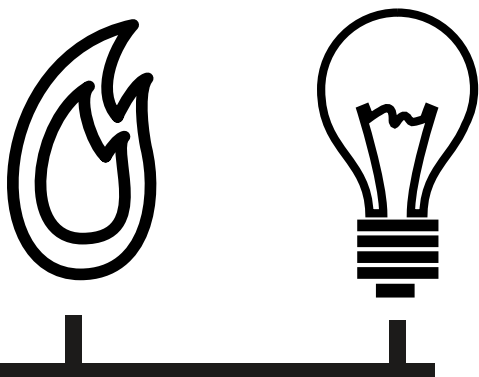
como fertilizante natural al igual que sus residuos líquidos. La digestión anaeróbica descentralizada es considerada una opción sostenible para el tratamiento de los residuos orgánicos y las aguas residuales.

De acuerdo con el estudio de vigilancia tecnológica titulado «Producción y aprovechamiento energético del Biogás», realizado por especialistas de Cubaenergía en el 2009, Cuba fue uno de los primeros países de América Latina donde se introdujo la tecnología del biogás, la cual ha sido aplicada e investigada desde la primera mitad del siglo xx. En 1940 se construyó un sistema de dos digestores de 471 m<sup>3</sup> cada uno para obtener biogás a partir de residuales industriales en la cervecería de El Cotorro, en La Habana.

El uso del biogás creció a partir de 1980 cuando se construyeron unos 500 biodigestores de tecnología de campana flotante para las vaquerías a partir de un proyecto realizado con el apoyo de Naciones Unidas, cuyo objetivo era posibilitar el alumbrado en sitios donde no se contaba con fluido eléctrico. En la década de esos años 80 se construyeron los primeros digestores para comedores obreros que empleaban cachaza como materia orgánica, con lo cual se demostró la viabilidad de este proceso para las condiciones de nuestro país. Con el apoyo de la organización no gubernamental alemana Pan para el Mundo se construyeron plantas de biogás para brindar servicio a comunidades de Turiguanó, en Ciego de Ávila, y el batey

del central Australia en Ciénaga de Zapata. La construida en Turiguanó en 1991 fue en su momento una de las mayores plantas de biogás en nuestro país y utilizaba las excretas de un cebadero de toros. Esta planta entregaba 2000 m<sup>3</sup> de biogás diarios al poblado Holandés. La planta del central Australia entró en servicio en 1993 y utilizaba los residuales del central azucarero. El principal uso del biogás en nuestro país ha sido en la cocción de alimentos con el consecuente ahorro de combustibles, aunque se ha empleado puntualmente en alumbrado y generación de electricidad. En Magueyal, municipio San Luis en la provincia de Santiago de Cuba, existe desde hace varios años un sistema donde se capta el biogás obtenido en los biodigestores y se envía a un grupo electrógeno donde se mezcla con diésel para generar electricidad. Ello permite dar más servicio eléctrico ahorrando combustible.

En los años 1990 surgió el Movimiento Nacional de Usuarios del Biogás y se han construido cientos de biodigestores en fincas de productores porcinos. Hoy existen alrededor de 1000 plantas de biogás en granjas estatales y en el sector campesino y se continuarán construyendo plantas de pequeña escala en granjas pecuarias estatales y casas de familias campesinas para tratar las aguas residuales. Con aportes provenientes del Programa de Pequeñas Donaciones de Naciones Unidas y de otras organizaciones, se han adquirido biodigestores tubulares de material plástico para el tratamiento de los residuales porcinos y la producción de biogás, que han sido instalados en varios municipios. En algunos casos la experiencia no ha sido satisfactoria pues los digestores se perforan y dejan de ser utilizables con la consecuente pérdida de confianza de los usuarios en esa tecnología y de ahí su preferencia por los biodigestores contruidos con bloques, cemento, arena y otros materiales. Actualmente hay nueve proyectos de colaboración con el Programa de Pequeñas Donaciones de Naciones Unidas para la adquisición de 500 nuevas unidades de biodigestores tubulares de mejor calidad, y se dan pasos para su producción nacional,



lo cual significaría abaratar los costos y generar una fuente de empleo segura, así como un mayor compromiso de la industria nacional con el desarrollo sostenible del país.

La temática del biogás es abordada en Cuba por grupos de varias entidades. Una de ellas es el Centro para la Promoción del Biogás del Instituto de Investigaciones Porcinas, entidad subordinada al Ministerio de la Agricultura (Minag) con larga experiencia en los estudios relacionados con la producción de biogás. Está también el ya mencionado Movimiento Nacional de Usuarios del Biogás, que aglutina a cientos de usuarios de esta tecnología y a especialistas en la digestión anaeróbica para la producción de biogás como parte de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR). Con el apoyo de Cubasolar y de los gobiernos locales, y coordinado por el Dr. C. Ing. José Antonio Guardado Chacón, esta agrupación se reúne cada año en un territorio diferente para promover el intercambio entre los productores y así estimular el avance de esta tecnología.

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey también se destaca por sus importantes resultados cualitativos y cuantitativos en las investigaciones sobre biogás. En el libro *La biomasa como fuente de energía en el medio rural*, editado por los expertos Jesús Suárez Hernández y Giraldo Jesús Martín Martín, del Centro de Investigaciones de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, aparece el artículo «Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores». En el texto se declara que en el periodo 2009-2011 el proyecto Biomás-Cuba instaló o reparó 69 biodigestores en varias provincias. La capacidad total de todos los biodigestores es de 1665 m<sup>3</sup> y produjeron en ese periodo unos 600 mil metros cúbicos de biogás, utilizados para la cocción de alimento humano y animal, la generación de electricidad y la fabricación de ladrillos. Se obtuvieron 2601 t de bioabono y 348 t de fertilizantes que se emplearon en mejorar la fertilidad de los suelos. El impacto económico estimado ascendió a casi medio millón de dólares estadounidenses. Con el apoyo de

proyectos internacionales, en Indio Hatuey se adquirieron refrigeradores «híbridos» que funcionan indistintamente con electricidad de la red nacional, con baterías o con biogás. Los refrigeradores híbridos, conjuntamente con cocinas y ollas arroceras a biogás, fueron entregados a campesinos que participan de los proyectos que realiza la institución.

Otro actor no menos importante en la aplicación de la tecnología del biogás, es el grupo que se dedica a esta actividad en el Ministerio del Interior. En 2013 los trabajadores de este organismo diseñaron, construyeron y pusieron en servicio tres biodigestores en centros porcinos con el propósito de lograr el autoconsumo de gas para la cocción de alimentos y la inyección a la red eléctrica nacional. Dichas plantas están ubicadas en Pinar del Río, Sancti Spíritus, Santa Clara y Ciego de Ávila. La planta de Santa Clara cuenta con un biodigestor de 600 m<sup>3</sup> y un grupo electrógeno con una potencia instalada de 120 kW.

Otra vía que se valora actualmente es captar el biogás que se produce en los rellenos sanitarios debido a la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos, experiencia que ya se aplica en el relleno de la calle 100 en Marianao. El Minag trabaja en la creación de plantas de biogás en Centros Integrales Porcinos para tratar los residuos y generar electricidad. Se han proyectado biodigestores en varias de estas instalaciones ubicadas en Artemisa, Matanzas y Santiago de Cuba, que en conjunto suman más de 32 mil cerdos. De acuerdo con lo proyectado, una vez que se construyan los biodigestores en esos centros se podrán producir diariamente más de cuatro mil metros cúbicos de biogás y generar de forma descentralizada casi nueve megawatt-hora al día, o sea, unos 3 GWh/año.

El tratamiento anaeróbico de los residuales de los centros de sacrificio de ganado, la industria láctea, las cervecerías, la industria azucarera y otras, constituyen al mismo tiempo soluciones a la contaminación ambiental que provocan estas industrias y opciones para la generación de energía eléctrica y

energía térmica, que contribuirán al propósito nacional de tener una matriz energética diversificada, más limpia y eficiente para el año 2030.

La importancia que se le está concediendo a la protección ambiental y la producción de biogás es alta. «El tratamiento de los residuales de nuestras producciones, además de ser una necesidad indispensable para el cuidado del medioambiente y de la salud, es una oportunidad para la producción de energía renovable». Así lo expresó el ministro del Minag en una comunicación dirigida a los Productores de los Convenios Porcinos de todo el país, fechada el 10 de julio de 2012. En la misiva se plantea que «...teniendo en cuenta las ventajas sociales y ambientales de esta tecnología y el incremento constante del precio de los combustibles, es una necesidad que todos los convenios actuales y las nuevas incorporaciones realicen el tratamiento de sus residuales mediante la utilización del biogás, para de esta forma garantizar la producción de energía renovable». Poco tiempo después, el propio ministro emitió una Resolución Ministerial que indica constituir la Comisión que elaborará la propuesta de política para el desarrollo y utilización de las fuentes renovables de energía en ese Organismo hasta el 2030, en línea con el Decreto Presidencial No. 3 de diciembre de 2012. La Resolución, de enero 2013, indica que el Minag prestará atención a la hidroenergía, la energía solar, la energía eólica, la energía de la biomasa, el biodiésel y el biogás.

El Minag contabiliza un total de 13 mil convenios porcinos en el país, que son acuerdos entre los productores privados y el Estado para la crianza de cerdos con el fin de producir carne, una parte de la cual el productor se compromete a entregarla al Estado, el cual a su vez le garantiza parte de la dieta que reciben los animales. Según un estudio realizado, 3045 de estos convenios están ubicados en lugares que tributan a cuencas hidrográficas de interés nacional y provincial. Para resolver el problema de la contaminación ambiental que provoca la

producción de carne de cerdo en esas áreas, se construirán miles de biodigestores en los próximos años.

Villa Clara es una provincia destacada en el aprovechamiento de residuales para la producción de biogás. El municipio Placetas, acaso el mayor productor de carne de cerdo en Cuba, marcha a la cabeza en la aplicación de la tecnología del biogás. En la finca del productor Osvaldo Ponce, en las afueras de Placetas, existe un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a ciclo cerrado, cuyos peces forman parte del sistema en un estanque cercano. El bioabono se utiliza en los cultivos de la finca, una parte de los cuales se utilizan para obtener el completamiento del balance dietético en la alimentación de los cerdos. El biogás obtenido sirve para la cocción de los alimentos de varias familias, pues Osvaldo produce más biogás del que necesita en su vivienda y lo comparte con otros vecinos.

El Movimiento de Usuarios del Biogás en Cuba recibió en el 2014 el premio Luis Wannoni Lander, que otorga la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (Upadi), galardón conferido por el desarrollo del portador energético a ese nivel, iniciado por Villa Clara y que se ha extendido a todas las provincias del país. El premio honra al venezolano Wannoni Lander, quien fuera sobresaliente defensor del medioambiente y el desarrollo sostenible.

En el mural de una planta de biogás del Ministerio del Interior ubicada en las afueras de la ciudad de Camagüey se lee la frase: «El biogás no es un símbolo de pobreza, sino un combustible alternativo que nos brinda la naturaleza». En efecto, el biogás es un portador energético adecuado al modelo energético eficiente, descentralizado, sostenible y solidario que construimos. 🇨🇺

---

\*Master en Fuentes Renovables de Energía y Profesor de Física. Escritor, conferencista y divulgador de temas energéticos y ambientales.

E-mail: arrastia59@nauta.cu



# Resumen de Relatoría del VIII Encuentro Nacional de Usuarios del Biogás en Cuba

## *Desarrollo creciente de la tecnología del biogás en Cuba*

Por JOSÉ ANTONIO GUARDADO CHACÓN\*, BELKIS REVÉ CERULIA\*\*  
y YANDIRA GONZÁLEZ MEJÍAS\*\*\*

**EL MIÉRCOLES** 12 de abril del presente año (2018), arribaron los participantes al VIII Encuentro Nacional de Usuarios del Biogás (VIII ENUB). Entre ellos nos acompañaron dirigentes, usuarios que explotaban plantas de biogás, promotores, activistas, amas de casas, científicos y aspirantes a usuarios, provenientes de varias provincias como Pi-

nar del Río, La Habana, Artemisa, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Ciego de Ávila, Camagüey, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Las Tunas, siendo esta última la provincia sede. También contamos con la participación especial del presidente de Cubasolar, el Dr. Luis Bérriz, y nos acompañaron los esposos Turrini, miembros de honor de Cubasolar.

Tomando en cuenta los participantes en los diferentes escenarios de las actividades del VIII ENUB, que culminaron en la noche del día 14, se totalizaron 101 participantes.

Con 75 delegados, de ellos, 47 hombres y 28 mujeres, el jueves 13 se inaugura el evento con la actuación de la pionera Liz María con poema y canción dedicados a José Martí. Seguidamente, Yandira González Mejías, presidenta de Cubasolar y coordinadora del MUB en la provincia, hace la presentación sobre las características del territorio y el desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE) en Las Tunas.

Se le da la palabra a Julio Crespo, coordinador del MUB en Villa Clara, quien da a conocer el Acuerdo de la Asamblea Provincial del Poder Popular de Villa Clara, para otorgar la condición de personalidad distinguida en el sector de la ciencia al Dr. C. José Antonio Guardado Chacón, el 30 de enero de 2018.

Seguidamente, Guardado, coordinador nacional del MUB, expresa su agradecimiento por esa distinción y expone que es un reconocimiento para todos, que nos compromete a ser mejores en el trabajo.

Explica que en lo adelante continuará la sesión técnica en plenario y le cede la palabra al Dr. Enrico Turrini, quien abordó el valor del biogás y sus impactos social y ecológico. A continuación el Dr. Luis Berriz impartió una conferencia sobre «Los desafíos del uso de las fuentes renovables de energía en Cuba», en la que sostuvo que el objetivo fundamental de Cubasolar es lograr una independencia y un desarrollo energético limpio. Asimismo brindó información oficial y actualizada del Minem.

A continuación se conformó el panel por los expositores anteriores para desarrollar la sesión de intercambios (preguntas y respuestas), siendo Guardado el moderador.

En el debate se comentó sobre los Lineamientos de la Política Económica del país hasta el 2030, y dentro de esta lo relacionado con el uso de las fuentes renovables de energía para el desarrollo sostenible. También se enfatizó el objetivo que persigue el acceso a una energía asequible, sostenible, segura y

moderna. Se abordaron otros temas como el acceso a los recursos para la utilización de las diferentes FRE, así como involucrar más al MUB y otras FRE en las soluciones locales que tienen que ver directamente con los productores y la población en sentido general. Estos temas, en los que está enfrascado el país para alcanzar antes del 2030 más de 24 % en electricidad con FRE, entre otros datos de interés, fue el resultado del fructífero debate.

Posteriormente los territorios seleccionados pasan a exponer el mapa-afiche de sus respectivas provincias: Pinar del Río, Artemisa, Villa Clara y Santiago de Cuba, y los ponentes utilizaron diferentes formatos, que demostraron los principales momentos del MUB en sus territorios.

Después de almuerzo se realizó un interesante recorrido por la ciudad de Las Tunas, donde se tuvo la oportunidad de conocer lugares de interés y de gran importancia, como la Casa Insólita y la Plaza Martiana en el centro de la ciudad. Previo al recorrido los coordinadores regionales efectuaron una reunión en la que se abordó la estrategia para darle continuidad al trabajo del MUB en su segunda etapa.

El viernes 14 comenzó con un amplio recorrido iniciando por el parque solar de 2,2 MW, donde se brindó a los visitantes, por parte de los directivos y técnicos de esa instalación, una amplia información sobre su construcción y funcionamiento. Aledaño a dicho parque ya se ha comenzado otra instalación similar, prevista su terminación para este propio año.

Prosiguió el recorrido en la Finca Los Pinos, municipio Manatí, perteneciente a la CCS Mártires de Manatí. El usuario de la finca explicó que cuenta con un biodigestor de cúpula fija del tipo vietnamita de 27 m<sup>3</sup>, construido por ellos mismos a partir de un proyecto típico. Exhibió los equipos que están funcionando con ese biodigestor (una olla de presión, una lámpara, un refrigerador y un grupo electrógeno a biogás), que les fueran entregados a través del proyecto Biomás Cuba. En su finca también funciona un molino de viento para la extracción de agua de un

pozo y aspiran a convertirse en unos de los polígonos del MUB a ciclo cerrado.

Cerca del mediodía se llega a la finca Los Pinos ubicada en el propio municipio Manatí; al igual que en el caso anterior, el usuario explicó las características de su finca y luego los albañiles, de conjunto con Guardado, explicaron la obra en construcción y los detalles técnicos de su ejecución. A pie de obra se produce un rico intercambio de preguntas y respuestas, que permitió a los participantes apreciar la situación y adaptación de la obra en construcción, para producir el biogás que se utilizará en equipos adquiridos por el mismo proyecto descrito en la visita anterior.

Después de los debates a pie de obra (preguntas y respuestas) continuaron los intercambios en los diferentes espacios de la finca, y los productores ofrecieron un almuerzo de cortesía.

Por último, los participantes se trasladaron al poblado de Manatí, en donde las autoridades locales explicaron todo lo que se estaba haciendo en aras del desarrollo local y ofrecieron muestras culturales propias de la localidad.

Ese día 14 por la noche se hicieron las conclusiones. Se entregaron los certificados de participación y los reconocimientos a los organismos que colaboraron e hicieron posible el éxito del Encuentro. En esta ocasión varias provincias se pronunciaron por ser sede del próximo Encuentro, aunque no hubo tal confirmación debido al acuerdo tomado en la reunión de coordinadores y que fuese anunciado en este acto. Este acuerdo establece que en los años 2018 y 2019 se celebrarán eventos regionales que tendrán carácter nacional, y el IX ENUB y el II Encuentro Internacional de Usuarios del Biogás (II EIUB) se celebrarán en 2021, en la sede que se elija a partir de los resultados en aquellas provincias que lo soliciten y cumplan con los requisitos establecidos para eventos internacionales. Después de dicha información se cede la palabra a los participantes para que opinen acerca del evento, y se hicieron dos intervenciones:

- La representación de Matanzas (Rolando Marroquí), que participa por primera vez en estos encuentros, agradece por lo aprendido, así como por su participación que contó con el apoyo de los coordinadores. Guardado aprovecha la ocasión para divulgar que el proyecto que caracterizará al MUB en la segunda etapa está en proceso y cuenta hasta ahora con el respaldo de BORDA, que nos ha apoyado en los últimos cuatro años, y sugirió valorar la incorporación de Rolando al MUB.
- La representación de Cienfuegos (Ernesto Pentón Martínez) también reconoce el trabajo del MUB y los esfuerzos de la provincia sede en la organización del VIII ENUB, y en particular, el de la coordinadora, Yandira.

Seguidamente, Guardado le cedió la palabra al presidente de Cubasolar, Luis Bérriz, quien invitó a los participantes a celebrar el éxito del evento, y por el reto que tenemos de trabajar por el desarrollo sostenible del país.

Finalmente, la amplia promoción del evento en los medios de comunicación propició la visibilidad de las acciones realizadas por Cubasolar, mediante el Movimiento, en aras de promocionar el uso creciente de las fuentes renovables de energía en Cuba. 🇨🇺

---

\* Doctor en Ciencias Técnicas. Miembro de la Junta Directiva Nacional de Cubasolar.

E-mail: gcubasol@enet.cu

\*\* Oficina de Inspección, Micons, Isla de la Juventud.

E-mail: inspisla@netcons.com.cu

\*\*\* Máster en Ciencias y presidenta de Cubasolar en Las Tunas.

E-mail: yandiragm@citma.ltunas.inf.cu

# El gran valor del biogás en su sentido ecológico y social

*Palabras de Enrico Turrini\* en el VIII Encuentro Nacional de Usuarios del Biogás, celebrado en Las Tunas del 12 al 15 de abril de 2018*

**NOS ALEGRA** mucho, a mí y a la querida compañera Gabriela, encontrarse con ustedes Usuarios del Biogás, con José Guardado coordinador del Movimiento, con Yandira Presidenta de Cubasolar en las Tunas, y todos los aquí presentes. Ustedes con sus actividades están marchando en dirección de la vida y por eso nos dan fuerza, así viejitos, para adelantar con ustedes.

El peligro del uso de las fuentes convencionales de energía fósiles y nucleares es inmenso desde el punto de vista ecológico y social. Se trata de un camino en dirección de la muerte. Quemando las fuentes fósiles se libera en el aire en gran cantidad bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con el consiguiente efecto invernadero que, a causa de la subida de la temperatura de la atmósfera, produce sequías, huracanes, etc. Se propagan también terremotos por el hecho de que, sacando los fósiles de la tierra se crean huecos que desequilibran la superficie terrestre. Los reactores nucleares por la producción de energía en funcionamiento normal emiten radioactividad en pequeña cantidad que puede producir graves enfermedades como cáncer en los que viven cerca; los desechos nucleares dispuestos de forma aislada bajo tierra, en caso de un terremoto o de la explosión de una bomba pueden generar emisiones enormes de radioactividad, sin hablar de los daños de los accidentes nucleares. Además, estas fuentes convencionales, siendo concentradas caen a menudo en las manos de los poderosos, y como acontece en los

países capitalistas, están los que mandan y la mayoría de los pueblos tienen que acatar sus decisiones.

Estas tristes realidades nos ayudan a comprender la importancia de tomar un camino correcto en dirección de la vida.

1. Buscamos ante todo comprender la importancia del desarrollo de plantas de biogás en su sentido ecológico. Se trata de una elección que, bien hecha, cuida la Naturaleza de manera integral no haciéndole daños. ¿Por qué? Las plantas de biogás se alimentan con desechos orgánicos como estiércol de seres vivos, residuos de alimentos, residuales agropecuarios, etc. Estos materiales orgánicos se envían al biodigestor, parte principal de la planta de biogás, en el cual se descomponen por efecto de bacterias produciendo el biogás que contiene mucho metano (CH<sub>4</sub>), el cual por supuesto, es un combustible. Los materiales orgánicos toman vida de los vegetales. ¿Qué acontece utilizando el biogás, es decir, quemándolo? Ponemos un ejemplo: a menudo se alimenta el biodigestor con el estiércol que los animales produjeron comiendo vegetales que se desarrollan absorbiendo CO<sub>2</sub> del aire. Así, la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que se libera en el aire quemando el biogás se la comieron los vegetales y el balance es cero, es decir, no hay contaminación.

Es muy importante no olvidar que, si no se utiliza el biogás por demasiado tiempo, el biodigestor sigue produciéndolo; cuando se supera la capacidad de almacenamiento el biogás sale en el aire a través de una válvula, o de otro equipo, y el metano, parte principal del biogás, da un aporte al dañino efecto invernadero de unas veinte veces más que el CO<sub>2</sub>. Para evitar este peligro no debe seguir alimentándose el biodigestor con materiales orgánicos. Por suerte se está usando y difundiendo en varios países del mundo un equipo sencillo que se conecta al biodigestor, el cual con un pequeño panel fotovoltaico carga una batería y se utiliza la energía eléctrica producida para encender



automáticamente una llama que quema el biogás si este empieza a salir en el aire, evitando así los daños del metano antes mencionados. Es muy importante lograr eso en Cuba y poco a poco instalar este equipo en cada planta de biogás.

Del biodigestor sale también un fertilizante orgánico totalmente limpio que se puede utilizar directamente en los huertos y las fincas, o para alimentar una lombricultura que da más fuerza al fertilizante. De esta manera se evita utilizar productos químicos que están lejos de la Naturaleza. Siempre tomando en consideración el aspecto ecológico, es útil instalar pequeñas plantas de biogás a nivel familiar o de grupos de familias, de manera que se dejan las áreas naturales tranquilas sin hacerles daños. Se puede así darse cuenta que, construyendo y utilizando de manera correcta las plantas de biogás, se respeta 100 % la Naturaleza. Por eso ustedes, usuarios del biogás, adelantando siempre con fuerza esta dirección que contribuye a lograr que poco a poco las generaciones de hoy y de mañana tengan vida digna y saludable, van a sentirse siempre más felices. Ustedes lo merecen, felicidades.

2. Ahora se puede examinar el aspecto social, dándose cuenta de que aquí también la elección del biogás tiene un gran valor. Sea en la construcción o en el mantenimiento de las plantas de biogás de pequeño tamaño, se logra una real participación de todos. Ubicándolas en plena Naturaleza de forma descentralizada se pueden colocar cerca del lugar donde se utiliza el biogás, por ejemplo, cerca de las viviendas campesinas. Estas plantas son hechas con materiales disponibles sin necesidad de importaciones. Hay diferentes tipos de plantas, a cúpula fija, a cúpula móvil, a balón... y todas permiten su realización y mantenimiento de manera bastante sencilla, por lo que los habitantes del lugar pueden participar directamente en estas tareas ayudándose unos con otros, con los consejos de expertos. Eso también brinda la posibilidad a jóvenes estudiantes de vivir estas realidades, aprendiendo mucho. Ustedes, usuarios del biogás, viven esta realidad y

se dan cuenta de que se difunde en el pueblo una verdadera cultura de igualdad entre los seres humanos, quedándose lejos de la triste realidad del mundo capitalista. Otro aspecto social importante es que esta elección da una gran ayuda en la promoción de condiciones de vida digna y saludable para todos, sin privilegiar a nadie.

Se puede así ver que los dos aspectos, ecológico y social, están conectados uno con otro, brindando una visión global del valor que tiene la elección del biogás. Se puede decir que la Revolución es hija del Sol y de la Naturaleza, que brindan energía de vida a todos. Esta Revolución promueve elecciones ecológicas y sociales correctas que permiten el desarrollo de un bienestar general a todos los seres: vegetales, animales y hombres, y se adelanta en dirección de un socialismo solar. En estos días todos nosotros aquí presentes buscamos dar nuestra pequeña pero valiosa contribución para que Cuba se haga siempre más ejemplo en el mundo. Sentimos también la fuerte ayuda de personas que, aunque no físicamente, están aquí con nosotros como José Martí y Fidel. Las palabras de José Martí «El egoísmo es la mancha del mundo, el desinterés su Sol», nos permiten comprender la importancia de promover estas acciones.

Quedándose lejos del «capitalismo mortal», las palabras de Fidel «Un Mundo mejor es posible» nos dan aliento para encontrar soluciones siempre más correctas para que esas palabras se hagan poco a poco realidad, promoviendo un «Socialismo Solar» con la elección del biogás.

Viva el Sol, viva la Naturaleza, viva la Revolución cubana, viva José Martí, viva Fidel, vivan la elección del biogás y ustedes, usuarios del biogás. Todos unidos ayudándose unos con otros con siempre más amor lograremos dar nuestro pequeño aporte en la realización de un mundo mejor. 🇨🇺

---

\* Científico y humanista italiano y cubano, Miembro de Honor de Cubasolar.

E-mail: cestudiosolar.cecc@enet.cu

# Mujer y energía

## *Utilidad de la virtud*

**HORTENSIA MARTÍNEZ DEL VALLE**  
Manzanillo-Granma  
Ingeniera Mecánica  
Agricultora de la Finca La China



**EyT:** *¿Cuáles han sido tus aportes en el terreno de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental?*

El trabajo que desarrollamos en la finca La China se ha caracterizado por la necesaria armonía entre procesos productivos y naturaleza. Por ello se ha garantizado un túnel de secado solar y un biodigestor, así como la utilización de los molinos de viento. También se ha propiciado la integración entre la ganadería, la agricultura y la forestaría, así como el cuidado y protección de los recursos naturales. Todo ello con el objetivo de lograr un mayor manejo agroecológico, en aras de ser más resilientes ante cualquier tipo de evento y propiciar un mayor eficiencia en tiempo y espacio.

**EyT:** *¿Cómo logras el balance entre tu trabajo y la responsabilidad con la familia?*

Nada fue fácil, pero tengo un esposo muy especial cuya colaboración permitió un equilibrio en el que confluyen todos los miembros de la familia y del colectivo de trabajo. En

la actualidad todos en la finca tenemos en cuenta el enfoque de género, que considera diversos factores económicos, socioculturales y ambientales.

**EyT:** *¿Qué obstáculos has tenido que superar?*

La batalla fundamental ha estado centrada en que los hombres se convenzan de que sí somos capaces de ser buenas agricultoras, y lo hemos logrado.

**EyT:** *Principales satisfacciones...*

Haber nacido en esta tierra de tantas Marianas, Celias y Vilmas; tener como líderes a Fidel y a Raúl. Sentirme muy... muy orgullosa de ser cubana, que mi familia y mi equipo de trabajo se nutre de lo que hoy somos capaces de producir; cooperamos en la formación de los nuevos relevos, ya que ellos son nuestra continuidad. Hoy en día se reconoce nuestro trabajo, estamos clasificados como finca agroecológica en el movimiento de campesino a campesino;

ostentamos la «Triple Corona» en el movimiento de la agricultura urbana/suburbana y familiar. Pertenece a la comunidad de alimentos buenos, limpios y justos, en la que nuestras producciones son de temporada y libres de químicos y contaminantes; además, logramos precios justos para los productores y los consumidores. También de manera muy especial disfruto mucho cuidar de mis perros.

**EyT:** *¿Qué te gusta hacer en la casa?*

Me gusta cocinar para mi familia y los trabajadores de la finca. Cuando nos reunimos a todos les encanta como cocino...

**EyT:** *¿Dime sobre tus entretenimientos favoritos?*

Me encanta leer y jugar dominó.

**EyT:** *Alguna anécdota relacionada con tu papel de género...*

En verdad, todas las anécdotas que pudiera referir son favorables. Es muy reconfortante sentir el apoyo de tu colectivo, cuando en foros, talleres y eventos sienten que están representados. Este ha sido el caso de nues-

tra finca, que ha participado en múltiples eventos, en los que he tenido la oportunidad de exponer nuestras experiencias.

**EyT:** *Palabra favorita...*

Transparencia.

**EyT:** *Palabra que rechazas...*

No puedo.

**EyT:** *Lo que más amas...*

La lealtad.

**EyT:** *Lo que más odias...*

No se odia, ni guardar rencor, ya que son sentimientos que envenenan el alma, pero no tolero la mentira.

**EyT:** *¿Qué otra ocupación hubieses querido realizar?*

Hubiera querido ser agrónoma o veterinario.

**EyT:** *Algún consejo...*

Amar a la familia y a la naturaleza con todos sus componentes. 🌱



# Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red

*Recomendaciones para el adecuado funcionamiento de las aplicaciones de la energía fotovoltaica*

Por DANIEL STOLIK NOVYGROD \*

31



**UNA PLANTA** fotovoltaica (FV) funciona de forma automática y normal durante muchos años sin fallos. La misión del operador es la de controlar su rendimiento, y debe:

1. Haber sido instruido en el manejo de la planta.
2. Disponer de detallada documentación de la planta.
3. Poder comparar los rendimientos de su planta con los de otras.

Podrían derivarse pérdidas económicas considerables si por desinterés del operador ocurriese un fallo y este no se detecta durante cierto tiempo.

Se recomienda hacer contrato de mantenimiento que incluya el control periódico del funcionamiento de la planta.

Una planta FV con mantenimiento adecuado y un continuo control de su rendimiento produce, de por vida, más que una planta sin mantenimiento.

## **¿Qué debe hacer el operador?**

- Chequear mensualmente el rendimiento: leer y anotar el rendimiento en el inversor; de un mes a otro el rendimiento puede variar muchísimo.
- Normalizar ese valor: para poder comparar a finales de año la planta con

otras, el rendimiento debe referirse (normalizarse) al intervalo anual y a la potencia de la planta en kWp.

#### **Control del rendimiento:**

1. Comparar con valores similares de la propia planta (muy impreciso).
2. Comparar con valores de otras plantas (muy recomendado).

Un programa de mantenimiento debe definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el mantenimiento de estas instalaciones.

#### **Objetivo**

Asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración.

#### **Dos niveles de actuación:**

- I. Mantenimiento preventivo, y
- II. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico calificado, bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

#### **I. Mantenimiento preventivo**

Disponer de un Plan de Mantenimiento Preventivo, que incluirá:

- Operaciones de inspección visual.
- Verificación de actuaciones.
- Otras operaciones para mantener las condiciones de funcionamiento dentro de límites aceptables.

Incluirá al menos una visita anual para el caso de instalaciones de menos de 5 kWp, y semestral para el resto.

#### **Se realizará como mínimo:**

1. Comprobación de las protecciones eléctricas.
2. Comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación con

respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones.

3. Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones y alarmas.
4. Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo los cables de tomas de tierra y ajustes de bornes), pletinas, transformadores, ventiladores y extractores, uniones, reajustes y limpieza.
5. Realización de un informe técnico de cada visita en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias detectadas.
6. Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

#### **Modelo de plan de mantenimiento preventivo**

##### **Mantenimiento del campo FV**

Inspección visual:

- Generador FV: módulos, armazón, suciedad, etc., en parte mediante plataformas de trabajo móviles.
- Instalación eléctrica: cables y trazados de cables, conexión del generador, incluido registro de estado de los fusibles y los descargadores de sobretensión.
- Edificio de explotación con inversores. Armario de distribución y sistema de refrigeración.

El estado de la instalación se documentará y los posibles daños serán fotografiados.

##### **Mantenimiento de los módulos FV**

Requiere escaso mantenimiento (protegidos del exterior), y abarca:

- Limpieza periódica del panel.
- Inspección visual del panel.

- Mediciones periódicas de la curva V-I.
- Análisis de puntos calientes.
- Mantenimiento de la estructura.

#### Limpeza periódica:

- Normalmente no se requiere limpieza, pues se mantienen limpios con la lluvia e inclinación.
- Pequeñas impurezas (polvo, polen) no afectan al rendimiento.
- Deben retirarse los residuos adheridos que la lluvia no arrastra.
- Normalmente se realiza una vez al año.
- No se emplean disolventes, sino detergente suave diluido en agua.

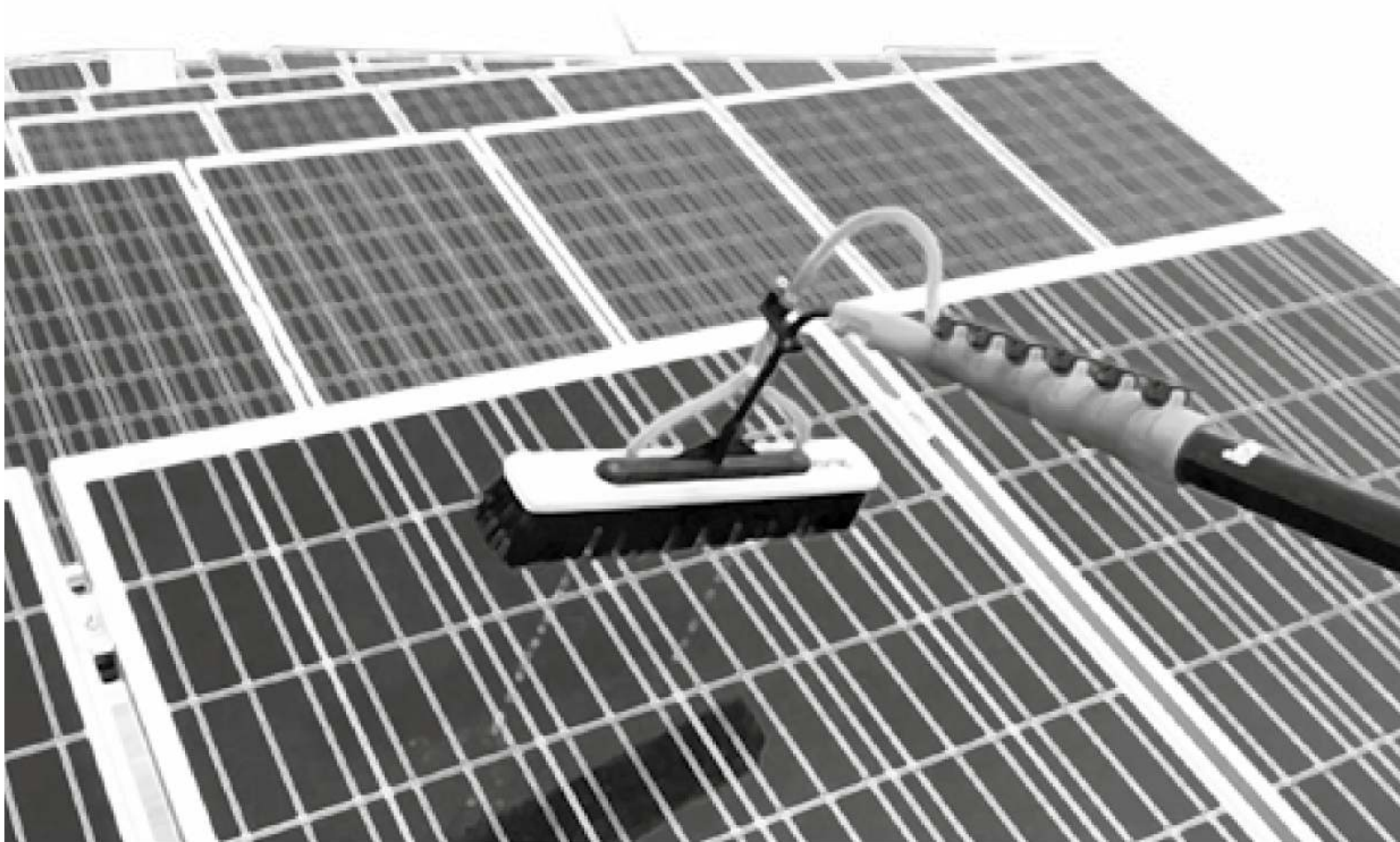
#### Inspección visual: para detectar posibles fallos:

- Posible rotura de cristal.
- Oxidaciones en los circuitos y soldaduras de las celdas FV (por entrada de humedad).

- Cambio de color a amarillo o marrón del encapsulante EVA.
- Deformaciones en las cajas de conexión del módulo por sobrecalentamiento de los diodos de paso.
- Control de las conexiones eléctricas y cableado de los paneles.
- Comprobación del ajuste y estado de los terminales de los cables de conexión de los paneles.
- Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales o del estado de protección de los terminales. En caso de que haya fallos de estanqueidad, sustitución de elementos afectados y limpieza de los terminales (sellado de la caja de terminales con juntas nuevas o silicona).

#### Mediciones periódicas de la curva I-V:

- Se realizarán medidas de las curvas V-I en cada instalación de 100 kW al menos una vez al año para comprobar el correcto funcionamiento y la posible degradación de los módulos.



### Análisis de puntos calientes:

- Si se producen puntos calientes sin la presencia de sombreados parciales, se estudiará con una cámara termográfica una vez durante el periodo de garantía y posteriormente una vez cada cinco años, o cuando se detecte una disminución de la producción.

### Mantenimiento de la estructura:

- Mediante inspección visual, identificar golpes, corrosiones, estado de la pintura de protección, ausencia de acumulaciones de agua, etc.

### Mantenimiento del inversor:

- Comprobación del estado y funcionamiento.
- Comprobación del cableado y conexionado de los componentes.
- Verificación que el área de ubicación del inversor se encuentra limpia, seca y bien ventilada.
- Comprobación de que el alojamiento del inversor mantiene temperaturas adecuadas (entre 0 y 50 °C).
- Comprobación de las protecciones y alarmas del equipo
- Mediciones periódicas de eficiencia.
- Revisión anual.
- Medida de la eficiencia de conversión DC/AC y de la eficiencia de seguimiento del PMP, al menos una vez al año.
- Limpieza de filtros de aire.
- Control y ajuste posterior de los tornillos de todos los elementos.
- Comprobación de ventilación y refrigeración.
- Inspección visual de los contactos de conexión a tierra.
- Lectura de la memoria de averías.
- Prueba de funcionamiento del conmutador de potencia de entrada.
- Plan de mantenimiento extraordinario cada ocho años, en el que se revisarán los datos históricos y el

operador decidirá, de acuerdo con el asesor técnico, el mantenimiento que proceda para garantizar su vida útil.

### Mantenimiento de las instalaciones y equipos:

- Incluye toda la instalación eléctrica, desde las bornes de salida del inversor hasta el punto de conexión de la compañía.
- Comprobación y reparación de todos los accesorios que forman parte de los componentes de la instalación necesarios para la estación transformadora y su funcionamiento seguro, así como la eliminación de pequeños fallos.
- Las desconexiones serán realizadas por el operador tras notificación al propietario.

### II. Mantenimiento correctivo:

Realización de todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

1. Visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave.
2. Análisis y definición de los presupuestos de los trabajos y reposiciones necesarias.
3. Los costes económicos forman parte del precio contratado de mantenimiento. 📄

---

\* Doctor en Ciencias y Profesor Titular de la Facultad de Física y el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), Universidad de La Habana, Cuba.

E-mail: dstolik@fisica.uh.cu

# Resumen de Relatoría XIII Taller Internacional Cubasolar 2018

*Debates, intercambios y perspectivas para el desarrollo promisorio de las fuentes renovables de energía en Cuba*

35



**EL TALLER** Internacional Cubasolar 2018 se celebró del 21 al 25 de mayo de 2018 en el hotel Covarrubias del municipio Puerto Padre de la provincia de Las Tunas. Contó con la participación de 214 delegados, de ellos 23 provenientes de diez países (Alemania, Brasil, Canadá, Cuba, España, Estados Unidos, Finlandia, Italia, México y Paraguay).

Se entregó a cada participante el DVD del evento, con ISBN 978-959-7113-53-9, el cual contiene todas las publicaciones de la editorial Cubasolar desde su fundación, los trabajos presentados por los delegados, videos y los documentos rectores de Cubasolar, así como otras publicaciones relacionadas con las fuentes renovables de energía (FRE) en Cuba.

El 22 de mayo en la sesión de la mañana tuvo lugar la Inauguración, que se inicia con la siembra de un guayacán, árbol simbólico de la provincia. Seguidamente los participantes pasaron a la sala, en la que se celebró la ceremonia oficial presidida por:

- ELISEO GAVILÁN REYES, presidente del Comité Organizador.
- LUIS BÉRRIZ PÉREZ, presidente de Cubasolar.
- ARMANDO VARELA SEÑARIS, vicepresidente del Consejo de la Administración Provincial (CAP) de Cienfuegos.

*«Un mundo mejor con la energía del sol»*



- ELBER TORRES GONZÁLEZ, representante del Citma.
- ERDEY CAÑETE TEJAS, representante del Minem.
- SILVEIRO MANTECÓN LICEA, delegado del Citma Las Tunas.
- DANAYS PERERA LÓPEZ, funcionaria de la ACC.
- OSVIEL CASTRO ÁLVAREZ, CAP de Las Tunas.

Se entonan las notas de nuestro Himno Nacional y se rinde un minuto de silencio por las víctimas del trágico accidente aéreo ocurrido el viernes 18 de mayo.

Eliseo Gavilán Reyes ofreció las palabras de bienvenida, con un llamado al intercambio de experiencias en el uso de las fuentes renovables de energía en el país. Elber Torres realiza una mención especial a la presencia en el evento de Misael Enamorado, quien fue primer secretario del PCC en esta provincia y promotor de la construcción del hotel.

La conferencia «Medio Ambiente y Desarrollo en Las Tunas» del Dr. Silverio Mantecón, se inició con el planteamiento de Fidel Castro en la Conferencia de Río en 1992, en la que alerta sobre el peligro creciente de la afectación del medioambiente por la acción antropogénica. En el caso de Las Tunas se resaltó la alta incidencia de las radiaciones solares, lo cual permite el uso de la energía solar en toda su magnitud. Destacó que se transita

por el fenómeno del cambio climático, la influencia de los gases de efecto invernadero sobre el territorio y el aumento de fenómenos extremos en diversas localidades. Se plantea el interés por el Programa Nacional de Enfrentamiento al Cambio Climático, y se explica cómo se desarrollan los presupuestos del desarrollo sostenible en los niveles local, nacional y global. Agregó que se desarrollan tareas educativas y políticas para impulsar el desarrollo sostenible en el territorio.

Seguidamente tuvo lugar el panel «Soberanía energética, medioambiente y desarrollo local sostenible», teniendo como moderadora a la M. Sc. Danays Perera de la ACC, y los panelistas el Dr. Luis Berriz Pérez, presidente de Cubasolar, la M. Sc. Yandira González Mejías, presidenta de Cubasolar en Las Tunas, y el Ing. Erdey Cañete, de la Onure, Minem. Yandira explicó lo que se está haciendo en Las Tunas con relación a las FRE, enfatizando en la formación y capacitación de los recursos humanos y la preparación de las nuevas generaciones. Por su parte Cañete expuso una amplia información de la labor de la Onure y sus acciones futuras. Destacó cómo es su dinámica con relación a las FRE y cuáles acciones se llevan a cabo para lograr cambiar la matriz energética eléctrica de Cuba a 24 % como proyección hasta el 2030. Enfatizó en el marco regulatorio para fortalecer esta política; destacó que se establecen estándares mínimos para ciertos equipos al entrar al país, así como el tema de la licencia energética para



cualquier obra que se ejecute, explicando sobre su proceso de otorgamiento con aplicación de la Norma Cubana 220 en sus cinco partes. Agregó que en las empresas se aspira a que 5 % sea con FRE, y que hoy en el turismo es solo 0,2 %. También explicó que la aplicación del Sistema de Integración de la Energía es un proceso complejo pero necesario, y hay que identificar las oportunidades de mejoras. Luis Bériz señaló que en este contexto lo más importante son los requisitos para alcanzar el desarrollo sostenible y uno de ellos es la soberanía energética. Destacó que la matriz energética debe ser justa, eficiente, soberana, diversificada y sustentable; la acumulación tiene que estar basada en el uso final, y agregó que la generación puntual y la acumulación de energía con recursos renovables conducen al desarrollo sostenible.

Se debatió sobre la necesidad de que Cubasolar como organización elabore una propuesta con una estrategia de integración, emplear las vías posibles para evitar el consumo eléctrico en el calentamiento de agua y la posibilidad de hacer una fábrica de calentadores en cada municipio.

La sesión de la tarde del 22 de mayo se inició con la conferencia «Avances tecnológicos y perspectivas de la energía eólica. Retos para Cuba», del Dr. Conrado Moreno Figuero. Comenzó con la exposición del estado del arte de la energía eólica en el país y sus perspectivas de desarrollo, e hizo mención a la publicación del libro *Doce preguntas y respuestas sobre energía eólica*. El debate estuvo encaminado a la compatibilidad de esta energía con el sector del turismo, a la factibilidad de los parques offshore (fuera de tierra), el decrecimiento del costo del kWh y la perspectiva de la pequeña eólica.

El panel «El abasto de agua y las fuentes renovables de energía» tuvo como moderador al Dr. José A. Guardado Chacón; panelistas: Ing. Pedro González Martínez, director del CITA; Ing. Héctor Moreno Guerra, del CITA, e Ing. Leopoldo Gallardo, representante de Recursos Hidráulicos. Moreno refirió el uso de las mangueras flexibles en sustitución del canal terciario para el cultivo del arroz y el ahorro que conlleva la aplicación de esta tecnología. Pedro González

explicó la labor del CITA con respecto al abasto de agua a la población y la agricultura; se refirió a la aplicación de tecnologías apropiadas para el uso de las FRE como el ariete hidráulico, bomba vaquera, filtros de agua, bomba de sogas, ruedas hidráulicas, bicibombas, entre otras, desarrolladas fundamentalmente en comunidades rurales. Finalmente, Leopoldo Gallardo expresó que el agua es un alto demandante de energía, y que el mayor porcentaje lo consume la agricultura. Agregó que 50 % del agua no se aprovecha, por lo que aboga por la eficiencia en su uso y la eliminación de subsidios.

Las conferencias interactivas de la sesión de la tarde fueron en la sala 1: «Energías renovables, hechos y falacias (con énfasis en el almacenamiento de energía y las baterías)», en idioma inglés, por el Dr. Slobodan Petrovic; y «Factibilidad del alumbrado público solar en la dirección provincial de servicios comunales de Pinar del Río», por el Ing. Severino Santana Fernández, de la Onure, Pinar del Río.

En la sala 2 se expusieron las conferencias «Soluciones pasivas de diseño. Energía y confort», por la Dra. Dania González Couret; y «Urgencia de frenar el uso de los combustibles fósiles», de la Dra. Elena Vigil Santos.

En la sala 3 se presentó la conferencia «El viento y las áreas construidas», por Lic. Bruno Henríquez Pérez.

La conferencia «Ciego de Ávila en preparación como polígono para formación de capital humano local para el uso de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental», del M. Sc. Ramón Acosta Álvarez, se presentó al día siguiente en la sala 1.

A las 9:30 de la noche de ese día tuvo lugar la inauguración de la exposición Cubasolar 2018, en la que se disfrutó de un coctel de bienvenida. Las palabras de apertura estuvieron a cargo de Reynol Pérez Fernández, especialista del Citma las Tunas y vicepresidente de Cubasolar en Las Tunas. Se presentaron 39 poster, 6 de ellos con las directivas de Cubasolar. Se relata el patrocinio de los esposos Turrini y Solidarité Luxembourg-Cuba. Seguidamente se celebró la reunión de la Junta Directiva de Cubasolar, con la presencia de los presidentes de las delegaciones.



El Dr. Luis Bérriez, presidente de Cubasolar, explicó que la soberanía energética es un pilar clave del desarrollo sostenible.

El 23 de mayo se inicia con la conferencia «Un Mundo mejor es posible (palabras de Fidel) con fuentes limpias de energía y su almacenamiento, ahorro, descentralización y participación del pueblo», por el Dr. Enrico Turrini. Inicialmente agradeció su participación en el Taller conjuntamente con su compañera de vida, Gabriela. Destacó la victoria eleccionaria de Nicolás Maduro en Venezuela, agregó que los gobiernos corruptos ponen dinero a las armas, en dirección a la muerte; significó que se gastan en el mundo más de 5 mil millones de USD, para los cuales se utilizan muchos combustibles fósiles que provocan fuertes cambios climáticos. Asimismo, mencionó que los desechos nucleares provocan innumerables daños, y que si no se hace algo podría haber una catástrofe a nivel mundial. Enfatizó que este Taller nos enseña a cómo prevenir estas catástrofes y se buscan soluciones concretas para cambios positivos. Destacó que está claro que de los países desarrollados no se puede esperar un cambio rápido y que Cuba es un ejemplo para el mundo. Resaltó que el uso de las FRE es fuente de vida y que hay que tener en cuenta que su uso depende de las características de los lugares. Agradeció la presencia de todos, del Sol y de sus hijas: la naturaleza y la Revolución Cubana, de Fidel

y José Martí, y que todos unidos podemos lograr algo nuevo.

A continuación se desarrolló el panel «La soberanía alimentaria y las fuentes renovables de energía», como moderadora fungió la M. Sc. María Eugenia Torres Santander. En calidad de panelistas, M. Sc. Madelaine Vázquez Gálvez y M. Sc. Zulima Díaz Montes del CIBA. Madelaine expuso las diversas fuentes que se pueden aplicar en la producción de alimentos, hizo referencia a la aplicación del Sistema Integrado de Energías Renovables, y refirió el estudio realizado en la finca de Medio de Taguasco, de la provincia de Sancti Spíritus, en la que se monitoreó un proceso relacionado con la producción de alimentos en ciclo cerrado, con uso mayoritario de energías renovables y tecnologías apropiadas en todos los procesos productivos y de la vida familiar, que alcanza 83,66 % de satisfacción del consumo por uso de las FRE. Por su parte Zulima refirió la importancia del desarrollo local para la promoción de las FRE en la producción de alimentos. También se debatió sobre la situación de la agricultura mundial y la alimentación, la necesidad de incentivar la agroindustria, el modelo cubano agroecológico y la pertinencia de desarrollar políticas agrarias más efectivas.

Seguidamente se efectuó el panel «Importancia de la cooperación Sur-Sur y Sur-Norte-Sur». Tuvo como moderador al M. Sc. Ramón Acosta Álvarez y como panelistas al Lic. Eliseo Gavilán Sáez, la Ing. Dolores Cepillo Méndez, Laura Guevara Stone de EE.UU. y Sergio Escriche Ramos de España.

Eliseo Gavilán explicó las definiciones de la colaboración Sur-Sur, los resultados de la cooperación Sur-Norte-Sur de Cuba en materia de las energías renovables y el medioambiente. Sergio Escriche Ramos expuso sobre Sodepaz, la organización no gubernamental a la que pertenece, cómo surge y su historia en Cuba. Esta organización viene trabajando en el país desde los 90 y fue creada en 1987. Vincula su trabajo a Cuba a través de técnicos de la salud formados en el país, y son socios de Cubasolar desde su creación en 1994; refirió sobre algunos proyectos en los cuales han participado en Cuba y en otros países del Caribe. Por su parte, Laura Stone destacó que viene a Cuba desde 1996, expuso sobre la organización a la que pertenece, y la importancia de traer colegas norteamericanos para que vean cómo viven, trabajan y son de solidarios los cubanos. Agregó que la cooperación no solo es la tecnología sino también la solidaridad, ya que en su país se desconoce la verdad sobre Cuba.

Tuvo lugar un profuso intercambio entre los delegados cubanos y de otros países, y se refirieron múltiples ejemplos de la cooperación. Eliseo Gavilán expuso sobre el estado consultivo de la ONU, otorgado a Cubasolar.

En la tarde del 23 de mayo se efectuó el panel «Educación, cultura e información energéticas para la sostenibilidad». En calidad de moderador fungió el Lic. Bruno Henríquez Pérez, y como panelistas el Ing. Raúl Torres, la Dra. Elena Vigil Santos y la Dra. Dania González Couret. Torres expuso sobre el fortalecimiento de los vínculos de la Universidad con el sistema empresarial y su estrategia para alcanzar estos objetivos. La Dra. Elena Vigil refirió la necesidad de la inclusión de las FRE en el pregrado, explicó que el uso de estas fuentes es económico, estratégico, social y coadyuva a la conservación de la especie. Enfatizó en que en el futuro se prevé un incremento de los combustibles fósiles y por lo tanto del efecto invernadero. Propuso que estos contenidos se puedan impartir en la asignatura de Física. Por su parte Dania González expuso sobre la importancia de la educación en FRE desde edades tempranas, la necesidad de cambiar la forma de pensar referida no solo a lo tecnológico sino a lo ético y lo social y que solo la capacitación



Exposición Cubasolar 2018.

puede lograr este cambio de mentalidad. Refirió la pertinencia de incluir en este debate a la arquitectura bioclimática y la importancia de las soluciones pasivas. Danays Perera propuso valorar la propuesta al Citma sobre el Convenio Minem-Universidad. Madelaine explicó los medios que desde Cubasolar han sido creados para la promoción de FRE, así como el contenido del DVD del evento.

Las conferencias interactivas de la sesión de la tarde en la sala 1 fueron «Programa de desarrollo de las FRE hasta el 2030 por la empresa eléctrica de Las Tunas», por el Ing. Rinelso Marrero Álvarez y «Evaluación del potencial eólico para grandes y pequeños aerogeneradores. Presentación del libro *Doce preguntas y respuestas de energía eólica*», por el Dr. Conrado Moreno Figueredo. En la sala 2 se expusieron las conferencias «Experiencias del uso de las FRE en función del desarrollo local en el municipio Jesús Menéndez», por M. Sc. Zoraya Pupo Martínez y el Dr. Aramis Día Reyes, ambos de la Comisión Municipal de Desarrollo Local, y «Purificación y uso final del biogás. Experiencias y perspectivas», de la Dra. Yanet Jiménez Hernández.

En la sala 3 tuvo lugar la exposición de la conferencia «Educación energética», por el M. Sc. Mario Alberto Arrastía Ávila.

En la noche se celebró la reunión de la Asamblea de Cubasolar, en la que se expusieron las experiencias de las provincias y tuvo lugar su proceso de elecciones 2018-2022.

En la mañana del 24 de mayo un grupo de delegados visitó la Casa Insólita de Las Tunas, el Parque solar martiano de Las Tunas y el Parque fotovoltaico de Vázquez.

A las cinco de la tarde se realizó la clausura del evento en la cual se entregaron Reconocimientos a las delegaciones provinciales, entidades nacionales y extranjeras, y personalidades que han contribuido al desarrollo de las FRE. También se entregaron diplomas como miembros de honor a varios compañeros. Varios delegados expresaron opiniones e impresiones sobre el evento. La salida tuvo lugar en la mañana del 25 de mayo.

### Fragmentos del discurso de Enrico Turrini en el Taller

(...) Si no se hace un cambio rápido nos ponemos en riesgo de una catástrofe a nivel mundial. Además, las fuentes de energías fósiles y nucleares se encuentran concentradas y por eso en la mayoría de los casos son las grandes industrias transnacionales las que se apoderan de ellas y los pueblos se encuentran siempre más sin algún poder decisonal.

Por lo que concierne a la situación en el campo de la alimentación, con frecuencia se siguen utilizando grandes superficies terrestres para desarrollar monocultivos, excesivos productos químicos y abonos artificiales dañinos (...)

(...) alejándose de las elecciones que ponen en peligro la vida del Planeta y concentrándose en el desarrollo de elecciones energéticas solares hechas correctamente, como nos enseñan el Sol y la Naturaleza, con una participación real de los pueblos, las palabras de Fidel «Un Mundo mejor es posible» se pueden transformar en realidad. Esto debe darnos el coraje y la alegría de emprender este camino en dirección de la vida, sintiendo también cerca al héroe cubano José Martí con sus palabras «Vengo del sol y al sol voy» y encontrando una gran ayuda en una participación activa en este Taller.

Se agradece el trabajo de los relatores: Mabel Blanco de la Cruz, Dania González Couret, Martha Mazorra Mestre, Aleida Yanes González, Gustavo César Caso Valencia, Zulima Díaz Montes, Zoraya Pupo Martínez, Alois Arencibia Aruca, Alberto Pérez Govea, Madelaine Vázquez Gálvez, Arelis Rosalén Mora Pérez, Daisy Reyes Martínez, Magaly Barrios Blanco, Yamila Recio Rodríguez, Yanisleidy Cortes Mebgana, Joel Morales Salas, José Augusto Medrano Hernández e Indira Pileta Rodríguez. 🇨🇺

# El costo de un kilowatt-hora

## *Reflexiones sobre el ahorro posible y necesario*

Por NILO LEDÓN DÍAZ\*



41

**COMO TODOS** conocemos, Cuba importa la mayor parte del combustible que consume y una gran cantidad se utiliza para producir electricidad, ya sea en las termoeléctricas, o en los grupos de fuel oil o diésel que se ponen en funcionamiento en las horas de más consumo, conocidas como horas pico.

En Cuba el petróleo se extrae de los pozos (de petróleo) disponibles en el territorio nacional, pero contienen un alto contenido de azufre, motivo por el cual no se puede quemar directamente en las termoeléctricas y hay que mezclarlos con el que se importa.

Para conocer bien cuánto nos cuesta producir un kilowatt-hora (kWh) y ponerlo en el tomacorriente de nuestros hogares, es necesario saber que: hay que importar este combustible desde el exterior y alquilar barcos que lo transporten, luego almacenarlo en nuestros puertos y después transportarlo hasta las termoeléctricas; todavía no se ha producido nada y ya tenemos un costo grande durante todo este proceso. Después de este kWh hay que generarlo en las termoeléctricas y transmitirlo por las líneas eléctricas hasta nuestros hogares. Se imaginan cuántos equipos y cuántas personas han participado

en todo esto y a las cuales el país tiene que pagarles. Otra cuestión adicional es que para que tengamos un kWh en nuestras casas, la termoeléctrica tiene que producir aproximadamente 1,2 kWh, pues una parte de este kWh se pierde entre la termoeléctrica y nuestros hogares, durante el proceso de transformación y transmisión en las líneas; se debe también considerar que para transmitir la electricidad hay que elevar el voltaje y después volverlo a bajar para que se reciba en nuestros hogares con valores de 110 o 220 volt (V) para usarlo en los equipos convencionales que poseemos.

Si ese mismo kWh lo consumimos en horario pico, entonces cuesta más, porque en ese horario hay que poner en funcionamiento las plantas menos eficientes y los grupos electrógenos que consumen fuel oil o diésel, combustibles más caros porque ya hubo que refinarlos con antelación.

Como se planteó anteriormente, a todo el personal que ha participado hasta aquí hay que pagarle, y a todo ello se suma el gasto

que genera el personal de las oficinas y los cobradores que leen los metros. Además, hay que considerar también la depreciación de todo el equipamiento utilizado, y que cada cierto tiempo hay que repararlo o reponerlo. Según datos oficiales al país le cuesta poner un kWh en nuestras casas aproximadamente 0,26 CUC.

Todo este costo debería cubrirse con el cobro por la electricidad; sin embargo, no es así. El país está subsidiando la electricidad que consumimos, para ello observe la tabla siguiente que ilustra lo afirmado.

Evidentemente el país está pagando la mayor parte de la electricidad que consumimos en nuestros hogares. Cuánto pudiéramos ahorrar nosotros y el Estado si consumimos solo la electricidad necesaria; con ello seguramente tendríamos que importar menos combustible, o simplemente se pudiera darle otros usos y desarrollarnos un poco más que tanto lo necesitamos. 🇨🇺

\* Ingeniero Mecánico. Especialista de Cubasolar.

E-mail: nilo@cubasolar.cu

Tabla. Análisis del subsidio estatal de la electricidad

Variantes de consumos en viviendas	Consumo (kWh)	Importe a pagar por el usuario (CUP)	Importe equivalente en CUC	Costo al Estado (CUC)	Subsidiado por el Estado (CUC)
1	185	38	1,52	48,10	46,58
2	240	68	2,72	62,40	59,68
3	286	102,8	4,11	74,36	70,25
4	338	171,8	6,87	87,88	81,01



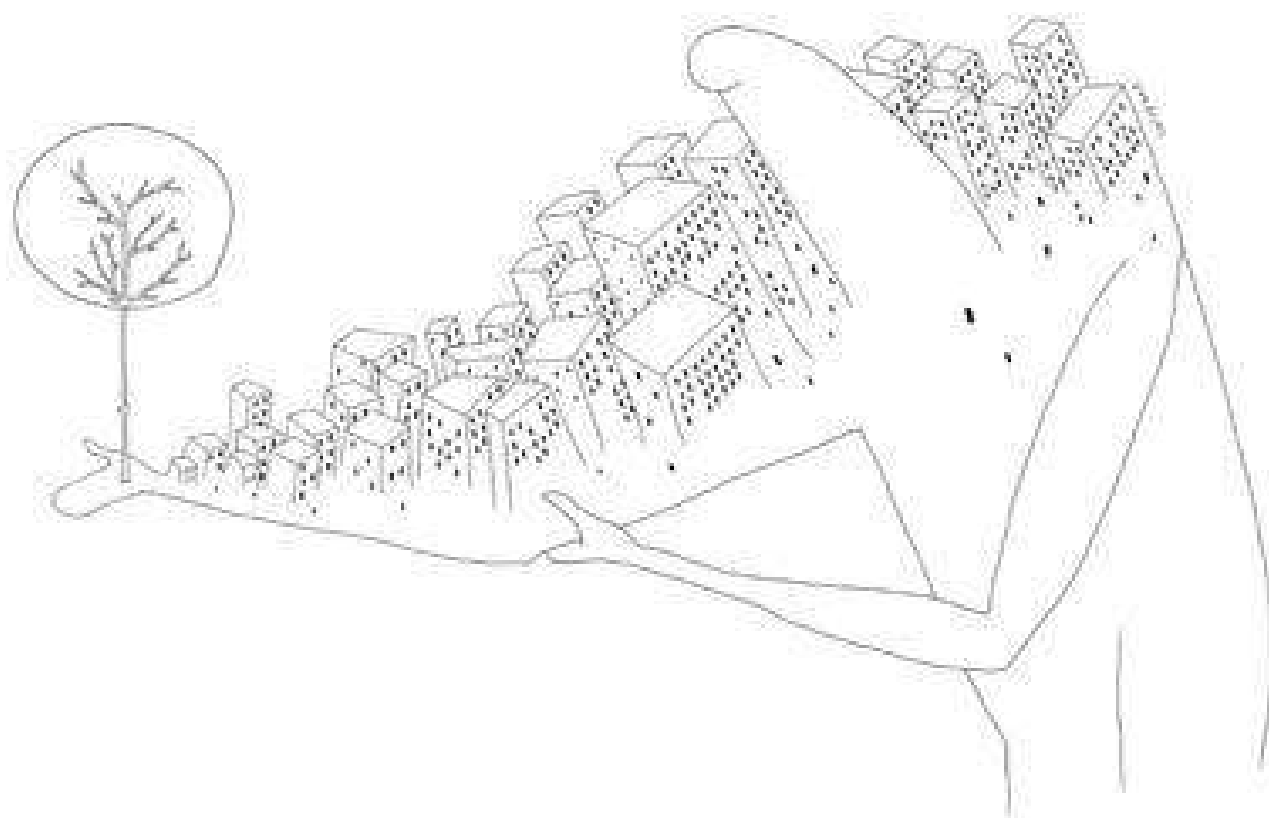
**Evite usar la plancha eléctrica para una sola prenda**

*pues calentará la resistencia sin aprovechar la ocasión*

# El hilo conductor de las desapariciones

*Eran de todos nosotros,  
y al perderlos, perdemos todos*

Por JORGE SANTAMARINA GUERRA\*



**CON GRANDE** desdicha todos los días los noticieros nos atiborran de malas noticias, y lo peor de todo es que no son ellos, en tanto medios difusores, los culpables, sino que es el mundo, este mundo nuestro tan agredido y único que tenemos, el que parece tener –y tiene– una capacidad ilimitada para generarlas. Una perversa capacidad que deshonra a nuestra especie que bautizamos como *sa-*

*piens*. Los cotidianos desaparecidos ya sean estudiantes, líderes sociales y campesinos, periodistas y multitud de etcéteras, son tan repetitivos como los palestinos abatidos en Gaza o dondequiera, aunque siempre dentro de su tierra ancestral, tan ancestral como la humanidad misma. Tan repetitivos que ya hasta aburren y cambiamos de canal, en balde. Horrible realidad. Solo el hombre mata



a sus congéneres sin causa biológica conocida, sentenció la ciencia con una brusquedad estremecedora. Pero aunque este artículo tenga este pórtico tan triste y tenebroso como los tiempos que corren, su propósito es otro.

También son cotidianas las malas noticias de nuestra agresión ambiental. Hace pocos días sufrimos las imágenes del último rinoceronte blanco que quedaba sobre la Tierra, enjaulado desde años atrás. Y las sufrimos porque anunciaban que ese bello ejemplar acababa de morir. Nunca más nadie volverá a ver y a admirar alguno con todo y sus tres toneladas de peso y su cuerno enhiesto que parece acusarnos. ¡Qué triste este mundo sin rinocerontes! El hermoso leopardo de las nieves ya está en turno para abandonarnos, junto con su coterráneo el tigre siberiano; del lince ibérico con sus orejitas puntiagudas subsisten poquísimas señales; el cóndor de Norteamérica es solo un recuerdo que hace décadas pasó a la nada, y el cóndor andino, cada vez más escaso y amenazado, pervive huyendo de nosotros entre los picos nevados que rebasan la puna en busca de las nubes. Hace bien. Del guacamayo azul de la Amazonía se reportan poquísimos sobrevivientes, tal vez demasiado pocos para asegurar la permanencia genética de esa especie increíble. La lista es muy extensa, y lo peor de todo, es creciente.

En tanto Nación protectora hoy de sus recursos naturales, por fortuna Cuba no figura entre las causantes de esas defunciones sin regreso, aunque nuestra historia no nos exime tampoco de haber provocado algunas: la del Guacamayo cubano es la más conocida, pero no la única. Todo indica que el carpintero real ya nos abandonó para siempre en años bastante recientes, a la bijirita de Bachman no se la ha visto en décadas, y del apacible gavián caguarero solo se indican avistamientos muy ocasionales, aunque no avalados por la ciencia. El último reporte del ruiseñor en Isla de Pinos, cuando entonces se la llamaba así, es de los años treinta del pasado siglo. Con algunas especies de jutías ha sucedido lo mismo y del almiquí que hace siglos pobló

toda la Isla subsisten poquísimos ejemplares escondidos en las montañas orientales. Admitamos que fuimos los habitantes de este archipiélago los causantes directos de tales ausencias, principalmente por la deforestación y la caza, e indirectos también por haber diseminado en nuestro medio natural disímiles depredadores exóticos cual si fueran virus mortíferos, que lo son para nuestras especies nativas: perros, gatos y cerdos jíbaros, ratas y la tan peligrosa mangosta, el falso hurón. Pero, podrán los lectores preguntarse, ¿a qué viene todo esto?

Para desde nuestra querida revista *Energía y Tú* lanzar un llamado más por el respeto ambiental, eso pretendemos. Los cubanos de hoy no somos culpables directos de la desaparición del rinoceronte blanco, es cierto, y ni siquiera, tampoco, de nuestro hermoso guacamayo *Ara cubensis*, pero en tanto seres humanos no podemos sentirnos ajenos a tales pérdidas, y aunque sea con palabras como estas debemos poner un granito de arena para que el terrible listado de las ausencias definitivas no agregue nuevos vacíos. Porque debemos admitir que ese vacío que hoy vemos como algo lejano y que no nos compete, conducirá inexorablemente a nuestro propio vacío. Vaciará primero nuestra sensibilidad o si se quiere nuestros espíritus, ya lo está haciendo, y al final vaciará también a nuestro propio planeta, único que tenemos y que por siempre tendremos. ¿Estamos a tiempo para evitarlo? Que cada cual piense en su respuesta.

Parecen cosas aisladas, pero no es así. Un tenebroso e implacable hilo conductor enlaza la desaparición del último rinoceronte blanco con la del estudiante sin final conocido, y con la del palestino cuya sangre abona su tierra milenaria. Eran nuestros hermanos, de causa y de biología. Eran de todos nosotros, y al perderlos, perdemos todos. 🌱

---

\* Ecologista y escritor. Miembro de la Uneac y Cubasolar. Premio David (1975). Autor de varios libros de cuentos, novelas y artículos.

E-mail: santamarina@cubarte.cult.cu

# ¿Cocina gourmet o tradicional?

## *Lo popular como atributo de la cocina gourmet*

Por MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ\*



**EN LOS CÍRCULOS** gastronómicos es común escuchar comentarios sobre la clasificación de la cocina actual, en la que parecen coexistir dos tendencias. Una es la referida a la cocina tradicional, que agrupa un conjunto de platos, tecnologías y hábitos del comer específicos de cada país o región; y la relacionada con la cocina gourmet, que se define como una manifestación cultural asociada a las artes culinarias del comer y beber, con cierto grado de refinamiento.

El término gourmet se deriva de la palabra francesa *gout* (gusto, sabor en francés), y *met* que significa «plato de comida». Comúnmente esta noción es asociada a productos finos y de lujo, y a comidas de elaboración refinada. También se asocia a personas entendidas en materia de gastronomía o aficionadas a las comidas exquisitas. La cocina gourmet incorpora preparaciones elaboradas con ingredientes seleccionados (en algunos casos exóticos), utiliza buenas prácticas de higiene, mantiene al máximo las cualidades organolépticas de los alimentos, procura disminuir el

tamaño de porción a servir de los platos, e intervienen personas que despliegan su maestría y amor culinarios para la obtención de platos exquisitos que finalmente serán muy apreciados por comensales sensibles y expertos.

Lo gourmet también está asociado al hedonismo, doctrina filosófica que identifica al placer como principal objetivo de la vida. La selección de los ingredientes adecuados y la dedicación del tiempo necesario a cada preparación forman parte de la filosofía gourmet, que aborda el acto de comer como un momento de disfrute. Igualmente, todo ello presupone que la cocina gourmet se desarrolle sobre bases éticas de respeto al ser humano y al medioambiente.

La cocina gourmet resulta una tendencia con diversos matices, sustentados como fenómeno universal en lo siguiente:

- Necesidad de una alimentación equilibrada y con presencia de nutrientes escasos en las dietas convencionales.

- Contrarrestar las enfermedades de carácter crónico y degenerativo asociadas a las formas actuales del comer.
- Los procesos de transculturación, en los que las diversas cocinas se fusionan, y los alimentos no habituales de un país se incorporan a su quehacer culinario.
- El aumento de la creatividad y competencia culinarias en los chefs. Búsqueda de nuevos sabores y texturas.
- Influencia de la propaganda comercial y de ciertas manifestaciones de esnobismo que distinguen también a la gastronomía mundial.
- Presencia de un equipamiento altamente sofisticado.
- Alta competencia comercial de la gastronomía en el mundo actual.

Por otra parte, la cocina cubana tradicional se caracteriza por platillos que se sirven abundantes cantidades, con predominio de la carne de cerdo, las viandas fritas, los moros y cristianos, la yuca con mojo y gran variedad de postres. En un sentido más amplio, comprende múltiples preparaciones representadas por ajiacos, sopa de plátanos, potajes, ropa vieja, carne mechada, carne con papas, chicharrones, chilindrón de carnero, salpicón, arroz con pollo a la Chorrera, quimbombó con bolas de plátanos, tamales en hoja y en cazuela, tostones, plátanos en tentación, tambor de papa, arroz con leche, torrejitas, flanes..., en fin, una larga lista que distingue a nuestra legendaria y auténtica cocina.

Este amplio abanico, matizado por la preponderancia de los condimentos básicos, como ajo, cebolla, tomate, ají, comino, laurel y orégano, conforman sin duda una cocina valiosa, que tiene ante sí el desafío de disminuir las cantidades de grasa y azúcares que incorpora, para atemperarse con los requerimientos actuales y necesarios de una alimentación sana.

Lo cierto es que se encuentran muchos vasos comunicantes entre ambas tendencias y existe ya consenso de que lo tradicional es también un requisito de la cocina gourmet.



Berenjena a la cubana  
Ingredientes para 6 raciones:

Berenjena	800 g	2 unidades medianas
Ajo	12 g	6 dientes
Cebolla	30 g	1 unidad grande
Sal	30 g	1 cucharada
Zumo de naranja agria	125 mL	½ taza
Harina de trigo	120 g	¾ taza
Aceite para freír	34 g	2 cucharadas
Comino	0,6 g	¼ cucharadita
Salsa de tomate	187 mL	¾ taza
Vino seco	60 mL	¼ taza

PROCEDIMIENTO:

Cortar las berenjenas en rodajas. Ponerlas en agua con sal durante media hora (opcional). Colocarlas en un bol. Cortar el ajo fino y la cebolla en aros. Aderezar las berenjenas con la mitad de la sal y del ajo, y adicionar el zumo de naranja. Mantener en adobo durante 10 minutos. Escurrirlas y pasarlas por harina.

En un caldero de fondo grueso freír las rodajas de berenjena en aceite bien caliente, durante 3 minutos, hasta que doren. Al terminar la freidura, poner las rodajas en papel para que absorba la grasa.

En cazuela aparte, saltear la cebolla y el resto del ajo durante 3 minutos. Polvorear con el comino. Agregar la salsa de tomate, el vino seco y el caldo vegetal; añadir las berenjenas y cocinar durante dos minutos más. Rectificar el punto de sal. Polvorear con el queso y servir inmediatamente.



Aporreado de pollo con boniato  
Ingredientes para 4 raciones:

Masas de pollo cocinadas	345 g	1½ tazas
Zumo de naranja agria	60 mL	4 cucharadas
Pimienta	0,3 g	1/8 cucharadita
Boniato	460 g	2 unidades medianas
Azúcar moreno	28 g	2 cucharadas
Pimiento	200 g	2 unidades grandes
Ají chay	20 g	2 unidades
Ajo	10 g	5 dientes
Cebolla morada	200 g	1 unidad grande
Perejil	45 g	½ taza
Tomate de cocina	210 g	3 unidades medianas
Aceite	42 g	2½ cucharadita
Cebollino	30 g	½ taza

#### PROCEDIMIENTO:

Picar las masas de pollo cocinadas en segmentos de 2 cm y colocarlas en un bol; adobarlas con la naranja agria, la mitad de la sal y la pimienta. Pelar y cortar los boniatos en dados medianos y cocerlos tapados en agua hirviendo con azúcar y el resto de la sal, durante 8 minutos hasta que ablanden. Reservar. Cortar fino los pimientos, los ajíes, el ajo, la cebolla y el perejil. Picar los tomates en dados, sin las semillas.

En una sartén mediana saltear en una cucharada y media de aceite los pimientos, los ajíes, el ajo, la cebolla y el perejil durante 5 minutos; agregar los

tomates cortados en dados. Dejar rehogar durante 3 minutos más. Adicionar el pollo cocido, junto con el adobo, y cocinar durante cinco minutos más. En sartén aparte, saltear los dados de boniato en el resto del aceite y rehogar con el cebollino. Servir el pollo acompañado del boniato.

Lo principal es el amor que profesan los elaboradores de alimentos, y la seguridad de que una simple calabaza al vapor con ramitos de albahaca, puede ser un plato de la cocina gourmet. Lo principal es mantener una simplicidad en el tratamiento culinario que respete las cualidades básicas de los alimentos, y que estos puedan proporcionar placer y cultura.

Ya en la cocina cubana actual se encuentran platos tradicionales que asumen el estilo gourmet desarrollado por expertos chefs, los cuales han sabido interpretar que el éxito de cualquier cocina se halla en su más genuino acervo culinario. Se habla entonces de una cocina cubana «estilizada» que toma de las cocinas gourmet y tradicional sus elementos más favorables. El conocido chef Gilberto Smith Duquesne fue uno de sus más talentosos desarrolladores. Persona provista de un vasto conocimiento en materia de cocina tradicional, nos legó en su libros muchas recetas cubanas que marcan un pronunciado estilo gourmet.

A nuestro juicio no deben existir diferencias irreconciliables entre ambos estilos, pues cada uno aporta valores para las artes culinarias. Se trata de que lo gourmet se fundamente más en lo tradicional y que esto último asuma elementos meritorios de lo gourmet. En esta gradual y bien pensada convergencia parece estar la clave de una cocina de excelencia. 🍴

\* Ingeniera Tecnóloga en la especialidad de Tecnología y Organización de la Alimentación Social. Máster en Ciencias de la Educación Superior, Cuba.

e-mail: madelaine@cubasolar.cu

# Verbo y energía

*El mensaje de la naturaleza está siempre también dentro de nosotros...*



## Del monte y los ríos

**NO LLAMAMOS** monte en mi *Archipiélago* a la selva ni tampoco a la montaña, sino a la urdimbre vegetal, como tampoco es llanura la pradera, sino sabana. En una catedral de roca y monte alto nace el río Hanabanilla, de lloraderos generosos que allí brotan; en su andar abajo las aguas serán recrecidas por otras y otras más, hasta ser en Los Desparramaderos un río retozón de sucesivos saltos en cascada. El Nicho le queda cerca y con ese nombre también se conoce

el lugar. Hermosa caligrafía de agua dibuja ese tramo inaugural del río, que se despeña y se vaporiza después en el Salto del Rocío y que un tramo adelante arrulla la casa de La Gallega, hasta llegar al lago que ha de nutrir y que parece esperarlo para hacerlo desaparecer en el embalse que lleva su nombre. Nuestros ríos de montaña suelen ser así, juguetones en el monte que los fecunda y con los que comparte la complicidad de sus travesuras.

## Cantos

El canto de las aves suele provocarnos disímiles sensaciones, a veces opuestas. Desde los maravillosos, inconfundibles y para mí insuperables silbos del ruiseñor en la montaña, hasta el sobrecogedor graznido del gavilán que paraliza de terror a todos los animales. Cada ave tiene el suyo propio, un documento de identidad sonoro, y los hombres del saber se han afanado en buscar razones y propósitos: reclamos de pareja, marcado de territorio, alejar rivales, denunciar intrusos y muchos otros. Los poetas, en cambio, prefieren percibir en esos trinos sentires de amor, nostalgia, alegría, tristeza... Tal vez ambos tengan razón, porque el judío desde cualquier rama delata nuestra presencia, el canto triste y apagado de la tojosa nos provoca nostalgia y el vigoroso del sinsonte es un himno a la vida. Además, es nuestro espíritu y estado de ánimo el que le da la pátina, porque al igual que la cultura de todo libro está en el lector, el mensaje de la naturaleza está siempre también dentro de nosotros. 📖

1	2	3	4		5	6	7	8	9		10	11	12	13	14		15	16	17
18					19					20							21		
22				23		24									25				
26			27		28			29			30			31			32		33
		34					35			36					37		38		
	39						40		41				42			43			
44			45			46			47			48	49					50	
51		52			53							54					55		
56			57					58		59	60					61			
62					63			64							65				
66				67						68						69			

Por MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ

### HORIZONTALES

**1.** Acción y efecto de innovar. **10.** Tiene o comunica electricidad. **18.** Azul verdoso, complementario del rojo. **19.** Sostenibilidad. **21.** Astro Rey. **22.** Corazón de la mazorca de maíz. **24.** Arterias que llevan la sangre a la cabeza. **25.** Orilla de paños, telas o vestidos. **26.** Negación **27.** Caja. **29.** Símbolo químico del sodio (inv.). **30.** Aparejo que llevan las barcas para cargar la vela por alto. **32.** Nombre de mujer. **34.** Tramposa. **36.** Permeables. **38.** Terminación verbal. **39.** Prevenir o disponer de algo para el camino. **40.** Estatua que excede en mucho a la natural. **42.** Componente más abundante de la superficie terrestre. **44.** Consonantes de cono. **45.** Puesta del Sol. **47.** Símbolo químico del litio (inv.). **48.** Persona que ejecuta un solo de una pieza vocal o instrumental (pl.). **51.** Artículo determinado. **53.** Perteneciente o relativo a la masa. **54.** Séptima letra del alfabeto griego. **55.** Significa tres (inv.). **56.** Conjunto de factores hereditarios que se transmiten a través de estructuras citoplásmicas. **58.** Que tiene ondas. **61.** Quimbombó. **62.** Gesto, figura o mofa. **63.** Símbolo químico del cobalto. **64.** Máquina para elevar agua utilizando el movimiento oscilatorio producido por una columna del mismo líquido. **65.** Instrumento musical de viento. **66.** Parte para asir una vasija. **67.** Ascendencia o linaje. **68.** Organización Latinoamericana de Energía. **69.** De osar.

### VERTICALES

**1.** Representación religiosa. **2.** Río de África. **3.** Nave. **4.** Provincia de Canadá. **5.** Persona que sobresale de manera notable en un ejercicio o profesión. **6.** Burlar. **7.** Canto y baile típicos de Islas Canarias. **8.** Distinta. **9.** Gas noble escaso en la Tierra. **10.** Moralistas. **11.** Adyacentes. **12.** Árbol de la familia de las Ebenáceas. **13.** Consonantes de celo. **14.** Que trata de Dios y de sus atributos. **15.** Porción de tierra rodeada de agua por todas partes. **16.** Orificio nasal interno. **17.** Artículo determinado neutro (inv.). **20.** Consonantes de neto. **23.** Cama ligera para una persona (inv.). **28.** Arte de fabricar vasijas y otros objetos de barro, loza y porcelana. **31.** Irrupción. **33.** Borde. **34.** De ir (inv.). **35.** Persecución. **36.** Elemento químico radiactivo. **37.** Adjetivo posesivo (pl.). **39.** Electrodo positivo (pl.). **41.** Néctar. **43.** Desvanes (pl.). **44.** Condiciones atmosféricas que caracterizan una región. **46.** Batracios. **49.** Aspiración (inv.). **50.** De arrear. **52.** Cavidad grande y profunda en la tierra. **57.** Vocal repetida. **59.** Contracción. **60.** De atar (inv.). **61.** Jobo. **64.** Vocal repetida.



## Noticia

### *Falleció el Dr. Ismael Clark Arxer, miembro de Honor de Cubasolar*

**EL 15 DE MAYO** falleció en La Habana el Dr. Ismael Clark Arxer. Nacido el 16 de mayo de 1944, ingresó a la Escuela de Medicina de la Universidad de La Habana en 1962. Paralelamente, desarrolló una activa vida como militante revolucionario y en la defensa de la patria, como miliciano universitario desde los días de la Crisis de Octubre. Durante sus estudios en la Universidad de la Habana fue director de la Revista Estudiantil Alma Mater.

Tras su graduación comenzó a laborar en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, especializándose en Bioquímica. Hizo estudios de posgrado en el Instituto de Bioquímica de la Academia de Ciencias de la República Democrática Alemana, en Halle, bajo la dirección del Dr. Klaus Thielmann. En 1976 pasó a trabajar al Comité Estatal de Ciencia y Técnica y un año más tarde pasó a la Academia de Ciencias de Cuba, donde se desempeñó inicialmente como Secretario Científico y luego en calidad de Vicepresidente y Vicepresidente primero por casi dos décadas.

Su vasta experiencia en tareas de dirección de la actividad científica motivó, en abril de 1996, su designación como el

decimocuarto presidente de la Academia de Ciencias, cargo en el que se mantuvo hasta el pasado diciembre de 2017, por más de veintiún años.

Entre numerosas misiones estatales cumplidas, participó activamente en labores de la Secretaría de la Comisión de Implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Estado y la Revolución, en los aspectos referidos a la ciencia, así como en diversas misiones y tareas encomendadas por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.

Durante su vida profesional aportó su experiencia y conocimientos a la dirección y organización de la actividad científica en diversas instancias, invariablemente fiel a la Revolución y a los principios y el legado del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz en los aspectos referidos a la ciencia, legado del cual fue un acucioso investigador y divulgador.

Ismael Clark fue miembro de honor fundador de Cubasolar desde el año 1994. 🇨🇺

# CONVOCATORIA

## MACDES 2018

### V CONGRESO INTERNACIONAL

*La Habana, 26-30 de noviembre de 2018*

51

**CUBA ES UN** país en desarrollo con indicadores de salud y educación comparables a muchos países ricos. La prioridad que la Revolución ha dado a la justicia social se vio afectada por la seria crisis que provocó la caída del campo socialista europeo y la desaparición de la Unión Soviética. La crisis puso de relieve la necesidad de encontrar formas de producción y gestión más sustentables, y fortalecer la participación popular.

El reto actual para la actualización del modelo económico cubano es cómo lograr una

economía viable y al mismo tiempo preservar el proyecto social y el importante capital humano del país, evitando dependencias que aumenten la vulnerabilidad.

En noviembre de 2018 se reunirán en La Habana, capital de Cuba, profesionales y académicos de todo el mundo interesados en debatir la forma en que el medioambiente construido puede contribuir a la consecución de dicho objetivo.

#### Áreas temáticas

1. Ordenamiento territorial y hábitat rural.
2. Ciudades sustentables.
3. Arquitectura sustentable.
4. Conservación sustentable del patrimonio construido.
5. Materiales y tecnologías de construcción.
6. Energías renovables y otras eco-técnicas.
7. Gestión para la sustentabilidad.
8. Enfoques teóricos y metodológicos para la sustentabilidad.
9. Capacitación para la sustentabilidad.

#### Conferencistas

GEOFFREY PAYNE, Reino Unido

ARNOLD JANSSENS, Bélgica

MARCO SALA, Italia



**Envío de Resúmenes para evaluación: 1ro de mayo, 2018**  
**Notificación aceptación resúmenes: 1ro de junio, 2018**  
**Envío de Ponencias para evaluación: 30 de julio de 2018**  
**Notificación de aceptación de ponencias: 20 agosto**  
**Fecha tope de envío de los trabajos finales: 30 septiembre, 2018**

<p><b>Comité Organizador</b>                  Dra. Arq. Dania González Couret,  <i>presidente</i>                  Dra. Arq. Dayra Gelbert Abreu,  <i>secretaria</i></p>	<p><b>Miembros</b>                  Dr. Arq. José Flores Mola                  M. Sc. Arq. Oliva Sánchez Martínez                  M. Sc. Arq. Natalí Collado Baldoquín                  Arq. Carlos Guerra Astorga</p>
<p><b>Comité académico</b>                  Dra. Arq. Dania González Couret                  Dr. Arq. Alfonso Alfonso González                  Dr. Ing. Conrado Moreno Figueredo                  Dr. Ing. José Ameneiros                  Dra. Arq. María V. Zardoya Loureda                  Dra. Arq. Mabel Matamoros Tuma                  Dr. Ing. Orestes González</p>	<p>Dra. Ing. Marietta Llanes Pérez                  Dra. Arq. Gina Rey Rodríguez                  Dra. Arq. Anelis Marichal                  Dr. Arq. Luis Alberto Rueda                  Guzmán</p>

**CUOTA DE INSCRIPCIÓN: 250 CUC**

**CONTACTO**  
 Dra. Arq. Dania González Couret  
 E-mail: [dania@arquitectura.cujae.edu.cu](mailto:dania@arquitectura.cujae.edu.cu)  
[macdes@arquitectura.cujae.edu.cu](mailto:macdes@arquitectura.cujae.edu.cu)

RESPUESTA DEL CRUCIGRAMA																									
1	I	N	N	O	V	A	C	I	O	N		E	L	E	C	T	R	I	C	O					
18	C	I	A	N		19	S	U	S	T	E	20	N	T	A	B	L	E		21	S	O	L		
22	O	L	O	T	23	E		24	C	A	R	O	T	I	D	A		25	O	R	L	A			
26	N	O		27	A	R	C	A		29	A	N		30	C	E	N	A	L		32	A	N	A	
	O		34	A	R	T	E	R	35	A			36	P	O	R	O	S	O	37	S		38	A	R
		39	A	V	I	A	R		40	C	O	41	L	O	S	O		42	A	G	U	43	A		I
44	C	N		45	O	C	A	46	S	O		47	I	L		48	S	49	O	L	I	S	50	A	S
51	L	O	52	S				53	M	A	S	I	C	O		54	E	T	A		55	I	R	T	
56	I	D	I	57	O	T	I	P	O		58	O	N	59	D	O	S	O		61	O	C	R	A	
62	M	O	M	O		63	C	O		64	A	R	I	E	T	E		65	O	B	O	E			
66	A	S	A		67	C	A	S	T	A		68	O	L	A	D	E		69	O	S	A	S		

DIRECTOR GENERAL  
DR. LUIS BÉRRIZ

DIRECTORA  
M.Sc. MADELAINE VÁZQUEZ

EDICIÓN  
M.Sc. MADELAINE VÁZQUEZ  
E ING. JORGE SANTAMARINA

DISEÑO Y COMPOSICIÓN  
ALEJANDRO ROMERO

RELACIONES PÚBLICAS  
MABEL BLANCO

CONSEJO EDITORIAL  
DR. LUIS BÉRRIZ  
LIC. ELISEO GAVILÁN  
DRA.Sc. DANIA GONZÁLEZ  
DR. CONRADO MORENO  
DR. JUAN JOSÉ PARETAS  
ING. JORGE SANTAMARINA  
M.Sc. M. VÁZQUEZ

ILUSTRACIÓN  
RAMIRO ZARDOYAS

ADMINISTRACIÓN  
ROLANDO IBARRA

CONSEJO ASESOR  
LIC. RICARDO BÉRRIZ  
DR. SERGIO CORP  
DR. ALFREDO CURBELO  
ING. MIGUEL GONZÁLEZ  
DR. JOSÉ A. GUARDADO  
LIC. BRUNO HENRÍQUEZ  
DR. ANTONIO SARMIENTO  
DRA. ELENA VIGIL

*ENERGÍA Y TÚ*, no. 83  
 JUL.-SEPT., 2018  
 ISSN 1028-9925  
 RNPS 0597  
 REVISTA  
 CIENTÍFICO-POPULAR  
 TRIMESTRAL ARBITRADA  
 DE LA SOCIEDAD CUBANA  
 PARA LA PROMOCIÓN  
 DE LAS FUENTES RENOVABLES  
 DE ENERGÍA  
 Y EL RESPETO AMBIENTAL  
 (CUBASOLAR)

DIRECCIÓN  
 CALLE 20, No. 4111,  
 PLAYA, LA HABANA, CUBA  
 TEL.: (53) 72040010;  
 72062061  
 E-MAIL:  
[EYTU@CUBASOLAR.CU](mailto:EYTU@CUBASOLAR.CU)  
[RED.SOLAR@CUBASOLAR.CU](mailto:RED.SOLAR@CUBASOLAR.CU)  
[HTTP://WWW.CUBASOLAR.CU](http://www.cubasolar.cu)

COLABORACIÓN ESPECIAL  
CUBAENERGÍA

IMPRESIÓN  
UEB: EDICIONES CARIBE

DISTRIBUCIÓN GRATUITA  
 DE 9000 EJEMPLARES  
 A ESTUDIANTES  
 Y BIBLIOTECAS  
 DE TODO EL PAÍS,  
 Y MIEMBROS  
 DE CUBASOLAR

# el uso de la energía en Cuba



## **CUBAENERGÍA**

**Centro de Gestión de la Información  
y Desarrollo de la Energía**

Calle 29 No. 4111-4113 e/ 18A y 47

Miramar, La Habana, CUBA

C.P. 11 300. Teléfono: 203 1413

E-mail: comercial@cubaenergia.cu

[www.cubaenergia.cu](http://www.cubaenergia.cu)

- ▶ **Estudios integrales para el sistema electroenergético**
  - Expansión eléctrica*
  - Mitigación ambiental*
  - Evaluación de costos externos*
  - Planificación energética*
- ▶ **Consultoría en temas energéticos y uso de nuevas tecnologías**
  - Gestión de la información*
  - Organización de la empresa*
  - Impacto atmosférico de instalaciones energéticas*
  - Diseño de sistemas térmicos solares y fotovoltaicos*
- ▶ **Servicios especializados**
  - Instalación de redes*
  - Promoción y divulgación de la energía en diferentes soportes*
  - Impresión OFF SET de series cortas*
  - Diseño gráfico (promocional, publicitario, ferias...)*
  - Servicios de traducción y entrenamiento en idioma inglés*