

# ¡Ayteú!

## CONCIENCIA ENERGÉTICA: RESPECTO AMBIENTAL

Revista científico-popular trimestral de Cubasolar  
No. 78 (abr.-jun., 2017). ISSN 1028-9925.

*En este número...*



**2** EDITORIAL

**4** MANTA FLEXIBLE FV  
E IMPERMEABILIZACIÓN DE TECHOS

**7** LOS CARACOLAS HABLARON

**11** ENERGÍA TÉRMICA DEL MAR

**17** OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
DE PARQUES EÓLICOS. I PARTE

**23** MUJER Y ENERGÍA

**29** BIOGÁS PARA CRECER

**32** ENERGÍA SOLAR EN EL ESPACIO  
INTERPLANETARIO

**37** EL ORÉGANO

**41** ¿ECOLOGÍA O LAS ECOLOGÍAS?

**44** HELADOS Y BATIDOS

**48** VERBO Y ENERGÍA

**49** ÍNDICE TEMÁTICO:  
SOLAR TÉRMICA

**51** CRUCIGRAMA

**52** CONVOCATORIA





# Un paso más hacia la independencia energética en Cuba

**CON FECHA** 23 de marzo de 2017, se firma en nuestro país el Decreto-Ley No 345, «Del Desarrollo de las Fuentes Renovables y el Uso Eficiente de la Energía». Por su importancia, que sin duda sentará pautas en el proceso de consolidación del marco regulatorio de las energías renovables en Cuba, la revista *Energía y Tú* reproduce algunos de sus fragmentos más relevantes.

Con gran acierto expresa: «La Constitución de la República, en su artículo 27 dispone que el Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país, y reconoce la estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible, por lo que se requiere diversificar la estructura de los combustibles fósiles empleados e incrementar la eficiencia energética, así como la contribución de las fuentes renovables de energía, con el propósito de elevar su participación en la matriz de generación de energía eléctrica, hasta alcanzar una proporción no menor al 24 por ciento en el año 2030».

En su artículo 1 expresa:

«El presente Decreta-Ley tiene como objeto establecer las regulaciones para el

desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía, a fin de contribuir con:

- a. La elevación de la participación de las fuentes renovables de energía en la generación de electricidad;
- b. la sustitución progresiva de los combustibles fósiles;
- c. la diversificación de la estructura de los combustibles fósiles empleados en la generación de energía eléctrica;
- d. la elevación de la eficiencia y el ahorro energéticos;
- e. la estimulación de la inversión, la investigación y la elevación de la eficiencia energética, así como la producción y utilización de energía a partir de fuentes renovables, mediante el establecimiento de incentivos y demás instrumentos que estimulen su desarrollo;
- f. el desarrollo de la producción de equipos, medios y piezas de repuesto por la industria nacional, para el aprovechamiento de las fuentes renovables y la eficiencia energética; y

g. el establecimiento en el sector estatal de un sistema de trabajo que incluya la planificación de las tareas que posibiliten el cumplimiento de los objetivos trazados».

También en su artículo 2, con el objetivo de describir las diversas fuentes y su orden de prioridad, señala:

«Constituyen fuentes renovables de energía aquellas que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales, entre las que se encuentran, por orden de prioridad, las siguientes:

- a. La biomasa cañera;
- b. la energía solar por medio del uso de paneles fotovoltaicos, calentadores, secadores y otros;
- c. la energía eólica, con la instalación de aerogeneradores para generar electricidad y molinos a viento para el bombeo de agua;
- d. la biomasa no cañera con la utilización de recursos forestales, desechos de la industria y otros;
- e. los residuos agrícolas, pecuarios, industriales y desechos sólidos urbanos para la producción de biogás;
- f. los recursos hidroenergéticos;
- g. plantaciones agrícolas para la producción de biocombustibles, sin afectar la producción y el consumo de alimentos; y
- h. la energía del mar y otras que el desarrollo de la ciencia y la técnica permitan su utilización».

Una vía para la extensión de su uso, vinculando los sectores residencial y no residencial, es expresada en los artículos 8, 9 y 10.1, sección V, que refieren:

«Artículo 8. Las personas naturales y jurídicas pueden adquirir equipos que utilicen fuentes renovables y otros que permitan el uso eficiente de la energía a precios no recaudatorios, y además acogerse al crédito bancario, según los principios para el

otorgamiento establecido en la legislación vigente.

»Artículo 9. La inversión extranjera relacionada con el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y la elevación de la eficiencia energética constituye un sector priorizado y, en consecuencia, disfruta de los beneficios, exenciones totales o parciales de manera temporal o permanente, así como de otros beneficios fiscales que la ley le otorga, con una escala de incentivos gradualmente ascendente, en correspondencia con la contribución que aporten a la economía nacional».

» Artículo 10.1. Las personas jurídicas que importan materias primas, componentes, partes, piezas, equipos y accesorios, para la ejecución de un proceso inversionista, o fabricar equipos, dispositivos y piezas de repuesto, destinados al aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, disfrutan de exenciones arancelarias, según el procedimiento establecido por el Ministro de Finanzas y Precios».

Como Disposición Especial de vital trascendencia enfatiza:

«ÚNICA: En el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social se incluirá como objetivo estratégico a largo plazo, la modificación de las matrices de generación y consumo de energía eléctrica».

Finalmente, en sus Disposiciones finales, declara:

«PRIMERA: El Ministro de Energía y Minas dictará en el término de treinta (30) días, contados a partir de la firma del presente Decreto-Ley, las regulaciones para desarrollar en los sectores residencial y no residencial, el uso de las fuentes renovables de energía y elevar la gestión, la eficiencia y la conservación energética.

»SEGUNDA: El Ministro del Comercio Interior establecerá en el término de treinta (30) días, a partir de la firma del presente Decreto-Ley, el procedimiento para la comercialización y los precios de venta de los equipos que utilicen las fuentes renovables y para el uso eficiente de la energía». 🇨🇱

# Manta flexible FV e impermeabilización de techos

## *Una reflexión necesaria para garantizar la eficiencia energética*

Por DANIEL STOLIK NOVYGROD \*

**VALDRÍA EMPEZAR** este artículo con la pregunta siguiente:

¿Es correcta la afirmación de que con las mantas FV se matan dos pájaros de un tiro al impermeabilizar techos además de producir electricidad?

Respuesta:

No es correcta, actualmente existen alternativas mejores, veamos por qué.

Desde hace más de 20 años el semiconductor más utilizado en celdas FV producidas en forma de tiras continuas, es el silicio amorfo (Si-a).

La celda FV de Si-a constituyó una gran expectativa para el desarrollo de la energía FV debido al bajo costo por consumo, mucho menor de energía en su producción, en comparación con las celdas de silicio cristalino mono y policristalino (Si-c). Veamos el com-

portamiento real con relación a la producción total anual en MWp de todo tipo de módulos en 15 años (tabla 1).

Nótese que a partir del 2010 comenzó a disminuir y actualmente constituye 1 % de la producción global de módulos FV. Realmente las celdas FV de Si-a no resistieron la competencia con las celdas de silicio cristalino (Si-c), cuya producción en % del total ha ido aumentando.

Las celdas de silicio amorfo no han podido aumentar su eficiencia, en laboratorio es de 11 % y de 7 % en la industria, mientras que actualmente las de Si-poli superan 15 % a nivel industrial y las de Si-mono 18 %; ambas continuarán aumentando en los próximos años, aproximadamente en 19 % el Si-poli y 22 % el Si-mono.

Tabla 1. Comportamiento de la producción anual en MWp, según el material utilizado

	1999	2009	2010	2011	2014	2015
MW FV total	200	12 500	27 200	35 000	45 000	54 000
De silicio amorfo (Si-a) se produjeron:						
MW en Si-a	24,6	762	1360	1190	855	540
% Si-a del total	12,3	6,1	5	3,4	1,9	1,0
De silicio cristalino (Si-c) se produjeron:						
MW en Si-c	160	10 125	23 420	30 765	41 310	49 680
% Si-c del total	79,5	81,0	86,1	87,9	91,8	92

Por otra parte, ha desaparecido prácticamente la diferencia del costo de producción y precios de venta del Wp entre las celdas de Si-a y las de Si-c, aspecto que hemos analizado en otros trabajos, tendencia que continuará a favor de los módulos de Si-c.

#### **Generación eléctrica FV por m<sup>2</sup> en:**

- Manta de Si-a, unos 70 W/m<sup>2</sup>
- Módulo de Si-poli, unos 150 W/m<sup>2</sup>
- Módulo de Si-mono > 180 W/m<sup>2</sup>

Para producir la misma energía eléctrica, la manta de Si-a necesita por lo menos el doble de área, y esta diferencia se acentuará.

#### **La impermeabilización**

Para la manta FV se necesita que la superficie del techo cumpla previamente con requisitos mínimos. Para un costo de 50 centavos de USD por Wp de la manta, solo por este concepto el costo por área es de unos 35 USD por m<sup>2</sup>.

Sin embargo, los costos por solamente impermeabilizar (sin sistemas FV) son mucho menores; existen distintas alternativas, como la antigua y muy buena cuando se hace correctamente, de cubrir el techo (de placa) con rasilla, relleno y morteros, todos fundamentalmente de producción nacional (Fig. 1).



Fig. 1. Rasillas: son de producción nacional.

Una característica de la rasilla es que transpira la humedad provocada por la lluvia, o sea, que la parte de humedad que pasa y traspasa la rasilla, se evapora

posteriormente por el calor de los rayos de sol, de ahí la importancia de transpirar. La manta FV no transpira, o sea, que si en algún momento el agua filtra hacia la placa, no sale nuevamente por evaporación.

Para impermeabilizar o para aumentar el nivel de impermeabilización se puede utilizar pintura de techo que también transpira.

Para evitar mayores rajaduras en la rasilla se utiliza manta de fibra de vidrio, que se adhiere con la propia pintura impermeabilizante y que en dos manos adicionales cubre toda la fibra, y también transpira (Figs. 2 y 3).



Fig. 2. Manta de fibra de vidrio aplicada a toda la superficie.



Fig. 3. Manta de fibra de vidrio aplicada en parches.

#### **Sobre la pintura impermeabilizante**

El color más recomendable es el blanco, lo que se conoce como «techo frío», que

refresca grandemente el interior del techo, con diversas bondades térmicas y ecológicas (Fig. 4).

Sobre un techo muy oscuro, al mediodía, no se puede caminar descalzo, sobre techo blanco sí, lo que se debe al nivel de reflectividad que, al igual que la nieve, refleja hasta 90 % de los rayos del sol.

Cuando aumenta la eficiencia del módulo FV disminuye el BoS; por ejemplo, la estructura soporte, para los sistemas de techos es más recomendable probar la instalación con módulos de Si-mono bifaciales, con cerca de 20 % de eficiencia, producidos actualmente tanto por Panasonic en celdas tipo HIT como por Worldsolar en celdas tipo PERC; de ser bifaciales, su eficiencia puede sobrepasar 24% en techos blancos (Fig. 5).

En un techo con manta FV de Si-a se necesitan unos 15 m<sup>2</sup> para instalar 1 kWp, mientras



Fig. 4. Aplicación de color blanco sobre techo.

COMBINACIÓN DE TECHO FRÍO IMPERMEABILIZADO + FV  
BUENA OPORTUNIDAD PARA LA FV. Más recomendable instalar  
módulos de Si-mono cristalinos bifaciales:

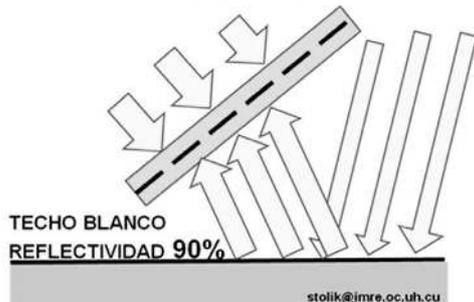


Fig. 5. Instalación de un bifacial actual de Si-mono.

que en un bifacial actual de Si-mono harían falta menos de tres veces área (< de 5 m<sup>2</sup>).

Esta variante en «techo blanco», además de proveer mucha mayor potencia por m<sup>2</sup>, no condena la utilización de azoteas para otros propósitos en que se necesite modificar o perforar la superficie, como por ejemplo instalación de antenas, anclaje de cables, poner parches en caso nuevas filtraciones, etc. La de mantas FV, además de no transpirar, no pueden perforarse ni hacerse «parches FV» parciales.

Con vistas al aumento de la eficiencia, existe la alternativa de ajuste manual de los ángulos de inclinación (*tilt*) cuatro veces al año en sistemas con «racks FV». Las instalaciones de pocos módulos se pueden retirar en caso de vientos huracanados.

### Conclusión

A la pregunta ¿es correcta la afirmación de que con las mantas FV se matan dos pájaros de un tiro al impermeabilizar techos además de producir electricidad?

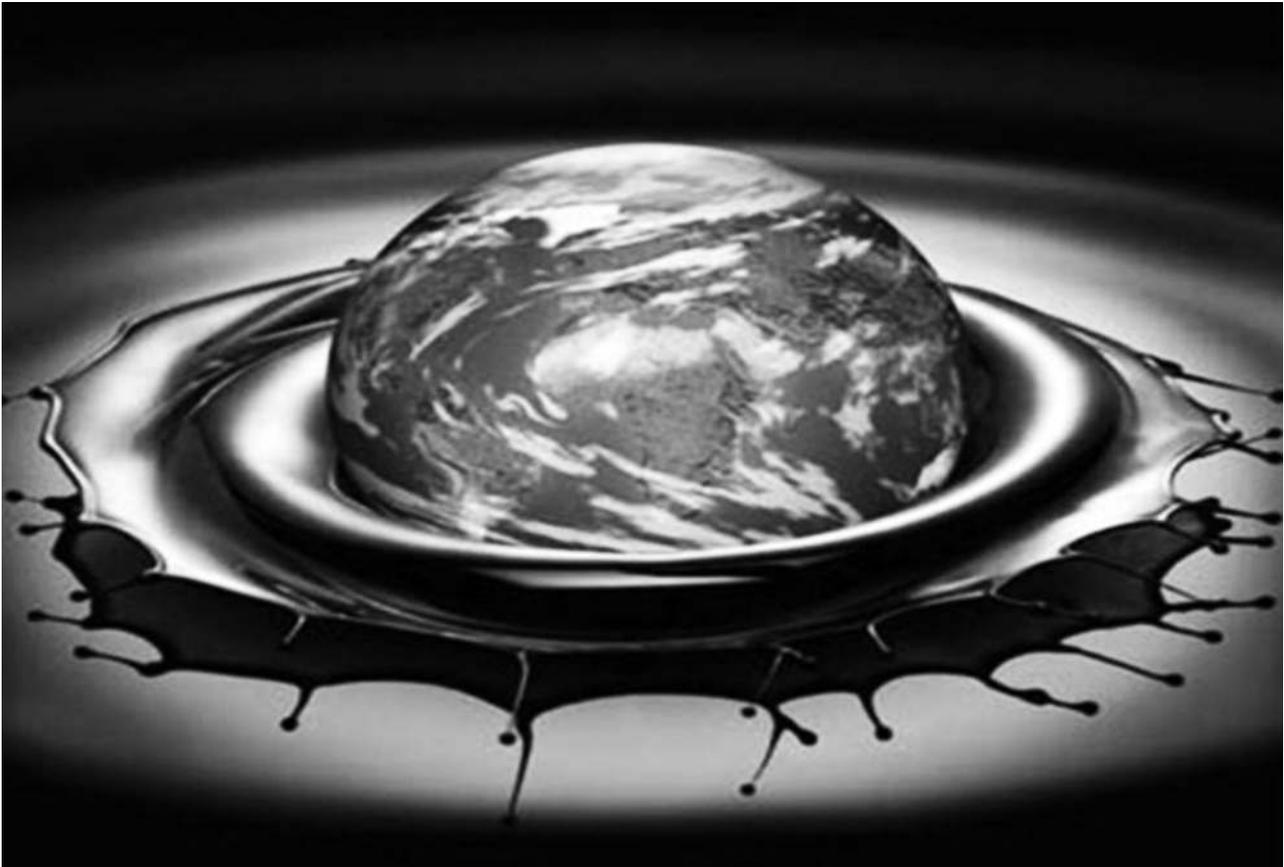
La respuesta correcta es que sería mucho más barato impermeabilizar todos los techos que lo necesiten. En caso de necesitarse impermeabilizantes, deben ser de color blanco, los techos «fríos» blancos refrescan los edificios. Entonces, después de analizar los techos en que vale la pena instalar sistemas FV, debido a la gran reflectancia de los rayos del sol pueden complementarse o no de varias formas, sea con módulos de mayor eficiencia, o módulos bifaciales para aprovechar el albedo; también, aumentar la eficiencia con seguimiento de cuatro posiciones de ángulo norte-sur en el año de racks FV, entre otros aspectos.

Conviene recalcar el argumento referido de que la ruta crítica para la estrategia de las instalaciones FV de corto a largo plazos, radica en los parques FV, en las industrias, los comercios y otras aplicaciones, en función del desarrollo económico y social del país en que se necesite más energía eléctrica. 🇨🇺

\* 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

# LOS CARACOLES HABLARON: habrá más combustibles fósiles



*En las próximas cuatro décadas la economía mundial seguirá dependiendo de los combustibles fósiles y aumentará la contaminación atmosférica. En síntesis: más de lo mismo*

Por MARIO ALBERTO ARRASTÍA ÁVILA\*

**HAY PERSONAS QUE DICEN** leer el futuro en la palma de la mano, «tirando» cartas o caracoles. Los expertos que se dedican a los temas energéticos tampoco escapan a la curiosidad de predecir qué va a suceder mañana. Para hacerlo construyen «escenarios» que les permitan saber cómo se utilizará la energía y cuáles serán las fuentes que saciarán nuestra sed energética. Eso es básicamente lo mismo que tirar las cartas, los caracoles o consultar una bola de cristal, pero con un «arsenal» de

herramientas incluyendo las matemáticas y la informática. Se toma en cuenta el uso actual de la energía, el comportamiento de la población, el desarrollo económico, los potenciales de energías renovables y las reservas de combustibles fósiles. Las multinacionales que controlan el negocio global de los combustibles fósiles y otras organizaciones, han hecho de todo: «tirado» cartas, caracoles y «usado» bolas de cristal para saber cómo será el futuro de la energía.

Pero antes de husmear en ese hipotético futuro echemos una ojeada al presente.

### Lo que dice BP

*British Petroleum* (BP) es una de las empresas que obtiene una buena «tajada» en el negocio de los combustibles fósiles, y en junio de cada año, desde hace 65 años, publica el «Statistical Review of World Energy». Según BP, en 2015 el consumo global de energía primaria creció uno por ciento. Esta cifra fue semejante al aumento en 1,1 % del 2014 y por debajo de 2 % de incremento anual del decenio 2005-2015. La crisis económica global es la principal causa del declive en dicho uso de la energía. Según los datos publicados por BP, la matriz energética mundial sigue estando dominada por los combustibles fósiles. Desafortunadamente eso no nos sorprende, ya lo sabíamos.

Los portadores energéticos fósiles representaron 85,5 % del consumo mundial de energía primaria en 2015. El empleo del carbón mineral, el más «sucio» de todos, mostró un decrecimiento a escala global. La República Popular China empleó en 2015 la mitad del carbón mineral utilizado en todo el planeta, lo que explica, al menos en parte, los altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del gigante asiático.

La producción mundial de electricidad a partir de energía nuclear, que había registrado en 2012 la mayor caída histórica del uso de esa fuente no renovable de energía para la generación eléctrica, continuó recuperando terreno en 2015. La energía nuclear tiene hoy la menor proporción en el «pastel» energético mundial desde 1984, con 4,4 %. A esto ayudó notablemente la caída en picada de la utilización de la energía nuclear en Japón después del accidente en la central de Fukushima. A pesar de experimentar notables incrementos en los últimos años, la participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética global solo alcanza 10,2 %.

De acuerdo con datos de BP, las reservas probadas de petróleo ascienden a 1697,6 miles de millones de barriles, 17,7 % de las cuales pertenecen a la República Bolivariana de Venezuela, seguida del Reino de Arabia Saudita y Canadá. Mientras tanto, las reservas de carbón mineral y gas natural convencional son de 891 531 millones de toneladas y 186,9 trillones de metros cúbicos, respectivamente. Estados Unidos, la Federación Rusa y la República Popular China poseen 57 % de las reservas de carbón mineral del mundo. La República Islámica de Irán, la Federación Rusa y el Estado de Qatar, poseen 48,6 % de las reservas mundiales de gas natural con-



El empleo del carbón mineral mostró un decrecimiento a escala global.

vencional. Al ritmo de consumo que el mundo alcanzó al finalizar 2015, el petróleo duraría unos 50,7 años, el carbón mineral alcanzaría para 114 años y el gas se agotaría en 52,8 años. Bastante poco tiempo. Sin embargo, esto no parece asustar a nadie y la «fiesta» global de los combustibles fósiles continúa con gran entusiasmo.

### Los «caracoles» de Exxon-Mobil

Otra de las organizaciones que ha «tirado» sus caracoles para estudiar el futuro de la energía en el mundo es la empresa petrolera Exxon-Mobil de EE.UU. En 2012 divulgó su informe «Las perspectivas de la energía: una visión hacia el 2040». El documento es una bofetada para los que defendemos el desarrollo energético sostenible, los que sostenemos que un mundo que solo se abastezca del flujo energético solar y de otras alternativas energéticas renovables es posible, y que la especie humana evitará el cambio climático.

Según Exxon-Mobil, en el 2040, 90 % del transporte mundial se moverá con combustibles líquidos de origen petrolífero, 60 % de la demanda energética global será cubierta por petróleo y gas, y las emisiones de GEI se estabilizarán a partir de 2030. En resumen, los «brujos» de Exxon-Mobil aseguran que la «fiesta» de los combustibles fósiles va a continuar casi hasta mediados del presente siglo, con la misma «alegría» que hasta hoy. Para colmo de males, la «bola de cristal» de Exxon-Mobil «dijo» también que recursos fósiles no convencionales como las arenas bituminosas y el petróleo de esquistos y de aguas muy profundas, cubrirán 45 % de la demanda global de combustibles líquidos. Se duplicará la generación de electricidad a partir de energía nuclear y energías renovables, aunque su participación en la matriz mundial no variará sustancialmente. Exxon-Mobil prevé que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) subirán 70 % respecto a 1990. Profecías como estas le ponen los pelos de punta a cualquiera con un raciocinio elemental, excepto a los que defienden los hidrocarburos a ultranza. Desafortunadamente, estos falsos profetas

abundan por todas partes y mucho más de lo que los necesitamos.

### «Montañas» y «océanos»

Desde hace 40 años Royal Dutch Shell, otra multinacional de los combustibles fósiles con base en Ámsterdam, Holanda, crea sus propios escenarios energéticos. «Montañas» y «Océanos» son escenarios con nombres geográficos creados a partir de elementos socio-políticos y económicos con la vista puesta en el 2060. «Montañas» es más de lo mismo, o sea, predominio de las fuentes no renovables de energía. Estas abarcarán en 2060, 72,8 % de la matriz energética mundial, un poco por debajo de 86 % pronosticado por Exxon-Mobil para 2040. El gas de esquistos y el gas acompañante del carbón mineral, forman en «Montañas» el nuevo «espinazo» gasífero del sistema energético global, y para 2030 el gas natural será la principal fuente de energía primaria, acabando así el «reinado» petrolero. La transición hacia el gas, los incentivos para desplegar tecnologías de captura y secuestro de carbono, y las energías renovables, llevan a disminuir las emisiones de GEI por debajo del nivel de 1990, pero la temperatura media global crecerá más allá del actual objetivo de dos grados Celsius.



El gas natural será la principal fuente de energía primaria para 2030.

En «Océanos», las energías renovables ganan terreno y abarcan 39,7 % del «pastel» energético mundial. La energía solar aporta en 2060 la quinta parte del suministro total de energía primaria y lidera la matriz energética global. Paradójicamente, el consumo de agua para fines energéticos aumenta 45 % más

que en Montañas, y las emisiones anuales y acumuladas de GEI son mayores.

### Otros augurios

Según el informe «Perspectivas Mundiales del Petróleo 2012» de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), en 2035 el consumo per cápita anual promedio de petróleo en los países en desarrollo será de tres barriles. En los desarrollados el promedio será de unos 11 barriles anuales per cápita, y en América del Norte superará los 13 barriles.

En 2035 la economía mundial demandará 107,3 millones de barriles de petróleo diarios, un poco menos que los 113 millones diarios que predice Exxon-Mobil para 2040. El 87 % del aumento de la demanda de petróleo ocurrirá en los países en desarrollo de Asia. El creciente número de automóviles en economías emergentes (China e India), hará crecer de forma significativa la demanda petrolera global, señala el informe.

Según la OPEP, en 2035 se producirán tres millones de barriles diarios del controvertido petróleo de esquistos. La fractura hidráulica, método usado para extraerlo, involucra el uso de grandes volúmenes de agua y podría provocar la contaminación de acuíferos y otros impactos ambientales.

El Consejo Nacional de Inteligencia, un tanque pensante de la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos, dice en su informe «Tendencias Globales 2030: Mundos Alternativos», que EE.UU. alcanzaría su independencia energética en 2030 a partir de la extracción de gas y petróleo de esquistos. Para 2020 el país norteamericano dispondría de unos ocho millones de barriles diarios de petróleo para exportar. Esto podría dejar literalmente «colgados de la brocha» a sus sempiternos socios canadienses con sus arenas bituminosas, y tendría un negativo impacto en las economías petroleras al bajar los precios del oro negro. Según el destacado analista Daniel Yergin y autor del libro *The Prize*, donde relata con asombroso detalle la historia del oro negro, y el diario británico *The Economist*, la autosuficiencia energética de EE.UU. y la disminución del consumo global de crudo,

ocurrirán al decrecer la demanda, en parte por la producción de autos más eficientes.

Los expertos del Consejo Mundial de Energía (WEC, en inglés), consideran que para 2050 la demanda de combustibles de los medios de transporte que circularán en el planeta, superará la que había en 2010 entre 30 y 82 %. El sector seguirá dependiendo de los combustibles líquidos derivados del petróleo y podría usar más de un tercio del suministro global de energía, incluyendo la mitad del petróleo. El WEC vaticina que las emisiones asociadas al transporte crecerán, en el peor de sus escenarios, en 79 %. ¿A dónde vamos a parar?

Los medios de transporte utilizarán cada vez menos combustible para recorrer la misma distancia, pero habrá muchos más llevando cargas y bienes de consumo de todo tipo de un lugar a otro. Habrá más aviones y cruceros llevando pasajeros por todo el mundo. Habrá más trenes y camiones para transportar más mercancías. La flota mundial de autos llegará a 2086 millones de unidades, pues millones de familias ingresarán a la clase media y accederán a comprarse un auto.

En resumen, si la cordura no se impone y la irracionalidad sigue prevaleciendo, continuará el predominio de los combustibles fósiles de origen convencional y no convencional a nivel global. Seguirán incrementándose peligrosamente las emisiones de CO<sub>2</sub>. Otros vaticinios pronostican que se incrementará la población mundial, por lo que harán falta más carreteras, más edificios y más electricidad para hacer funcionar cada vez más equipos de climatización, computadoras y electrodomésticos de todo tipo. Seguramente también habrá más propaganda que incite a comprar de todo aunque no sea necesario, usarlo poco tiempo, botarlo y comprar de nuevo para que las economías crezcan. Ojalá los «caracoles» y los «brujos» que los lanzan para predecir el futuro, se equivoquen. 🐌

---

\* Máster en Fuentes Renovables de Energía, profesor de Física, autor de libros, divulgador y conferencista sobre temas energéticos. Miembro de la Junta Directiva Cubasolar de La Habana.

E-mail: arrastia59@nauta.cu

# Energía térmica del mar. Climatización con agua fría del fondo marino

*Una fuente de enfriamiento natural,  
altamente fiable y rentable*

Por CARLOS MARTÍNEZ COLLADO\*

11

**BAJO EL COAUSPICIO** de la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA, por su sigla en inglés), la entidad japonesa Xenesys ha reconocido a la región de América Central como una zona de alto potencial para la implantación de centrales termo-oceánicas, conocidas en el entorno energético como las centrales OTEC. El año 2015 fue particularmente importante para Cuba en cuanto a la determinación del potencial disponible para el aprovechamiento de la energía termo-oceánica en el país,

pues la propia compañía japonesa Xenesys diagnosticó preliminarmente un potencial de generación de electricidad de 2100 MW, distribuido en seis zonas de la geografía insular (Figs. 1 y 2, página siguiente).

Igualmente, en el año 2015 la empresa holandesa Ecopower International determinó la existencia de siete zonas con potencial para aprovechar la energía térmica del mar, pero en este caso para el enfriamiento o climatización de locales por medio de la utilización del agua

fría del fondo marino, aunque esta vez sin realizar un estimado del potencial disponible en la región (Fig. 3).

A las áreas determinadas por los japoneses, los holandeses incrementaron la región sur del Parque Nacional Jardines de la Reina, al

sur de Camagüey, con lo cual se completan las siete zonas mencionadas; no obstante, para los intereses de este artículo basta con las seis zonas predeterminadas por los japoneses.

La potencia a instalar estimada por ellos, como anteriormente se mencionó, asciende

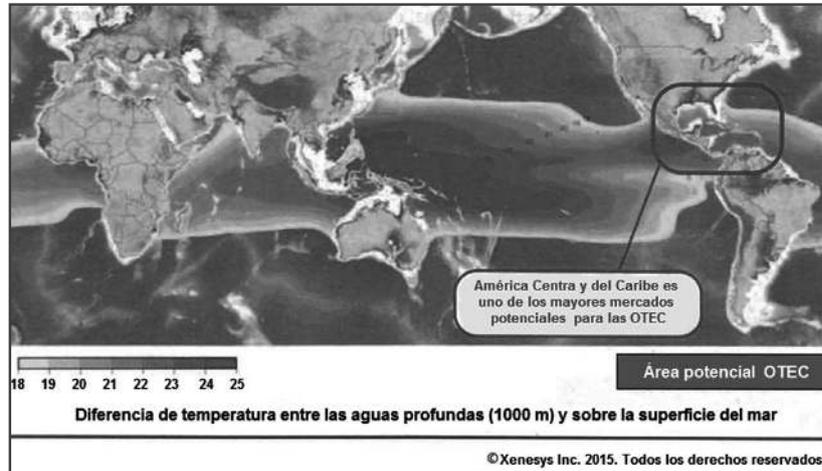


Fig. 1. Zonas del planeta con potencial para aprovechar la energía térmica del mar.

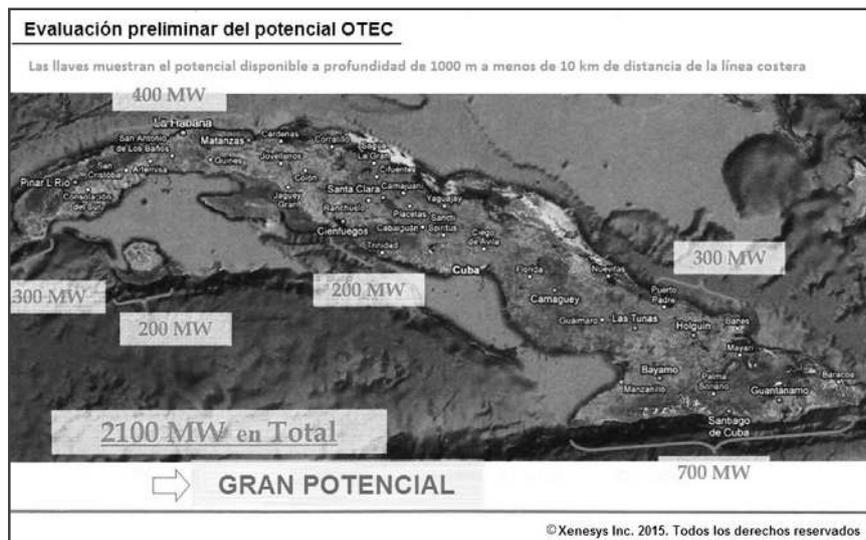


Fig. 2. Evaluación preliminar del potencial OTEC en Cuba.

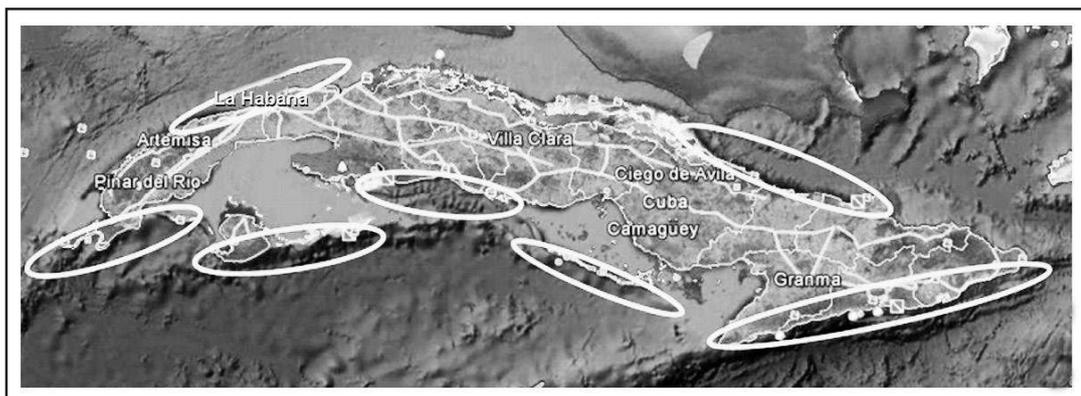


Fig. 3. Determinación de zonas con potencial para emplear el SWAC en Cuba.

a 2100 MW, está disponible para emplearla tanto por el lado de alta como por el lado del consumidor. Por lo que si en lugar de generar electricidad para consumirla posteriormente en el funcionamiento de los equipos convencionales de climatización, se emplea directamente el agua fría del fondo marino para climatizar las habitaciones de las instalaciones hoteleras, empresariales, edificios multifamiliares, hospitales, etc., se dispone de un potencial mayor en términos de potencia eléctrica dejada de generar, pues una pérdida mínima de 11 % en la red implica 2360 MW de generación, y la potencia evitada de 2775 MW, para disponer de un factor de potencia disponible de 85 %.

En el reglamento técnico que regula la importación de los equipos de uso final de la energía eléctrica, Resolución 136 del 2009 del extinto Minbas, Cuba ha establecido que el coeficiente mínimo de operación de los equipos de climatización admitidos comercial e industrialmente en el país, es de 2,34 watt de potencia frigorífica contra cada watt de potencia eléctrica demandada. Por tanto, al multiplicar dicho valor por la potencia dejada de generar, se visualiza un potencial mínimo de 5430 MW en climatización, potencia suficiente para climatizar toda la isla y sus cayos adyacentes.

### **Sistema de climatización con agua fría del fondo marino (Seawater air-conditioning, SWAC)**

El Sistema de climatización con agua fría del fondo marino (SWAC) es un sistema innovador, que utiliza agua de mar fría entre 6 y 10°C tomada de las profundidades del océano. Esta agua fría es empleada como refrigerante para los sistemas de aire acondicionado de edificios situados en un radio relativamente cercano al lugar de extracción de ese recurso energético.

Como se expresó anteriormente, en cualquier lugar tropical del mundo, donde se encuentren profundidades mayores de 600 a 800 m, y donde la pendiente del fondo del océano sea suficientemente pronunciada,

con gran probabilidad está disponible el agua fría y por tanto puede ser empleado el SWAC (Fig. 4).

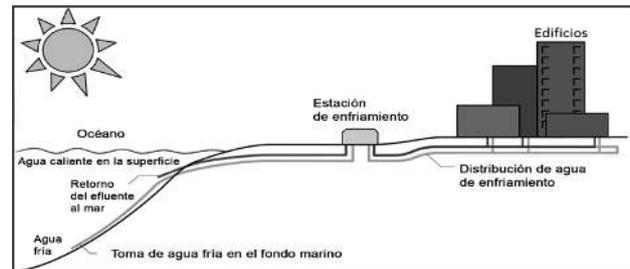


Fig. 4. Esquema de sistema SWAC.

El sistema SWAC es adecuado para edificios (hoteles, oficinas o procesos industriales), que se enfrían con aire acondicionado central convencional, especialmente cuando se emplea agua fría como refrigerante a través de las unidades enfriadoras de estos edificios.

El esquema que se muestra en la figura 5, describe en detalle las características elementales del sistema SWAC.

Un sistema básico SWAC se ilustra en la figura anterior. Los edificios son enfriados con aire acondicionado convencional centralizado y para ello unidades intercambiadoras de calor sustituyen a los enfriadores convencionales de los sistemas de climatización de esos edificios.

La capacidad de refrigeración requerida está determinada por la capacidad de diseño del sistema de distribución de agua fría, que funciona haciendo pasar agua fría extraída del mar a través de un intercambiador de calor centralizado, situado en los edificios beneficiarios de esta tecnología. En este intercambiador se enfría el agua dulce del sistema de refrigeración interna de los edificios.

Una vez que el agua de mar ha pasado a través del intercambiador de calor, se retorna al océano a través de una tubería de efluente que, una vez allí, descarga a una profundidad de aproximadamente 30 m por debajo del nivel del mar, con lo cual se evitan alteraciones del medio marino donde se descarga.

Por razones estéticas, y principalmente para su protección, ambas tuberías de agua de mar: la del afluyente y la del efluente, están enterradas a poca profundidad en la parte

terrestre, desde la costa hasta la estación de enfriamiento cerca de los edificios consumidores, y debido a que todas las partes principales del sistema SWAC son de tecnología probada, este sistema es altamente confiable.

### Elementos básicos de un SWAC

Los principales componentes de un sistema básico SWAC son:

1. Un sistema para el suministro de agua fría que consiste en una tubería cuya toma es colocada a gran profundidad en el fondo marino, soterrada en la parte terrestre que conduce el agua hasta las cercanías de los edificios consumidores.
2. Otra tubería, igualmente soterrada, para el retorno del efluente hacia el mar, instalada a una menor profundidad en el océano.
3. Una estación de bombeo para la impulsión desde el mar hasta la estación de distribución del agua fría.
4. Un sistema de distribución de agua de refrigeración para los clientes finales.
5. Un sistema de tomas de agua fría cercano a los clientes.

### Ahorro de energía, impactos y capacidad del SWAC

Debido a sus características, el sistema SWAC puede reducir el consumo de energía eléctrica total y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la climatización hasta 90%, reduciendo con ello el costo total de energía en valores y cuantía considerables. Esto, combinado con un

diseño adecuado y una buena construcción, no provoca ningún impacto negativo al medioambiente y tiene como beneficio colateral la eliminación total de los refrigerantes convencionales de los clásicos sistemas de climatización, al reducir a cero el uso de freones, disminuyendo su necesidad en 100%, por lo que el sistema contribuye a un medioambiente sostenible de manera rentable.

Aun cuando se tienen estas ventajas evidentemente visibles, el sistema SWAC posee un único inconveniente: la necesidad de disponer de una gran demanda de climatización que justifique las grandes inversiones que se requieren; no obstante, los ahorros y beneficios ecológicos que traen consigo, hacen que valga la pena la inversión. Por eso es necesario conocer en qué momento puede ser aplicado el SWAC y cuál es la combinación de los diversos parámetros que posibilitan su empleo, identificando en este sentido los factores siguientes:

1. Se requiere una demanda de climatización mayor o igual que 1200 Ton aire acondicionado, equivalentes a 1,5 MWe.
2. Los clientes deben estar agrupados y situados a la orilla del mar, factor este que se manifiesta en muchas localidades de Cuba: Mariel, La Habana, Matanzas, Ciego de Ávila, Holguín, Santiago de Cuba, Cienfuegos, Cayo Largo del Sur y Jardines de la Reina.
3. El agua fría profunda debe estar disponible en el mar cercano.

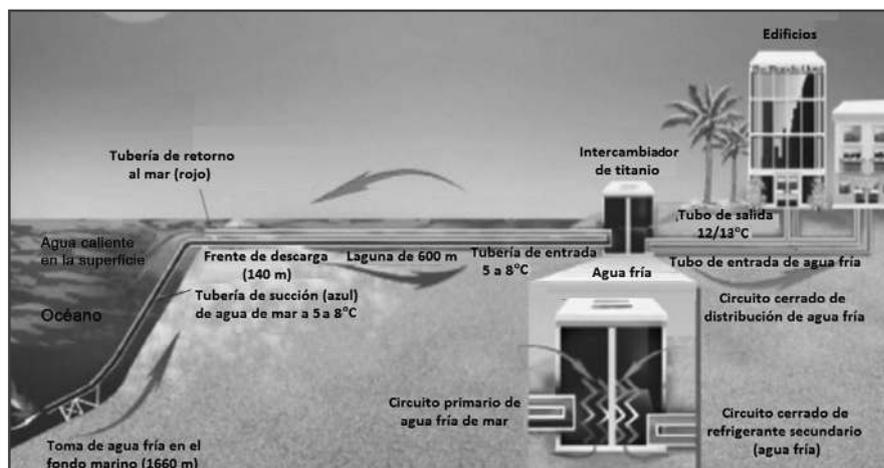


Figura 5. Esquema básico detallado de un sistema SWAC.

4. Los altos costos de la energía y el agua ayudan a la factibilidad de SWAC.

Por todo lo anterior, cuanto mayor sea la demanda total de climatización y menor la distancia al agua fría, más factible será el sistema SWAC, y viceversa.

### **Ventajas de un sistema SWAC**

Los sistemas de climatización con agua fría del fondo marino poseen ventajas evidentes con respecto a los sistemas convencionales que es conveniente mencionar, entre las que se encuentran las siguientes:

- los sistemas SWAC son una tecnología probada, y se utilizan desde 1981 en ciudades de Hawaii, Suecia, Canadá (Toronto) y EE.UU. (Nueva York);
- los sistemas SWAC son ideales para el enfriamiento o climatización de ciudades, por lo cual se han convertido en una práctica común;
- son comercialmente viables y factibles;
- garantizan de manera segura hasta 90% de reducción del consumo de energía para la climatización y por igual las emisiones de gases de efecto invernadero;
- garantizan la eliminación total de los refrigerantes convencionales: freones, amoníaco y otros hidrocarburos o refrigerantes naturales que no sean agua;
- solo requieren 10% de la capacidad eléctrica para su funcionamiento, al compararlos con los sistemas convencionales de climatización;
- debido a esta escasa necesidad de energía convencional, el sistema SWAC ofrece una protección natural contra las fluctuaciones del precio del petróleo, debido a que un impacto por el aumento de su precio, o de la electricidad, es despreciable en su funcionamiento;
- poseen costos fijos y predecibles de climatización, que pueden ser considerablemente más bajos que el total de los costos en el país;
- representan hasta 40% de reducción en el costo de refrigeración para el cliente final;

- poseen muy bajos costos de mantenimiento y explotación;
- funcionan prácticamente sin ruido, pues al no poseer los compresores de los sistemas de climatización eliminan totalmente el ruido;
- requieren de un menor espacio para su instalación que los sistemas convencionales, favoreciendo el empleo del área de techo para la instalación de otras tecnologías que permitan aprovechar convenientemente los recursos energéticos renovables del clima cubano;
- los diseños actuales son altamente confiables;
- los planes de expansión pueden ser adaptados con relativa facilidad;
- el entorno de instalación de la tecnología proyecta una imagen verde, y
- contribuye a la sostenibilidad del suministro de energía en economías locales.

Por otra parte, los sistemas SWAC tienen un gran potencial para el desarrollo de otras actividades productivas, al permitir la creación de oportunidades para los nuevos sectores económicos de la agricultura y la acuicultura, por medio del aprovechamiento del efluente de agua fría sin costo adicional:

- en la agricultura con o sin invernaderos se pueden garantizar incrementos en la producción de verduras, frutas, flores, hierbas, etc.;
- se logra el enfriamiento de grandes invernaderos con el efluente frío;
- en la acuicultura se pueden construir granjas de langosta, pescado y camarones, de particular importancia para La Coloma en Pinar del Río, Cienfuegos y la Isla de la Juventud;
- para la industria farmacéutica se facilita la obtención de minerales, proteínas, etc.;
- por las características del efluente, y para su aprovechamiento, se diseñan estaciones de baños medicinales;
- el embotellado de agua para la exportación hacia los mercados asiáticos es otra oportunidad de peso considerable,

pues el agua de mar extraída a gran profundidad posee una edad de aproximadamente mil años, hecho que para algunas culturas asiáticas posee un alto valor místico y curativo, y

- se desarrolla una nueva vegetación en el fondo marino.

### Desventajas del sistema SWAC

Como toda tecnología, el sistema SWAC posee desventajas y limitaciones que se deben mencionar, y son las siguientes:

- en primer lugar, se debe tener en cuenta su capacidad, pues no es rentable para demandas inferiores a las 1200 toneladas de climatización;
- al requerir una gran escala, necesita fuertes inversiones iniciales para su aplicación;
- se requiere de una combinación de acciones de factores sociales y empresariales para su desarrollo, pues pudiera implicar movimiento de tierra y cruce de viales, carreteras, líneas de agua e instalaciones eléctricas; espacios para instalar las tuberías de agua fría y sus ramales;
- aunque las tecnologías existentes actualmente son probadas y seguras, se requiere de tuberías sumergidas en el mar que no están exentas de daños por fenómenos climatológicos como huracanes, tifones, maremotos, terremotos, etc., que pueden dañar la infraestructura (tuberías) del SWAC;
- escaso o poco conocimiento sobre esta tecnología;
- en el caso de Cuba se tiene la agradable, aunque fallida experiencia de George Claude, precursor de esta tecnología en el mundo, quien después de haber instalado con éxito una tubería de gran costo en la costa al norte de Matanzas, la perdió al año siguiente a causa de un huracán.

### Conclusiones

- Cuba es uno de los países tropicales beneficiados por el clima para poder aprovechar la energía termo-oceánica y existe un gran potencial disponible

en siete zonas aledañas a la geografía nacional;

- Cuba ha sido el primer país del mundo en el cual se demostró la factibilidad técnica de aprovechar esta forma de energía renovable, que es mucho más rentable y conveniente de utilizar en la climatización que en la generación de electricidad, por su gran simplicidad y el mínimo de partes móviles requeridas (solo bombas de agua y ventiladores de los enfriadores);
- Se pueden alcanzar ahorros de 90 % del consumo energético en climatización, que solo por mencionar un sector, en el turismo alcanzan más de 60 % de los usos de energía en las instalaciones hoteleras, por lo que estas necesidades pueden decrecer hasta 6 % de las necesidades actuales, hecho que incrementaría grandemente la rentabilidad de los hoteles, pues la climatización constituye uno de sus principales gastos económicos.
- La climatización con agua fría del fondo marino es una de las vías con que Cuba cuenta para alcanzar la independencia energética, pues la climatización es uno de los mayores gastos energéticos en los que incurre la economía nacional; además, reduciéndola se aminora considerablemente la dependencia del petróleo importado.
- Los sistemas SWAC o climatización con agua fría del fondo marino, vienen siendo para la refrigeración convencional, lo que la lámpara LED representa para el bombillo incandescente; contra las tecnologías tradicionales, ambas implican ahorros de 90 % de la energía, por ello se pudiera llamar al SWAC como el «LED de la climatización», y con ahorros mucho mayores. 🌊

---

\* Máster en Ciencias en Agroecología y Agricultura Sostenible. Ingeniero Mecánico en la especialidad de Termoenergética. Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía (ONURE).

E-mail: carlosmc@oc.une.cu

# Operación y mantenimiento de parques eólicos. I parte

## *Importancia de las labores de mantenimiento de un parque eólico*

Por CONRADO MORENO FIGUEREDO \*

**¿SABÍA USTED QUE** los parques eólicos operan en zonas remotas, de difícil acceso, y por tanto su mantenimiento es bastante difícil de realizar? ¿Que los parques eólicos pueden estar detenidos, aunque haya viento suficiente? ¿Que de acuerdo a los objetivos de Cuba para el 2030 habrá entre 300 y 400 aerogeneradores instalados, a los cuales debe dársele mantenimiento?

Con este trabajo se pretende profundizar en la cultura del mantenimiento a los parques eólicos dadas las perspectivas que esta tecnología tiene en el futuro cercano en el país, y la poca experiencia que se posee en este aspecto. El artículo está dividido en dos partes, la primera con carácter más general, y la segunda con asuntos más específicos sobre los fallos y los costos de la operación y mantenimiento de los aerogeneradores.

De acuerdo con la política para las energías renovables y la eficiencia energética en Cuba, aprobada en 2014 por el Gobierno cubano, la meta de participación de las fuentes renovables de energía en la producción de electricidad en el 2030 es de 24 %. De ello, 6 % le corresponde a la energía eólica con más de 633 MW instalados en más de 13 parques eólicos, lo que significa instalar alrededor de



300-400 aerogeneradores; estos deben mantenerse operando y entregando electricidad a la red el mayor tiempo posible, y ello requiere de un mantenimiento preciso y ordenado.

Especial atención se le presta a las tareas de evaluación del recurso eólico y la elección de los aerogeneradores más adecuados al sitio de instalación, fundamentalmente en las etapas iniciales. Posteriormente, cuando los parques eólicos comienzan a operar produciendo energía, la operación y mantenimiento comienza a jugar un rol de mayor importancia.

Los objetivos globales de la Operación y Mantenimiento (O&M) de un parque eólico, se pueden identificar como sigue:

- Maximizar los resultados en la vida útil de los parques, es decir, máxima energía eléctrica y mínimo costo.
- Minimizar los riesgos del proyecto.
- Asegurar el funcionamiento en máximas condiciones de seguridad para las personas e instalaciones.
- Control permanente de los recursos de mantenimiento.

Como se conoce, actualmente la forma más común de explotar el recurso eólico es

agrupando los aerogeneradores en parques eólicos de diferentes potencias, con varias y hasta decenas de estas máquinas. Estos parques se ubican en zonas donde se ha medido el viento, y este sea el adecuado para su instalación. Por lo general, estos sitios están alejados de áreas urbanas. Se puede aseverar que estas instalaciones operan de un modo semiabandonado, y en general no existe un personal permanente operándolos en el sitio. Solo en caso de algún fallo o avería, o del mantenimiento programado, este personal hace presencia en la instalación para su supervisión y mantenimiento.

Por lo anterior, para la operación exitosa de un aerogenerador o un parque eólico se requiere de una herramienta fiable y capaz de conocer de forma remota el estado de cada uno de sus componentes; es decir, que se conozcan los factores que pueden afectar la explotación, así como las medidas a aplicar para su solución y asegurar la máxima productividad de la o las turbinas.

Lo primero se logra con los sistemas de comunicación, que se les conoce como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), en español, Control Supervisado y Adquisición de Datos. Estos sistemas registran el estado de la operación y las alarmas que se puedan producir en los diferentes elementos del parque eólico, y además envían señales de control. Esas posibilidades permitirán gobernar su funcionamiento atendiendo a órdenes de un operador que no se encuentra en el sitio de instalación del parque.

### El principal indicador de la efectividad de operación de un parque eólico: el coeficiente de disponibilidad técnica

A este coeficiente se le conoce como coeficiente de disponibilidad. Este indicador no tiene en cuenta el tiempo en que el aerogenerador no funciona por efecto de la velocidad del viento fuera del intervalo de operación. Tampoco tiene en cuenta el tiempo en que la red eléctrica está fuera de servicio; es decir, solo considera el número de horas de disponibilidad del aerogenerador  $T_D$  para generar electricidad, sin la influencia del comportamiento del viento ni de la red eléctrica. Se define entonces como el cociente entre este número de horas de disponibilidad  $T_D$  y el número de horas totales del intervalo analizado  $T$ , y se expresa:

$$C_{DT} = T_D/T$$

El valor de  $T_D$  tiene en cuenta las horas en que el aerogenerador está fuera de operación debido a fallos o averías, es decir, el mantenimiento reactivo y las horas de indisponibilidad programadas, correspondientes a las horas anuales de paradas programadas por mantenimiento preventivo. Por tanto, el número de horas anuales ( $T_D$ ) resulta de restar, a las horas anuales (8760 h), las dedicadas al mantenimiento preventivo y



reactivo. Un coeficiente de disponibilidad fiable se puede obtener con datos provenientes de un gran número de aerogeneradores operando en un período de varios años.

En los comienzos de esta tecnología, a principios de los años ochenta, la disponibilidad era cercana a 20 %, y ya a finales de esos años los mejores aerogeneradores alcanzaban coeficientes de disponibilidad del orden de 95 %, después de cinco años de operación. Actualmente la disponibilidad de los aerogeneradores con una tecnología madura se encuentra entre 97 y 99 %. Los aerogeneradores del parque eólico Gibara 1 alcanzan coeficientes de disponibilidad de 97 %, según estimaciones (Fig.1).

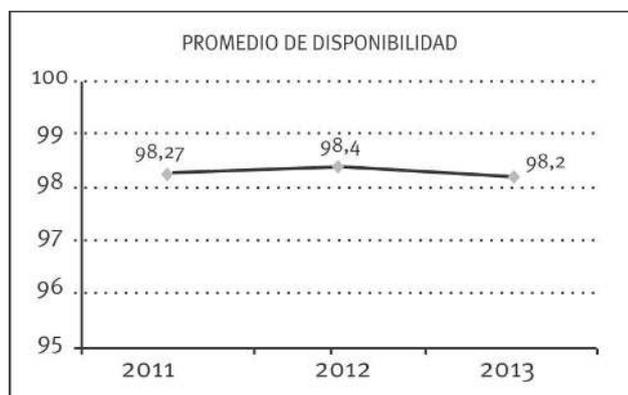


Fig. 1. Coeficientes de disponibilidad en el parque eólico Gibara 1.

### ¿Por qué los aerogeneradores pueden estar detenidos si hay viento suficiente?

A veces cuando pasamos por un parque eólico vemos aerogeneradores sin funcionar y creemos que están dañados, pero no es así.

Por supuesto, las paradas de los aerogeneradores afectan los indicadores anteriores, y por tanto su operación, cuyo objetivo es producir la mayor cantidad de energía; por eso es necesario conocer qué motivos pueden provocar que estén detenidos existiendo condiciones de viento suficientes para su operación. En fin, evitar las paradas es importante y conocer sus motivos también.

Los aerogeneradores en un parque eólico pueden estar detenidos por diversos motivos:

- **Mantenimiento:** Es la causa más habitual cuando hay un aerogenerador inactivo y

otros funcionando: cada cierto tiempo, los aerogeneradores se detienen para realizar su inspección, engrasarlos, etc. Son paradas programadas de uno o varios aerogeneradores; obviamente también se suelen parar cuando hay menos viento para perder menos energía y dinero. Hay empresas que usan softwares propios para calcular las velocidades y producciones de viento en cualquier momento, y así saber cuándo se realizan estas paradas.

- **Fallo:** Los fallos llegan sin avisar.
- **Velocidad excesiva del viento:** A partir de una determinada velocidad de viento, y por razones de seguridad, los aerogeneradores dejan de girar: las palas se ponen paralelas al viento, no «perpendiculares» como es habitual, y se frena el motor. En caso contrario pueden colapsar y hasta quedar destruidas. Esto suele suceder a partir de velocidades de unos 25 m/s. Estas paradas son muy infrecuentes, aunque hay sitios en el mundo donde el porcentaje de ocurrencia de esas altas velocidades es mayor.
- **Migraciones:** A veces ciertos aerogeneradores están en medio de un paso de aves migratorias y en algunos momentos las máquinas se detienen para no dañarlas.
- **Shadow flicker:** Puede ocurrir que la sombra de las palas al girar les moleste a algunos vecinos cuando el aerogenerador se encuentra entre el sol y sus casas. Ese *parpadeo* de las palas girando se evita parando el aerogenerador en determinadas horas. Este efecto se calcula con geometría y tablas de la posición del sol.
- Los sobrantes de energía producida por el parque.

Las paradas más frecuentes y habituales ocurren por mantenimiento y fallos, pero puede suceder que la energía eólica generada sea excesiva y se tengan que parar los aerogeneradores, e inclusive parques eólicos enteros. Esto puede suceder por varios motivos:

- Debido a altas velocidades del viento hay un aumento de la energía producida.

- Coincide con una disminución de la demanda: madrugadas, vacaciones, bajas temperaturas en las que no se necesita el uso del aire acondicionado, etc.
- Hay una red eléctrica débil en algunos puntos donde hay parques eólicos, la que no admite más de una determinada cantidad de potencia.

Como se conoce, la potencia de la red generada debe ser la misma que la potencia consumida para mantener la frecuencia de 60 Hz constante, y no dañar los equipos eléctricos conectados en las viviendas. Como detener las centrales termoeléctricas es más costoso, se detienen los parques eólicos. Lo ideal sería poder regular *con exactitud* la potencia de un parque e ir modificando la potencia de cada aerogenerador individualmente, para ajustarse a la demanda en cada momento; sin embargo, la red eléctrica actúa ordenando detener totalmente una línea de aerogeneradores, o un parque entero.

Para evitar ese derroche de energía de los parques eólicos, se han ideado varias tecnologías:

- *Redes inteligentes y generación distribuida*: Permiten un ajuste más exacto del consumo y la producción eléctrica.
- *Almacenamiento de la energía eólica*: Este es un campo en el que se está invirtiendo mucho dinero. La solución será, sin duda, mediante baterías, pero no faltan ideas ingeniosas como el bombeo de agua a cotas superiores para su posterior uso en forma de energía hidráulica, el aire comprimido y otras opciones.
- *Vehículos eléctricos*: Cargar baterías por la noche, momento en el cual –en la mayor parte de los lugares del mundo– hay mayor recurso eólico, facilitará la mejor gestión de la producción eólica.
- *Ruido*: La legislación de algunos países protege a los vecinos a partir de cierto nivel de decibelios. Para evitar ruidos molestos los aerogeneradores se suelen parar dependiendo de la hora del día (en la noche es más estricto), la distancia al

aerogenerador o la dirección del viento (el ruido se propaga con él).

- *Huecos de tensión*: Los aerogeneradores anteriores a 2008 están equipados con los generadores asincrónicos. En estos casos, cuando aparecen «huecos» de tensión en la red eléctrica (caídas debido a pequeñas desconexiones de subestaciones, cortocircuitos en líneas, etc.), estos causan muchos problemas. Las normas obligan a que se desconecten automáticamente de la red eléctrica y luego se deben volver a conectar manualmente.

### Mantenimiento de parques eólicos

El mantenimiento de los parques eólicos comprende el mantenimiento de las turbinas, de la infraestructura eléctrica y de los viales. De todos, el mantenimiento de las turbinas eólicas o aerogeneradores es el más importante y crítico, por cuanto decide grandemente el objetivo principal del parque, que es producir energía eléctrica en la mayor cuantía. En general hay tres clases o tipos de mantenimiento a los aerogeneradores: el proactivo, donde se ubican el preventivo y el predictivo, además del reactivo. Hoy la O&M emplea en primer lugar el preventivo, aunque un gran número de compañías están comenzando a adoptar estrategias de mantenimiento predictivo (Fig. 2).

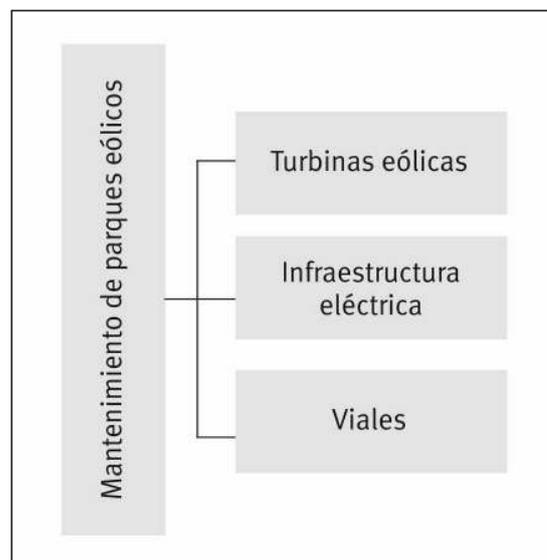


Fig. 2. Esquema de mantenimiento de parques eólicos.

### Mantenimiento de aerogeneradores

Actualmente los aerogeneradores son del tipo de rotor tripala –tres palas– orientadas según la dirección del viento. Las potencias nominales que producen comprenden un abanico muy amplio que va desde los 850 kW hasta los 2 MW, predominantes hoy en el mercado, y los que ya empiezan a extenderse y a ser comercializados, de 4,5 MW. En la figura 3 se muestran los principales componentes de un aerogenerador.

Los aerogeneradores, como cualquier otro equipo diseñado para producir energía eléctrica, necesitan de un mantenimiento destinado a minimizar el número de horas que permanecen fuera de servicio a causa de fallos o paradas para su revisión. Los componentes que los integran están sometidos a acciones que los deterioran en el tiempo, y precisamente con el mantenimiento se pretende restaurar sus características a un estado similar al inicial, a fin de asegurar su funcionalidad.

Dada la naturaleza de un parque eólico y las máquinas que lo forman, la actividad de mantenimiento se ha visto favorecida en varios aspectos desde la llegada de la electrónica a este tipo de instalaciones.

Por un lado, la electrónica ha facilitado la labor de revisión de los aerogeneradores, así como la realización de los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento. Por otro, el avance tecnológico alcanzado en los equipos de inspección y control está permitiendo conocer la situación real de las máquinas mediante controles periódicos o continuos, obteniendo así parámetros que una vez analizados dan un diagnóstico sobre la máquina analizada. Los parámetros más habituales, como se verá más adelante, son las vibraciones y los análisis de aceite, pero hay otros como las termografías, los ruidos, los ultrasonidos, etc., igualmente importantes.

El mantenimiento de aerogeneradores ha logrado otro avance importante con la

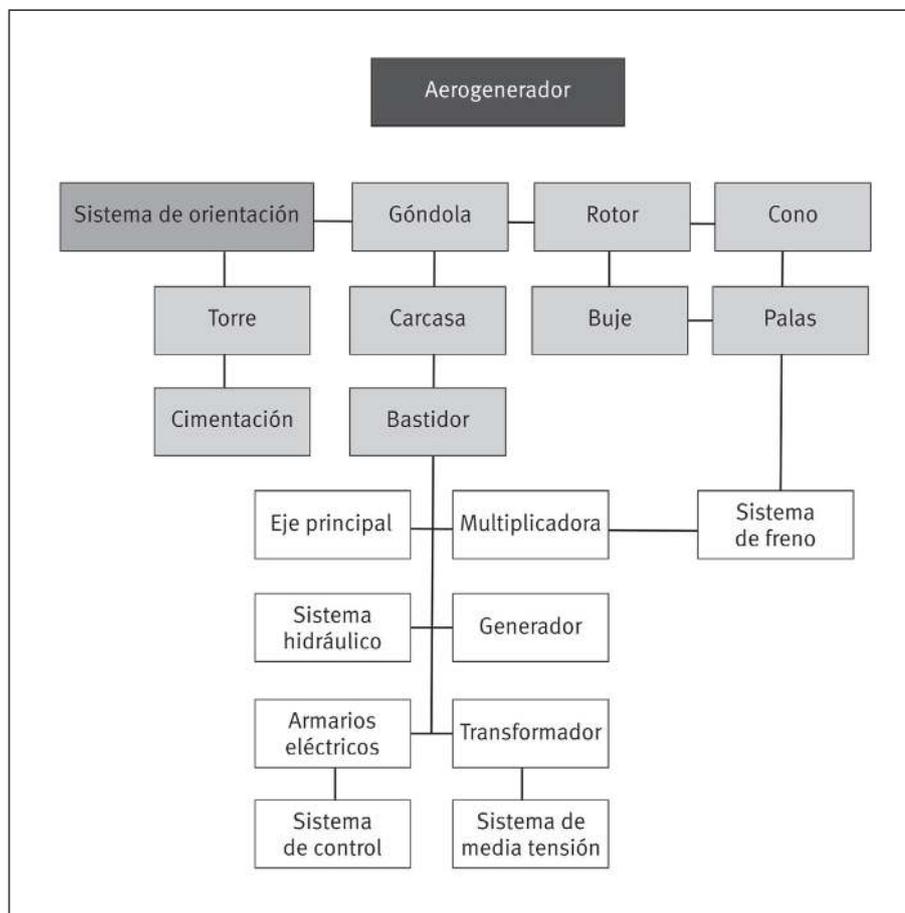


Fig. 3. Principales componentes de un aerogenerador.

implantación de los sistemas informáticos, los llamados GMAO, que han permitido recoger y analizar gran cantidad de información, pudiendo efectuar variados análisis de la evolución histórica de los elementos de una instalación.

Estos cambios tecnológicos derivados del desarrollo de la electrónica, de los equipos de inspección y control, y de los sistemas informáticos de la gestión del mantenimiento, han traído, a su vez, una evolución en las capacidades técnicas de los operarios de mantenimiento con vistas a mejorar y especializar su formación. A pesar de todo ello no hay que olvidar que las labores de mantenimiento de un parque eólico se basan, fundamentalmente, en el seguimiento periódico del funcionamiento de los aerogeneradores y de las causas que provocan sus paradas, ya sea mediante la presencia física del operador tras la detección de una avería, mediante revisiones periódicas o haciendo uso de sistemas de telecontrol o telemando, con el objetivo de conseguir, como ya se ha expuesto, la mayor disponibilidad posible.

Por tanto, para el desarrollo de estas actividades y en función del tamaño de la instalación, en muchos casos es necesaria la presencia de personal fijo encargado del seguimiento y la revisión de los equipos que componen un aerogenerador.

Cada tipo de mantenimiento se realizará en las dos partes que componen la instalación eólica:

- *Parte mecánica:* la constituyen todos los componentes del aerogenerador, rotor, góndola, generador, multiplicadora, palas, etc.
- *Parte eléctrica:* la forman los componentes de la subestación eléctrica, las líneas de alta, los centros de transformación y el sistema de celdas de media tensión presentes en el aerogenerador, así como un sistema de control que automáticamente selecciona la condición óptima y que incluye los armarios eléctricos Top y Ground.

El mantenimiento reactivo es adecuado en sistemas cuyas averías no entrañan grandes costos de parada ni de reparación. Sin embargo, este no es el caso de los aerogeneradores.

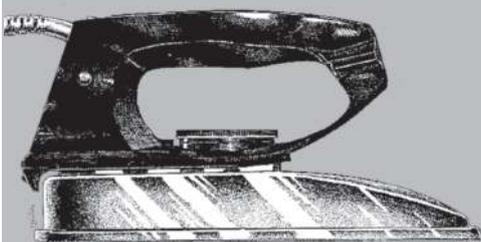
El mantenimiento preventivo es adecuado en sistemas cuyas averías entrañan significativos costos de parada y (o) de reparación, con el propósito de que estos sistemas trabajen de forma uniforme en el tiempo, es decir, a régimen constante. El mantenimiento predictivo, por sus características, se evidencia como el más adecuado para los aerogeneradores.

En el artículo siguiente seguiremos abordando este importante tema de la operación y mantenimiento de parques eólicos. 🇨🇺

---

\* 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.

## Evite usar la plancha eléctrica para una sola prenda



*pues calentará la resistencia sin aprovechar la ocasión*



# Mujer y energía

## *Utilidad de la virtud*

GABRIELA DE STANCHINA

Livo, prov. de Trento, Italia  
Maestra de escuela primaria  
(Jubilada)

*Junto con su esposo Enrico Turrini, Gabriela ostenta la Orden de la Amistad otorgada por el Consejo de Estado de la República de Cuba, por su activa, prolongada y solidaria labor en nuestro país.*

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

**GS:** Junto con mi esposo Enrico me he dedicado a promover el conocimiento y la

utilización de las fuentes renovables de energía, que es una forma de cuidar a la naturaleza; este trabajo lo realizo con los niños y jóvenes, principalmente en Cuba que es donde paso la mayor parte del año. Si comparamos las ventajas de estas fuentes de energía con las que a menudo se emplean como el petróleo y el carbón, tienen muchas ventajas desde el punto de vista medioambiental, político y social, y por lo tanto es necesario inculcar tomar este camino.

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

**GS:** Es un trabajo que realizo junto a mi esposo Enrico, pero se lleva a la par de las obligaciones en el hogar y la promoción al uso de las fuentes renovables de energía. El trabajo con los niños y jóvenes es muy lindo y reconfortante, pues generalmente aprendes mucho de ellos.

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

**GS:** No considero que haya existido algún obstáculo, pues cuento con el apoyo de mi esposo, y cuando las cosas se hacen con amor es un placer realizarlas. Muchas veces nos encontramos con falta de conocimiento de muchas personas con relación al tema de las fuentes renovables de energía, o no saben poner en práctica algunas medidas para ahorrar energía o reciclar los desechos, que es muy importante, o sustituir un equipo que gasta más energía por otro más ahorrador, y hasta adoptar un modo de vida más saludable en mejor armonía con la naturaleza. Por eso debemos ser sistemáticos en nuestro trabajo. El pueblo cubano es muy instruido y ha aprendido a buscar soluciones a las dificultades, principalmente energéticas.

**EyT:** *Principales satisfacciones.*

**GS:** La principal satisfacción la encontramos en Cuba con los estudiantes de la ciudad escolar Camilo Cienfuegos al ver nuestro proyecto materializado, y

al ver lo que ellos pueden demostrar lo que aprenden y aplican en sus escuelas, en el huerto y hasta en la casa con su familia. En el Centro de Estudio Solar se realiza un taller infantil todos los años en el que participan muchos estudiantes que realizan dibujos, poesías y trabajos investigativos junto con sus profesores. Son trabajos muy creativos y demuestran lo que han aprendido sobre las fuentes renovables de energía. En realidad eso es lo que pretendemos, pues el futuro de la madre tierra lo tenemos que garantizar con la nueva generación y tratar de reducir al mínimo todo el daño que hasta el momento el hombre ha causado, y si educamos adecuadamente a los niños y jóvenes se logran poner en vida las palabras de Fidel «Un mundo mejor es posible».



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

**GS:** En la casa me gusta cocinar, principalmente utilizando vegetales y frutas. Nos gusta llevar una dieta lo más sana posible.

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

**GS:** Me gusta leer y caminar en la naturaleza.

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

**GS:** He tenido la suerte de estar matrimoniada con mi esposo Enrico, pronto cumplimos 54 años de matrimonio (será el 15 de abril) y ha sido mi compañero en todo momento ayudándonos mutuamente. Pero conozco que aquí en Cuba los beneficios y las leyes favorecen mucho a la mujer, principalmente a la mujer trabajadora.

**EyT:** Palabra favorita...

**GS:** Amor.

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

**GS:** Egoísmo.

**EyT:** Lo que más amas...

**GS:** A los niños.

**EyT:** Lo que más odias...

**GS:** La mentira.

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

**GS:** Estoy contenta y me siento realizada con haber sido maestra, enseñaba y aprendía mucho de los alumnos.

**EyT:** *Algún consejo...*

**GS:** Aprendo en Cuba mucho más de lo que puedo aconsejar, a pesar de que conocemos esta Isla hace más de 24 años. Pero es necesario hacerse siempre más eficientes para alcanzar mejores resultados en nuestro trabajo y no cansarnos en el empeño. ☺



# BIOGÁS PARA CRECER: Finca integral La Puerta del Sabino

## *Biogás, tradición y calidad de vida*

Por JOSÉ ANTONIO GUARDADO CHACÓN \*  
y LEONEL MAYEA ÁLVAREZ \*\*

**EN FEBRERO DE 1994**, en un área de apenas 60 m<sup>2</sup> se inicia esta experiencia en la finca integral La Puerta del Sabino, ubicada en Paso Real, municipio Los Palacios, provincia de Pinar del Río. Proveniente de El Corojal, barrio rural de la actual provincia de Artemisa, el campesino Leonel Mayea Álvarez y su familia se mudan a la finca en donde continuaron su tradición de crianza de cerdos por esfuerzos propios y de forma muy rústica. En 1997 este productor se inserta en las labores de la producción porcina por convenio estatal, y en ese mismo año su hija más pequeña cumplía un año de edad. Este

primer convenio familiar de 30 animales, representó el despegue de un trabajo sostenido y creciente en dicha finca.

Con el paso del tiempo esta familia se incrementó y crecieron las expectativas y posibilidades de aplicar tecnologías apropiadas y elevar su calidad de vida. Inicialmente se analizaron las posibilidades de desarrollo de esta finca, entregada por el Decreto 259. Las tierras presentaban características desfavorables en cuanto a su productividad y calidad de los suelos, desafío que desencadenó aún más la iniciativa y perseverancia de la familia Mayea. La tradición familiar en la crianza de cerdos los llevó a reiniciar dicho camino, lo que condujo a la necesidad de aplicar un procedimiento para el tratamiento de los residuales y lograr el cierre del ciclo productivo; por ello deciden la construcción de un biodigestor y una laguna, con el propósito de alimentar a los animales y para el autoconsumo familiar. Con pasos seguros comienza también el desarrollo de una agricultura familiar hacia la sostenibilidad.

Más adelante, sobre la base de una mayor participación de los usuarios, una reducción progresiva de la dependencia externa en el suministro de alimentos y el logro de ciclos cerrados no contaminantes, se decidió convertir dicha finca en un polígono demostrativo del Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB), lo que constituyó un objetivo relevante a ser alcanzado en breve plazo.

A partir de la puesta en marcha del biodigestor con capacidad para 51,83 m<sup>3</sup>, se utiliza el gas metano en la cocción de los alimentos, disminuyendo de esa forma el consumo de energía eléctrica. Al desmontar el área aledaña se sembraron frutales de diferentes especies como aguacate, guayaba, melocotón, coco, etc., además de otros cultivos forrajeros para la alimentación de los cerdos.

En la finca se introduce la cría de aves, que actualmente ya está en producción de huevos y entrega mensualmente más de mil unidades, las cuales se comercializan en el

punto de venta de la cooperativa. Además, se inicia la producción de yogur a base de yuca para la alimentación de los cerdos, lo que trajo consigo la disminución de 30 % del consumo de pienso.

Con el objetivo de proporcionar mayor tratamiento a los efluentes de la planta, se construye una trampa de sólidos con un lecho de secado y una laguna multipropósito, que permite además almacenar el agua para el riego de los cultivos y la cría de peces, con el fin de producir parte de las proteínas que demandan los animales. En el entorno del biodigestor también se plantaron árboles frutales. En otra área de la finca se sembraron frijoles, hortalizas, yuca, caña, *kingrass* y maíz; la mayoría se destina para el autoconsumo y venta a la población.

El manejo integrado de la finca es la única manera de conducir con éxito una producción diversificada, de bajos insumos y basada en las tradiciones campesinas. Es por esta vía que se inicia la asociación entre la producción animal (cerdos y aves) y los diversos cultivos, realizando al mismo tiempo diversas acciones para la protección y mejoramiento del suelo. De esta forma se aprovechan los desechos y subproductos de unos y otros. Algunos ejemplos son la obtención del compost, obtenido mediante procesos naturales de transformación de residuos del biodiges-

tor, así como el aprovechamiento de los residuos de cosechas como alimentación animal.

Asimismo, se construyó un ranchón para la cría de los cerdos, donde se encuentran las áreas de ceba y de reproducción, con el objetivo de proporcionar el pie de cría; como resultado hoy se cuenta con 10 reproductoras y 250 cerdos. Al momento de elaborarse este artículo se construye otra nave para crecer en 500 cerdos y un nuevo biodigestor que entrará en funcionamiento después del primer semestre de 2017. Con este ascienden a seis los biodigestores instalados en la finca: uno de cúpula fija con domo plano de 50 m<sup>3</sup>, uno de campana móvil de 25 m<sup>3</sup>, tres tubulares de 10 m<sup>3</sup> cada uno y uno de cúpula fija del tipo GBV de 15 m<sup>3</sup>; para con ellos crecer en biogás a 120 m<sup>3</sup> de capacidad de digestión y elevar su producción a 50 m<sup>3</sup>/día. Los crecimientos en capacidad de digestión y producción de biogás, se ilustran en la figura 1.

En esta finca han sido factores importantes la elevación de la autoestima familiar, el fortalecimiento de sus sentimientos de pertenencia y el rescate de las tradiciones locales, así como la integración familiar con carácter innovador durante el proceso productivo ajustado al ámbito local. Sin duda este productor ha logrado un enfoque participativo en su familia y en las personas que laboran en la finca. Ello confirma que en la finca integral La Puerta del Sabino, el biogás ha sido el hilo conductor hacia el crecimiento integral en todas las esferas de la vida. En particular, se ha logrado un ahorro de más de 57,33 kW/d de energía eléctrica, al no tener que utilizar la energía convencional en la cocción de los alimentos. Otros resultados productivos importantes se indican en la tabla.

La mejora en la calidad de vida y en el medio circundante, al que se ha dejado de emitir un total de 445 m<sup>3</sup>/d de carga contaminante, se muestra en la figura 2. En ella aparecen algunas áreas y actividades relacionadas con este polígono demostrativo en el contexto del MUB.

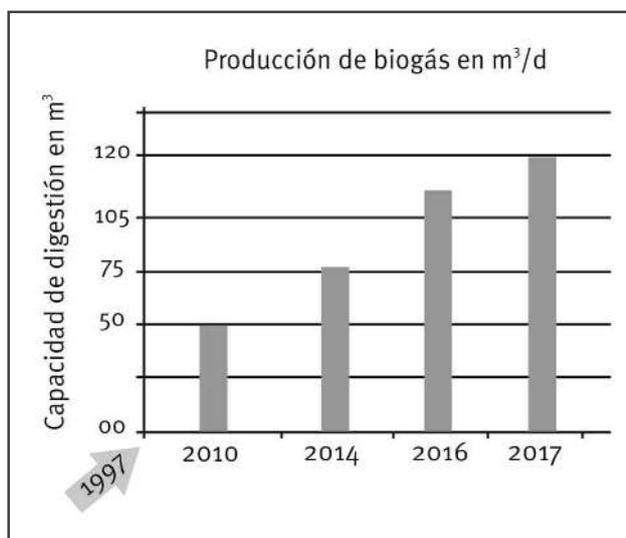


Fig. 1. Crecimiento del biogás en la finca integral La Puerta del Sabino.

Tabla. Producciones de la finca La Puerta del Sabino al cierre del primer semestre de 2016

Frutos		
Productos	Producción (kg)	% destinado a la venta
Guayaba	1382,4	10
Mango	2764,8	20
Aguacate	2073,6	80
Melón	460,8	90
Melocotón	552,96	60
Coco	460,8	100
Piña	230,4	90
Limón	691,2	95
Canistel	92,16	100
Albaricoque	138,24	100
Acerola	46,08	100
Cereza	46,08	100
Chirimoya	92,16	100
Guanábana	92,16	100
Ciruela	92,16	100
Viandas		
Productos	Producción (kg)	% destinado a la venta
Yuca	2700	20
Boniato	4608	20
Calabaza	1843,2	100
Plátano vianda	3686,4	60
Hortalizas y granos		
Productos	Producción (kg)	% destinado a la venta
Quimbombó	276,5	100
Pimiento	691,5	100
Berenjena	1152	100
Frijol	921,6	60
Maíz	3916,8	-
Sorgo	460,8	-
Girasol	460,8	-

Ganadería		
Productos	Producción (kg)	% destinado a la venta
Carne de cerdo	50 000	100
Ave	920	95
Huevo	10 000	98
Carne de pato	120	100
Otras producciones		
Productos	Producción (kg)	
Puré de tomate	200	
Pulpa de mango	100	
Pulpa de guayaba	100	
Otros alimentos	100	
Pienso	10 000	
Yogur para alimento animal	4000	

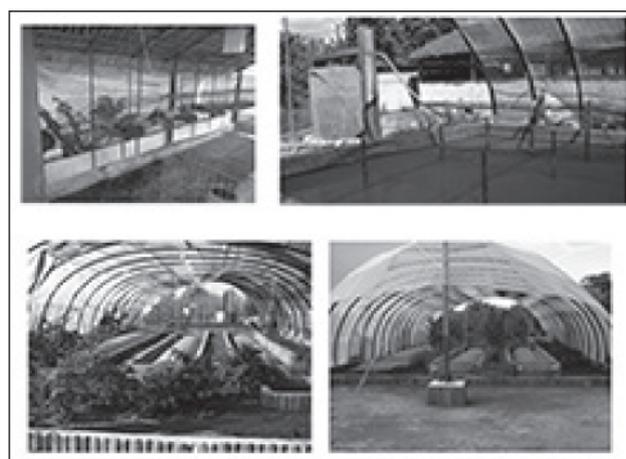


Fig. 2. Algunas áreas y actividades relacionadas con el polígono demostrativo en el contexto del MUB.

En conclusión, la finca integral La Puerta del Sabino ha pasado a ser un complejo exitoso en el que convergen producción de alimentos, energía y abono orgánico, capaz de crear el necesario sustento familiar y comunitario en un ciclo no contaminante y respetuoso con el medioambiente. 🌱

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

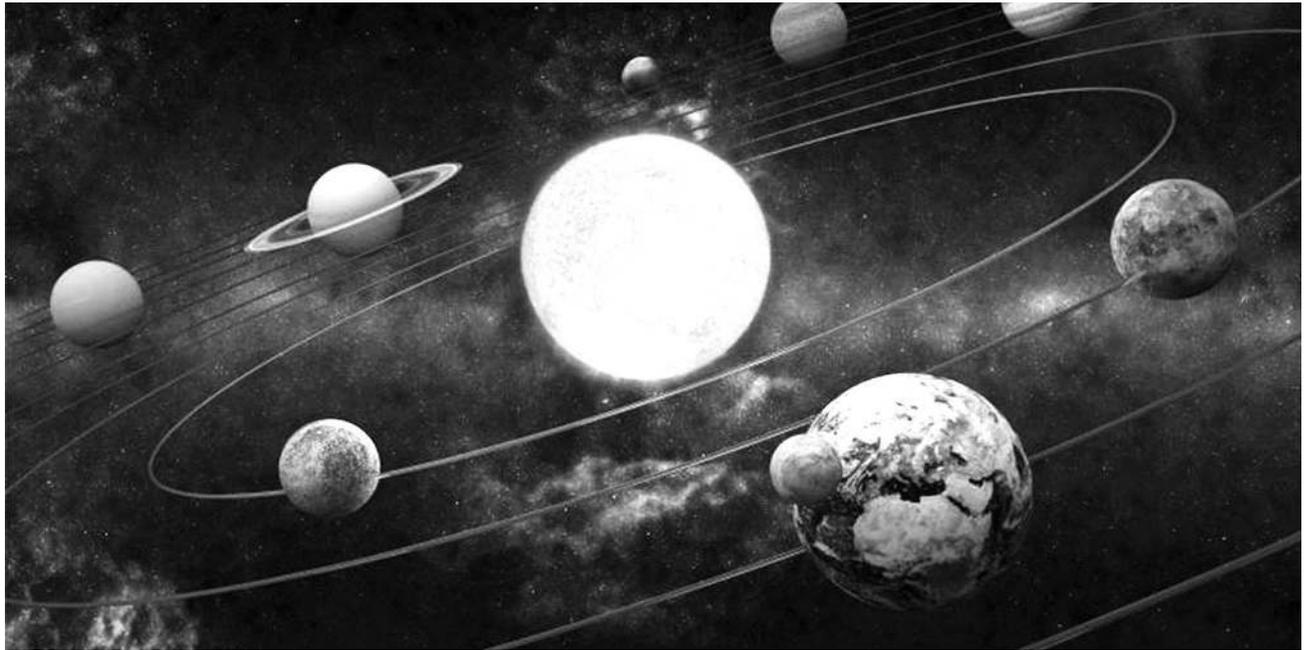
\*\* Coordinador del Movimiento de Usuarios del Biogás en Los Palacios.

E-mail: gcubasol@enet.cu

# Energía solar en el espacio interplanetario

*Conocer el valor de la constante solar permite el dimensionamiento de los sistemas de energía solar*

Por BRUNO HENRÍQUEZ PÉREZ\*



**EL ESPACIO DEFINIDO** por el sistema solar está constantemente bañado por un flujo ininterrumpido de radiación electromagnética y plasma provenientes del Sol. Ambos transportan una inmensa cantidad de energía, la parte que corresponde a la radiación recibe el nombre genérico de energía solar, mientras que el plasma tiene dos manifestaciones: por una parte un flujo continuo que recibe el nombre de viento solar, y por la otra nubes esporádicas de alta velocidad que son arrojadas al espacio durante variados fenómenos de la actividad solar.

La radiación electromagnética que transporta la energía solar tiene una composición espectral específica que depende de los procesos físicos que ocurren en el Sol, de los que trataré en otra ocasión. En este trabajo presento cómo se comportan, respecto a la

radiación, los valores del flujo energético total, en el sistema solar y en particular en la órbita terrestre, donde recibe el nombre de constante solar.

Conocer el valor de la constante solar permite el dimensionamiento de los sistemas de energía solar, ya sea para el calentamiento y secado, o sea, los aspectos térmicos, como para las aplicaciones fotovoltaicas que usan la energía luminosa para generar electricidad; también, para el estudio de los fenómenos energéticos en la atmósfera y océanos de nuestro planeta.

## **El flujo de energía en el sistema solar**

El Sol, astro central de nuestro sistema, es una estrella catalogada como enana amarilla de tipo G-2. Debido a las reacciones que ocurren en su interior emite radiación electromagnética, con una gran cantidad de energía.

El Sol alcanza temperaturas muy altas, en su interior es de varios millones de grados, mientras que en su superficie alcanza más de 5000 grados Celsius.

La radiación emitida por el Sol se propaga en todas direcciones en el espacio, a mayor distancia del Sol se recibe menos energía, y hasta nosotros llega solo una pequeña parte, que es la que la Tierra puede interceptar por su tamaño y por la distancia a la que se encuentra su órbita (Fig. 1).

Pero el valor de la intensidad superficial promedio del flujo de la energía que llega a la Tierra, antes de atravesar la atmósfera e incidir sobre su superficie, al ser su órbita casi circular, sufre muy poca variación a lo largo del año, por lo que se le da el nombre de constante solar.

En realidad, la «constante solar» no es constante, sino una aproximación que varía dentro de márgenes estrechos. El hecho de que este valor varíe poco en el tiempo hace que nuestras condiciones climáticas sean estables, pero su variación fuera de rango podría ser, y ha sido en épocas históricas anteriores, una de las causas de los cambios climáticos que ha sufrido nuestro planeta desde el momento de su formación.

Este flujo causa en el planeta diversos efectos energéticos, como son los cambios de las estaciones, la fotosíntesis, el calentamiento del agua, del aire y de todo lo que esté en la superficie iluminada del planeta.

Esta magnitud, la densidad superficial de flujo energético, se representa en watt por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y expresa la cantidad de energía que se recibe en un segundo sobre un metro cuadrado de superficie, por lo que se expresa como potencia por unidad de superficie.

La constante solar terrestre tiene un valor de  $1366 W/m^2$ . Se calculó teóricamente desde hace mucho tiempo y fue confirmada por las mediciones de los satélites artificiales. Para realizar este cálculo se partió de la temperatura efectiva del Sol, calculada como  $5776 K$  (5503 grados Celsius).

La energía que nos llega en la radiación solar se propaga a través del vacío interpla-

netario y está distribuida espectralmente en diferentes formas de radiación, ya que desde el Sol nos llegan ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos x y rayos gamma. La mayor parte de la energía de esta radiación llega en la parte de la radiación visible, y toda ella en conjunto, si la ordenamos por su frecuencia, forma lo que se llama el espectro de la radiación electromagnética solar.

Al incidir sobre nuestro planeta, esta radiación alumbra, ioniza y calienta las sustancias sobre las que incide, en dependencia de su frecuencia y su energía. Ayuda también a la aparición y mantenimiento de la vida, a que ocurra el ciclo del agua, el ciclo del carbono, y es aprovechada por los seres vivos de diferentes maneras, desde la fotosíntesis a la visión, y se aprovecha también por las personas en los más diversos dispositivos de energía solar como paneles fotovoltaicos, calentadores, hornos, secadores, lucernarios y muchos más.

La intensidad de la energía de la radiación que llega a la superficie de la Tierra está afectada por la turbidez de la atmósfera, la nubosidad, el polvo y el grado de inclinación de los rayos solares con respecto a la superficie del planeta, o sea, cambia con la latitud, según rota la Tierra y de un mes a otro, influyendo en el cambio de las estaciones.

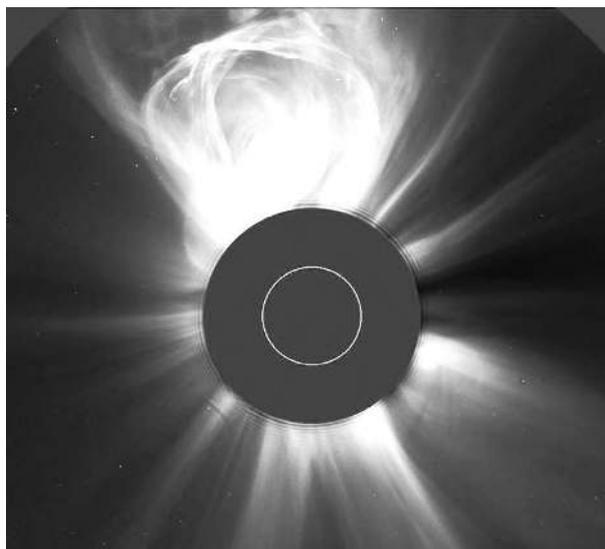


Fig. 1. La energía proveniente del Sol llega a la Tierra transportada por la radiación y por el plasma de la corona solar en expansión. Fuente: EnergiadelSol.jpg.

Para toda la Tierra, debido al área que presenta en la captación de esta radiación solar, o sea, su sección transversal que es de 127,4 millones de  $\text{km}^2$ , la energía que llega por unidad de tiempo, es decir, su potencia, es del orden de  $1,74 \times 10^{17} \text{ W}$ . Esto es ciento setenta y cuatro mil billones de watt, (me refiero al billón español que es un millón de millones y no mil millones como el billón inglés), así que repito: esos ciento setenta y cuatro mil billones de watt es la potencia de la radiación solar que incide sobre toda la Tierra.

### Constante solar en las órbitas de los planetas

Y si a esta distancia a que estamos del Sol la constante solar es  $1366 \text{ W/m}^2$ , ¿cuánto valdrá la que corresponda a los otros planetas del sistema solar, por ejemplo, en la órbita de Marte a donde se han enviado numerosas naves y se piensa enviar próximas expediciones; en Mercurio que es el planeta más cercano al astro rey, o en los diferentes lugares del sistema solar a donde van las naves espaciales que usan paneles solares?

Hoy se mantienen naves espaciales y estaciones orbitales habitadas alrededor de nuestro planeta y se han enviado varias expediciones a la Luna, también se habla de mandar expediciones tripuladas a Marte, planeta hacia el cual se han expedido numerosas misiones equipadas con paneles fotovoltaicos, incluyendo dos en las que se enviaron relojes solares que funcionan igual que en la Tierra (Figs. 2 y 3). ¿De qué cantidad de energía solar dispondrán quienes vayan a vivir al planeta rojo? ¿Cuál es la energía solar que está disponible para las naves en el espacio a diferentes distancias del Sol?

Quiero aclarar que en la Luna el valor de la radiación solar en su superficie es igual a la constante solar terrestre, pues su distancia al Sol es en promedio la misma que la Tierra y no hay atmósfera que la amortigüe, como sucede en la superficie de nuestro planeta; por ejemplo, en Cuba en un mediodía despejado la radiación solar

que incide al nivel del mar es de mil watt por metro cuadrado,  $1000 \text{ W/m}^2$ , mientras la constante solar es  $1366 \text{ W/m}^2$ .

La densidad superficial del flujo energético es aproximadamente una constante para la órbita de cada planeta, y en general varía con la distancia al Sol, aunque en algunos de los planetas la excentricidad de su órbita hace que este valor oscile entre dos extremos debido a esa diferencia de distancia. O sea, de su valor en su órbita. Lo que llega a la superficie de cada planeta dependerá de las características de su atmósfera, la fecha y la época del año local en el lugar de interés.

A continuación presento los valores de la constante solar, que se designa por la letra K para los distintos planetas y componentes del sistema solar (ver tabla).

A la constante solar de la Tierra la designaré por  $K_0$ , la tercera columna de la tabla muestra el valor de  $K/K_0$ , es decir, un valor para cada distancia normalizado respecto al valor de la constante para la Tierra. Las columnas finales designan la distancia al Sol en unidades astronómicas (UA) y en millones de km. También añadido el valor que le corresponde a la distancia de un año luz (ly).

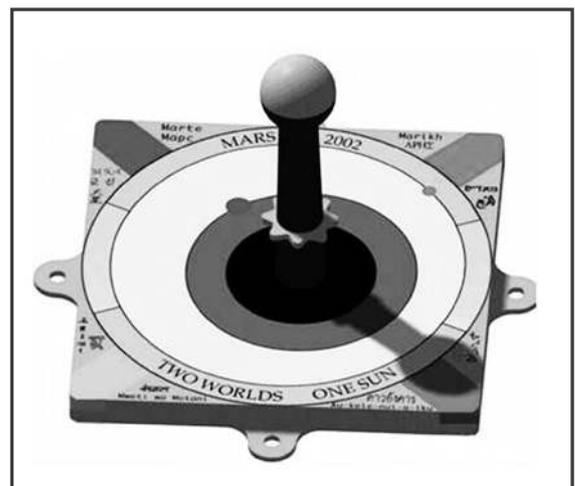


Fig. 2. El valor de la radiación solar que llega a Marte es aproximadamente la mitad de la terrestre, con ella se puede usar el reloj solar que los humanos enviamos a Marte en el 2001, con la leyenda «Dos mundos un sol». Fuente: Reloj solar dos mundos un sol. jpg.

Fig. 3. Mensaje en las caras laterales del reloj solar enviado a Marte:

Las personas enviamos esta nave espacial desde la Tierra en nuestro año 2001. Llegó a Marte en 2002. Construimos este instrumento para estudiar el entorno marciano y buscar señales de vida.

Usamos el poste y estos patrones para ajustar nuestras cámaras y como un reloj solar para registrar el paso del tiempo. Los dibujos y palabras representan a la gente de la Tierra.

Enviamos esta nave en paz para aprender del pasado de Marte y acerca de nuestro futuro.

A aquellos que visiten este lugar, les deseamos un viaje seguro y la alegría del descubrimiento.

Fuente: Reloj solar paneles laterales.jpg.

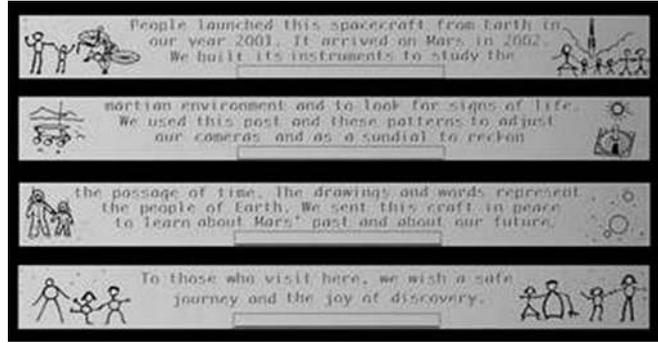


Tabla. Valores de la constante solar y distancia al Sol

Planeta	K(W/m <sup>2</sup> )	K/Ko	Distancia al Sol	
			UA	Millones de km
Mercurio	9040	6,7	0,39	58
Venus	2610	1,9	0,72	108
Tierra	1366	1	1	150
Marte	590	0,4	1,52	228
Cinturón de Asteroides	341,5 - 85,37	0,25 - 0,06	2 - 4	300-600
Ceres	178	0,13	2,77	415
Júpiter	50	0,04	5,20	780
Saturno	15	0,01	9,54	1431
Urano	3,7	0,003	19,19	2980
Neptuno	1,5	0,001	30,06	4509
Plutón	0,8	0,0006	39,48	5922
Cinturón de Kuiper	1,5 - 0,13	10 <sup>-3</sup> -9,5x10 <sup>-5</sup>	30-100	
Nube de Oort	3,415 x10 <sup>-4</sup> -3,415 x10 <sup>-6</sup>		2k 20k 20k 50k	
ly	3,4 x 10 <sup>-7</sup>	2,5x10 <sup>-10</sup>	63 071,5	

Los valores de la intensidad de la radiación solar son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia a la estrella que la produce, en el caso nuestro, el Sol, y por eso disminuye tan rápido según nos alejamos del centro de nuestro sistema.

Esto es muy importante al diseñar los sistemas de paneles solares para la generación de energía que abastecerá a las naves espaciales, pues no es lo mismo para una nave

que permanezca en órbita alrededor de la Tierra, o en la Luna, que en naves que vayan a Venus o Mercurio, planetas más cercanos al Sol, o en naves que vayan a Marte o más allá, lugares más alejados donde la radiación solar sea más débil (Fig. 4, pág. siguiente).

La energía del Sol tiene características que debemos conocer para poder aprovecharla mejor, tanto en la Tierra como en el espacio.

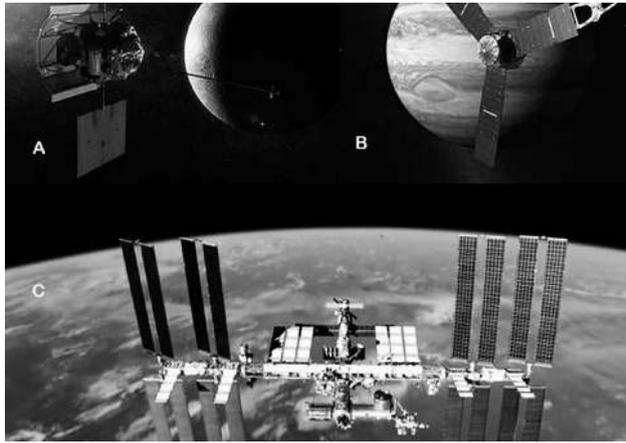


Fig. 4. Paneles solares en naves espaciales que trabajan alrededor de diferentes planetas:

- a) Sonda espacial Messenger en la órbita de Mercurio,
- b) Sonda espacial Juno alrededor de Júpiter y c) Estación Espacial Internacional en órbita terrestre. Fuente: Naves espaciales con energía solar.jpg

A partir de conocer la energía que llega a los diferentes planetas del sistema solar, o de cualquier otro sistema estelar, se determinan las llamadas zonas habitables, que se definen como aquellas en las que la radiación de su estrella permite, en los planetas rocosos, la aparición de agua líquida, o temperaturas favorables para la aparición de la vida tal y como la conocemos.

Esto no es una aseveración absoluta, pues se pueden encontrar casos como Venus, que es más caliente que Mercurio a pesar de estar más alejado del Sol, debido a la existencia de un fuerte efecto invernadero, o el caso de Marte que es muy frío a pesar de encontrarse en la zona habitable de nuestro sistema solar, precisamente por tener una atmósfera muy tenue que produce un efecto invernadero muy débil. Aunque podrían existir estas condiciones en otros cuerpos del sistema solar, como algunos de los satélites de los planetas gigantes, los que a pesar de su distancia al Sol tienen temperaturas más altas de lo esperado debido a las fuerzas internas creadas por la atracción gravitacional, como el caso de Ío, una de las lunas de Júpiter, y también por los efectos de la radiación emitida por los planetas gigantes, sobre todo Saturno y Júpiter. Este último tiene en su atmósfera una intensa actividad radioeléctrica, que causa la emisión de radiación sobre sus satélites.

Otro efecto interesante de este flujo de energía es la aparición de la cola de los

cometas, la cual no es posible hasta que la intensidad de la radiación solar no alcance el valor que permite la sublimación del hielo de la superficie del cometa.

### Límites de la zona habitable en el sistema solar

Al comparar nuestro sistema solar con los sistemas extrasolares, encontramos que en estos se define como zona habitable la comprendida entre los límites energéticos entre  $1936 \text{ W/m}^2$  y  $490 \text{ W/m}^2$  (Fig. 5).

Estas condiciones se encuentran en nuestro sistema desde una distancia intermedia entre la Tierra y Venus ( $0,84 \text{ UA}$ ) hasta ( $1,67 \text{ UA}$ ) más allá de Marte, y antes del borde más cercano del cinturón de asteroides.

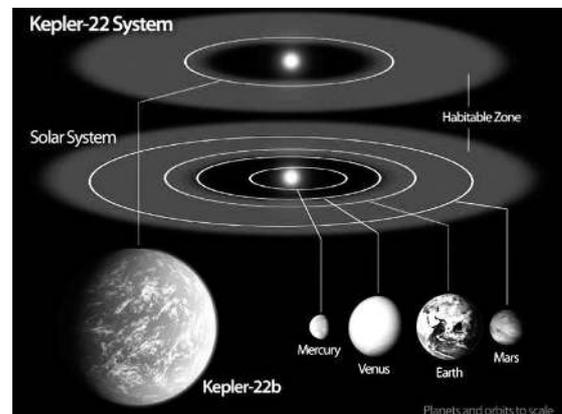


Fig. 5. Comparación entre las zonas habitables del sistema solar y el sistema extrasolar Kepler22b. Las relaciones entre planetas y entre órbitas están a escala. Fuente: Kepler22b\_nasa\_946.jpg.

Si el radio de la órbita de la Tierra fuera inferior al límite interno de la zona habitable, se desencadenaría un proceso similar al observado en Venus, un efecto invernadero descontrolado; mientras que si fuera mayor que el límite externo, toda el agua superficial se congelaría.

Es interesante notar que la órbita de la Tierra no está en el centro de la zona habitable, sino desplazada más hacia la zona caliente, situándose a  $0,16 \text{ UA}$  del límite inferior, mientras que la órbita del planeta Marte se halla dentro de la zona habitable, pero a una distancia de  $0,15 \text{ UA}$  de su borde externo. ☹️

\* Miembro de la Junta Directiva Nacional de Cubasolar.  
E-mail: bruno@cubasolar.cu

# EL ORÉGANO

## *Cómo curan las plantas*



Por LAURA AGUILAR VELOZ\*

### Aspectos culturales

**EL ORÉGANO ES UNA** hierba leñosa, que ha sido utilizada desde tiempos antiguos por sus múltiples beneficios. Cuenta con varias especies, entre las cuales las más conocidas son el orégano común (*Origanum vulgare*) y el orégano francés (*Plectranthus amboinicus*), ambos de la familia *Lamiaceae*, aunque de géneros y orígenes diferentes. La primera proviene de la zona mediterránea, mientras que la otra es de la Isla de Ambon (de las islas Molucas o de Las Especias, en Indonesia). Según la literatura, el nombre genérico *origanum* significa «alegría de la montaña» o «hierba que alegra el monte», y proviene del griego clásico *origanon*, y de los vocablos griegos *oros*, que significa «montaña», y *ganos*- «belleza, brillo, ornamento, deleite».

Históricamente, el orégano no solo ha sido reconocido por su olor y sabor; se le identifica además como un símbolo de alegría, felicidad y seguridad. Según la mitología griega, esta planta fue creada

por Afrodita, diosa del amor, quien le dio su fragancia para hacer más feliz al ser humano; por eso novias y novios de la antigua Grecia y Roma llevaban cintillos de orégano en la cabeza, durante la celebración de sus nupcias. Por otra parte, la costumbre de llevar la planta en la cartera se ha relacionado con el poder de atraer la buena suerte, la salud y los sentimientos positivos; y el hecho de plantarla alrededor de las casas, en algunos contextos se considera una protección ante fuerzas externas del mal. Las virtudes del orégano tienen incluso influencias en el lenguaje; por ejemplo, cuando se dice que «no todo el monte es orégano».

### Descripción botánica

El orégano común forma un arbusto de unos 50 cm de altura, con tallos de tonalidad entre verde y rojiza, en dependencia de la especie, los cuales se ramifican en la parte superior y tienden a deshojarse en

las más inferiores. Las hojas, de 2-5 cm de ancho, surgen opuestas, ovales y anchas, con bordes enteros o ligeramente dentados y con vellosidades en su haz. Las flores son diminutas, de color blanco o rojo, y nacen en apretadas inflorescencias terminales muy ramificadas.

Toda la planta cuenta con unas pequeñas glándulas que contienen la esencia aromática, compuesta por un *estearopteno* y dos tipos de *fenoles*, principalmente *carvacrol* y en menor proporción *timol*. Por su parte, las *raíces* contienen *estaquiosa* y los tallos sustancias *tánicas*. La influencia del clima, la estación y el suelo afectan en mayor medida a la composición del aceite esencial que contienen las plantas de diferentes especies.

Por su parte, el orégano francés puede alcanzar hasta 1 m de altura y presenta hojas con peciolo de 1,5 a 4,5 cm, con láminas suborbiculares, romboides, reniformes, tiernas y carnudas, de 5 a 10 cm de longitud, cuyo sabor y aroma se parecen al del orégano; inflorescencia terminal a lo largo de 10-20 cm con brácteas de 3-4 mm de longitud y corolas de color azul pálido, lila o rosado.

Hacer crecer el orégano es un proceso sencillo. Se puede plantar directamente en el suelo, extendiéndose de manera significativa, por lo que es utilizado a veces como cubierta; o puede ser controlado mediante la siembra en macetas, preferentemente de un diámetro no menor de 10 pulgadas y con buen drenaje. Prefiere la exposición

al sol, pero debe alternar con sombra por las tardes. El riego se precisa solo cuando sea necesario y no le hacen falta muchos nutrientes. Para su cosecha debe esperarse hasta que la planta tenga alrededor de 4 pulgadas de alto, y al cortar las hojas o los tallos debe hacerse con cuidado, de manera que no se afecte el posterior crecimiento de la planta.

### Propiedades medicinales

Desde el punto de vista médico el orégano ha sido utilizado durante siglos en la medicina tradicional de diferentes países de Asia, Europa y América, para tratar y prevenir una gran variedad de enfermedades. Hipócrates lo utilizaba como antiséptico, y en la cura de enfermedades respiratorias y del estómago. Se recomendaba masticar las hojas para aliviar dolores reumáticos, dolores de encías y dientes, indigestión y tos. En particular, la medicina tradicional austríaca lo utiliza en forma de té para el tratamiento de trastornos del tracto gastrointestinal, tracto respiratorio y el sistema nervioso, o externamente como pomada. En este sentido al orégano francés se le han atribuido diversas propiedades: para aliviar los ataques de epilepsia, como desinfectante, antimicótico y estimulante muscular.

En realidad, como ocurre con muchas hierbas aromáticas, cuando consumimos orégano recibimos mucho más que un golpe de sabor: estamos recibiendo beneficios para nuestra salud física y mental. En dependencia de su composición química aporta, entre otros compuestos: carbohidratos-68,92 g; fibra alimentaria-42,5 g; grasas-4,28 g; proteínas-9,00 g (por cada 100 g) y varias vitaminas, sobre todo K y A, importantes para la salud de los huesos, la sangre y la piel, y trazas minerales importantes para el metabolismo, como manganeso, calcio y potasio, entre otros.

El aceite esencial de orégano se compone principalmente de monoterpenoides y monoterpenos específicos, cuyas concentraciones varían ampliamente dependiendo



de la ubicación geográfica y las condiciones de cultivo. En realidad, cuenta con más de 60 compuestos diferentes, representados por cuatro grupos químicos principales: fenoles, entre los que se destacan el *carvacrol* y el *timol* en concentraciones de hasta 80 %, que actúan como antisépticos y antioxidantes; terpenos, como el *pineno* y el *terpineno*, los cuales poseen propiedades antisépticas, antivirales, antiinflamatorias y anestésicas; el *linalool* y el *borneol*, dos alcoholes de cadena larga que exhiben propiedades antisépticas y antivirales; y esteroides, incluyendo el *acetato de linalilo* y de *geranilo*, que tienen propiedades antifúngicas. Se plantea que el compuesto más importante es el *carvacrol*, el cual se ha demostrado que es uno de los antibióticos más eficientes conocidos por la ciencia. La cantidad final y distribución de los compuestos volátiles depende, además, del método y condiciones de secado del material vegetal (temperatura, tiempo, etc.).

En los tiempos actuales las bondades del orégano han sido muy estudiadas, multiplicándose las investigaciones científicas sobre su acción y toxicidad, inclusive por investigadores cubanos. En general se le adjudican propiedades antioxidante, antimicrobiana, tónica y digestiva, fungicida, antiinflamatoria, antihistamínica, expectorante y antitusiva. Se plantea que es un importante estimulante del sistema inmunológico. Ha sido utilizado para aliviar enfermedades de la piel, malestares estomacales, dolores musculares y los cólicos menstruales. Estudios preliminares sugieren, además, la presencia de actividad antitumoral y antiséptica.

Relacionado con la menta, el tomillo y el romero, el orégano contiene fitonutrientes como el ácido *rosmarínico* y el *timol*, los cuales constituyen potentes antioxidantes que protegen las células del estrés oxidativo, al ayudar al cuerpo a disminuir los efectos de los radicales libres responsables del envejecimiento celular. De hecho, se ha demostrado que el orégano tiene actividad antioxidante varias veces más potente que las manzanas y los arándanos.

Los aceites de orégano han sido utilizados históricamente como preservante alimenticio, con marcada capacidad de combatir hongos y levaduras como la *Cándida albicans*. Un estudio realizado en México evidenció que el orégano tiene más éxito en el tratamiento de la infección bacteriana con *Giardia lamblia* que el antibiótico más prescrito para la enfermedad. Por otra parte, también se ha demostrado que los aceites de orégano inhiben el crecimiento de bacterias, incluyendo *Staphylococcus aureus*, *E. coli* y *Salmonella* (microorganismos patógenos).

En cuanto a las enfermedades respiratorias, la ingestión o vaporización del aceite de orégano puede ser un gran remedio natural para la infección sinusal, la congestión nasal y pulmonar. Sobre su efecto en vías digestivas se plantea que este aceite podría ayudar a contrarrestar los efectos de la colitis y mejorar la salud del hígado. De igual manera, un estudio en ratones sugirió un efecto favorecedor como controlador del peso durante la ingesta de dieta alta en grasas, que se pudiera replicar en humanos si tomamos 3-4 cápsulas de aceite diario. Entre otras afecciones, el aceite de orégano también se usa para aliviar el dolor de muelas, en caso de absceso u otra infección, mediante la aplicación de unas gotas debajo de la lengua, y su retención por unos minutos.

Para disfrutar de las bondades del aceite de orégano, podemos obtener nuestro propio aceite en casa. Para ello se recomienda usar una proporción de aceite por igual peso de la planta verde. Recolecte una taza de orégano fresco y colóquela en una bolsa de plástico; utilice un martillo de cocina o rodillo, para aplastar el orégano y liberar sus aceites naturales. Mientras tanto, caliente ligeramente una taza de aceite de oliva u otro. Cuando esté caliente, añada al aceite el extracto y el resto de las hojas de orégano. Vierta la mezcla en un frasco limpio y tápelo bien, para ser colocado en un lugar limpio y seco, donde permanecerá por 2 semanas. Luego de esto, cuele las hojas y el aceite de orégano estará listo para usar.

En general, utilizado en dosis adecuadas, el orégano presenta muy pocas contraindicaciones, no obstante, se debe ser cuidadoso en los casos de personas alérgicas, sobre todo con el aceite esencial, pues puede resultar tóxico, por lo que debe mantenerse alejado de los ojos y membranas mucosas, así como de áreas sensibles de la piel. Además, puede provocar alteraciones nerviosas, agitación, depresión, entorpecimiento, etc. De hecho, su uso está contraindicado en períodos de embarazo y lactancia, así como para niños menores de 12 años. Tanto para consumo tópico como oral se recomienda usar cantidades mínimas y mezclado con aceite de oliva. Si se toma en grandes cantidades o dosis concentradas, puede reducir notablemente los niveles de azúcar en sangre o alterar el sistema cardiovascular, disminuir la absorción del hierro y funcionar como un anticoagulante natural, efectos a tener en cuenta.

#### Usos culinarios

El orégano, como hierba aromática es muy apreciada desde el punto de vista gastronómico, ya que como condimento aporta un sello particular a las recetas. En este sentido los usos del orégano desde los tiempos de los romanos han sido múltiples, entre los cuales se destaca el dar sabor a las carnes.

Son las hojas de la planta, tanto secas como frescas, las que se utilizan como condimento, aunque secas poseen mucho más sabor y aroma. Entre las preparaciones más importantes en las que el orégano se emplea como ingrediente son los mojos, adobos y salsas como la Boloñesa, destacando su presencia en la cocina mediterránea y especialmente en la italiana, donde es un sabor muy característico. Es también un ingrediente usual en recetas como la lasaña, torta di Ricota, sopa criolla, enchiladas mineras, pizza Margarita, tomates al horno, pechugas de pollo a la napolitana, sopa de coliflor, patatas guisadas, pan de ajo, atún zahareño, *pirozhki* (bollos rusos rellenos) o fricandó. Se usa con frecuencia también en platos mexicanos. En Cuba tradicionalmente también ha sido y es muy utilizado como condimento en la preparación de sopas, guisos y frijoles.

#### Dosificación

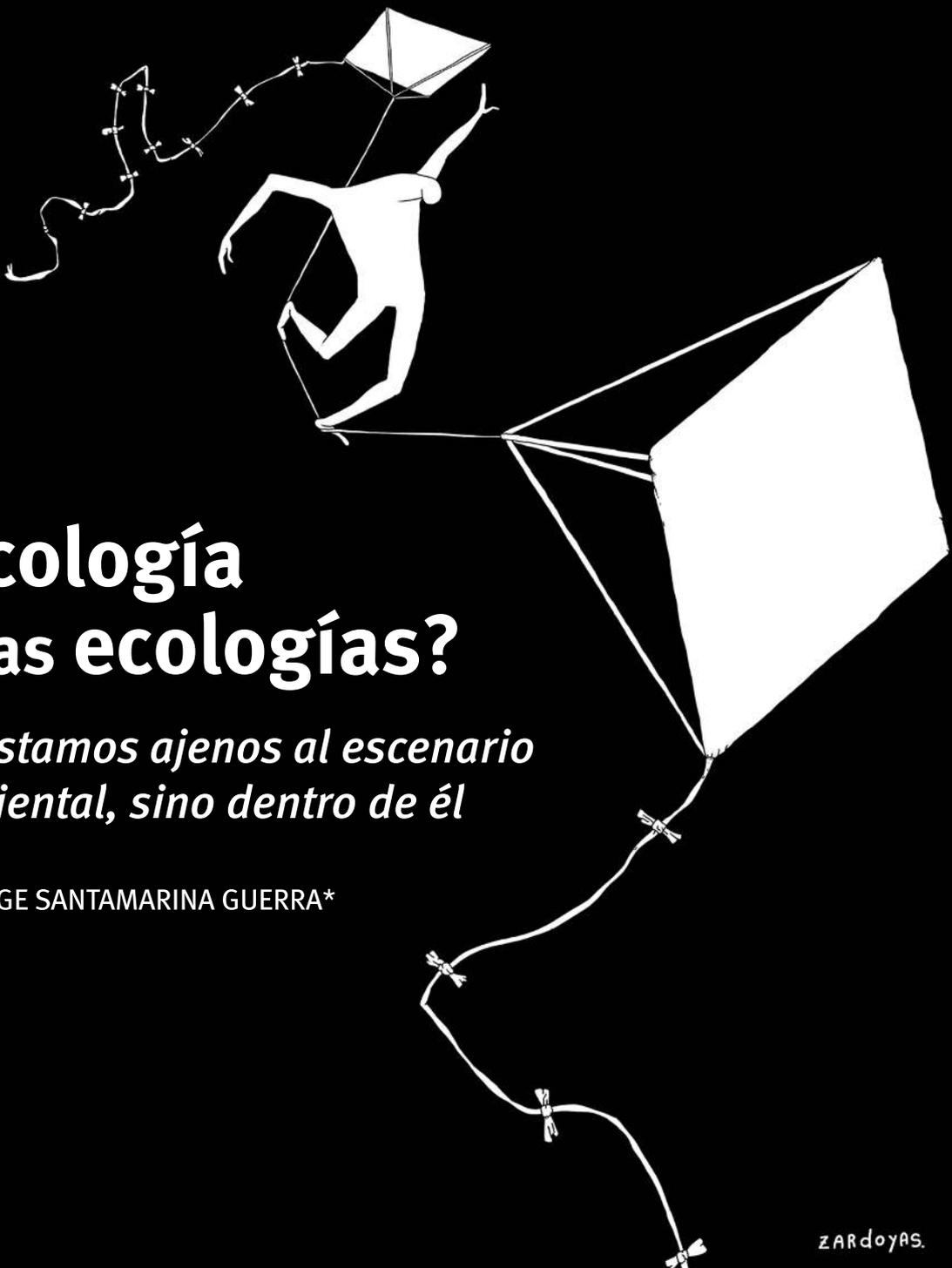
En dependencia de su uso, los productos derivados del orégano se encuentran en forma de infusión o jarabe, para consumo oral, y en pomadas para uso externo. La Guía Dispensarial de Fitofármacos y Apifármacos, del Minsap (1992) incluye la preparación de infusión y jarabe. La primera se prepara a partir de 15 g de orégano fresco en 1 L de agua, se hierve por 5 min, se deja reposar y se filtra, para ser almacenada a temperatura ambiente y consumida de uno a dos vasos diarios. En el caso del jarabe, se prepara con 40 ml de extracto fluído (obtenido por reperlación de 1 kg de hojas con 1 L de alcohol etílico, al 70 %), que se disuelven en 100 ml de un jarabe simple. Se debe consumir una cucharada tres veces al día y se puede conservar a temperatura ambiente, en frasco ámbar, hasta 30 días.

---

\* M. Sc. Químicas. Museo Nacional de Historia Natural de Cuba.

E-mail: [laura@mnhnc.inf.cu](mailto:laura@mnhnc.inf.cu)





# ¿Ecología o las ecologías?

*No estamos ajenos al escenario  
ambiental, sino dentro de él*

Por JORGE SANTAMARINA GUERRA\*

ZARDoyAS.

**AUNQUE SE SUELE** usar y hasta abusar —no siempre con acierto— del término *ecología*, lo cierto es que se trata de una ciencia preciosa y con creciente importancia en esta modernidad tan agresiva, cuyo objetivo es estudiar el vínculo dinámico existente entre los organismos y el medioambiente. Entendiendo que este, a su vez, comprende el medio físico, formado por los componentes abióticos, es decir, inanimados o sin vida, y el biótico o biológico constituido por los organismos vivos, nosotros entre ellos.

Dicho término, *ecología*, fue establecido en 1869 por el biólogo alemán Ernst Heinrich Haeckel partiendo de la palabra griega *oikos* (hogar), y guarda relación lingüística, y en cierta medida de contenido, con *economía*. Permitiéndonos algunas licencias de interpretación pudiéramos considerar que la *ecología* viene a escudriñar, un tanto, el equilibrio «económico» que rige todo el funcionamiento de la naturaleza, entendida esta en toda su vasta integralidad. En cierto modo la ecología moderna comenzó con los hallazgos y aportes

invaluables del inglés Charles Darwin, cuando estableció de manera inobjetable la relación existente entre los organismos vivos y el medio circundante. Como todos los visionarios, el autor de *El origen de las especies por medio de la selección natural* logró ver e interpretar lo que antes que él todos también miraban, pero nadie advertía.

Este somero asomo a la *ecología* conduce casi de inmediato a otro vocablo que le resulta asociado, *ecosistema*. De aparición más reciente, en 1935, fue «inventado» por el botánico sir Arthur George Tansley para conceptualizar a dicho *ecosistema* como un todo integrado. Desde mucho antes se sabía que todo sistema está formado por un conjunto de partes interdependientes que funcionan como una unidad, para lo cual requiere de entradas y salidas; sin embargo, este científico tuvo el acierto –¿razonamiento, intuición?– de aplicar acertadamente dicho antiguo concepto al ecosistema tal y como él lo concibiera, y como lo entendemos desde entonces.

Partiendo de ese enunciado apreciamos que los componentes esenciales de un *ecosistema* son los productores (plantas verdes), los consumidores (herbívoros y carnívoros), los organismos responsables de la descomposición (hongos y bacterias), y el sustrato no viviente o abiótico, formado por materia inorgánica y los nutrientes aparentemente inertes presentes en el aire, el suelo y el agua. Las entradas al *ecosistema* proceden de la energía solar, el agua, oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno y otros elementos, y las salidas, que también son diversas, incluyen el calor generado por la respiración y el metabolismo, así como formas recirculadas del agua, oxígeno y el dióxido de carbono, y otros elementos y materiales que ocasionalmente resultan expulsados. La energía todopoderosa que alimenta y mueve ese proceso dinámico y perpetuo del *ecosistema*, es la solar. Esa misma energía solar que día tras día nos regala generosamente Su Majestad, el Sol.

Por último, en una estructuración superior no siempre fácil de visualizar, se encuentran las relaciones entre los diferentes *ecosistemas*, que se suceden en una cadena sucesiva

ascendente cuyo decurso nos conducirá hasta el *ecosistema* planetario Tierra. Parecería una desmesura, pero ciertamente nuestro planeta, a su vez, forma parte de otro sistema aún mayor con el cual está interrelacionado: el Solar, pieza también de otro con escala cósmica: nuestra galaxia La Vía Láctea... Pero esa dimensión alucinante nos resulta casi inimaginable y pudiera hasta causar vértigo, por lo que desde la infinitud de ese cosmos decidimos, con toda modestia, regresar a la *ecología* que motivara esta incursión al tan usado e inclusive vapuleado término.

Lo primero a observar es que entre tal madeja de factores, conceptos y disquisiciones, algo importantísimo parece haber quedado en claro, y es que la *ecología* es ciencia que estudia la relación dinámica entre elementos diferentes, aunque interdependientes, tengan vida o no. O sea, no es ciencia de lo estático. Y si suponemos que ya con esto colocamos una suerte de punto final, no es así.

En años recientes se han montado en el brioso corcel de la *ecología* varios personajes un tanto confusos, entre ellos uno muy popular, el ecologista. ¿Es acaso este ecologista el que se dedica a la *ecología* como ciencia?, otro traspiés, pues no es la ciencia lo suyo: es alguien que por lo general con buenas intenciones se manifiesta a favor de la armonía ecológica, solo que no siempre logra identificar cabalmente eso que pretende favorecer, ni tampoco, por tanto, visualizar su propio rol dentro de ese contexto. De ahí que con frecuencia suele hacerse llamar también ambientalista o conservacionista, cometiendo con ello, de manera inconsciente, otros desvaríos a la par conceptuales y prácticos. Pero la prudencia, y el inexcusable marco editorial de nuestra revista, nos aconsejan a no escarbar en tales vericuetos siempre muy discutibles, y además, sobre todo, seamos indulgentes con ese pretendido ecologista porque con más o menos conocimientos, o inclusive hasta sin ellos, milita de nuestro lado en favor de la salud y el respeto ambiental.

Sin embargo, tampoco ahora podemos cerrar el tema, porque recientemente a la

propia *ecología* le han adicionado apellidos que, lejos de clarificar su significado real, lo enturbian. Algunos con más o menos acierto, y otros con ninguno, entre ellos encontramos, por ejemplo, y sin ser los únicos, una sorprendente ecología política y la llamada ecología humana, otra que proclama ser social y hasta una ecología mental que ignoramos si tiene algo que ver con el psicoanálisis freudiano.

Por supuesto, en este somero y brevísimo asomo al tema esquivaremos las trampas que nos tienden tales desvíos, y en su lugar resulta preferible enfatizar algunas esencias: el medioambiente no es lo de afuera a nosotros como seres humanos, no es lo externo y por el contrario es un contexto que nos incluye; no estamos ajenos al escenario ambiental, sino dentro de él. Es el ámbito común que nos hizo y nos cobija donde todos tenemos los mismos derechos biológicos a vivir, procrear y permanecer, y sería de una arrogancia extrema —y una supina ignorancia, además— suponer que por ser lo que somos pudiéramos esquivar las leyes naturales que rigen el devenir de todos los seres vivos, sin excepción. En modo alguno somos ajenos a ellas, sino otro «producto» más de su indetenible, perpetuo desarrollo.

Ciertamente la evolución nos ha dotado del atributo único de razonar, y con tan formidable, portentoso instrumento, debemos

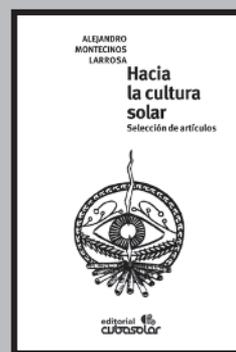
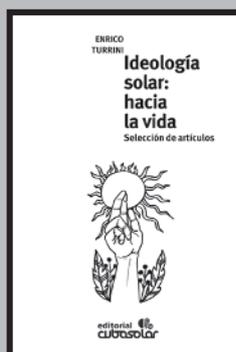
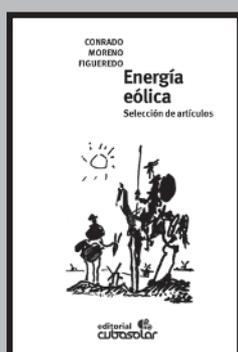
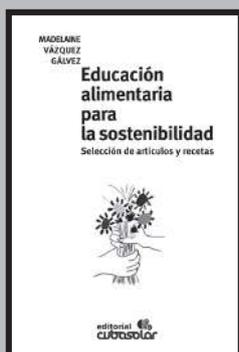
imponernos una misión trascendente, acaso una utopía: desechar esa arrogancia homocéntrica y colocar en su lugar a la sensatez. Se dice fácil...

El punto focal para ello, la equis de la ecuación, radica en comprender, y admitir, que no somos más que una pieza pequeña dentro de un enorme, gigantesco ecosistema, donde urge que dejemos de usar nuestra fabulosa inteligencia para dañarnos y dañar esta casa de todos, con todos adentro. Sí, absolutamente todos, desde la mariposa y la flor que nos alegran, hasta el cóndor magnífico que allá entre las nubes nos sobrevuela y parece vigilarnos. Y digo esto porque recuerdo que años atrás, estando en el lago Titicaca un andino autóctono descendiente de los originarios me confesó que, en efecto, desde los tiempos que no se saben el gran cóndor nos está vigilando.

Ahora, esta vez para terminar y con todo respeto hacia el lector, me permito «traducir» la sabiduría ancestral de esa bella metáfora: no es el cóndor sino nuestra propia conciencia la que nos vigila. Con humildad, escuchémosla. 🇨🇺

\* 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

CUADERNOS DE FUENTES RENOVABLES  
DE ENERGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
*PUBLICADOS POR LA EDITORIAL CUBASOLAR*



# Helados y batidos, favoritos de siempre



## *Para deleitar el paladar*

Por MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ\*

44

Educación alimentaria

**LOS BATIDOS Y HELADOS** son preparaciones muy recurrentes en la oferta alimentaria cubana. Numerosas formulaciones componen este amplio grupo culinario, lo que se evidencia en la literatura especializada disponible en el país. Las características del clima en Cuba provocan una marcada necesidad de ingerir estos alimentos, los cuales ofrecen una sensación agradable al paladar, dadas sus bajas temperaturas. Esta condición reafirma la predilección del cubano por las bebidas bien frías, frente a la predisposición, bastante generalizada, de consumir los alimentos sólidos bien calientes.

Por otra parte, la factibilidad de contar con una amplia variedad de frutales, algunos aún por potenciar, favorece la elaboración de múltiples recetas, matizadas por la gracia y la imaginación criollas. A continuación se ofrecen las especificaciones tecnológicas de los batidos y sus recetas.

### **Los batidos**

Los batidos son preparaciones licuadas que, por lo general, exhiben una mayor densidad en comparación con los jugos u otras bebidas. Comúnmente se elaboran a partir de helados, frutas, pulpas, jugos, cereales u otros productos feculentos, semillas oleaginosas y polvos sintéticos.

Desde el punto de vista tecnológico, existen determinados pasos que dependen del producto principal que les sirve de base.

*Con base de helados:* En su confección intervienen el helado y la leche (es muy aconsejable añadir un sirope del mismo sabor del helado, o un sirope simple). En la batidora, primero se pone la leche, después el sirope y finalmente el helado. Se bate durante un tiempo que permita apreciar la homogeneidad de la mezcla. Si se bate de forma insuficiente, el helado no se licua bien; y si se excede el tiempo de batido, la mezcla pierde frío y resulta demasiado licuada.

*Con base de frutas:* Se preparan con frutas maduras y frescas, después de pelarlas –no en todos los casos– y de extraer sus semillas (mamey, canistel, plátano, mango, caimito...). Si se utilizan frutas con semillas, como la guayaba, puede colarse la pulpa resultante. En este caso es muy valiosa la reflexión sobre la pertinencia de pelar las frutas y después colar los batidos. Este paso depende de las preferencias alimentarias de cada comensal, en tanto se reconoce que las cáscaras contienen fibra vegetal muy importante para el desarrollo de procesos nutricionales; además, algunas semillas pequeñas contienen fitonutrientes que previenen diversas enfermedades (por ejemplo, las semillas del tomate contienen licopeno, que ayuda a bloquear el desarrollo del cáncer, específicamente en los tejidos prostáticos).

*Con base de pulpas:* Son preparaciones que utilizan la parte carnosa de ciertas frutas, que se extraen mediante proceso industrial o en el ámbito casero.

*Con base de jugos:* Se refiere a las frutas que no son carnosas (naranja, toronja, mandarina, piña, entre otras), que se baten con la adición de sirope simple, o azúcar, y hielo triturado. En ocasiones se agrega leche.

*Con base de semillas oleaginosas:* Por lo regular se preparan con semillas de marañón, almendra, maní o ajonjolí. Resultan altamente nutritivas, y son conocidas como horchatas.

*Con base de cereales:* El más popular es el que utiliza el trigo inflado, aunque se pueden elaborar también con arroz cocido.

*Con base de polvos:* Se conocen los batidos con polvo de chocolate, leche malteada y otros de origen industrial.



Batido de frutas al jengibre  
Ingredientes para 4 raciones:

Frutabomba	160 g	1 taza
Platanito	240 g	2 unidades medianas
Jengibre	15 g	1 rodaja de 1 cm
Agua	250 mL	1 taza
Hielo picado	120 g	½ taza
Miel de abejas	20 g	1 cucharada

**PROCEDIMIENTO:**

1. Pelar y picar la frutabomba en trozos. 2. Pelar y picar los platanitos. 3. Picar bien fino el jengibre. 4. Poner en la batidora el agua, las frutas, el jengibre y el hielo, y batir. 5. Servir inmediatamente, en vaso apropiado, y endulzar con la miel.

*Nota:* Si se prefiere, puede añadirse una pizca de sal durante el licuado.

*Consideraciones generales para la elaboración de batidos:*

1. Los batidos, por lo general, se enriquecen con leche.
2. Se les puede agregar una pizca de sal para acentuar su sabor.
3. Se recomienda agregar el hielo triturado en una proporción medida y al final, para evitar que se dañen las cuchillas de la batidora.
4. De forma general, el orden de colocación de los productos en la batidora es como sigue: líquido (leche o agua), ingrediente básico, sirope o azúcar, sal y hielo triturado.
5. No adicionar hielo a los batidos a base de helados, ya que resulta innecesario.
6. Procurar que los ingredientes que se adicionen presenten temperaturas cercanas a los cuatro grados centígrados.
7. Utilizar el azúcar en cantidades mínimas. Las frutas contienen su propio dulzor, lo que bastaría para garantizar el sabor dulce de estas preparaciones. Si no fuera suficiente, se puede agregar preferiblemente sirope simple o azúcar moreno. No se recomienda la adición de azúcar refino sin cocinar.
8. Si se utiliza leche de vaca cruda, se debe hervir con antelación. Para ello se emplea un recipiente limpio, preferiblemente de acero inoxidable (nunca de aluminio), se pone en la cocina con mediana intensidad de calor, y se revuelve regularmente; cuando comienza a hervir se bate, se retira del calor momentáneamente y se repite esta operación dos veces más. Posteriormente se deja refrescar, sin dejar de batir ocasionalmente, para evitar la formación de la nata, y se guarda tapada en el refrigerador.
9. Existen diversas formulaciones más modernas que utilizan como base el yogur (de leche de vaca, soya, búfala...), mezclado con cereales, frutas y

semillas oleaginosas. También se encuentran otras recetas que sustituyen la leche de vaca por leches vegetales (arroz, soya).

### Los helados

Los helados se consideran bebidas, en tanto los cubanos siempre decimos: voy a *tomar* helado. En otras latitudes, las expresiones son diferentes, y se usa el *comer* helados. Los padres de los helados actuales se conocen como *sorbetes*, preparaciones más sencillas y artesanales. Los sorbetes son mezclas que incorporan el zumo o pulpa de frutas con azúcar, agua, leche, yemas de huevo azucaradas y aromatizadas con esencias, y otros componentes que proporcionan determinada textura y sabor específico, y que se someten a cierto grado de congelación pastosa. En este artículo se pondrá énfasis en los métodos caseros de fabricación de los helados, que se distinguen porque el proceso de congelación es estático, que impide la incorporación de aire, tal como ocurre a nivel industrial. Por ello, se requiere de más empeño para la obtención de un helado casero bien espumoso (ello se logra con el empleo de determinadas técnicas).

La propuesta tecnológica para la elaboración de helados se basa en dos estilos básicos: el tradicional, que presupone la incorporación a la pulpa de las claras batidas a punto de merengue, para aumentar su densidad (en esta variante la leche, la crema de leche, las yemas de huevo, la maicena, entre otros ingredientes, también constituyen elementos que aportan estabilidad y volumen a estas preparaciones); y el otro estilo presupone la elaboración de la mezcla a partir de la combinación de frutas, viandas y cereales, que batidas dos o tres veces, durante el proceso de congelación, permiten una densidad muy similar a la de los helados tradicionales.

En Cuba, los batidos de frutas frescas, cereales y polvos casi siempre se preparan con leche, lo que favorece su densidad y sabor. Las leches que más se emplean son la de vaca, la condensada y la evaporada.



#### Helado casero Ingredientes para 10 raciones:

Leche	812 mL	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> tazas
Azúcar refinado	150 g	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> taza
Maicena	20 g	2 cucharadas
Sal	1,25 g	1/8 cucharadita
Vainilla	3,5 mL	1/2 cucharadita

#### PROCEDIMIENTO:

1. Congelar una taza de leche.
2. Colocar el azúcar en recipiente apropiado, poner a cocinar y remover constantemente hasta la elaboración del caramelo.
3. Agregar dos tazas de leche, previamente calentada. Revolver con intensidad hasta que se vuelva a diluir el caramelo.
4. Aparte, mezclar la maicena en el resto de la leche y la sal.
5. Adicionarla a la mezcla anterior y revolver, hasta que la crema adquiera la densidad requerida.
6. Retirar del calor, añadir la vainilla y dejar enfriar.
7. Batir la leche congelada y unirla con la mezcla anterior.
8. Colocar la mezcla en un recipiente adecuado y semicongelar.
9. Batir nuevamente.
10. Repetir la operación dos o tres veces, hasta que la mezcla cuaje y adquiera la consistencia de un helado.
11. Servir en copa apropiada.

#### Consideraciones generales para la elaboración de helados caseros:

1. Cuando se utilice leche evaporada, esta se debe poner a congelar.
2. Los helados tradicionales caseros, por lo general, utilizan una mezcla de leche, maicena y azúcar, que se pone a cocinar para la obtención de una especie de

natilla, lo que garantiza la textura del helado.

3. Es importante propiciar los cambios bruscos de temperatura durante la fabricación de helados artesanales, ya que favorecen la calidad de las cremas obtenidas. Por ejemplo, las mezclas que se cocinan (compuestas por maicena y otros ingredientes) se dejan refrescar y se les añaden pulpas de frutas bien frías. Las gavetas, o recipientes metálicos para hacer helados, también deben estar bien frías, para disminuir las diferencias de temperatura.
4. Cuando se emplea yema de huevos es aconsejable añadir algún licor o extracto que pueda atenuar el sabor del huevo. Además, estas mezclas deben pasarse por un colador bien fino, para evitar la presencia de la miaja del huevo. Cuando se incorporan, siempre deben batirse con la cantidad de azúcar indicada.
5. Las claras de huevos batidas a punto de nieve y sin azúcar constituyen elementos que aportan volumen a la mezcla, por lo que resulta muy común su adición en estos helados.
6. La necesidad de superar la aparición de partículas de hielo en los helados caseros (similar a los durofríos), exige

que una vez que las mezclas se congelen deben batirse ligeramente, y durante varias veces, para lograr la cremosidad de estos helados.

Los helados se pueden decorar con siropes, cubiertas de chocolate, granillo, frutas (glaseadas, en conservas, en licor), supremas de frutas, crema de leche batida, merengues o *marshmallow*, entre otras preparaciones. Este último es un término inglés equivalente a altea (planta malvácea), y consiste en una preparación cremosa de color blanco.

Sin duda, la elaboración de los helados caseros deviene desafío para cocineras y cocineros, por lo laborioso de su confección, que se ve recompensada por la exquisitez de estas preparaciones, y por lo mucho que el paladar les satisface.

Se agradecen los conocimientos aportados por el chef internacional Jorge Méndez Rodríguez-Arencibia, de su libro *Helados y bebidas frías*. 🍷

\* 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](mailto:madelaine@cubasolar.cu)



REVISTA CIENTÍFICA  
DE LAS FUENTES  
RENOVABLES DE ENERGÍA

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

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

**Mejoras en la estimación de las externalidades de la generación eléctrica en Cuba**

Improvement on Externality Estimation of Power Generation in Cuba

*Eliza Menezes Ruiz*  
*Josmar Turiso Carbonell*  
Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CIGIDE/ENEGIA)  
*Fariqun Molina Figueroa*  
Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM)

**Resumen**  
Incrementalmente ha aumentado la importancia de la determinación de las externalidades asociadas al uso de la energía en cualquiera de sus formas, como una vía segura para la selección del impacto ambiental provocado por dicha actividad promoviendo el uso de fuentes de energía menos contaminantes y contribuyendo a alcanzar el "gran desarrollo" deseado actualmente. Actualmente, en aquellos países donde ya se han dado pasos previos en la estimación y se han obtenido resultados concretos, se trabaja con la mejora de datos con vistas a que puedan ser empleados de forma directa en la toma de decisiones para el desarrollo energético.

El objetivo de este trabajo es la estimación de las externalidades de la generación eléctrica en Cuba para tres casos de estudio partiendo de la actualización de los datos: "terceros de las plantas, mejoras en la estimación de los concentraciones de los contaminantes en el aire, la selección de un nuevo conjunto de funciones exposición-respuesta y la actualización de los datos de costo.

**Palabras clave:** Externalidades, impacto ambiental, generación eléctrica.

# Verbo y energía

## *Pasajes de la Finca Isla*

Por JORGE SANTAMARINA GUERRA



ZARDoyAS.

### Barredura y fuerza

**FORMIDABLE AGUACERO** con viento: un temporal. Frecuentes en estas Islas, una fuerza de la naturaleza son, una más y no pequeña que todo lo ensombrece, lo doblega, lo aquieta, menos los cauces y las cañadas que crecen y en ocasiones de bravura tanta como ríos rugen. Viento furioso que derriba ramajes secos y a veces hasta la tronconera ruda se doblega. Muchas vidas, incontables, mueren; muchas, incontables, sobreviven, y muchas más, incontables más, con la savia nutricia de la humedad brotan. La tierra ríe y concede: la semilla recibe el mandato ancestral y explota, viene de lo hondo tras la luz, remueve piedras, esquiva raicerías ajenas y se yergue al Sol. Otra fuerza de la naturaleza, la mayor.

### Manjar

Desde su insignificancia quizás repulsiva —para nosotros—, la lombriz expuesta por el laboreo se sorprendió por la tan súbita sacudida, y con luz. Pero solo fue por un instante porque un pico duro, muy rápido y mortal para ella, con lengua adentro y estómago en lo hondo la convirtió en un manjar.

### Pregunta

Viven libres las palomas. Vuelan alto y andan también por la tierra en procura de lo que ellas saben y siempre encuentran, se arrullan, copulan, abren las alas en saludo a la lluvia y luego al Sol; en renuevos se multiplican. Libres viven. Conocen mi paso hacia ellas, mi mano cerrada que les lleva comida y el jarro con agua fresca. Soy parte de su libertad, o de lo contrario, y a veces me pregunto si ellas se lo preguntan. 🐦

## ÍNDICE TEMÁTICO: Solar térmica

La energía solar térmica es la resultante de la conversión en calor por la absorción de la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión, cuya disponibilidad en la superficie terrestre depende del día del año, la hora y el lugar. Las tecnologías que aprovechan la energía solar térmica se utilizan para cocinar alimentos, calentar agua, desalinizar el agua, secar productos, producir frío y generar electricidad, entre otras aplicaciones. A continuación se relacionan los artículos publicados por esta revista, que están más relacionados con la temática.

- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS, MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ Y LISANDRO VÁZQUEZ HERNÁNDEZ. *El veranero: una solución tropical*. (1): 4-6, ene.-mar., 1998.
- HENRÍQUEZ PÉREZ, BRUNO. *Efecto invernadero: ¿amigo o enemigo?* (2): 8-10, abr.-jun., 1998.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Los calentadores solares, la independencia y el futuro de la humanidad*. (3): 2-4, jul.-sep., 1998.
- La energía solar*. (3): 2-3 del encarte central, jul.-sep., 1998.
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, VALENTÍN. *Gases de efecto invernadero. Necesidad de un inventario*. (6): 8-10, abr.-jun., 1999.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Secadores solares*. (6): 21-24, abr.-jun., 1999.
- Secadores solares*. (6): 2-3 del encarte central, abr.-jun., 1999.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Cuando el Sol seca (plantas medicinales)*. (7): 4-8, jul.-sep., 1999.
- SIERRA FIGUEREDO, PABLO. *¿Qué más nos ofrece el Sol?* (7): 14-16, jul.-sep., 1999.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS Y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ. *Las cocinas solares: ventajas y desventajas*. (8): 19-24, oct.-dic., 1999.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *El calentador solar*. (9): 8-12, ene.-mar., 2000.
- Efecto invernadero*. (13): 2-3 del encarte central, ene.-mar., 2001.
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, VALENTÍN. *Gases de efecto invernadero: impactos e inventarios. /Del medio ambiente/*. (13): 32-35, ene.-mar., 2001.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Energía solar vs. energía solar*. (14): 15-18, abr.-jun., 2001.
- CORP LINARES, SERGIO. *El secador solar de polen*. (15): 8-10, jul.-sep., 2001.
- Radiación solar y organismo humano. Efectos*. (15): 2-3 del encarte central, jul.-sep., 2001.
- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, MANUEL. *La destilación solar*. (16): 6-10, oct.-dic., 2001.
- CARBONELL MORALES, TANIA. *La refrigeración alternativa*. (19): 31-34, jul.-sep., 2002.
- RUIZ, OVIDIO ALBERTO Y ALFREDO FRANCISCO VILLEGAS SÁEZ. *El calor de combustión y el ahorro de energía*. (20): 18-20, oct.-dic., 2002.
- MORALES, FRANCISCO; MARIANO PÉREZ, CARLOS RIVERA, MARIO GONZÁLEZ Y MARÍA A. GUYAT. *Secado natural de la madera*. (20): 21-22, oct.-dic., 2002.
- ARRASTÍA ÁVILA, MARIO ALBERTO. *El radiómetro solar. /Laboratorio solar/*. (20): 41, oct.-dic., 2002.
- ARRASTÍA ÁVILA, MARIO ALBERTO Y MARTÍN RODRÍGUEZ MACHADO. *La absorción de la radiación solar. /Laboratorio solar/*. (21): 29, ene.-mar., 2003.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Secador solar de madera*. (24): 4-6, oct.-dic., 2003.
- BERMÚDEZ TORRES, JUAN, CIRO BERGUES RICARDO Y FRANCISCO ZENÓN COBIÁN. *Destiladores solares*. (24): 7-10, oct.-dic., 2003.
- SARMIENTO SERA, ANTONIO. *Potabilización del agua*. (24): 11-12, oct.-dic., 2003.

- ZÚÑIGA SANTANA, JUAN FRANCISCO. *La desalinización: una opción a tener en cuenta*. (26): 16-20, abr.-jun., 2004.  
*Energía solar*. (26): 26-27 [2-3 del encarte central], abr.-jun., 2004.
- MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO. *Condensador solar*. /Crecer con el Sol/. (26): 42, abr.-jun., 2004.
- SAN PEDRO MIRALLES, ANNIA, IDALMIS SÁNCHEZ CAMPS Y MARLENIS CALA CALA. *Cultivo de fresas en veranero*. (29): 14-15, ene.-mar., 2005.
- DELGADO GONZÁLEZ, MARÍA DEL CARMEN; GUILLERMO LEIVA VIAMONTE; ZAHYMY PERDIGÓN ARTIGAS Y LUIS BÉRRIZ PÉREZ. *Familia de secadores solares SecSol*. (30): 4-10, abr.-jun., 2005.  
*Secadores solares*. (30): 26-27 [2-3 del encarte central], abr.-jun., 2005.
- TURRINI, ENRICO. *Solarización integral de Bartolomé Masó*. (31): 13-17, jul.-sep., 2005.
- ZÚÑIGA SANTANA, JUAN FRANCISCO; IRAIDA OVIEDO RIVERO Y ELENA CANCIO MARTÍNEZ. *La desalinización del agua de mar y su tendencia actual*. (32): 17-21, oct.-dic., 2005.
- MORALES SALAS, JOEL; JESÚS M. IGLESIAS FERRER Y MERCEDES MELIÁ OROZCO. *Mantenimiento en instalaciones solares térmicas*. (32): 22-24, oct.-dic., 2005.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *El calentador solar y el ahorro de energía*. (33): 4-6, ene.-mar., 2006.  
*Calentador solar de agua*. (33): 26-27 [2-3 del encarte central], ene.-mar., 2006.
- CÁRDENAS SALÉS, ANNIA ELA; GUILLERMO QUESADA RAMOS Y MAYKEL PÉREZ MENA. *Incrustaciones en instalaciones solares térmicas*. (36): 18-21, oct.-dic., 2006.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Calentador solar de tubos al vacío*. (39): 4-11, jul.-sep., 2007.  
*Calentador solar de tubos al vacío*. (39): 26-27 [2-3 del encarte central], jul.-sep., 2007.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Aplicaciones de la energía solar térmica*. /Energía solar térmica/. (40): 19-24, oct.-dic., 2007.  
 [MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO]. *Condensador solar*. (40): 24, oct.-dic., 2007.  
 [MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO]. *Destilador solar*. (40): 29, oct.-dic., 2007.
- HENRÍQUEZ PÉREZ, BRUNO. *Efecto invernadero: ¿amigo o enemigo?* /Física ambiental/. (40): 42-44, oct.-dic., 2007.  
 [MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO]. *Veranero*. (40): 87, oct.-dic., 2007.  
 [MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO]. *Cocina solar*. (40): 98, oct.-dic., 2007.
- CORP LINARES, SERGIO; GUILLERMO QUESADA RAMOS Y ANTONIO RAÚL GONZÁLEZ PRIETO. *Laboratorio de ensayos de tecnologías energéticas*. (41): 36-38, ene.-mar., 2008.
- SARMIENTO SERA, ANTONIO. *Chimenea solar*. (43): 8-10, jul.-sep., 2008.
- COSTA PÉREZ, INOCENTE Y JORGE NOAYA AROCHE. *¿Sistema de respaldo eléctrico en los calentadores solares?* (44): 4-6, oct.-dic., 2008.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Esquemas y esquemas*. (44): 21-24, oct.-dic., 2008.
- ESQUIVEL ROMÁN, OLGA Y MARIO IGLESIAS RUIZ. *Acumulación de frío mediante mezclas eutécticas*. (45): 33-35, ene.-mar., 2009.
- MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO. *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares*. /La biblioteca de Cuba-solar/. (45): 50, ene.-mar., 2009.
- MONTESINOS LARROSA, ALEJANDRO. *Aplicaciones de la energía solar térmica*. (47): 23-24, jul.-sep., 2009.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *El calentador solar*. [Crónica de un círculo de interés 4].(52): 13-21, oct.-dic., 2010.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *El calentador solar (2)*. [Crónica de un círculo de interés 5].(54): 16-22, abr.-jun., 2011.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Ventajas y desventajas de los calentadores solares*. (55): 18-24, jul.-sep., 2011.  
*Calentadores solares*. (55): 26-27 [2-3 del encarte central], jul.-sep., 2011.
- HENRÍQUEZ PÉREZ, BRUNO. *Frío o calor: la polémica de la sensación térmica*. (55): 32-35, jul.-sep., 2011.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *El destilador solar*. [Crónica de un círculo de interés 6].(56): 4-9, oct.-dic., 2011.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *¿Cómo secar los vegetales?* (57): 4-7, ene.-mar., 2012.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Calentadores solares en viviendas*. (59): 4-6, jul.-sep., 2012.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *La descontaminación o desinfección solar de agua*. [Crónica de un círculo de interés 7].(60): 4-8, oct.-dic., 2012.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Conservación de frutas y vegetales mediante secado solar*. [Crónica de un círculo de interés 8]. (61): 14-19, ene.-mar., 2013.  
*Desinfección solar del agua*. (61): 26-27 [2-3 del encarte central], ene.-mar., 2013.
- DÍAZ DENIS, VLADIMIR. *La solarización de Guamá*. (61): 32-36, ene.-mar., 2013.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Conservación de frutas y vegetales mediante secado solar (parte II)*. [Crónica de un círculo de interés 9]. (62): 12-16, abr.-jun., 2013.  
*Secador solar doméstico*. (62): 26-27 [2-3 del encarte central], abr.-jun., 2013.
- HORTA RANGEL, FRANCISCO ANTONIO Y ARNALDO GONZÁLEZ ARIAS. *Iluminar la noche con la radiación solar*. (63): 10-12, jul.-sep., 2013.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *La cocina solar*. [Crónica de un círculo de interés 10]. (63): 8-13, oct.-dic., 2013.
- BRAVO HIDALGO, DEBRAYAN Y GRETER BERMÚDEZ RAMOS. *Generar frío con el Sol*. (64): 33-38, oct.-dic., 2013.
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS. *Ventajas y desventajas de los calentadores solares*. (66): 71-78, abr.-jun., 2014.
- BRAVO HIDALGO, DEBRAYAN Y GRETER BERMÚDEZ RAMOS. *Sistemas de acumulación térmica en la climatización*. (67): 17-20, jul.-sep., 2014.
- ZALDÍVAR NÚÑEZ, BORIS A. Y LUIS BÉRRIZ PÉREZ. *Secador solar de semillas y granos Secsol SG*. (71): 29-32, jul.-sep., 2015.

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				70					71			72	73		
		74						75						76					

Por MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ

### HORIZONTALES

**1.** Relativo al calor (fem.). **7.** Anillo de cobre al que se aplican las escobillas para comunicar el inducido con el circuito exterior. **14.** Astro Rey. **17.** Roda. **18.** Relativo a la geología. **20.** Electrodo negativo. **21.** Ilion. **23.** Una milmillonésima ( $10^{-9}$ ) parte. **24.** Colocación de las cosas en el lugar que les corresponde. **26.** Palo aguzado usado por los taínos. **27.** Vocal repetida. **28.** Metal raro en la corteza terrestre. **29.** Nota musical. **31.** Natural de Galia (inv.). **32.** Pronombre personal (inv.). **33.** Tablar de huerta. **34.** Plantígrado (fem.). **36.** Preposición. **38.** De notar. **41.** Silicato de alúmina y potasa. **44.** Artículo determinado. **46.** Originario. **48.** Tiempo vivido. **50.** Vocales de Luis. **51.** Gas que se produce en los biodigestores. **55.** Afirmación. **56.** Pato. **57.** Óxido de calcio (inv.). **58.** Mamífero parecido a la foca **59.** Terminación verbal. **61.** Local en que se despachan bebidas. **63.** Tiempo que la Tierra emplea en dar una vuelta alrededor de su eje. **64.** Anonácea. **65.** Manojos de mies cortada y tendida en el suelo para formar gavillas. **66.** Palabra o conjunto de palabras con que se expresa un sentido gramatical completo. **67.** Forma de dativo y acusativo de segunda persona plural en masculino y femenino. **68.** Negación. **69.** Pudrir. **71.** Mancha alrededor de la base del párpado inferior (pl.). **74.** Metal precioso. **75.** Relativo a la nariz. **76.** Plano (inv.).

### VERTICALES

**1.** Transistor de tres terminales. **2.** Dios del viento. **3.** Real Academia Española. **4.** Ardientes. **5.** Nombre de una letra. **6.** Beocio. **7.** Preposición. **8.** Elemento compositivo (inv.). **9.** Símbolo químico del litio. **10.** Repetición de un sonido reflejado por un cuerpo duro. **11.** Objeto que se ciñe en la cabeza como adorno, insignia honorífica o símbolo de dignidad (pl.). **12.** Mar que cubre la mayor parte de la superficie terrestre. **13.** Nivel o categoría. **14.** Reunión mayor o menor de personas, familias, pueblos o naciones. **15.** Manera (inv.). **16.** De loar. **19.** País de Asia. **22.** Sufijo. **25.** Consonantes de dilo. **30.** Persona que sobresale de manera notable. **33.** Recto, conforme a la moral. **35.** Planta talofita, unicelular o pluricelular, que vive de preferencia en el agua. **37.** Símbolo químico del níquel (inv.). **39.** De tener. **40.** Doctrinas. **42.** Caballo cuyo pelo está mezclado de blanco, gris o bayo. **43.** Sustancia con que se abona la tierra. **45.** Vocales de Toa. **47.** Templado. **49.** Despedida. **52.** Lirio hediondo. **53.** Empezar. **54.** Entes. **56.** Conjunto de armas que se acomodaban al cuerpo. **57.** Pelo de las ovejas y de otros animales. **60.** Anómala. **62.** Acción y efecto de aojar. **66.** Ganso doméstico. **69.** Río de Italia. **70.** Preposición que denota lugar, tiempo o modo. **72.** Dios del Sol en la mitología egipcia. **73.** Terminación verbal.

# XIII Taller Internacional Cubasolar 2018

*Un mundo mejor con la energía del sol*

## Anuncio

LA SOCIEDAD CUBANA para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), convoca a la décima tercera edición del Taller Internacional Cubasolar 2018, que se celebrará en la provincia de Las Tunas, Cuba, entre el 21 y el 25 de mayo de 2018.

El evento tiene como objetivo contribuir a la construcción consciente de un sistema energético sostenible basado en las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental, propiciar y promover el diálogo e intercambio de experiencias y prácticas entre especialistas y personas interesadas en esos temas, la cooperación y la transferencia de conocimientos y tecnologías.

En el taller se incluyen conferencias magistrales y paneles, en los que participarán autoridades de gobierno, investigadores, educadores, especialistas, gestores, empresarios, profesionales, productores, usuarios de tecnologías y demás personas que trabajan por la sostenibilidad de nuestro planeta.

### Temas centrales del evento

- La soberanía alimentaria y las fuentes renovables de energía.
- El abasto de agua y las fuentes renovables de energía.
- Importancia de la cooperación Sur-Sur y Sur-Norte-Sur.
- Soberanía energética, medio ambiente y desarrollo local sostenible.
- Educación, cultura e información energéticas para la sostenibilidad.

## RESPUESTA DEL CRUCIGRAMA

1	T	2	E	3	R	4	M	5	C	6	A	7	C	8	O	9	L	10	E	11	C	12	T	13	O	14	R	15	S	16	O	17	L			
17	R	18	O	19	A	20	G	21	E	22	O	23	L	24	O	25	G	26	I	27	C	28	O	29	C	30	A	31	T	32	O	33	D	34	O	
21	I	22	L	23	E	24	O	25	N	26	A	27	N	28	O	29	O	30	R	31	25	D	32	E	33	26	34	C	35	O	36	37	A			
27	O	28	O	29	R	30	E	31	N	32	I	33	O	34	L	35	A	36	31	37	O	38	L	39	A	40	32	41	I	42	M	43				
	D	33	E	34	R	35	O	36	34	O	35	S	36	37	38	S	39	37	40	38	41	I	42	N	43	39	40	41	T	42	E	43	I			
41	O	42	R	43	T	44	O	45	S	46	A	47	L	48	O	49	N	50	47	51	48	52	O	49	53	54	55	56	57	E	58	D	59	A		
	50	51	U	52	I	53	B	54	I	55	O	56	G	57	A	58	S	59	55	60	61	S	62	I	63	A	64	65	66	N	67	A	68	D		
57	L	58	A	59	C	60	M	61	O	62	R	63	S	64	A	65	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	I	A		
64	A	65	N	66	O	67	N	68	65	N	66	I	67	A	68	69	O	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	O	S	
68	N	69	O	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	S	
A	74	O	R	75	O	76	E	77	78	79	N	80	A	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	A

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. 78  
ABR.-JUN., 2017  
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  
HTTP://WWW.CUBASOLAR.CU

COLABORACIÓN ESPECIAL  
CUBAENERGÍA

COMERCIALIZACIÓN  
CORREOS DE CUBA

IMPRESIÓN  
UEB: EDICIONES CARIBE

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