



ECO SOLAR

REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

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

57

DIRECTOR GENERAL

Dr. Luis Bértiz Pérez

DIRECTOR

M.Sc. Manuel Álvarez González

EDICIÓN

M.Sc. Madelaine Vázquez
e Ing. Jorge Santamarina

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Luis Bértiz Pérez
M.Sc. Manuel Álvarez González
Dr. Conrado Moreno Figueredo
M.Sc. Manuel Fernández Rondón
M.Sc. Daniel López Aldama

DISEÑO Y COMPOSICIÓN

D.I. Liodibel P. Claro Drake

WEB MASTER

Lic. Ernesto Nolasco Serna

RELACIONES PÚBLICAS

Mabel Blanco

CONSEJO ASESOR

Dra. Elena Vigil Santos
Dr. Conrado Moreno Figueredo
Dr. Sergio Corp Linares
Dr. José Guardado Chacón
Dr. Deny Oliva Merrecio
Dra. Dania González Couret
Dr. Juan José Paretas
Lic. Bruno Henríquez Pérez
M.Sc. Leonor Turtós Carbonell
Lic. Ricardo Bértiz Valle
Dr. David Pérez Martín
Dr. César Cisneros Ramírez

EcoSolar, no. 57 / 2017

Revista científica de las
Fuentes Renovables
de Energía (Cubasolar)



CETER



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

DIRECCIÓN

Calle 20, no. 4113, e/ 18A y 47
Playa, La Habana, Cuba
TEL.: (53) 72040010;
72062061
E-MAIL: madelaine@cubasolar.cu
HTTP://www.cubasolar.cu



CONTENIDO

La educación energética, la ciencia que enseñamos y la sociedad que construimos	3
Juan Fundora Lliteras	
Producción fotovoltaica máxima en azoteas	9
Antonio Sarmiento Sera y Orestes Castillo Castillo	
Inventario de emisiones de dióxido de carbono procedentes de centrales azucareros de la provincia Mayabeque	13
Mirtha Reinoso Valladares, Anel Hernández Garces, Yan Carlos Ordoñez Sánchez, Janet Canciano Fernández y Francisco Hernández Bilbao	
Eficiencia en los motores asíncronos	17
Percy R. Viego Felipe, Julio R. Gómez Sarduy y Vladimir Sousa Santos	
Solarización de Guamá: ejemplo de desarrollo local sostenible	22
Vivian Díaz López	
Las aguas minerales y su valor como recurso natural	27
Jorge Rojas Mauriño, Pedro Fernández Pérez, Yadell Oliva Céspedes, Javián Ocaña Ramírez y Carlos Rafael Fernández Frías	
Noticias del sitio	33
Convocatorias	35

editorial
cubasolar

La educación energética, la ciencia que enseñamos y la sociedad que construimos

Por Dr. C. Juan Fundora Llitas*

*Dr. C. Profesor de la Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona, La Habana

E-mail: juanfl@ucpejv.rimed.cu

Resumen

Se abordan aspectos de importancia en relación a la construcción científica y social de la humanidad y las controversias que dicha construcción trajo para el cuidado y conservación del hábitat terrestre. En particular se analiza la racionalidad promovida por las ciencias clásicas, en particular con las nociones formadas acerca de la irreversibilidad. Se conecta este aspecto con las nociones clásicas de la relación entre cantidad y calidad, y se enlaza con las implicaciones de estos paradigmas con la cultura energética.

Palabras clave: Energía, evolución, calidad, cantidad, termodinámica.

Energetic education, the science we teach and the society we build

Abstract

Aspects of importance are approached in relation to the humanity's scientific and social construction and the controversies that this construction brought for the care and conservation of the terrestrial planet.

The rationality is analyzed promoted in particular by the classic sciences with the notions formed about the not reversible. This aspect is connected with the classic notions of the relationship between quantity and quality and he/she is linked with the implications of these paradigms with the energy culture

Key words: Energy, evolution, quality, quantity, thermodynamic.

Introducción

Las exigencias contemporáneas que imponen las condiciones climatológicas actuales, resultado de una acumulada afectación a la naturaleza por la cultura consumista de la sociedad moderna, obligan a nuevos paradigmas de la construcción social y científica. En estas intenciones la educación ocupa un lugar privilegiado entre los esfuerzos por hacer cambiar este mundo.

Así, la educación energética se ha inscrito entre los esfuerzos dirigidos a buscar el cambio de la conducta humana ante el hábitat terrestre. Sin embargo, son abundantes los intentos, que en este campo se reducen a promover simples hábitos de racionalidad en el sentido de no derrochar la energía eléctrica disponible, sin considerar los profundos lazos que existen en toda una historia de construcción científica y

social por la que ha transitado la humanidad y su conexión con lo que llamamos cultura energética.

El presente trabajo es una modesta elaboración con la intención de revelar los profundos lazos que existen entre la construcción social humana desde hace dos siglos, después de la Revolución Industrial en Inglaterra en el último tercio del siglo XVIII, y las complejas relaciones entre la ciencia y la sociedad que se han tejido a lo largo de los últimos doscientos y tantos años de la humanidad.

Desarrollo

La construcción social y la ciencia

La sociedad, las ciencias, las tecnologías, las religiones, las ideologías, las culturas, etc., tienen sentido por nuestra existencia como especie. El hombre resultado de

un largo proceso evolutivo ha llegado a un estadio que pone en peligro la existencia misma de su especie y de las demás especies que pueblan el planeta. Ahora está planteada la disyuntiva: o seguimos el camino transitado, desde hace unos siglos atrás, de consumir con voracidad los recursos del planeta, para satisfacer cada vez más necesidades suntuosas y placenteras, o frenamos semejante «crecimiento», que por demás, tan solo beneficia a un tercio de la humanidad.

Una u otra dirección del camino a escoger no solo depende de la justeza en sí mismo que cada uno signifique, sino de la comprensión y fortaleza que tengan las partes que a nivel global representan los intereses de los dos lados de esta disyuntiva. Así, el mundo se divide en: países desarrollados y subdesarrollados, o países ricos y pobres, o países del Primer Mundo y países del Tercer Mundo. Es decir, el mundo se divide en dos bloques bien definidos aunque en cada uno existen personas que se identifican con los intereses del otro bloque.

Los países del Primer Mundo o desarrollados y ricos tienen, en general, una larga historia de conquistas, promotores de guerras, provocadores de conflictos y dominadores de otros países. Todo ello con el fin de enriquecerse, de lograr beneficios a la fuerza y poder disfrutar de la mayor cantidad de recursos útiles. Así, en estos países se desarrollaron con bastante celeridad el arte, las ciencias, la industria y en general el desarrollo tecnológico con una visión de superioridad sobre los países que fueron por ellos sojuzgados y sometidos a la fuerza por sus armas de guerra y sus ejércitos. No quiere decir que en los países ricos no se desarrollaran movimientos o grupos de personas interesados en evitar la historia depredadora de sus naciones, pero en general, vencieron las tendencias de los grupos representantes de los dueños de los medios de producción y «dueños» de las riquezas, las tierras, los sistemas productivos. Para entender este andar debe comprenderse la predicción marxista sobre la correlación de la satisfacción de las necesidades y el aumento progresivo de las fuerzas productivas y su relación con el problema ambiental, cuando en el tercer tomo del *Capital*, Marx expresó:

« (...) el salvaje tiene que luchar con la naturaleza para satisfacer sus necesidades, para encontrar el sustento de su vida y reproducirla, el hombre civilizado tiene que hacer lo mismo, bajo todas las formas sociales y bajo todos los posibles sistemas de producción. A medida que se desarrolla, desarrollándose con él sus necesidades, se extiende este reino de la necesidad natural, pero al mismo tiempo se extienden también las fuerzas productivas que satisfacen aquellas necesidades. La libertad, en este terreno, solo puede consistir en que el hombre socializado, los productores asociados, regulen racionalmente este intercambio de materia con la naturaleza, lo pongan bajo su control común en vez de dejarse dominar por él como por un poder ciego, y lo lleven a cabo con el menor gasto posible de fuerzas [energía¹] y en las condiciones más adecuadas y más dignas de su naturaleza humana» [Marx, 1973: 827].

El capitalismo, precisamente, se condujo según el poder ciego del crecimiento continuo de necesidades y fuerzas productivas con un derroche de energía, sin considerar condiciones adecuadas ni dignas de la naturaleza humana, desafiando la predicción marxista consecuencia de lo cual hoy estamos abocados a la desaparición de la especie, resultado alcanzado en el corto periodo de algo más de dos siglos, después de la Revolución Industrial al final del siglo XVIII.

Por otra parte, los países del Tercer Mundo, subdesarrollados y pobres, tienen la historia contraria. Han tenido que defenderse continuamente, soportar el yugo de la explotación, de la más increíble miseria y del abandono de sus poblaciones. Han tenido que soportar el saqueo de sus recursos, robados por los países poderosos según la ley de la fuerza. En algunas naciones pobres el desarrollo de la ciencia y la técnica llegaron a tener en la antigüedad tanto o más desarrollo que en las naciones ricas de hoy, solo que las metrópolis eliminaron todo vestigio de progreso en esos campos e impusieron su manera de entender y dirigir el desarrollo socioeconómico.

En los últimos dos siglos la ciencia y la tecnología que impera es la llamada ciencia y tecnología del mundo occidental, desarrollada según una concepción de dominio de la sociedad sobre la naturaleza, con predominio de unos hombres sobre otros y de unas naciones sobre otras. Tal es el modo de conducirse el mundo según esas ideas, en las que no existe siquiera la posibilidad de que las inteligencias de las naciones pobres puedan desarrollar la ciencia y la tecnología de sus propios países, pues los que poseen la inteligencia necesaria son robados y captados por las naciones industrializadas, quienes los convierten en ciudadanos de los países ricos. Al igual que en la parte desarrollada del mundo, en la parte pobre existen sectores que comparten, en contra de sus propios países, la política de saqueo que contra ellos llevan a cabo.

Así, la visión del mundo descrita por las ciencias desarrolladas en occidente es la de considerar como válidos los procesos depredadores que sobre la humanidad y la naturaleza han seguido los poderosos. Tanto es así que la parte de la humanidad que sufre las consecuencias de la desigualdad está educada según los patrones que se siguen en el mundo, donde el poder de unos hombres sobre otros está justificado y que produce, como consecuencia, destrucción humana y depauperación del hábitat terrestre.

Toda la ciencia desarrollada por occidente, que se enseña en todo el mundo, incluyendo los países que no se consideran capitalistas, contribuye a formar una personalidad depredadora. Como dijo Prigogine [1988: 10]: «El triunfo de las ciencias clásicas, por importante que haya sido para el progreso de nuestros conocimientos, trajo consigo un divorcio entre el hombre y el mundo cuya importancia nunca podrá subrayarse suficientemente».

Un nuevo paradigma de las ciencias que se dirija directamente a formar sociedades distintas tendrá que romper diametralmente con las bases de una educación hecha para someter a los pobres y ensalzar a los dueños de los medios de producción. La educación de un nuevo mundo tendrá que revisar y cambiar hasta la raíz las ciencias tradicionales, las asignaturas que explican esas ciencias a través de

¹ El corchete es del autor, queriendo referir que en la época de Marx la energía se confundía con la palabra fuerza. Fue precisamente Engels, después del resultado de Joule del equivalente mecánico del calor, quien elogia la diferenciación que entre fuerza y energía queda revelada con el descubrimiento señalado. Ver *Dialéctica de la Naturaleza* de Engels.

las cuales se ha destruido la naturaleza y con las que, de seguirlas entendiendo así, acabaremos por destruir todo vestigio de las especies vivas en el planeta, especialmente la especie humana.

La más profunda naturaleza social de la ciencia tendrá que revelarse y explicar entonces el mundo de la forma integral y compleja que existe, comprendiendo las leyes descubiertas hasta entonces en función de su utilidad para salvar el planeta, y no en función de cómo dominarlo mejor para que nos sirva como ciervo a su amo, como están construidas hasta ahora las ciencias modernas.

La orientación cultural en la enseñanza aprendizaje de las ciencias en la escuela se impone como una condición de supervivencia. No podemos seguir enseñando ciencias al modo en que se hizo en los últimos doscientos años. La escuela desde los primeros grados tendrá que enseñar que la ciencia no es un instrumento del hombre para dominar la naturaleza, sino una de sus mejores construcciones culturales para salvarla. Eso presupone profundos cambios en los contenidos de enseñanza de las ciencias, en particular la revisión de la concepción clásica de las ciencias que ha predominado en nuestros programas.

Para comenzar la construcción de una nueva ciencia orientada a una visión diferente del mundo con sentido científico, empecemos por entender el carácter irreversible de los sistemas y procesos en este mundo.

La irreversibilidad y la degradación como modo predominante de la existencia de todo el mundo material

La enseñanza de las ciencias clásicas, tal y cual quedaron diseñadas desde el siglo xvii y refrendadas con solidez en el siglo xx, ha dejado una visión del mundo que seguramente no podremos apreciar en su dimensión total con respecto a sus implicaciones para los problemas sociales, económicos, políticos y ambientales contemporáneos, y cuyo carácter depredador en todos esos campos se sentenció como correcto por la cultura occidental, hoy prevaleciente en todo el planeta.

Refiriéndose a las nociones de las ciencias clásicas en la racionalidad reinante después de los aportes de Newton, Prigogine apunta [1988: 10]: «En una concepción de esta índole, la irreversibilidad y la noción de acontecimiento se ven reducidas a la categoría de mera apariencia y se convierten en el efecto de aproximaciones en nuestra descripción del mundo».

Un ejemplo de lo anterior se refleja en el campo energético, que constituye una buena parte del accionar depredador de la humanidad. La actividad educativa en este campo es pobre y se limita a promover hábitos de ahorro de electricidad, sin profundizar en los sólidos lazos de la acción depredadora de la especie en el campo de la energía y de los intereses políticos y económicos de las esferas del poder capitalista mundial.

Tal es la orientación de la enseñanza que en materia de ahorro de energía ni siquiera el problema se aborda desde una óptica científica que penetre de verdad en la esencia del problema. La energía, como expresión del carácter irreversible de la materia, se degrada continuamente. En todos los procesos materiales en los cuales se pone en juego cier-

ta cantidad de energía que se transforma, de unos tipos en otros, la energía pasa de energía útil a energía imposible de ser nuevamente utilizada. Como dice Tiezzi [1999: 173]: «Toda la energía pasa inexorablemente de formas de energía utilizables, a formas de energía no utilizables».

En este desconocimiento educativo está implícito un fragmentado aprendizaje del verdadero significado del ahorro de energía. La energía cuantitativamente no hay que ahorrarla, de ello se encarga automáticamente el primer principio de la termodinámica, o ley de conservación y transformación de la energía [Brodianski, 1989; Fundora, 2007a]. Por ello la esencia del ahorro de energía es la intención o esfuerzo por conservar la calidad de la energía. Hay que enseñar en todos los niveles educativos que «la energía se conserva en cantidad pero no se conserva en calidad», y que en ello reside el carácter irreversible de todos los procesos y sistemas del planeta, de cuya propiedad somos hijos.

Es casi incomprensible para el ciudadano común, cuya cultura ha sido edificada según los conceptos científicos del paradigma clásico, que la irreversibilidad es nuestra madre y que el carácter irreversible se manifestará inexorablemente para todo en la vida, solo que el secreto está que dicha irreversibilidad podrá ser considerada y parcialmente controlada, con una cultura de consumo diferente a la actual. La cultura imperante no consideró, en toda su extensión, el carácter irreversible de este mundo y por tanto no fue capaz de ver, «como poder ciego», los caminos a que sería conducido por su imprudencia.

Todos los procesos de la naturaleza y la materia misma tienen sentido solo por su carácter irreversible. Dicho carácter ha sido presentado en las ciencias clásicas como cierta desgracia o limitante para el desarrollo y evolución de los sistemas. La irreversibilidad, expresión de la ley dialéctica de la negación de la negación, materializada en dirección hacia el no ser de cada individuo, objeto o proceso, es condición indispensable para la existencia. Si lo nuevo no negara lo viejo, y como resultado nuevas estructuras y funciones tuvieran lugar, la existencia de lo conocido hasta hoy hubiera sido imposible.

Nada existe eternamente, cada componente del sistema universal ha demostrado que tiene un momento y un lugar de surgimiento, y un momento y un lugar de encontrar su fin.

Ese paso por la existencia siempre ha asustado al hombre y aunque hoy tiene una mejor comprensión, siempre ha buscado una explicación para autoconvencerse de que existe otro mundo donde la eternidad predomine. Así surgieron las religiones, los mitos, los pensamientos místicos y toda esa cultura que ha conducido, a no pocos grupos humanos, a lo largo de la historia, lo cual también ha servido para justificar las conductas depredadoras en el mundo terrenal.

Pero la irreversibilidad es un hecho científico. El mundo natural de formación de cuánta diversidad material existe, no se repite por sí solo en su idéntica formación. Los individuos de cada especie, los objetos y cuerpos creados por la naturaleza y todos los procesos que se desarrollan, no se repiten en su composición total, en sus componentes mismos, ellos ocurren con su secuela de surgimiento, de-

sarrollo y desaparición. Cada individuo, cada objeto, cada cuerpo, cada proceso puede ser parecido a muchos de su especie, pero es único en su existencia. Si la realidad no fuera así hace mucho rato que no cabrían en el planeta todos los individuos, objetos, cuerpos y procesos creados desde el surgimiento del universo.

«El origen de la vida y los acontecimientos evolutivos no son improbables, (...) sino al contrario, son hijos de la termodinámica, de los procesos irreversibles. No son un accidente de la naturaleza, sino que se encuentra en el camino de desarrollo más lógico (el hombre no más ajeno de la naturaleza, no más desesperado recupera su propia dignidad)» de Prigogine encontrado en Tiezzi [2006:].

La última referencia de Prigogine es profundamente importante. Científicos y filósofos idealistas han querido hacer creer que la especie humana es un accidente en el devenir histórico de la naturaleza. Ello es un profundo error científico. Como dice Novik [1982, 98]: «En el plano físico, la razón es un mecanismo de la búsqueda de energía convertible. Debido a eso, en un mundo de energía no degradable, tal mecanismo sería innecesario y el ser racional no podría surgir. De ahí se saca la conclusión de que el hombre, es, por consiguiente, el resultado del segundo principio de la termodinámica, es decir, de una ley de la naturaleza según la cual con el correr del tiempo la energía se desvaloriza».

La realidad material está sujeta a una rara composición de la conservación en cantidad y la variación constante en calidad. De hecho la energía se conserva en cantidad, pero no se conserva en calidad. El surgimiento del Universo siempre preocupando a la humanidad e inspirando la obra científica de la especie humana, tiene hoy una explicación proveniente de esa acostumbrada conservación de cantidad y cambio en calidad. No por casualidad una de las leyes de la dialéctica es: «ley del trueque de la cantidad en calidad y viceversa» [Engels, 2002: 41].

Los límites de la naturaleza y los excesos humanos

El carácter irreversible de los eventos en la Tierra es una consecuencia de una de las leyes más controvertidas de la naturaleza: el Segundo Principio de la Termodinámica [Brodianski, 1990] según el cual la energía con el de cursar del tiempo se desvaloriza.

La especie humana ha recorrido un largo camino en su evolución. Desde la unidad no armónica – como la llama Novik [1982] – cuando era aplastado por la naturaleza, hasta la unidad armónica donde el hombre superó el miedo inicial a las fuerzas ciegas de la naturaleza y ya la domina y adapta a sus intereses, conservando su originalidad y su condición humana. Esta historia transitó por la adaptación continua del hombre a la naturaleza y progresando en el desarrollo de sus fuerzas productivas, asociadas a la elevación de la calidad de sus medios de producción. Son testigos de ese proceso las máquinas simples que el hombre creó después de utilizar la fuerza humana y animal como principales medios de obtención y transmisión de energía. La palanca, la rueda, el plano inclinado, la polea, el tornillo y la cuña elevaron la productividad del trabajo y con ello sus procesos de intercambio de materia y energía con la naturaleza, moviéndose en parámetros admisibles para las

condiciones naturales del hábitat. Todo este proceso duró hasta hace unos doscientos años, en que se inició la carrera desenfrenada de la mecanización, con el desarrollo de la máquina de vapor en Inglaterra a finales de siglo XVIII.

Son testigos de ese período de crecimiento de las fuerzas productivas, en el eterno andar de dominar la naturaleza, el uso de las fuentes renovables de energía como el agua y el viento en molinos movidos por estas, para el desarrollo de numerosos procesos productivos y el transporte, especialmente de barcos a través de los mares.

Hemos provocado profundos cambios en la naturaleza, pero tan peligroso como producir cambios tan notables hubiera sido no producir ninguno. Para el hombre y la propia naturaleza la inmutabilidad y la parálisis significan la muerte.

Marx (citado por Novik, 1982: 35) define el trabajo en su totalidad como «proceso entre el hombre y la naturaleza, proceso en que este realiza, regula y controla mediante su propia acción su intercambio de materias con la naturaleza». O sea, el trabajo « (...) primera condición fundamental de toda la vida humana, hasta el punto que, en cierto sentido, (...) el hombre mismo ha sido creado por la obra del trabajo» [Engels, 2002: 142], el cese del cambio de la naturaleza significa el cese del ser del hombre. Existir significa para el hombre modificar la naturaleza.

De manera que los procesos de intercambio de materia y energía entre el hombre y la naturaleza constituyen la base de la contradicción que sustenta estos dos polos, pero dichos procesos no pueden ser ilimitados pues ante tal actividad del ser humano la naturaleza impone limitantes importantes, ellas son:

- La ley de las poblaciones de Malthus, sobre la cual Darwin erigió su formidable ley de la evolución [Tiezzi, 2006]. Malthus sostiene que, si no hay ningún obstáculo que lo impida, la población humana crece en una proporción geométrica, mientras que los recursos para su supervivencia solo crecen en proporción aritmética: «el poder de crecimiento de la población es infinitamente más elevado que el poder de la tierra para producir los medios de subsistencia necesarios para el hombre: en efecto, si no se frena la población, esta aumenta en progresión geométrica, mientras que los recursos aumentan en progresión aritmética». De esta manera, si todos los individuos de una especie se reprodujeran con éxito crecería su población de manera exponencial, entrando en conflicto con sus medios de subsistencia. En algunos aspectos, dicha tesis ya había sido anticipada por Condorcet, aunque dicho autor las planteaba desde una perspectiva optimista y afirmando la posibilidad del progreso, mientras que Malthus la preconizaba sosteniendo una posición proclive al egoísmo de las clases sociales acomodadas [Martínez y Cortés, 1999]. Para Malthus esta ley de la naturaleza era la razón para justificar la miseria y la explotación de las clases oprimidas a través de las guerras y el aniquilamiento de las poblaciones más empobrecidas.

Darwin comprende que en un sistema biológico siempre hay exuberancia de nacimientos con relación a la disponibilidad de los recursos hasta el momento en el cual un recurso llega a ser «factor limitante» del sistema y de

la utilización de los mismos [Tiezzi, 2006: 178]. Esta comprensión del ensayo sobre las poblaciones de Malthus intuyó a Darwin la idea de la evolución, ley a partir de la cual se ha explicado el proceso de transformación biológica de la naturaleza y que explica el carácter de unidad y lucha de contrarios que tienen todas las especies que pueblan la Tierra, a partir de su existencia y desarrollo y la dependencia creciente de unas especies de otras y de todas con las condiciones del hábitat terrestre, y este del proceso transformador de dichas especies, que no podrán paralizar su continuo proceso de nacimiento, desarrollo y muerte. En lo biológico la muerte no solo significa el no ser de algún individuo, sino la condición necesaria para el surgimiento y nacimiento de otros [Novik, 1982].

Hoy, cuando el problema demográfico se traduce como uno de los problemas globales, sabemos que con 25 % de la comida que se desperdicia en el mundo se puede eliminar el hambre en el planeta (informe de la FAO, citado por el periódico Granma, 2015). Quiere decir que aunque reconocamos que el control de la población es un asunto que debe interesar, aun los recursos que se utilizan no se emplean para todos los existentes en el planeta. El crecimiento demográfico es más hijo de la miseria y el subdesarrollo que a la inversa. Acabemos el hambre y el subdesarrollo, y podrá equilibrarse una población cuya huella ecológica no implique la destrucción del hábitat, siempre, y cuando el desarrollo que se alcance sea sostenible y no al estilo nefasto de occidente.

- Otra ley limita las posibilidades de intercambio de energía. Esta ley se describe en el segundo principio de la termodinámica. De esta ley se deriva la realidad que determina que la energía pasa inexorablemente de energía utilizable a energía no utilizable. La segunda ley establece el crecimiento continuo de la entropía, concepto asociado al aumento progresivo del desorden molecular de todo el sistema terrestre y que implica el crecimiento continuo de la temperatura del planeta hasta que todo el sistema alcance la misma temperatura, y con ello se totalice el valor máximo de entropía con lo cual se llegaría a la inmovilidad y quietud total. Semejante estado parece que la naturaleza no lo admitirá y arrasará primero con la especie que provoque tal situación, cumpliendo con la predicción de Engels [2002: 151]: «No debemos, sin embargo, lisonjearnos demasiado de nuestras victorias humanas sobre la naturaleza. Esta se venga de nosotros por cada una de las derrotas que le inferimos. Es cierto que todas ellas se traducen principalmente en los resultados previstos y calculados, pero acarrearán, además, otros imprevistos, con los que no contábamos y que, no pocas veces, contrarrestan los primeros».

Hoy sabemos que el aumento de la entropía no es reducible al incremento del desorden, pues el orden y el desorden surgen y existen simultáneamente.

Las investigaciones más recientes muestran que por cada millar de fotones calóricos que se encuentran en desorden, se encuentran por lo menos una partícula elemental, que es capaz de estimular en cada conjunto de fotones la transición hacia una estructura ordenada. Así, el orden y el desorden coexisten como dos aspectos de una totalidad y nos aportan una diversa visión del mundo.

Sin embargo, no siempre el hombre tuvo sobre la naturaleza las concepciones actuales, otras civilizaciones y culturas apreciaron el papel de la vida humana en el contexto natural de una forma bien diferente a la manera que la hemos concebido en la modernidad. Existe como un testigo irrefutable de semejante afirmación la carta del jefe indio de los Piel Roja, Noah Sealath de la tribu Suwamish.

La respuesta de Sealath al catorce presidente de los EE.UU. (Frank Pierce, 1853 – 1857) por su decisión de comprarles las tierras, contiene ideas como las siguientes:

- « (...) no entiendo cómo el caballo de hierro que fuma puede ser más importante que los búfalos que nosotros matamos solo para sobrevivir».
- ¿Qué es del hombre sin las bestias? Si todas las bestias desaparecieran, el hombre morirá de una gran soledad en el espíritu, porque cualquier cosa que le pase a las bestias, también le pasa al hombre. Todas las cosas están relacionadas. Todo lo que hiera a la tierra herirá a los hijos de la tierra.
- Los blancos también pasarán quizás más rápidos que otras tribus. Continúa contaminando su cama y alguna noche terminará asfixiándose en su propio desperdicio [Sealth, 1999].

Con ideas como estas el jefe indio mostraba respeto a una de las leyes límites del progreso humano. La transformación que civilizaciones como esta hacían de la naturaleza estaba en los parámetros del más profundo respeto a la misma, y cuidando, sin saberlo, hacían gala del «cambio conservador» [Novik, 1982] que se deriva según Novik de la ley general de la unidad del ser y el no ser. A pesar de que todo sistema avanza hacia el no ser, el sistema-hombre naturaleza puede ser prolongado en el tiempo. Todas las civilizaciones anteriores cuyas conductas se ajustaron a los modelos de la tribu Suwamish, respetaron las condiciones de irreversibilidad impuestas por la naturaleza.

No se puede en general eludir la irreversibilidad. Sin embargo, controlando hábilmente los procesos cíclicos se pueden superar durante bastante tiempo y con eficiencia las tendencias degradadoras e irreversibles [Novik, 1982].

La educación energética es mucho más que el simple acto de ahorrar energía

Es habitual que en diferentes ámbitos se limite el espectro de la educación energética al urgente acto de ahorrar energía. Semejante propósito queda, en muchas ocasiones, en declaraciones de carácter político o simplemente de convocatorias cívicas. Ni la esencia científica del ahorro de la energía suele ser atendida, reduciendo los límites de las convocatorias mencionadas al acto común de suprimir el funcionamiento de sistemas eléctricos cuyo uso está siendo excesivo.

Por ello la educación energética debe hacerse desde una elaboración que presente la energía no solo desde su formulación conceptual, sino desde su presencia ineludible en todo lo real y objetivo, sin lo cual no existe movimiento, ni ninguna transformación base de la existencia. Esto desde su presencia objetiva en la naturaleza y en la actividad del hombre. No bastan los estudios habituales de las formas de energía y sus modos de medirlas. Hay que

incursionar en la comparación entre las eficiencias energéticas de los procesos realizados por la naturaleza y los llevados a cabo por nuestra especie, tanto en sus actividades manuales como tecnológicas. Hay que abordar la discusión de que el problema energético no basta resolverse en sí mismo si queremos salvar al planeta de la hecatombe ecológica; existen problemas más agudos en relación con la factura humana que se obtiene de patrones culturales y educativos basados en el consumo ilimitado [Fundora, 2007b].

Así, el análisis de la energía en función del comportamiento de la sociedad, resultado del uso y concepción con que es empleada para el mantenimiento y elevación de los niveles de vida, debe formar parte de las temáticas que en nuestros currículos de ciencia se aborden.

Conclusiones

Las relaciones entre la energía, la sociedad y la ciencia están asentadas por un largo proceso depredador y destructor del hábitat terrestre que desarrolló la civilización occidental.

En nuestras sociedades están inscritos patrones de relación con la naturaleza que son expresión de las sociedades capitalistas, donde el egoísmo y el individualismo priman, afectando seriamente todas las pretensiones sociales que en las nuevas condiciones podrían llevarse a cabo por los procesos socializadores emprendidos en varios países de América Latina.

Todo el proceso educativo, necesario para enfrentar los problemas ecoenergéticos derivados del comportamiento social, requiere una labor intensa y transformadora de todos los paradigmas educativos sustentados, hasta el momento, y que incluye cambiar la forma de entender las ciencias modernas actuales, edificadas sobre la base de considerar la depredación de la naturaleza como correcta.

Cada nación deberá, en correspondencia con sus características concretas en relación al uso de sus recursos energéticos, construir sus propios patrones educativos. No es lo mismo un país privilegiado con grandes reservas de combustibles fósiles, a otros que no disponen de fuentes de energías de fácil adquisición.

El mundo deberá moverse hacia una visión de su existencia, diferente a los patrones que ha aprendido, desde una cultura que certificó como correcto la depredación de la naturaleza y toda la biosfera terrestre. Los conceptos

de reversibilidad e irreversibilidad deberán revisarse a cómo ha sido habitual presentarlos en las ciencias clásicas que enseñamos en las escuelas. La degradación de la energía en los niveles primarios y medios de la educación, y el crecimiento de la entropía en los niveles universitarios deberán enseñarse con más generalidad a la población que cursa esos niveles. La esencia energética de nuestro planeta, con su cuota de apariciones y desapariciones, de vida y muerte en el mundo orgánico e inorgánico, deberá encontrar más espacios en los currículos de las enseñanzas en cada nivel, revelando las posibilidades de nuestra especie para alargar nuestra existencia en este hermoso planeta, haciendo mejor uso de los sistemas cíclicos y renovables que nos brinda la naturaleza. No poco será el despojo que debemos hacer de hábitos consumistas, derrochadores y egoístas que nos han proporcionado una mentalidad que se dejó llevar como poder ciego, sin miramientos del gasto de energía y haciendo caso omiso a las condiciones más adecuadas y más dignas de nuestra naturaleza humana.

Bibliografía

- BRODIANSKI M.V. (1989). *Balance exérgico y rendimiento en Móvil Perpetuo antes y ahora*. Moscú: Ed. MIR (259 – 271 pp.).
- ENGELS F. (2002). *Dialéctica de la Naturaleza*. Editorial Pueblo y Educación. Segunda edición. La Habana
- FUNDORA J. (2007A). «La energía y la actividad del hombre». Conferencia impartida en el curso de Maestría en Ciencias Exactas del ISPEJV. La Habana: ISPEJV.
- FUNDORA J. (2007B). «Las fuentes renovables energía una perspectiva sujeta a la lucha contra el dominio del petróleo y las fuentes de energía por los círculos de poder mundial». Artículo en publicación trabajado en el Curso Online con la Universidad de Santiago de Compostela. La Habana.
- Informe de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas (FAO). Periódico Granma La Habana 17 de agosto de 2015.
- MARTÍNEZ R.A. y M. J. CORTÉS (1999). *Diccionario de Filosofía digital*. Barcelona: Ed. Herder SA.
- MARX. (1973). Capital. T-III Capít. XLVIII. La Habana: Ed. Ciencias Sociales, 827 p.
- NOVIK I. (1982). *Sociedad y Naturaleza*. Moscú: Ed. Progreso.
- PRIGOGINE I. (1988). «Una nueva convergencia de la ciencia y la cultura. Los premios nobel tienen la palabra». Revista El Correo. UNESCO. Mayo (9 – 13).
- SEALTH N. (1999). «Carta al presidente Pierce». En revista *Energía y Tú* Nº 7. La Habana: Ed. Cubasolar.
- TIEZZI E. (2006). *Los límites biofísicos de la Tierra y el derecho a la calidad de vida. El Camino del Sol*. La Habana: Ed. Cubasolar.



Producción fotovoltaica máxima en azoteas

Por **Dr. C. Antonio Sarmiento Sera*** y **M. Sc. Orestes Castillo Castillo****

* Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter),
calle 114 No. 114222, entre Ciclo Vía y Rotonda, Ispjae, Marianao, La Habana.

** Compañía Contratista de Obras de la Aviación (CCOA SA),
Ave Van Troi y Final, Boyeros, La Habana, Cuba.

E-mail: sarmiento@ceter.cujae.edu.cu; orestes.castillo@ccoa.avianet.cu

Resumen

En el presente reporte se presenta la situación de un sistema fotovoltaico instalado en la superficie o azotea de una edificación, constituido por filas de módulos fotovoltaicos. Se analiza la posibilidad de incrementar la generación eléctrica con el incremento del número de módulos y filas fotovoltaicos generadoras, pero esto conlleva el compromiso de la disminución del espaciamiento entre filas, lo que provoca a su vez el incremento de pérdidas por las sombras que las filas delanteras provocan sobre las filas traseras, sobre todo en las primeras y últimas horas del día. En el trabajo se busca la distribución intermedia de filas con la que se debe obtener una producción máxima de energía eléctrica de origen fotovoltaico. Se presenta el procedimiento con un sentido gráfico y el resultado de obtención de la distribución, el número de filas y el espaciamiento que logran la máxima generación de energía eléctrica fotovoltaica, en un caso de una azotea dada, pero que sirve de guía general.

Palabras clave: Filas fotovoltaicas, generación fotovoltaica máxima, sombras fotovoltaicas.

Maximum photovoltaic production in roofs

Abstract

In presently report, the situation of a photovoltaic system is presented installed in the surface or roof of a construction, constituted by rows of photovoltaic modules. The possibility of increasing the electric generation is analyzed with the increment of the number of modules and generating photovoltaic rows, but this bears the commitment of the decrease of the spacing among rows, what causes in turn, the increment of losses for the shades that the front rows cause on the back ones, mainly in the first and last hours of the day. In the paper the intermediate distribution of rows is looked for the maximum production of electric photovoltaic power and should be obtained. The procedure is presented with a graphic sense and the result contains the distribution, the number of rows and the spacing that achieve the maximum generation of photovoltaic electric power, in a case of a given roof, but that it serves as general guide.

Key words: Maximum photovoltaic generation, photovoltaic shades, photovoltaic rows.

Introducción

Es de uso común establecer los campos fotovoltaicos a través de filas o paneles con algún determinado conjunto de módulos fotovoltaicos, sobre el terreno o en superficies de edificaciones, aunque se conoce que en horas tempranas de la salida del Sol y al atardecer, los rayos del Sol, con direcciones cercanas a la horizontal, provocan

sombras de las filas delanteras sobre las traseras, con las consecuentes pérdidas de generación. Aunque el efecto es inevitable en la mayoría de los casos, se puede controlar en algún grado ajustando el espaciamiento entre las filas, de modo que con el incremento del espaciamiento se pueden reducir las pérdidas por sombreado hasta cierto límite aceptable; este incremento en el área utilizada puede conllevar

un aumento en el costo del terreno o tener un límite físico, por ejemplo, en el caso de las superficies o azoteas de las edificaciones [Sarmiento, *et al.*, 2014]. El problema que en este trabajo se presenta es el caso de utilización de un área superior o techo de una edificación, en que el incremento de las filas de módulos fotovoltaicos produce por su parte un incremento en la generación de electricidad, al incrementar la cantidad de módulos fotovoltaicos generadores, pero al reducir el espaciamiento entre filas surge el compromiso debido al incremento de las pérdidas por sombreado.

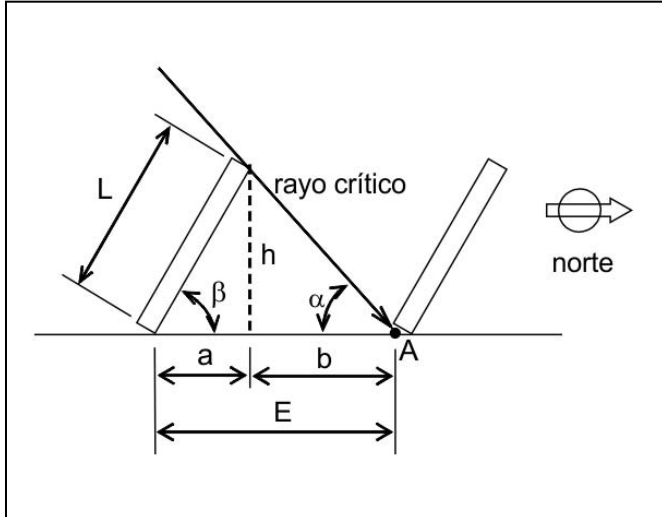


Fig. 1. Esquema de módulos con el espaciamiento.

Considerándose como hipótesis que debe existir una situación intermedia que ofrezca la máxima generación eléctrica posible, de origen fotovoltaico. Se trabaja con un caso de edificación específica, aunque el procedimiento o método seguido tiene posibilidades generales. En la figura 1 se representan dos filas de módulos fotovoltaicos. Se observa la orientación de los módulos hacia el sur. En las primeras horas del día, a partir de la salida del Sol, la sombra que proyectan los módulos delanteros incide sobre los módulos traseros, hasta cierta hora crítica de la mañana, cuando el rayo solar que pasa por el borde superior del módulo delantero incide en el punto (A); a partir de ahí, y hasta cierta hora de la tarde, simétrica a la señalada como crítica, la situación se repite en sentido inverso. Estos dos períodos, en la mañana temprano desde la salida del Sol hasta la hora crítica y posteriormente por la tarde de forma similar, son cuando se producen los efectos de pérdidas por sombreado.

En la figura 1:

L longitud del módulo

β ángulo de inclinación del módulo [Bérriz, *et al.*, 2004]

(a) dimensión que caracteriza la región bajo el módulo

(b) dimensión que completa el espaciamiento (E)

(E) Espaciamiento, es una variable a estudiar

La superficie de la edificación se representa en la figura 2. La edificación tiene una orientación norte-sur, lo cual simplifica el análisis gráfico, pero no es esencial en el método.

Se define $u = L/E$ como índice de aprovechamiento del terreno o superficie.

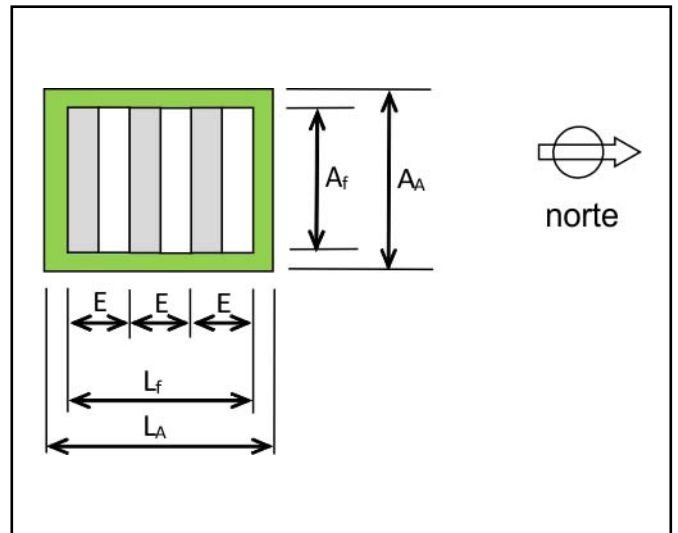


Fig. 2. Esquema de superficie de edificación con filas fotovoltaicas.

Cada fila se representa sombreada en gris, orientada hacia el sur, y junto a ella una zona en blanco, que representa la región dimensionada con (b) en la figura 1. Se han dibujado solo tres filas para ilustrar la situación, aunque la cantidad de filas es una variable a determinar. La superficie (azotea) de la edificación tiene 23 m de largo (L_A) y 14 m de ancho (A_A), la distribución de los módulos en esa área de $23 \times 14 = 322 \text{ m}^2$ se expone más adelante.

En verde se destacan las zonas de margen que rodean las tres filas, del borde de la edificación.

Se utiliza el módulo fotovoltaico WRS Mo72F, con potencia de 300 W y dimensiones $1,968 \times 0,992 \text{ m}^2$.

Método

Se recomienda [Sarmiento, *et al.*, 2014] el análisis del momento crítico del día 21 de diciembre, por ser el día de menor inclinación (α) de las 12 del día de todos los días del año en Cuba, lo que provoca la situación de las sombras más largas. Entonces, la figura 1 refleja la situación del 21 de diciembre, a las 12 m (Hora solar) con el espaciamiento ajustado para que el rayo crítico incida en el punto (A).

En donde:

$$a = L \cos(\beta) \quad (1)$$

$$b = h/\text{tg}(\alpha) \quad (2)$$

$$h = L \text{sen}(\beta) \quad (3)$$

Como $E = a + b$, utilizando las ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$E = \{ 1/\text{tg}(\beta) + 1/\text{tg}(\alpha) \} h \quad (4)$$

Se define k en:

$$E = (k) h \quad (5)$$

Utilizando:

Inclinación de los módulos: $\beta = 23^\circ$

Altura solar del 21 dic (12 m hora solar): $\alpha = 45^\circ$

Se tiene en (4) el valor de k, en: $E = (3,356) h$

Y utilizando $L = 1,968 \text{ m}$ en (3)

$$E = 2,58 \text{ m} \quad (6)$$

Para el estudio se ha considerado un rango de valores del espaciamiento entre 2 y 4 metros, con vistas a explorar la situación de máxima generación fotovoltaica. Como la cantidad de filas son números enteros, en el rango señalado se encuentran las alternativas entre 5 y 10 filas.

Se han preparado filas con 10 módulos colocados con el lado mayor de cada módulo en la dirección inclinada y con el lado menor en la horizontal.

De aquí que el ancho de una fila (A_f) sea $10 \times 0,992 = 9,92 \text{ m}$

En la tabla 1 se presentan las características generales de los diferentes casos analizados, cada uno con diferentes cantidades de filas de módulos utilizadas.

El objetivo de este trabajo ha sido encontrar la cantidad de filas (o de módulos FV), así como el espaciamiento que debe colocarse entre las filas, para obtener la máxima producción de energía eléctrica de origen fotovoltaico, en una azotea que tiene una superficie máxima o definida.

En el modelo utilizado se considera que la inclinación de los módulos fotovoltaicos, durante las simulaciones y todo el estudio, se mantiene constante e igual a 23° (β en la figura 1), como criterio de inclinación igual a la latitud del lugar, para máxima captación de radiación solar, sin considerar efecto de sombreado [IDAE, *et al.*, 2014]. Trabajando sobre la tabla 1, se busca la energía entregada por todos los módulos, según el caso que se esté analizando, utilizando el Programa PVSYS [PVSYS, *et al.*, 2016], y la información que aparece en las columnas A, B, C y D, colocando los resultados en las columnas F y G. La información del porcentaje de pérdidas de la columna G, se coloca para el análisis cualitativo, pues dentro de los valores de la energía entregada por los módulos, ya está considerado ese factor de pérdida y los factores de eficiencia que de forma estándar están en los sistemas FV. Los valores de las columnas A y F se llevan a la figura 3, donde se observa a simple vista la situación de máxima generación en la azotea disponible. La solución se obtiene para 7 filas, estando suficientemente separada de las opciones de 6 y 8 filas, como para no considerar errores por aproximación. De forma similar, con ayuda de las columnas B y F se obtiene la figura 4, la cual contiene el mismo resultado, pero en función del espaciamiento. En la figura 4 se estima un valor de Espaciamiento aproximado de 2,9 m, aunque en la tabla 1 se observa con más detalle el valor de 2,86 m.

Resultados

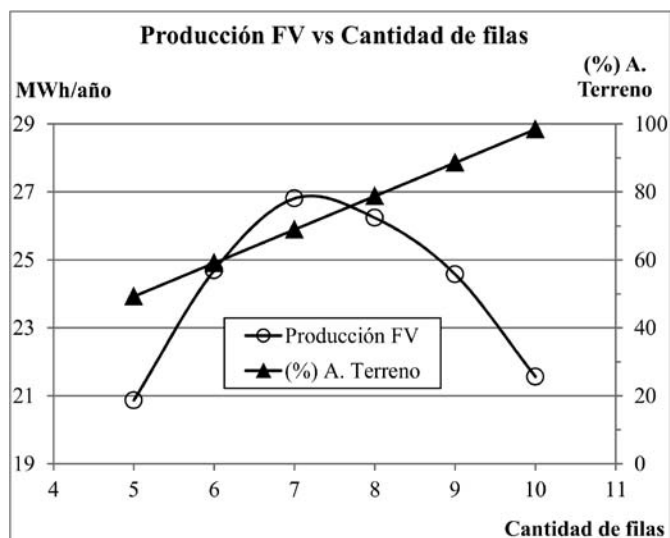


Fig. 3. Producción FV vs cantidad de filas.

En la figura 3 se presenta la producción o generación FV en función de la cantidad de filas, donde se destaca gráficamente la valoración del punto de máxima generación, en comparación con otras opciones, inclusive aparentemente cercanas. La existencia de este máximo estaba prevista como el resultado a obtener.

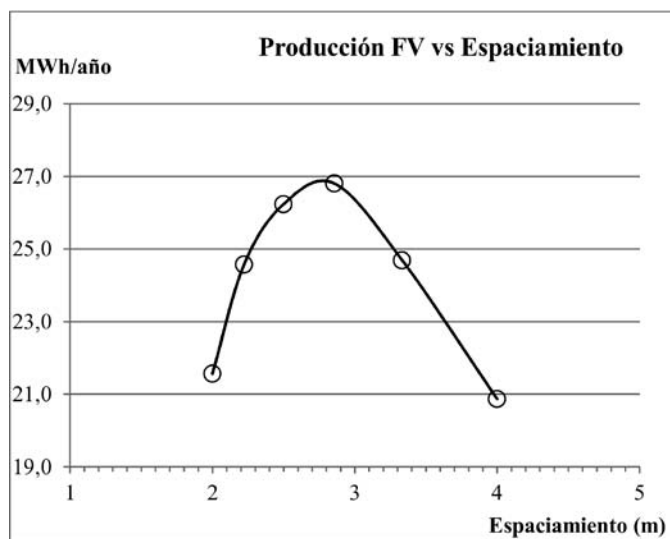


Fig. 4. Producción FV vs espaciamiento.

Tabla 1. Distribución de la cantidad de filas y sus características

A	B	C	D	E	F	G	H
Cantidad de filas	Espaciamiento [m]	Cant. total de módulos	Potencia FV por caso [kW]	Energía FV entregada [MWh/año]	Pérdidas por sombreado (%)	Aprov. del terreno $u=L/E$ (%)	%
5	4,00	50	15	20,86	2,2	49,2	77,8
6	3,33	60	18	24,69	3,6	59,04	92,1
7	2,86	70	21	26,80	10,2	68,88	100,0
8	2,50	80	24	26,24	20,9	78,72	97,9
9	2,22	90	27	24,57	35,6	88,56	91,7
10	2,00	100	30	21,56	48,8	98,4	80,4

En la figura 4 se presenta la producción o generación FV en función del Espaciamiento, lo cual ratifica el resultado de la figura anterior, aunque en función de la dimensión física de la separación entre filas. En esta figura 4 (o en la tabla 1) se obtiene el valor de 2,86 m para el espaciamiento de máxima producción (con 7 filas), lo cual tiene una adecuada relación con el valor inicialmente estimado de 2,58 m en (6).

En la figura 3, además, está el Índice de aprovechamiento del terreno (% A. Terreno), definido por $u = L/E$, en función de la misma cantidad de filas. Puede observarse que si la cantidad de filas disminuye, el terreno tiende a un aprovechamiento menor, también sucede que mayores filas entregan un alto aprovechamiento del terreno, pero no logran una máxima producción eléctrica. La solución de máxima producción eléctrica tiene un aceptable 69 % de aprovechamiento del terreno.

Un aspecto interesante es destacar el brusco incremento que aparece en el porcentaje de pérdidas por sombreado, en la tabla 1, cuando se comienza a reducir el espaciamiento por debajo de 2,86 m. Acercar demasiado las filas inutiliza la intensidad de la inversión económica de nuevos o adicionales módulos.

Conclusiones

Dado el caso de tener limitada el área o superficie disponible, por tratarse de la azotea de una edificación,

se presenta el compromiso entre el aumento de filas fotovoltaicas con su incremento de módulos y de la generación, con la reducción en el espaciamiento, lo que provoca, por otro lado, incrementar las pérdidas por sombreado, reduciendo la posibilidad del incremento de la generación. Se ha buscado una solución con ambos compromisos y como conclusión, se presenta la existencia de una solución intermedia donde se obtiene el máximo de generación, considerando que la inclinación de los módulos se mantiene constante y se le dan opciones al espaciamiento entre las filas. Se presenta la cantidad de filas y el espaciamiento con el que se logra la máxima producción eléctrica de origen fotovoltaico, ofreciéndose un útil criterio de dimensionamiento para casos similares.

Bibliografía

- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS Y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ (2004). « Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captadora solar sobre la radiación incidente », en *EcoSolar* (8) abril 2004. ISSN 1028-6004.
- IDAE «Cálculo de la distancia mínima entre placas solares» en: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/> (2014).
- PVSYT, en: <http://www.pvsyst.com/en/> (2016).
- SARMIENTO SERA, ANTONIO Y ORESTES CASTILLO CASTILLO (2014). «Espaciamiento entre filas de módulos fotovoltaicos», en *Energía y Tú* (65), enero 2014. ISSN 1028-9925 RNPS-2220.



Inventario de emisiones de dióxido de carbono procedentes de centrales azucareros de la provincia Mayabeque

Por **M. Sc. Mirtha Reinoso Valladares***, **Dr. C. Anel Hernández Garces****,
Ing. Yan Carlos Ordoñez Sánchez*, **Ing. Janet Canciano Fernández***
y **Lic. Francisco Hernández Bilbao *****

* Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CIQ), Cuba.

** Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Ispjae), Cuba.

*** Grupo Empresarial Azucarero, Azcuba.

E-mail: mirtha@inor.ciiq.minem.cu; anel@quimica.cujae.edu.cu;
yancarlos@inor.ciiq.minem.cu; janet@inor.ciiq.minem.cu; francisco.bilbao@azcuba.cu

Resumen

Los gases de efecto invernadero como el CO₂, provenientes de fuentes naturales y antrópicas, provocan alteraciones en el equilibrio del clima mundial, lo que trae consigo mayor variabilidad climática, con consecuencias económicas, sociales y ambientales de gran magnitud. Aunque en Cuba la contribución de este gas a las emisiones globales es mínimo, se desarrollan acciones de mitigación como la introducción de las plantas bioeléctricas a la matriz energética nacional, las cuales emplean bagazo y otros residuos agrícolas en la producción de energía, y a pesar que se reducen las emisiones de gases contaminantes en comparación con los combustibles fósiles, existe sin duda, un impacto de estas fuentes sobre la calidad del aire. El presente trabajo está orientado a realizar el inventario de emisiones de dióxido de carbono procedentes de centrales azucareros en la provincia Mayabeque, determinándose el Potencial de Calentamiento Atmosférico en base a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático del año 2006. El inventario de las emisiones en términos de CO₂ arrojó como resultado que las mayores cantidades de este gas a la atmósfera están referidas a la chimenea 1 del central Héctor Molina asociado al consumo de bagazo. Se determinaron además los CO₂ eq. emitidos por estos centrales para un período de 100 años, pudiéndose emplear estos resultados en la evaluación de impactos de estas emisiones desde el punto de vista sectorial o nacional.

Palabras clave: gases de efecto invernadero, inventario, CO₂, centrales azucareros, generadores de vapor, CO₂ eq.

Inventory of carbon dioxide emissions from sugar mills in the province of Mayabeque

Abstract

Greenhouse gases such as CO₂, from natural and anthropogenic sources, cause changes in the global climate balance, which entails greater climate variability, with far-reaching economic, social and environmental consequences. Although the contribution of this gas (CO₂) to global emissions in Cuba is minimal, mitigation actions are being taken, such as the introduction of bioelectric plants into the national energy matrix, which use bagasse and other agricultural residues for energy production. Despite the fact that emissions of polluting gases compared to fossil fuels are reduced, there is no doubt about the impact of these sources on air quality. The present work is aimed at the inventory of carbon dioxide emissions from sugar mills in the province of Mayabeque. The Global Warming Potential is determined on the basis of the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The inventory of emis-

sions in CO₂ terms showed that the highest amount of this gas to the atmosphere corresponds to chimney 1 of the “Hector Molina” sugar mill and is associated with bagasse consumption. Besides, the CDEs (carbon dioxide equivalent) from these sugar mills for a period of 100 years were determined. These results can be used in the evaluation of impacts of these emissions from different viewpoints: at national level and by the different branches.

Key words: greenhouse gases, inventory, CO₂, sugar mills, steam generators, CO₂ equivalent.

Introducción

El aumento de la concentración de los gases en la atmósfera provoca alteraciones en el equilibrio del clima mundial, lo que se conoce como «calentamiento global». Las mismas van más allá de un simple aumento de temperatura media, e incluyen mayor variabilidad climática con incremento del número de eventos de picos de temperaturas altas, y episodios de fríos extremos con mayor frecuencia que la que los modelos climáticos eran capaces de prever [GTCC, 2012].

Entre los principales gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre se encuentra el dióxido de carbono (CO₂) proveniente principalmente de fuentes naturales y antrópicas, destacándose los procesos industriales y el transporte automotor. Los aportes más significativos en este sentido vienen dados por los países desarrollados [GTCC, 2012].

Aunque la contribución de Cuba a las emisiones globales de GEI es mínima, en el país se desarrollan sistemáticamente acciones de mitigación asociadas al ahorro, el empleo de energías renovables, la eficiencia energética y la reforestación, entre otras. En correspondencia con esto se han introducido en la matriz energética nacional las plantas bioeléctricas, las cuales emplean bagazo y otros residuos agrícolas en la producción de energía, y a pesar que se reducen las emisiones de gases contaminantes en comparación con los combustibles fósiles, existe sin duda, un impacto de estas fuentes sobre la calidad del aire [Hernández *et al.*, 2016].

En la búsqueda por caracterizar y cuantificar las emisiones atmosféricas que se producen en una determinada zona

de estudio o sector económico, los inventarios de emisiones resultan ser una herramienta útil, pues permiten identificar las fuentes de mayor aporte de contaminantes al aire, en los se incluyen los GEI, información que puede ser utilizada para direccionar los esfuerzos en la reducción de la contaminación trazados a través de objetivos y metas.

En tal sentido se presenta el sector agrario como la segunda fuente de importancia en Cuba en términos de emisiones brutas agregadas de GEI [Álvarez y Vargas, 2014].

El presente trabajo está orientado a realizar el inventario de GEI (CO₂) procedentes de centrales azucareros de la provincia Mayabeque, determinándose el Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) en base a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) del año 2006, lo cual permitirá conocer la contribución de este segmento del sector azucarero al calentamiento global.

Materiales y métodos

Se seleccionaron como fuentes puntuales objeto de estudio los generadores de vapor de centrales azucareros de la provincia de Mayabeque (Fig. 1).

Las emisiones de CO₂ se calcularon a partir de la ecuación (1) recomendada por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de Estados Unidos (siglas en inglés USA EPA) EPA (1998), empleándose para ello, el factor de emisión publicado por esta agencia, en la serie AP 42 para la quema de bagazo [EPA, 1993].



Fig. 1. Centrales azucareros ubicados en la provincia de Mayabeque. Fuente: <http://www.azcuba.cu>.

$$E = A \cdot f \cdot \left[1 - \frac{\varepsilon}{100} \right] \tag{1}$$

Donde:

E emisión (g/s),

A consumo de bagazo (kg/s),

f factor de emisión no controlada (g/kg), y

ε eficiencia de reducción de emisiones (%), cuando se utiliza tecnología de reducción. Como no existe tecnología de reducción de emisiones, entonces $\varepsilon=0$.

Tabla 1. Factores de emisión [EPA, 1993]

Sustancia	Factor de emisión (g/kgbagazo)
CO ₂	780

En la tabla 2 se registran los datos de consumo bagazo de cada uno de los centrales objeto de estudio. Se tomaron como valores de referencia los calculados por Hernández *et al.* [2016].

Tabla 2. Consumo de bagazo de los centrales [Hernández *et al.*, 2016]

Central/Municipio	No de chimeneas	No de calderas	Consumo de bagazo (t/h)
Cdte. Manuel Fajardo/Quivicán	1	1	19,0
Héctor Molina Riaño/San Nicolás de Bari	2	3	71,4
Boris Luis Santa Coloma/Madruga	1	1	31,0

Se tomó como base de cálculo para realizar el inventario anual de emisiones de CO₂, que estos centrales operan 24 horas al día y 160 días al año.

Análisis de los resultados

La figura 2 representa el gráfico donde se registran los resultados del inventario de CO₂ emitidas por los centrales objeto de estudio.

Las mayores cantidades de CO₂ emitidas anualmente están referidas a la chimenea 1 del central Héctor Molina, por ser este generador de vapor el de mayor consumo de bagazo; se conoce que existe una relación directa entre el gasto de combustible y la emisión de gases a la atmósfera. Sin embargo, Trujillo [2011] refiere que las plantaciones cañeras dentro del propio proceso de fotosíntesis absorben la misma cantidad de CO₂ que se emite en los generadores de vapor u hornos manteniéndose un equilibrio favorable desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, en especial en la contribución al calentamiento global producido por el efecto invernadero.

Este es el llamado efecto bosque. Se calcula que en un año una hectárea de caña de azúcar puede absorber más de 60 toneladas de CO₂ y producir 40 toneladas de oxígeno puro. De este modo se crea el equilibrio necesario entre las emisiones de CO₂ durante el proceso de producción agroindustrial cañera. Según los especialistas, esto no solo compensa, sino que además contribuye positivamente al balance, mejorando y conservando el medioambiente. Son pocas las plantas que tienen las cualidades que posee la caña de azúcar, tanto comerciales como de mejoramiento del medioambiente [González, 2015].

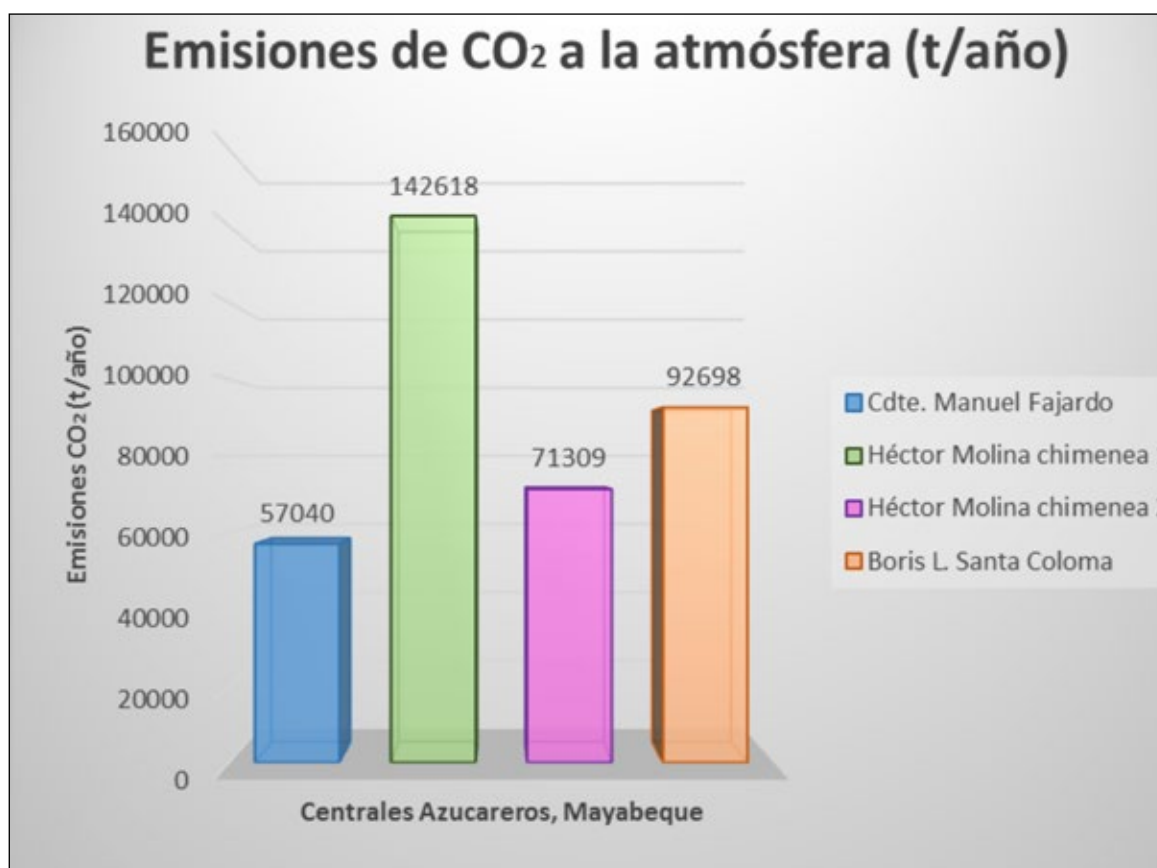


Fig. 2. Cantidades de CO₂ emitidos por los centrales azucareros (elaborada por el autor).

Esto teniendo en cuenta que la combustión se efectúe de forma completa, lo que en la práctica es difícil de lograr, ya que factores como el estado técnico de los generadores de vapor, y el contenido de humedad de bagazo incrementan la emisión de monóxido de carbono (CO) que en combinación con el oxígeno atmosférico genera el CO₂.

Se recomienda estimar los inventarios de emisiones de otros centrales e incluir diferentes fuentes de emisión que existen de CO₂ en la producción de azúcar relacionadas con el empleo de combustibles fósiles en labores agrícolas y transporte, añadiéndose además, otros GEI como los que se engloban dentro de los NO_x.

Los inventarios podrían mejorarse al utilizar factores de emisión determinados con mediciones en las condiciones de Cuba.

Contribución relativa al calentamiento global

El Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) es un parámetro que permite estimar el impacto potencial futuro de las emisiones de los diferentes gases y evaluar la contribución relativa a CO₂ del gas en cuestión para un lapso determinado [GTCC, 2012].

El IPCC ha determinado el PCA de una gran cantidad de gases de efecto invernadero para distintos horizontes temporales, típicamente 20, 100 y 500 años [GTCC, 2012; IPCC, 2006]. Aunque en este trabajo solo se evaluaron centrales de una sola provincia del país, lo que representa un pequeño segmento dentro del sector azucarero, resulta importante disponer de estos Registros de Carbono [Álvarez y Vargas, 2014] como herramienta para la formulación de políticas y la toma de decisiones orientadas a establecer medidas de mitigación.

Se obtiene el CO₂ equivalente (CO₂ eq.), como el producto de la concentración de gas emitido por el PCA, que corresponde a la concentración de CO₂ que causaría el mismo efecto que el gas evaluado, en el horizonte temporal de referencia. En este caso se utiliza 100 años [GTCC, 2012; IPCC, 2006].

Las concentraciones de los gases expresadas como CO₂ eq. son calculadas a través de la ecuación (2):

$$\text{CO}_2 \text{ eq. (Kton/año)} = \text{Emisiones Netas Gas (Kton /año)} * \text{PCA en 100 años (2)}$$

El PCA del CO₂ se corresponde con una masa de este gas emitido a la atmósfera. En este trabajo no se consideraron el efecto de los gases CH₄ y N₂O.

En la siguiente tabla 3 aparecen estos resultados relacionados con la contribución relativa de cada uno de los centrales al calentamiento global, metodología que puede ser extendida al resto de los centrales y realizar un análisis sectorial como proyección futura, en el cual se determinen las fuentes que más CO₂ emiten a la atmósfera.

Tabla 3. CO₂ eq (Kton/año) emitidos por los generadores de vapor

Centrales azucareros	CO ₂ eq (Kton/año)
Cdte. Manuel Fajardo	57 040
Héctor Molina Riaño	213 927
Boris L. Santa Coloma	92 698
Total	363 665

Conclusiones

Se realizó el inventario de GEI en términos de CO₂ en centrales ubicados en la provincia de Mayabeque. Las mayores expulsiones de este gas a la atmósfera están referidas a la chimenea 1 del central Héctor Molina, por ser esta la de mayor consumo de bagazo.

Se determinaron los CO₂ eq. emitidos por los generadores de vapor objeto de estudio para un tiempo de referencia de 100 años. Estos resultados pueden emplearse en la comparación de los impactos de estas emisiones con otras industrias dentro del propio sector azucarero, o del país en general, y convertirse en un instrumento clave en la toma de decisiones.

Agradecimientos

A todos los especialistas e investigadores que de una forma u otra han participado en la realización de este trabajo.

Referencias

- ÁLVAREZ, A.F. Y D. VARGAS (2014). *Las emisiones de gases de efecto invernadero y su mitigación por el sector agrario cubano*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-71-5
- AZCUBA GRUPO AZUCARERO (S/A). Disponible por: <http://www.azcuba.cu>
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [EPA] (1993). Emission factor documentation for AP-42 section 1.8 Bagasse combustion in sugar mills.
- GONZÁLEZ-CORZO, M. (ED.) (2015). *La agroindustria cañera cubana: transformaciones recientes*. Bildner Center.
- GRUPO DE TRABAJO EN CAMBIO CLIMÁTICO [GTCC] (2012). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero*, Montevideo, Uruguay.
- HERNÁNDEZ, A., M. REINOSA, Y. ORDOÑEZ, Y F. HERNÁNDEZ (2016). «Contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros». *Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía, EcoSolar* No. 56, RNPS: 2220, ISSN: 1028-6004. abril-junio, 2016. Disponible por: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/ecosolar/revista56.htm>
- IPCC (2006). Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- TRUJILLO, M. (2011). «Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategias de mitigación». Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Orizaba Veracruz, México.
- IPCC (2006). Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Eficiencia en los motores asincrónicos

Por **Dr. Percy R. Viego Felipe***, **Dr. Julio R. Gómez Sarduy**** y **M. Sc. Vladimir Sousa Santos*****

* Profesor Titular. Profesor de Mérito.
Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (Ceema), Facultad de Ingeniería,
Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.

** Profesor Titular. Centro de Estudios
de Energía y Medio Ambiente (Ceema), Facultad de Ingeniería,
Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.

*** Profesor Auxiliar. Grupo de Investigación GIOOPEN, Facultad de Ingeniería,
Universidad de la Costa (CUC), Barranquilla, Colombia.

E-mail: pviego@ucf.edu.cu; jgomez@ucf.edu.cu; vladimirsousasantos@gmail.com

Resumen

La determinación de la eficiencia de los motores asincrónicos es un aspecto importante cuando se quiere desarrollar un programa de perfeccionamiento energético en la industria. Los procedimientos para su determinación, cuando el motor está trabajando en condiciones industriales, se complican por la dificultad de determinar la potencia de salida mecánica del motor y además por los problemas de calidad de la energía que pueden estar presentes en el sistema de suministro eléctrico que alimenta el motor. Los problemas de calidad de la energía que más afectan el comportamiento energético del motor son: sobre tensión, baja tensión, desbalance de tensión, la distorsión de las ondas de tensión y de corriente y variaciones de frecuencia. Además, se debe tener en cuenta los efectos del envejecimiento del motor, y si ha sido rebobinado. En este artículo se muestran procedimientos aproximados para determinar la eficiencia de los motores asincrónicos cuando están trabajando en redes con problemas de calidad de la energía y como considerarlos para ajustar el cálculo de la eficiencia.

Palabras clave: energía, motores asincrónicos, eficiencia energética, calidad de la energía.

Efficiency of en los asynchronous motors

Abstract

The determination of the efficiency of asynchronous motors is an important aspect to develop an energy improvement program in industry. The procedures used for these purposes when the engine is operating under industrial conditions become more complex since it is difficult to calculate its mechanical output motor power in addition to the problems arising from the quality of the power supply system feeding the engine. The power quality problems that most affect the energy performance of the motor are: overvoltage, low voltage, voltage unbalance, distortion of voltage and current waves and frequency variations/pulling. In addition, the aging effects of the engine must be considered, as well as if it has been rewound. This paper shows the approximate procedures for determining the efficiency of asynchronous motors when they are working in networks with power quality problems and how to consider them to adjust the efficiency calculation.

Key words: Energy, asynchronous motors, energy efficiency, energy quality.

Introducción

Un programa de perfeccionamiento energético difícilmente puede considerarse completo sin una evaluación de la eficiencia de los motores más potentes y críticos de una instalación. En la actualidad, debido a los precios crecientes y las exigencias de ahorro de energía, el valor de la eficiencia juega un papel fundamental en la industria.

Debido a la elevada efectividad económica cuando se mejora ligeramente la eficiencia, es necesario que los ingenieros que desarrollan su actividad en la industria estén relacionados con los diferentes métodos de evaluación de la eficiencia, con el grado de complejidad de cada uno de estos, con la precisión que se obtiene, y sobre todo, que puedan seleccionar o establecer un procedimiento de acuerdo con su situación específica.

Las normas internacionales establecen los procedimientos requeridos para determinar con exactitud la eficiencia de los motores; sin embargo, no son aplicables en condiciones de campo, debido a su naturaleza altamente intrusiva y al requerimiento de equipamientos y condiciones muy específicas.

La determinación de la eficiencia de los motores asincrónicos trabajando en condiciones industriales resulta complicada por la dificultad de determinar la potencia de salida mecánica del motor, y además, por las condiciones no ideales relacionadas con un suministro eléctrico usualmente con problemas de calidad de la energía, tales como sobre tensión, baja tensión, desbalance de tensión, la distorsión de las ondas de tensión y de corriente y variaciones de frecuencia. Además, se deben tener en cuenta los efectos del envejecimiento del motor, y si ha sido rebobinado.

En la actualidad, se han desarrollado métodos muy precisos como los que emplean técnicas heurísticas basadas en la optimización, tales como algoritmos genéticos, algoritmos genéticos adaptativos, algoritmos evolutivos y otros. Sin embargo, estos requieren de conocimientos de optimización y de una instrumentación adecuada y compleja, como los analizadores de redes y los tacómetros ópticos.

El objetivo de este trabajo no es evaluar los métodos para determinar la eficiencia nominal del motor en condiciones ideales, sino poner en evidencia cómo los problemas de calidad de la energía en los sistemas de suministro y otros factores afectan la eficiencia, así como mostrar procedimientos aproximados para calcular sus efectos.

En todos los métodos la eficiencia se calcula según la ecuación:

$$\eta = P \text{ salida mecánica} / P \text{ entrada (eléctrica)}$$

Las mediciones eléctricas se deben realizar con analizadores de redes.

I. Problemas de calidad de la energía

Una vez determinada la eficiencia del motor a la carga deseada, empleando un determinado método o datos del fabricante, se deben realizar los ajustes derivados de las condiciones reales de explotación en lo que se refiere a la calidad de la energía eléctrica.

Los problemas de calidad de la energía eléctrica que provocan una reducción importante de la eficiencia son:

- Diferencia o variación de tensión (cuando existe diferencia entre la tensión de operación del motor y la tensión nominal del mismo).
- Desbalance de tensión (cuando hay diferencia entre las tensiones de línea que alimentan al motor).
- Distorsión de las ondas de tensión y corriente.

Los factores de ajuste se determinan de manera individual y al ser aplicados usualmente reducen la eficiencia. En muchas ocasiones es necesario aplicar más de uno de los factores de ajuste.

Variación de tensión

La variación porcentual de la tensión se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Variación de tensión (\%)} = [(Tensión \text{ promedio medida} / Tensión \text{ nominal}) - 1] \times 100 (\%)$$

Una vez obtenido este valor, con ayuda de la figura 1, establecida por la NEMA (National Electric Manufacturers Asociación), se determina el porcentaje de cambio en la eficiencia. En esa figura se muestran también las afectaciones en el factor de potencia, la velocidad y la corriente.

Independientemente de la afectación sobre la eficiencia y otros parámetros de operación, las normas establecen los límites de variación de tensión permisible para la operación de los motores. Así, la NEMA fija $\pm 10\%$ en condiciones de frecuencia nominal.

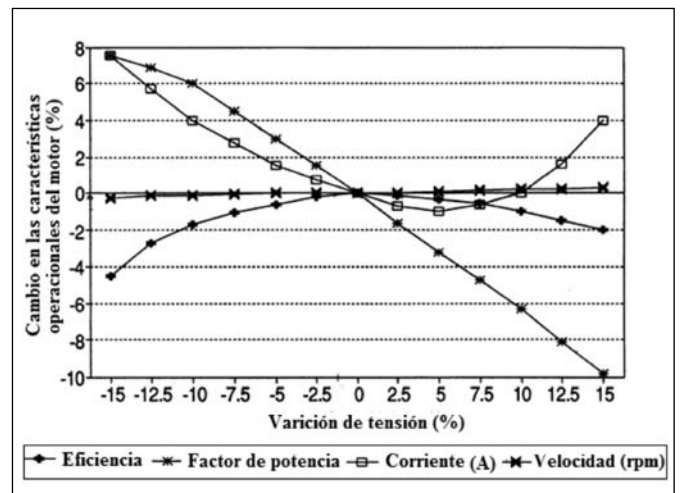


Fig. 1. Afectaciones en la eficiencia, factor de potencia, corriente y velocidad en función del porcentaje de la variación de tensión.

Soluciones para corregir la variación de tensión

Para corregir la variación de tensión deben realizarse ajustes en las instalaciones eléctricas, tales como:

- Verificar la tensión entre el transformador y el alimentador del motor. En caso de existir una caída de tensión superior a 5 %, se debe incrementar el calibre del conductor.
- Si el factor de potencia es bajo en las líneas de alimentación al motor, deberá compensarse el reactivo hasta lograr un valor de al menos 90 %.
- En caso de presentar una desviación de tensión superior o inferior a la adecuada, debe analizarse si puede llevarse a cabo un ajuste de los «taps» o derivaciones del trans-

formador, para aproximar la tensión al valor nominal de los motores.

Desbalance de tensión

La operación con tensiones desbalanceadas es la condición anormal más generalizada que sufren las máquinas asincrónicas en los sistemas eléctricos industriales. Sin embargo, no siempre se presta la atención debida a este problema, incurriéndose en pérdidas y gastos más allá de lo necesario, y en otros problemas relacionados con la demanda, el calentamiento, las protecciones, etc.

Causas del desbalance

Las causas del desbalance pueden ser varias e inclusive combinarse. Entre las fundamentales se tiene:

- Conexión de cargas monofásicas en redes trifásicas (que con frecuencia es la causa principal).
- Bancos de transformadores en estrella y delta abierta alimentando cargas apartadas.
- Operación bajo falla de equipos de corrección del factor de potencia.
- Impedancias asimétricas en las redes de alimentación.
- Falta de fase en algunos puntos del sistema.
- Fallas monofásicas a tierra no identificadas.
- Desperfectos en los empalmes, uniones y contactos.
- Transposición incompleta de las líneas de transmisión.
- Fuente de suministro inestable o desbalanceada.

Efectos del desbalance

Entre los principales efectos del desbalance sobre las máquinas asincrónicas se encuentran:

- Aumenta el calentamiento y se reduce la eficiencia.
- Reducción del momento de arranque y el momento máximo.
- Aumenta el deslizamiento (disminuye la velocidad).
- Asimetría en las corrientes y aumento de los kVA necesarios para el arranque.
- Aumento del ruido y las vibraciones (principalmente de 120 Hz de frecuencia).

El régimen desbalanceado afecta al sistema en cuanto:

- Aumenta el consumo energético y el costo operacional.
- El desbalance de las corrientes es varias veces superior al desbalance de las tensiones.
- Crea dificultades en el ajuste de las protecciones.
- Significa un aumento de la carga.
- Distorsiona el factor de potencia real.

Las normas internacionales han establecido límites en la explotación de las máquinas y procedimientos para determinar el grado de desbalance de un sistema. La norma norteamericana ANSI C50.41.4.2 establece que un desbalance superior a 1 % es una condición inadecuada que debe eliminarse.

La norma NEMA MG1 14.35 establece un ajuste de la capacidad de los motores en función del desbalance y define el porcentaje de desbalance como:

$$\% \text{ Desb. línea} = \frac{\text{Max} [|V_{AB} - V_{PROM}| ; |V_{BC} - V_{PROM}| ; |V_{CA} - V_{PROM}|]}{V_{PROM}} \cdot 100$$

$$V_{PROM} = [V_{AB} + V_{BC} + V_{CA}] / 3$$

En la figura 2 se da el factor de ajuste que establece esa norma en función del desbalance.

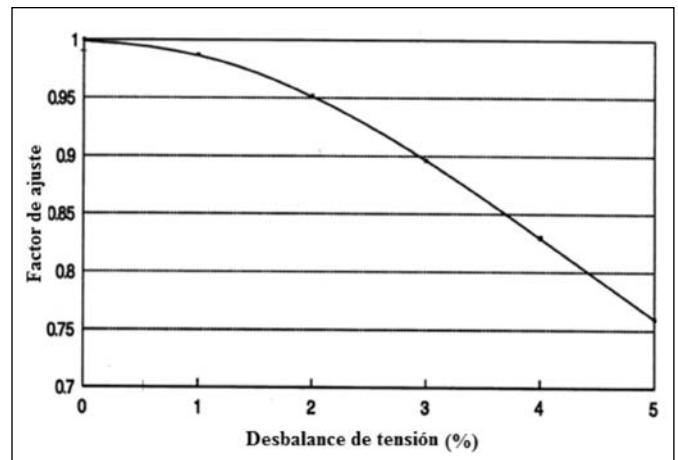


Fig. 2. Factor de ajuste de la potencia nominal en función del porcentaje de desbalance de tensión.

Distorsión de las formas de onda (distorsión armónica)

La distorsión de las formas de ondas constituye un fenómeno muy actual y creciente, debido al aumento acelerado de los equipos electrónicos que introducen no linealidades en el sistema eléctrico, deteriorando la eficiencia de motores. Esta afectación puede provenir de los equipos existentes en la propia instalación industrial, comercial, de servicio, etc., o puede ser inyectada a la instalación desde el sistema eléctrico que la alimenta. Estos equipos pueden ser: variadores de frecuencia de los motores, equipos de soldadura, conmutación en los bancos automáticos de capacitores, computadoras, lámparas de alta eficiencia, etc. En la figura 3 se muestra una onda distorsionada.

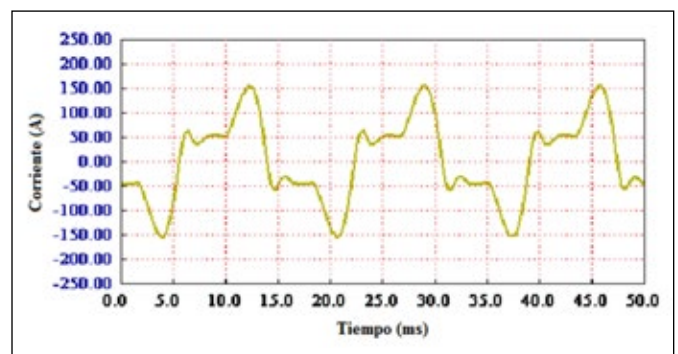


Figura 3. Onda de corriente distorsionada.

A este fenómeno se le llama también distorsión armónica, porque para solucionar de una manera eficaz y más precisa los problemas relacionados con la onda distorsionada, se utiliza el método de descomponer esa onda en armónicos, a partir de los métodos de Fourier. Un sistema con ondas muy distorsionadas, es decir, con valores altos de armónicos, se dice que presenta contaminación armónica.

No hay un consenso único en lo referente a la forma de evaluar aproximadamente y de una forma no muy complicada, el grado de afectación de la eficiencia de un motor por la presencia de distorsiones de las ondas de tensión o

corriente. Dado que el efecto que se produce lleva también a la reducción de la eficiencia (aunque la norma NEMA no lo especifica), se ha sugerido trabajar con una aproximación que consiste en utilizar un factor de ajuste igual al del desbalance tomando, en la figura 2, en lugar del porcentaje de desbalance, el por ciento de la distorsión total de tensión (THD, por sus siglas en inglés). El THD es determinado por el analizador de redes.

II. Ajuste por rebobinado

El rebobinado de los motores implica pérdidas de eficiencia cuando en el proceso de reparación se somete a altas temperaturas (sin tener control de éstas), a golpes, torsiones y desarmes incorrectos. Por tales motivos la eficiencia se reduce entre 1 % y hasta 5 % en dependencia de la calidad de la reparación, la potencia, velocidad y tipo de motor. Para evitar grandes pérdidas de eficiencia, e inclusive para mantener la eficiencia nominal del motor, es muy importante que la reparación se realice en talleres acreditados por programas de calidad.

III. Cálculo aproximado de la eficiencia ajustada

El cálculo aproximado de la afectación de la eficiencia por los diferentes factores analizados anteriormente, se realiza aproximadamente según la ecuación:

$$\eta_{ajustada} = \left\{ \left(\eta_{FC} + \alpha_{VV} \right) \beta_{DV} \times \xi_{AR} \right\} - \gamma_R$$

Donde:

$\eta_{ajustada}$: eficiencia de operación, evaluada al factor de carga existente, y ajustada según los problemas de calidad de la energía y el rebobinado

η_{FC} : eficiencia nominal del motor en condiciones ideales a partir del estado de carga existente

α_{VV} : ajuste por variación de tensión

β_{DV} : ajuste por desbalance de tensión

ξ_{AR} : ajuste por contaminación armónica

γ_R : ajuste por rebobinado

Ejemplo:

Se tiene un motor asincrónico, con los datos de placa de la tabla 1.

Tabla 1. Datos de placa de un motor asincrónico

Potencia (kW): 250	Tensión (V): 440	Corriente (A): 407	Velocidad (rpm): 1782
Eficiencia (%): 94,6	Tipo: Cerrado (IP55)	Rotor: Bobinado	

Se realizaron las mediciones siguientes con carga constante, utilizando un analizador de redes (ver tabla 2).

Se requiere conocer la eficiencia y potencia de salida mecánica en las condiciones medidas, haciendo los ajustes necesarios, y teniendo en cuenta que el motor fue reparado en una ocasión.

Tabla 2. Datos del analizador de redes

Tensión entre fases (V)	Corriente por fase (A):	Factor de potencia por fase (%)	Factor de potencia trifásico (%)	Potencia de entrada total (kW)	Velocidad (rpm)
$V_{1-2} = 421,9$	$I_1 = 305$	$f_{p1} = 78$	76,7	213,7	1787
$V_{1-3} = 418,0$	$I_2 = 324$	$f_{p2} = 75$			
$V_{2-3} = 413,2$	$I_3 = 336$	$f_{p3} = 77$			

Solución:

- *Determinación del factor de carga.*

Potencia de entrada eléctrica medida: 213,7 kW

Potencia nominal de salida: 250 kW

Eficiencia nominal: 94,6 %

El factor de carga será:

$$\text{Factor de carga} = [P_{\text{elec medida}} (kW)] / (P_{\text{sal mec nominal}} (kW))$$

$$\eta_{\text{nominal}} = 213,7 / (250 / 0,946) = 0,809 \approx 0,81$$

- *Cálculo de eficiencia ajustada del motor.*

Para realizar esta evaluación se requiere calcular primero la eficiencia al factor de carga correspondiente. Las eficiencias a diferentes factores de carga se obtienen de los datos del fabricante:

Con $FC_1=75,0\%$, $\eta_1 = 93,9\%$

Con $FC_2=100,0\%$, $\eta_2 = 94,6\%$

La eficiencia para un factor de carga, con un error despreciable, se calcula de acuerdo con el método de interpolación lineal. Interpolando para $FC=81\%$: $\eta_{81\%} = 94,04\%$

Ajuste por variación de tensión:

$$\text{Variación de tensión} = [(V_{\text{promedio medido}} / V_{\text{nominal}}) - 1] \times 100\%$$

La tensión promedio se calcula según:

$$V_{\text{promedio}} = [V_{12} + V_{13} + V_{23}] / 3 =$$

$$(421,9 + 418,0 + 413,2) / 3 = 417,7$$

$$\text{Variación de tensión} = [(417,7 / 440) - 1] \times 100\% = -5,01\%$$

El ajuste por variación de tensión se determina con el auxilio de curva de la figura 1: $\alpha_{VV} \approx -0,5\%$

Ajuste por desbalance de tensión:

Se calcula la máxima diferencia al promedio, para elegir cuál de los valores obtenidos es el máximo y utilizar éste en el cálculo del factor de ajuste por desbalance de tensión:

$$\text{Máxima diferencia al promedio} = |V_{\text{máximo}} - V_{\text{promedio}}|$$

$$\text{o } |V_{\text{promedio}} - V_{\text{mínimo}}|$$

En este caso:

$$\text{Máxima diferencia al promedio} = |413,2 - 417,7| = 4,5 \text{ V}$$

Desbalance de tensión (%) = [máxima diferencia al promedio / tensión promedio] x 100 =
 $(4,5 / 417,7) \times 100 = 1,08$ (%)

El ajuste por desbalance de tensión de la curva correspondiente de la figura 1 es: DV 0,98

Ajuste por rebobinado:

Se toma igual a 1,0 % (fue reparado una vez).

Eficiencia ajustada.

Por lo tanto, la eficiencia ajustada (no hay contaminación armónica, por lo que AR = 1) queda de la manera siguiente:

$$\eta_{\text{ajustada}} = [(94,04 - 0,5) \times 0,98] - 1,0 = 90,66$$

La potencia real de salida en el eje se determina por:

$$P_{\text{sal mec}} = [P_{\text{ent elec}} (\text{kW})] \times \eta_{\text{ajustada}} = \\ (213,7 \text{ kW}) \times 0,9066 = 193,7 \text{ kW}$$

Conclusiones

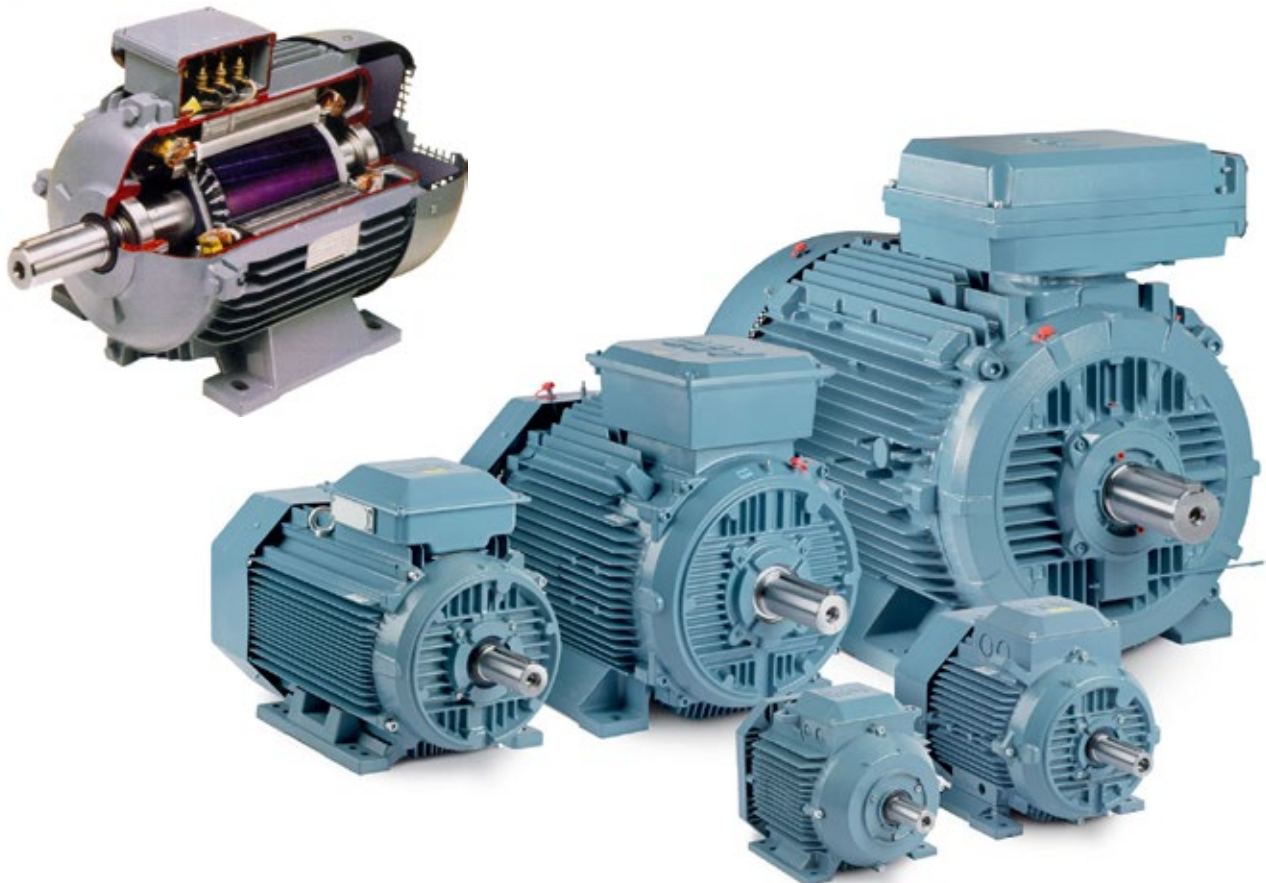
El método que se desarrolló permite calcular la eficiencia de los motores asíncronos en condiciones de campo, en la presencia de problemas de calidad de la energía (en este caso, variación y desbalance de tensión, y distorsión de la forma de onda, que son los principales). Además de la reducción de la eficiencia por estas causas, se evaluó el efecto de las reparaciones que hubieran podido realizarse al motor.

Por otra parte, se analizaron algunas de las causas y de los efectos de estos problemas, lo que permite un acercamiento a medidas para reducirlos.

Un estudio de caso realizado permite una mayor claridad en cuanto al procedimiento y llama la atención sobre lo elevada que puede resultar la reducción de la eficiencia en las mencionadas condiciones.

Referencias bibliográficas

- BRETHAUER, D. M., R. L. DOUGHTY y R. J. PUCKETT, (1994). *The impact of efficiency on the economics of new motor purchase, motor repair, and motor replacement*. IEEE Trans. on Industry Applications, 30(6), 1525-1537.
- CHIN-YIN, L. (JUNE DE 1999). *Effects of unbalanced voltage on the operation performance of a three-phase induction motor*. IEEE Transaction on Energy Conversion, 14(2), 202-208.
- DUGAN, R. C., M. F. MCGRANAGHAN, S. SANTOSO, y H. WAYNE (2004). *Electrical Power Systems Quality (Second Edition ed.)*. McGraw-Hill.
- SOUSA, V., P. R. VIEGO, J. R. GÓMEZ, E. C. QUISPE, y M. BALBIS (2016). *Shaft power estimation in induction motor operating under unbalanced and harmonics voltages*. IEEE Latin America Transactions, 14(5), 2309-2315.
- VIEGO, P. R., M. A. DE ARMAS, A. PADRÓN, J. R. GÓMEZ, I. PÉREZ y L. CASAS (2007). *Uso final de la energía eléctrica*. Cienfuegos: Universo Sur.
- VIEGO, P. R., J. R. GÓMEZ, V. SOUSA, y M. A. DE ARMAS (2008). «Consideraciones sobre el efecto de los armónicos de tiempo en los motores trifásicos asíncronos». *Ingeniería Energética*, XXIX(1), 47-52.



Solarización de Guamá: ejemplo de desarrollo local sostenible

Por Lic. Vivian Díaz López*

*Licenciada en Comunicación Social de la Universidad de Oriente y Especialista en Comunicación y Promoción de las Fuentes Renovables de Energía de Cubasolar.

E-mail: vdl3@nauta.cu; vdl180109@gmail.com

Resumen

El artículo refiere los resultados obtenidos por el proyecto Solarización de Guamá ejecutado en el municipio costero de Guamá de la provincia Santiago de Cuba. Tiene como objetivo divulgar los beneficios y el impacto en el orden económico, social, cultural y ambiental de las acciones desplegadas como parte del proyecto referido en la población guamense. Para la realización de este artículo se tuvieron en cuenta las normas editoriales de la revista científico-popular *Energía y Tú* de la editorial Cubasolar. En lo que respecta a la recolección de información se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica y documental de tesis, informes y artículos sobre este tema, además de una entrevista realizada a especialistas del proyecto. A partir de esta investigación se obtuvieron varios resultados, entre los que pueden señalarse que Solarización de Guamá nace como parte de un amplio e integral programa de desarrollo socioeconómico llevado a cabo en Guamá; además, gracias a su desarrollo el territorio se ha convertido en una referencia para el progreso de las fuentes renovables de energía, lo que ha generado bienestar familiar y sostenibilidad ambiental, ya que ha contribuido al desarrollo de cambios en la vida de la población a mediano y largo plazos. Es importante señalar que de los ocho consejos populares que integran el territorio se planificó trabajar en seis de ellos, siendo La Plata el de mayor presencia de FRE con 68 %. Se concluye que Solarización de Guamá atribuyó un conjunto de beneficios a la población beneficiaria logrando un impacto efectivo, por lo que se hace necesario el avance de este tipo de acciones con el propósito de continuar en la dirección del desarrollo local sostenible.

Palabras clave: desarrollo local sostenible; Fuentes Renovables de Energía; bienestar familiar; sostenibilidad ambiental; impacto efectivo.

Exclusive use of solar energy in Guama: example of local sustainable development

Abstract

The present paper refers to the results obtained from the exclusive use of solar energy in Guama which is a project implemented in the coastal municipality of Guama in the province of Santiago de Cuba. Its aim is to spread in the Guama population the information on the benefits and impact of the actions developed as part of the project on the economy, society, culture and environment. For this paper, the editorial rules of the popular and scientific journal *Energía y Tú* of the Cubasolar publishing house were taken into account. Regarding the collection of information, the bibliographical and documentary review of theses, reports and articles on this topic was considered, as well as an interview with the specialists working on the project. Several results were obtained from this research. The exclusive use of solar energy in Guama arose as part of a comprehensive and comprehensive socio-economic development program carried out in this region. In addition, thanks to its development, the territory has become a reference for the progress of renewable energy sources, which has generated family welfare and environmental sustainability. It has contributed to the development of changes in the life of the population in the middle and long term. It is important to note that out of the eight popular councils that make up the territory, it was planned to use solar energy as the only power source in six of them, being La Plata council the one with the largest presence of the renewable energies with 68%. It is concluded that the

exclusive use of solar energy in Guama meant a series of benefits to the population, achieving an effective impact, so the progress of this type of actions is necessary in order to continue in the direction of sustainable local development.

Key words: local sustainable development, renewable energies, family welfare, environment sustainable, effective impact.



Introducción

En Cuba 95 % de la población tiene acceso a la electricidad a través del Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Muchas de las comunidades rurales aisladas sin acceso energético se encuentran en la Sierra Maestra, dentro de la cual se ubica el municipio Guamá de la provincia Santiago de Cuba.

Las características geográficas especiales con de este municipio, así como el potencial en sus recursos hídricos, la insolación diaria, la biomasa y la energía del mar, hicieron que hace más de 30 años el territorio fuera el primero en el país en utilizar para su desarrollo la energía solar fotovoltaica.

Ha sido valorado por diferentes especialistas como el polígono de muestra de la hidroenergía y una importante reserva energética alternativa de la Nación, donde cada vez más se concretan pasos en el propósito de convertirlo en el primero del país completamente electrificado con fuentes renovables de energía (FRE), siendo uno de los territorios de máxima prioridad económica por la importancia de sus recursos naturales.

En los últimos veinte años, gracias al desarrollo de diferentes proyectos demostrativos de colaboración internacional y otras acciones, este municipio se ha convertido en una referencia para el desarrollo de las FRE, lo que ha generado bienestar familiar y sostenibilidad ambiental.

En este sentido se hace necesario resaltar la importante contribución al desarrollo local sostenible de este municipio costero, realizado por el proyecto Solarización de Guamá, coordinado por Cubasolar, SodePaz de España y con financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Aecid). El mismo tuvo un período de duración de seis años, desde el segundo trimestre de 2010, hasta abril de 2016, distribuido en tres etapas o fases.

El proyecto contó con la aprobación de las diferentes instancias administrativas del Gobierno tanto provincial como municipal, comprometidas en la sostenibilidad del municipio a partir del entendimiento de su importancia para el desarrollo económico y social del mismo.

Nace como parte de un amplio e integral programa de desarrollo socioeconómico llevado a cabo en el municipio Guamá, el cual tuvo como objetivo fundamental contribuir a que la población de este territorio montañoso y costero adopte un modelo de desarrollo local sostenible. Para esto se introdujo una estrategia de desarrollo local basada en las necesidades de la población, instituciones locales y sus órganos de gobierno, que permitiera fortalecer la participación ciudadana y aplicar soluciones de tipo sustentables.

Solarización de Guamá comenzó a partir de un plan integral de desarrollo que involucró a los actores presentes en el territorio, mediante soluciones sostenibles. Para ello,

la estrategia energética fue una de las líneas fundamentales para mejorar la calidad de vida de las personas que viven en zonas aisladas, con la participación de las entidades productivas, para las cuales las acciones previstas constituyeron una contribución a sus procesos de desarrollo.

De los ocho consejos populares que comprende el municipio, en el proyecto se planificó trabajar en seis de ellos, ya que estos presentan la situación del difícil acceso a la electricidad por el SEN y al agua. Por criterio de sus especialistas, el Consejo Popular La Plata ocupó el mayor porcentaje de utilización de FRE con 68 %, mientras que el de Chivirico obtuvo 18 %, le sigue Bahía Larga con 5 %, El Francés con 4 % y el resto lo ocupan los consejos de Ocuja del Turquino y Uvero.

Muchos han sido los beneficios obtenidos a partir de esta experiencia, lo cual ha generado un impacto importante en las dimensiones social, económico, ambiental, institucional y cultural, ya que ha contribuido al desarrollo de cambios en la vida del municipio a mediano y largo plazos.

Uno de ellos fue la creación del Centro Multifuncional para la ciencia, la tecnología y la protección ambiental Quiebra Seca, con el propósito de formar capacidades locales e incorporar a profesionales y técnicos municipales en tareas de apropiación de nuevas tecnologías, así como para el desarrollo de actividades de investigación científica y servicios científico-técnicos, dirigidos al desarrollo de las FRE, al mejoramiento de la naturaleza y a la preservación y cuidado de la población ante fenómenos naturales adversos.

Desde su creación ha sido protagonista de varios espacios como talleres, círculos de interés, conferencias, entre otros actos, con el objetivo de contribuir al desarrollo de una cultura energética ambiental sobre las FRE y el respeto



Uso de la energía fotovoltaica en comunidades rurales.

al medioambiente en la población guamense a partir de las experiencias con de este tipo de energías en el territorio.

Además, con el objetivo de apreciar los diferentes usos de las FRE, el territorio cuenta con tecnologías como una central fotovoltaica de 5 KW de potencia, un módulo fotovoltaico para viviendas, un aerogenerador, un equipo para la medición meteorológica, un bombeo solar, un reloj solar, un sistema de riego que ha logrado el autoabastecimiento de viandas y vegetales a los comedores de la Dirección Municipal de Servicios Comunales y del propio centro, así como la producción de un número significativo de flores por los trabajadores de Comunales que allí laboran. Todo ello ha posibilitado demostrar, unido a los conocimientos que se imparten en este centro, los beneficios que el uso de las FRE concede.

En ese sentido, con la creación de este Centro se enfatiza la necesidad de que el mismo adquiriera cada vez más una



Uso de la biomasa en el Proyecto.



Centro multifuncional para el la ciencia, la tecnología y la protección ambiental en Quebra Seca.

personalidad propia sin que se pierda su esencia educativa y comunicativa, por lo cual fue creado con el objetivo de continuar contribuyendo al logro de una cultura en FRE de manera que sirva de experiencia no solo para el municipio sino también para la provincia y el país.

Otra de las acciones desarrolladas como parte del proyecto corresponde a la instalación de tecnologías para el uso de las FRE en viviendas, escuelas, consultorios médicos de la familia, fincas productoras de alimentos y salas de videos, entre otros escenarios, lo que ha incidido de manera positiva en la calidad de vida de la población.

Varios estudios realizados por diferentes especialistas del Centro de Investigación de Energía Solar (Cies), el Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras (Cemzoc) de la Universidad de Oriente, la Sociedad Cubana para la promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), la Delegación Territorial del Citma en Santiago de Cuba y otros centros especializados, han expresado el cambio positivo percibido por las personas, planteando que hay un antes y un después en sus vidas en relación con la introducción de la tecnología solar. A decir de ellos: «es como si el pueblo estuviera en la loma», y «con luz ya es otra cosa, otra vida, mejor que con los candilitos» [Colectivo de autores, 2014].

Por ejemplo, respecto a la vida familiar, con la introducción de los sistemas solares fotovoltaicos se puede disfrutar de la televisión, la radio, trayendo esto consigo la ruptura del silencio en que vivía esta población.

En la actualidad la familia gestiona y obtiene otros medios tecnológicos (electrodomésticos) para el disfrute de sus miembros, que permiten elevar su calidad de vida y con ello se generan nuevas demandas para elevar la potencia y el tiempo de uso de los sistemas solares fotovoltaicos.

No menos importante resulta el impacto sociocultural que recibe la población. La familia dispone ahora de un nuevo espacio de encuentro, reflexión, disfrute e intercambio de conocimientos, con la influencia de los medios masivos de comunicación de los cuales carecía. Se mantiene informada de los principales acontecimientos nacionales e internacionales, lo que eleva la cultura general de sus miembros. Los niños y jóvenes adquieren nuevos conocimientos sobre diversos temas de interés.

Además, en las viviendas, con la llegada de la electricidad, se han creado mejores condiciones para el bienestar de la salud familiar e individual, ya que los medios que utilizaban para alumbrarse generaban gran cantidad de humo; en el caso específico de la cocción de alimentos, con la cocina eficiente se sufre menos el calor constante que genera la cocina tradicional y se trabaja más rápido.

A nivel comunitario, con la potenciación del bombeo de agua con energía solar se han beneficiado diferentes comunidades que acarreaban el agua desde lugares distantes, favoreciendo esto la permanencia de las personas en la comunidad, ya que el acceso al agua es uno de los aspectos a considerar por los habitantes para migrar a otras comunidades o fuera del municipio. Un ejemplo específico de ello es la

comunidad La Magdalena, donde se logró elevar el estándar de vida de más de cuatrocientos habitantes.

La introducción de las FRE y sus buenas prácticas en Guamá ha fortalecido la gobernabilidad y sostenibilidad ambiental del municipio, posibilitando la creación de una Estrategia del Gobierno Municipal para el desarrollo de proyectos sobre las FRE, favoreciendo esto la creación de espacios de crecimiento humano y una mayor producción de alimentos, mediante la incorporación del sistema de riego con bombeo fotovoltaico.

Conclusiones

Concluido este proyecto se realizó un balance de los resultados obtenidos por los especialistas del mismo, lo que evidenció el aporte de esta experiencia. A continuación se exponen algunos de ellos [Informe..., 2016]:

- 95 viviendas electrificadas con paneles fotovoltaicos, de estas, 25 son en fincas, todas con el siguiente módulo: paneles, baterías, inversores, reguladores, televisores y 5 puntos de luces con una cocina eficiente.
- 17 sistemas de bombeos fotovoltaicos instalados, de ellos, 16 para el servicio de agua potable a las comunidades y 1 para sistema de riego en la producción de alimentos.
- 16 sistemas de acueductos rurales instalados en comunidades que benefician a más de 850 familias, con unos 2500 habitantes.
- 23 consultorios médicos de la familia, 54 escuelas y 45 salas de video electrificados con energía solar fotovoltaica.
- 8 sistemas de riego instalados, que unidos a las viviendas y fincas beneficiadas se han logrado producciones como la siembra de café con 67 mil posturas, todas en las cuencas hidrográficas de los ríos Calabaza y Guamá.
- Por ejemplo, la producción agrícola en el año 2015 alcanzó los siguientes resultados: viandas 3900 qq, vegetales 4158 qq, frutas 895 qq, cítricos 486 qq. La existencia de ganado menor en las 4 fincas beneficiadas asciende a 509 cabezas.
- La producción de 12 500 latas de café, de ellas, 1300 latas en la CCS Ciro Frías.
- Se construyen 5 biodigestores, 3 terminados y 2 en ejecución.
- La Empresa Agropecuaria Guamá trabajó en la recuperación de las cuencas hidrográficas de los ríos Calabaza y Guamá, en las que se han certificado 240 ha en el período.
- Se canalizaron más de 300 metros lineales en el río Calabaza por la Unidad Presupuestada de Servicios Comunales, lo que solucionó las afectaciones provocadas al poblado cabecera del municipio.
- Se crearon las brigadas costeras vinculadas al Centro Multifuncional Quiebra Seca, las que han desarrollado un importante trabajo en la protección de los manglares.
- El proyecto cumplió con la realización de todas las tareas de capacitación y talleres planificados.

El presupuesto empleado por el Proyecto en su período de trabajo es el siguiente: en euros, 656 mil 530 con 95 centavos; en CUC, 792 mil 549 con 38 centavos y en CUP 1 millón 119 mil 900 pesos.

Como se puede apreciar, este Proyecto trajo consigo notables beneficios a la población del territorio, logrando un efectivo impacto en la misma. Ya una vez culminado, no quiere decir que no se continúen realizando experiencias para el desarrollo de una cultura energética ambiental sobre las FRE, lo que contribuye al logro de un desarrollo sostenible. La autora se atreve a plantear que ahora es el comienzo de una larga tarea de continuar trabajando por el desarrollo local sostenible de este municipio, lo que serviría de referencia para el resto del país.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente planteado se concluye que Solarización de Guamá ha sido una de las cosechas de la inmensa obra de la Revolución, de Fidel y Raúl, a través del cual se han beneficiado mujeres y hombres, niñas y niños, con el único propósito de hacerles la vida más plena, más humana, solidaria y sostenible, gracias a la voluntad política del Estado, a las autoridades del gobierno local, conjuntamente con el apoyo de diferentes centros de investigación especializados en el tema, Cubasolar, organizaciones internacionales y de la población en general, quienes han apostado como estrategia de desarrollo local sostenible el camino del Sol, que conduce al crecimiento humano, comunitario y ambiental.

Agradecimientos:

A los colaboradores Mariano Gómez Rivera - Presidente de la Junta Provincial de Cubasolar en Santiago de Cuba y Eliecer Viguera Leal - Director del Proyecto Solarización de Guamá.

Bibliografía

- COLECTIVO DE AUTORES (2014). «*Mejor que con los candilitos*». En revista *Energía y Tú* 65. Encontrado en: www.cubasolar.cu Fecha: 15/06/016.
- DÍAZ LÓPEZ, VIVIAN (2014). «Estrategia de comunicación ambiental hacia una cultura energética ambiental en las comunidades del municipio Guamá». Tesis de pregrado en opción al título de Licenciada en Comunicación Social. Universidad de Oriente, 2014. (Material digital).
- DÍAZ TASSÉ, MILENA (2013). «Plan de acciones y medios de comunicación para la divulgación del impacto del cambio climático en la zona costera del municipio Guamá». Tesis de pregrado en opción al título de Licenciatura en Comunicación Social. Universidad de Oriente, 2013. (Material digital).
- «Informe sobre el Impacto del proyecto Solarización de Guamá en sus tres etapas desde 2010 al 2016» (2016). (Material digital).
- INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN FÍSICA (2012). «Documento sobre caracterización del municipio Guamá». (Material digital).

Las aguas minerales y su valor como recurso natural

Por Ing. Jorge Rojas Mauriño*, M. Sc. Pedro Fernández Pérez*, M. Sc. Yadell Oliva Céspedes*, M. Sc. Javián Ocaña Ramírez* y Lic. Carlos Rafael Fernández Frías*

*Filial de Ciencias Médicas Haydee Santamaría Cuadrado, Manzanillo – Granma.
E-mail: yadell@ftec.grm.sld.cu

Resumen

El presente trabajo trata de las aguas minero medicinales y su valor como recurso natural, en él se realiza un bosquejo histórico de la presencia de las aguas minero medicinales desde la antigüedad hasta nuestros días, incluyendo una caracterización de recurso natural en Cuba, se hace una caracterización también de su uso terapéutico reflejando las particularidades de las aguas minero medicinales para uso termal y las aguas minerales de mesa, se valora el incipiente desarrollo a partir del siglo XVIII mediante la industrialización de las aguas minerales de mesa al verse reducida por la contaminación de las fuentes naturales de agua lo que ha repercutido en el comercio millonario. Finalmente se describe una detallada relación de las actividades del termalismo en Cuba desde la época colonial hasta la etapa donde impulsados por el Comandante Jesús Montané Oropesa logró el máximo esplendor de esta milenaria actividad en la última década del siglo pasado.

Palabras clave: Aguas minerales y minero-medicinales, uso termal, balnearios.

Mineral waters and their value as a natural resource

Abstract

This paper deals with mineral-medicinal waters and their value as a natural resource. It outlines the history of the presence of mineral-medicinal waters from ancient times to the present day, including a characterization of natural resources in Cuba. There is also a characterization of their therapeutic use, emphasizing on the particularities of the mineral-medicinal waters for thermal use and drinking mineral waters. Their early development from the XVIII century is assessed based on the industrialization of drinking mineral waters once they were reduced by the contamination of the natural sources of water which has impacted on the millionaire trade.

Finally, a detailed description of thermalism (i.e. the therapeutic use of hot-water springs) in Cuba is described, from the colonial period until the stage in which, boosted by Commander Jesus Montane Oropesa, achieved its greatest splendour in the last decade of the last century.

Key words: Mineral and mineral-medicinal waters, thermal use, spas.

Introducción

El uso de las aguas minerales y naturales como bebida y de las aguas minero medicinales como terapéutico, tienen mundialmente un origen histórico y empírico, que data desde las épocas de los romanos. De igual forma la utilización de esta agua en Cuba se asocia con nuestros orígenes y los primitivos moradores de nuestro archipiélago y el ulterior tránsito por las etapas de desarrollo de nuestra sociedad. Su empleo tuvo un origen empírico asociado

comúnmente a la hechicería y los espíritus propios de aquella época, viéndose precisado en su desarrollo a valerse de la experiencia adquirida mediante uso del instinto, en el tanteo, las observaciones de los hechos y hasta de la casualidad para descubrir las propiedades de este agente modificador natural. Tuvo que transcurrir bastante tiempo para que los imprescindibles valores hidrominerales del agua perdieran su primitivo carácter irrazonado antes que alcanzaran la condición de ciencia constituida, gracias a la constancia y

quehacer científico-técnico de tenaces investigadores de diferentes países entre ellos el nuestro a la cabeza de los cuales marcharon los doctores Víctor Santamarina y Juan Embil, y el ingeniero geólogo Jorge Broderman, y el papel jugado por la imprenta que con la palabra escrita garantizó la acumulación, continuidad y universalización de los conocimientos sobre esta materia.

Aunque hoy se siga estudiando no solo el origen y composición de las distintas aguas minerales y minero-medicinales de que disponemos, así como que se precisan sus efectos sobre el organismo y en tejidos, órganos sanos y enfermos, para determinar con mayor precisión sus indicaciones, contraindicaciones y mecanismos de acción, en la actualidad es un hecho perfectamente demostrado que tanto uno u otro tipo de agua, dadas sus condiciones de agente natural, dispone de mecanismos de acción debido a su propia complejidad, sumaciones, sinergismos y antagonismos, así como los variados y múltiples efectos que ellas le imprimen, factores asociados como el clima, elementos geofísicos, régimen de alimentación, estado constitucional y género de vida entre otros factores. Siendo por ello que en ocasiones resulta difícil de explicar algunas formas de actuar de este recurso natural, y no queda otro remedio que admitirlo sin intentar -al menos por el momento- interpretarlos, ya que su propia complejidad los hace insuficientemente objetivos para la experimentación. Por lo que en este trabajo nos dedicaremos a hacer una reseña histórica de las aguas minero medicinales, la producción mundial de las aguas de mesa y el uso de este recurso en Cuba.

Bosquejo histórico de la utilización de las aguas minero-medicinales

La utilización de las aguas minerales, fundamentalmente las termo minerales, atrajeron al hombre enfermo que buscaba las fuerzas de la naturaleza para librarse de sus males. Esta agua, generalmente de manantiales procedentes de grandes profundidades, ejercían acciones terapéuticas sobre diferentes afecciones que aquejaban al hombre primitivo y el conocimiento de este efecto curativo, transmitido de familia en familia, tribu a tribu, pueblo a pueblo atribuyó esta propiedad a factores místicos propios de la época a la cual nos referimos. Estas curaciones eran dirigidas tanto a afecciones del cuerpo como del espíritu, de esta forma la leyenda se entremezcla con la experiencia curativa, llegando noticias de estas por los textos de las civilizaciones más antiguas. De la consulta de estos documentos de gran valor histórico se ha podido conocer que algunas fuentes de aguas minerales se recomendaban por su capacidad de activar la fecundidad, otras por su efecto sobre las dolencias del alma, otras porque activaban las facultades mentales, etc. Y algunas se prohibían por estar asociadas a espíritu malignos por la emisión de gases que provocaban efectos delirantes, por lo cual debían ser evitadas.

De estas experiencias descritas por egipcios, babilónicos, griegos, romanos etc., se refleja una verdad científica que permite afirmar que el hombre utiliza estos recursos naturales desde su aparición sobre la tierra.

El uso terapéutico de las aguas minerales adquiere una forma más plena en la época floreciente de Grecia y Roma,

entre los siglos III (a.n.e.) y el siglo X. Esto se puede demostrar por el hecho de que los templos de curación erigidos en la antigua Grecia, dedicados a Esculapio, se construían, normalmente en las cercanías de manantiales y que muchos de los más famosos manantiales que existen en un gran número de países europeos estaban ya en utilización desde la era del Imperio Romano; todo ello formó en esa región una cultura balneológica que ha llegado a nuestros días.

Entre los griegos estos baños de aguas minerales formaban parte del ritual diario en los gimnasios y en las casas de las familias ricas existían habitaciones destinadas a los baños termales. No obstante, donde esta actividad alcanzó su máximo esplendor y se organizó de una forma más completa fue durante la época del Imperio Romano. La arquitectura conservada de esta etapa, no solo en Roma, sino en muchos pueblos que estuvieron bajo su dominio, demuestra que las termas romanas constituían verdaderos centros balneológicos, dotados de piscinas, baños locales, inhaladores, salas de masajes, etc., con lo cual se conseguía obtener la eficacia requerida de estos tratamientos de recuperación de la salud.

Ya desde esta época se comenzaron a estudiar las propiedades inherentes a cada grupo de aguas minerales, atribuyéndole a estas diferentes virtudes curativas, nombrándose a su vez cuerpos médicos que dirigían y orientaban estas curas. Es de interés conocer que desde entonces se usaban los baños de aguas minero-medicinales con fines excitantes, sedantes, purgativos, antifebriles, etc. Por ejemplo, según Séneca las aguas saladas se identificaban contra las congestiones cerebrales, las aluminosas contra los vómitos, sulfuradas contra las erupciones de la piel y las neuralgias, las ferruginosas contra la gota y las parálisis.

En diferentes localidades europeas llegaron a gozar de renombre las termas de Nápoles, las del Rin y las de los Pirineos, a las cuales acudían personas desde lugares remotos en búsqueda de curación a sus dolencias. Carlomagno fundó el balneario de Ain La Chapelle y el de Vichi en Francia, los cuales aún existen y gozan de fama mundial.

El hecho de que las iglesias comenzaran a construir monasterios en lugares cercanos a los balnearios, aprovechando la afluencia de personas a estos, confundiendo en estos lugares los bañistas con los peregrinos, y que las luchas y guerras de la época tuvieran como objetivos de destrucción, estos lugares utilizados como refugios y fortalezas, provocó que durante siglos disminuyeran de forma ostensible las curas balneológicas.

No fue hasta la época de las Cruzadas (Siglo XI- XIII) que resurgió el uso de las aguas termo-minerales, como vía de curación de enfermedades prácticamente desconocidas en Europa, importadas de las invasiones a territorios del lejano oriente, tales como la lepra y otras.

La época del Renacimiento, en el siglo XIV, significó el resurgimiento de esta actividad, y en el siglo XV, en Italia, se redactan las primeras reglamentaciones de los balnearios, publicándose estudios muy valiosos de las aguas minerales italianas por Casalpino y Montecatini. En el siglo XVI estos sitios de curación se extienden por toda Europa. En el siglo XVII se escriben los primeros textos de Hidroterapia en Italia, y en la Rusia del Zar Pedro I se dicta un decreto relacionado con la búsqueda de aguas que incluían las exploraciones de

Liberia y el Cáucaso, fundándose los primeros sanatorios a finales del siglo XVIII, en este país. Es el siglo XIX que se le da un verdadero carácter científico a esta actividad, estableciéndose las curas científicas por múltiples investigaciones físicas, químicas, biológicas y geológicas.

La academia de medicina de Francia comienza la supervisión científica de las estancias termales, base fundamental de la Hidrología Médica, ciencia estrechamente ligada con nuestro trabajo actual. En Alemania se funda la Asociación de Balneología en 1878 y se oficializa la cátedra de Hidrología Clínica en las Universidades de Frankfurt y Oder. En Italia el profesor Vioj realizó importantes estudios en el campo de la Hidrología Médica a finales de siglo, y en Rusia el profesor Setschanoff fundó un instituto en Sebastopol, que investigaba en todas las ramas de la Balneología.

Ya en el siglo XX, después de la Revolución Socialista de Octubre, los sanatorios y balnearios rusos fueron a manos del pueblo, aumentando considerablemente el número de estas instituciones en todas las repúblicas de la antigua URSS. Actualmente allí existen varios institutos especializados en Balneología y Climatología.

Otro país de amplia experiencia en este campo es la República de Alemania, donde en 1929 se fundó el Instituto Universitario Balneológico, para las investigaciones de aguas minerales y peloides en Baviera.

Francia es otro país de vanguardia en el desarrollo de la Balneología. En la década del 30 se creó el Hospital Necker, que fue el primero que estudió detenidamente los efectos terapéuticos de las aguas minerales de diferentes tipos en pacientes antes, durante y después de los tratamientos, llevándose de cada caso una minuciosa historia clínica, documentos inapreciables para los estudios de esta terapéutica.

Países como Eslovaquia, Rumania, Bulgaria y Polonia han acumulado en estas últimas décadas gran experiencia investigativa en esta especialidad, contando en sus territorios con abundantes fuentes termo minerales de prestigio internacional.

Lo anteriormente expuesto se refiere fundamentalmente a las aguas minerales de uso terapéutico, las cuales se diferencian en algunos aspectos de las actualmente llamadas aguas minerales de mesa, cuyas características y uso las distinguen de las propiamente medicinales. El desarrollo y diferenciación de estas últimas está relacionado con intereses no menos importantes y que en algunos casos están relacionados estrechamente.

Las fuentes de aguas minerales acorde con sus características físico-químicas pueden utilizarse mediante diferentes formas de administración. Si estas presentan contenidos elevados de diferentes componentes, se recomienda su administración en aplicaciones externas tales como baños, piscinas, duchas, inhalaciones, etc.; pero si su composición lo permite, también pueden administrarse por vía oral, con funciones curativas específicas. Sin embargo, existen otro grupo de aguas que siendo minerales, por su composición, permiten ser utilizadas de forma continuada, pues su ingestión no produce efectos negativos, además de presentar buenas características de estabilidad que permiten su procesamiento industrial (embotellamiento) sin grandes problemas, lo cual facilita su comercialización; estas son las llamadas aguas minerales de mesa.

El comienzo del uso de las aguas minerales de mesa estuvo condicionado por dos factores importantes; el desarrollo tecnológico que permitió que el embotellamiento de las fuentes no cambiara sus propiedades fundamentales, y la necesidad de utilizar aguas de probada calidad para el consumo humano, teniendo en cuenta que el incremento tecnológico y urbano a partir del siglo XIX ha provocado la contaminación constante de las fuentes del manto freático, utilizadas comúnmente como abasto de agua potable a los núcleos urbanos de cualquier país. La respuesta que el hombre encontró para evitar los problemas cada vez más acuciantes de la contaminación, fue la búsqueda, exploración y explotación de aguas profundas, no contaminadas, captadas mediante métodos adecuados y envasadas con todas las medidas de seguridad que permiten garantizar su estabilidad durante periodos relativamente largos.

Cuando el desarrollo de las grandes ciudades en Europa fundamentalmente, trajo aparejado el desarrollo industrial, y junto con este el aumento de los desechos albañales de esas ciudades, lo cual provocó la contaminación de las fuentes de abasto, surgieron en algunos países (Alemania, Francia, Italia, y en los Estados Unidos de América), las industrias de embotellamiento de aguas desde finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Esta industria que en un principio estuvo asociada a las termas existentes, cuyas características permitían que las aguas embotelladas no sufrieran cambios apreciables, fue desarrollándose rápidamente, en aquellos países donde la demanda se incrementó dadas las características particulares de la calidad de las aguas escogidas y de la contaminación de las zonas de abasto. En poco tiempo esto se fue convirtiendo en un hábito prácticamente en todos los países de Europa.

A finales del siglo XIX, las inversiones en esta industria alcanzaron valores notables, del orden de los centenares de millones de dólares. En el siglo XX y en lo que va del siglo XXI esta industria ha florecido en algunos países que logran desarrollar diferentes marcas de calidad comprobada, comenzando su exportación a otros países que no cuentan con fuentes naturales reconocidas, obteniendo grandes ingresos en base a ese mercado.

El aumento de los medios de comunicación que facilitan el turismo ha provocado una demanda cada vez mayor de aguas minerales de mesa, fundamentalmente cuando los países objeto del turista son subdesarrollados, donde las condiciones higiénico-sanitarias son generalmente malas. El uso de esas aguas como vía preventiva para evitar la adquisición de numerosas enfermedades gastrointestinales, parasitosis, etc., que proliferan en esos países, a la vez que permiten obtener sus beneficios indiscutibles, por vías naturales, de diferentes componentes que resultan imposibles en las aguas de servicio público.

Para que se tenga una idea de las cifras fabulosas de dinero que gira alrededor de esta industria de las aguas minerales embotelladas, en los países que marchan a la cabeza en cuanto al consumo y comercialización de agua como bebida, se pueden ofrecer los siguientes datos (Tabla):

Tabla. Producción de agua como bebida

Países	Producción en millones de litros anuales		
	1980	1990	2000
Francia	1500	2780	4400
Alemania	800	2650	4000
Italia	500	3100	3370
España	80	130	1400
Austria	150		
Hungría	70		

Francia

Es, sin dudas, el líder en el mercado mundial del agua mineral. Este país no solo es el principal productor, sino que mantiene el dominio del mercado. La firma francesa Perrier es uno de los mayores productores mundiales con alrededor de 1200 millones de litros anuales de agua mineral carbonatada. Además, ha adquirido otros importantes manantiales en Francia, el Reino Unido y Estados Unidos. Un 94 % del mercado francés es controlado por un pequeño grupo de compañías: Evian, Volvic, Badoit, Bittel, Perrier y Vichy.

Alemania

Registró en la década del 90 una producción de 3700 millones de litros de unas 300 fuentes explotadas comercialmente, con lo que casi puede abastecer su demanda interna. En el país existen unas 1000 fuentes de aguas minerales, de las que son explotadas aproximadamente 30 %. Apollinaria es la principal marca de agua mineral con la mayor línea de embotellado del mundo.

Italia

Tiene una producción de 3100 millones de litros siguiéndola los pasos a Alemania; cuenta con 170 compañías dedicadas al embotellamiento con ganancias que superan los 380 millones de dólares anuales, lo que la sitúan entre en el tercer lugar de Europa.

España

Es el cuarto productor mundial de agua embotellada de Europa, con 1400 millones de litros y es una de las pocas naciones que es capaz de satisfacer su demanda interna.

Estos datos en la actualidad han aumentado considerablemente, y otros países se han incluido en la lista de productores de aguas minerales de mesa de calidad. Eslovaquia y Bulgaria, que no aparecen en la lista, exportan agua de gran calidad a países árabes y en el caso del comercio que realizan los búlgaros es interesante conocer que intercambian agua mineral por petróleo, del cual no poseen reservas, con países del medio Oriente. Otro dato de mucho interés de carácter comercial es el siguiente: Una tonelada de agua mineral de calidad certificada por el Codex Alimentario (Norma internacional que regula la calidad de las aguas minerales de mesa), se venden en el mercado internacional en precios que oscilan entre 180 – 250 USD, con lo cual se puede afirmar que actualmente este producto se vende a precios más altos que el petróleo o el azúcar en el mercado internacional.

Usos de las aguas minerales en Cuba

No ha sido fácil la recopilación de datos acerca de los antecedentes históricos del uso de las aguas minerales en Cuba, dada la poca importancia concedida a los problemas de la salud pública, por los gobiernos de nuestro país desde la época colonial, hasta la época pre-revolucionaria. Por otra parte, se puede afirmar que la continua explotación de carácter privado que se realizó de estos recursos, fue ejecutada bajo una concepción capitalista, cuyos fines lucrativos estaban por encima de los intereses sociales y nacionales.

Fue durante el siglo XVIII que se registraron las primeras informaciones sobre la existencia de aguas termo minerales en nuestro país, pero no fue hasta el siglo XIX que se reportan en documentos de la época los primeros estudios empíricos de estas.

La propagación del uso de este recurso natural con fines terapéuticos nos llegó desde Europa mediante la inmigración española, y con ella llegó también la corriente de investigación sobre la cura de diferentes enfermedades mediante el uso de agentes naturales.

En las memorias del Dr. Beato se recoge que desde 1775 ya se tenían conocimientos de la existencia de manantiales en San Diego de los Baños, y en 1796 el Dr. Espada efectuó el primer estudio analítico de estas aguas.

En 1818 el eminente médico cubano Dr. Tomás Romay comparó las aguas minerales de la zona de Cayajabo con las de San Diego, mediante métodos experimentales rudimentarios, obteniendo conclusiones acordes con el nivel de conocimiento de la época, realizando recomendaciones para su uso terapéutico.

En los años 1822 y 1847 se realizaron estudios físico-químicos nuevos de los manantiales de San Diego que ya por entonces poseían fama internacional, y en 1853, el Dr. Antonio Pons escribió su «Guía práctica para el uso de las aguas minero-medicinales».

En 1861 el Dr. Aenlla efectuó un estudio más profundo de las aguas minerales cubanas que incluyó además de las de San Diego las de Santa María del Rosario, Madruga, San Vicente, Guanabacoa e Isla de Pinos, que eran los más conocidos del país.

Se puede señalar que ya por esta fecha se conocían otros manantiales tales como Amaro (Sagua la Grande) Guadalupe (Sancti Spíritus), el Guijo (Trinidad) Ciego Montero (Cienfuegos), Camujiro (Camagüey), Yariguá (Holguín) y Elguea (Villa Clara).

En 1875 este especialista publicó un importante trabajo «Apuntes para el estudio de las aguas minero-medicinales de la Isla de Cuba», el cual constituye un valioso documento histórico.

En 1877, en una publicación extranjera escrita por el Dr. Álvarez Alcalá (Madrid) y el Dr. Reames (Paris), titulada «Guía para el uso de las aguas minerales, especialmente sulfuradas y salinas», se hace mención por primera vez de las aguas de San Diego, clasificándolas como sulfuradas, recomendándolas internacionalmente.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX aparecen publicados diversos trabajos en los anales de la Academia de Ciencia Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, que dejan constancia de los trabajos de los especialistas cubanos dedicados al desarrollo de la Hidrología Médica

Cubana, destacándose el presentado por el Dr. Fernando Benítez titulado «Estudio Químico Físico, micrográfico y bacteriológico de las aguas minero-medicinales en Cuba» que marcó pautas en estos estudios nacionales, esbozando la primera clasificación de nuestras fuentes.

Los doctores Cabarrouy (padre e hijo), en su condición de directores consecutivos del Balneario de San Diego de los Baños, colaboraron al desarrollo de trabajos científicos de gran valor en el campo de la balneología entre los años 1896 y 1940. No obstante, los mayores aportes científicos en esta actividad fueron realizados por el Dr. Víctor Santamarina, a partir del año 1930, fecha en la cual comienza a trabajar en esta esfera de la medicina. En el año 1937 edita su primer libro titulado *Hidrología y Climatología Médicas*. En 1941 concluye su segunda obra *Las riquezas hidrológicas y Climáticas de Cuba*, y en 1947 se publicó su tercera obra *El turismo: Industria Nacional*, en la cual fundamenta las perspectivas de usar nuestras fuentes naturales como medio idóneo para desarrollar nuestra industria turística de salud.

En esta década publicó además varias monografías y ocupó el cargo de director del Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médicas. En esta institución se publicó durante varios años una revista de gran valor científico, cuya lectura sorprende por el nivel y rigor con que fueron preparados los informes y trabajos que en esta aparecen.

A partir del triunfo de la Revolución, las múltiples y complejas tareas que como premisa insoslayable tuvo que afrontar y resolver el Estado, impidieron dar las respuestas inmediatas e idóneas del acondicionamiento o construcción de instalaciones balnearias, acorde con las nuevas condiciones políticas sociales existentes en nuestro país. Sin embargo, ello no significó un olvido de esta actividad y en los finales de la década de los 80 se comienza a perfilar el plan del futuro desarrollo de esta actividad, el cual ofrece perspectivas magníficas y concretas.

En varias regiones del país se han realizado investigaciones en este sentido, contando con la colaboración de diferentes especialistas de países del antiguo campo socialista y de otros de Europa Occidental, precisando en algunos casos la génesis de las fuentes, su composición, y sus diferentes aplicaciones terapéuticas.

En estas últimas décadas se han asignado recursos y se han realizado serios esfuerzos por parte del Minbas, para desarrollar estudios hidrogeológicos que permitan caracterizar nuestras reservas de aguas minerales. En 1984 se confeccionó el Programa integral de estudio de las aguas minero-medicinales, constituyéndose una brigada para llevar a cabo este programa. Varios especialistas se han capacitado desde el punto de vista Hidrogeológico en esta actividad. Desde el año 1986 a lo largo de todo el país las empresas Geomineras han desarrollado investigaciones, cuyo objetivo es la caracterización química bacteriológica de estas reservas, el cual dio como resultado que a partir de 1991 todas las provincias del país tenían caracterizado al menos un yacimiento y se logró la materialización del embotellado de algunos tipos de aguas de excelente calidad. Desde 1985 los laboratorios de las empresas geológicas comenzaron a dar respuesta analítica a estos trabajos. Paralelamente, en el Minsap se han preparado especialistas que han cursado diferentes estudios en países de tradición balneológica, los

cuales trabajan actualmente en los diferentes balnearios en funcionamiento y se preparan programas conjuntos que contemplan la balneología como una terapia de rehabilitación y como un verdadero tratamiento, con efectividad comprobada por los resultados conseguidos por nuestros especialistas en las instalaciones sanatoriales y balnearias que actualmente operan en el país.

Desde febrero del 88 en reunión efectuada con el Comandante en Jefe en el Minbas, este orientó la aceleración de los trabajos de búsqueda y exploración de las aguas minerales de mesa y minero-medicinales y propuso buscar soluciones rápidas y efectivas para buscar fuentes de suministro de agua para las plantas embotelladoras y centros balneológicos proyectados.

Para esta tarea se creó un grupo polivalente de especialistas que dirige verticalmente estos trabajos. En su composición participan especialistas del Minbas y de organismos e instituciones vinculados con estos recursos: Minsap, Mintur, Minal, Cubanaza S.A., lo cual garantizó la máxima eficiencia en el conocimiento de las necesidades actuales y futuras de estos recursos, conformando un programa con los estudios a ejecutar para precisar las necesidades de estos organismos.

Al frente de este colectivo se desempeñó el comandante Jesús Montané Oropesa, el cual aglutinó a un numeroso grupo de emprendedores especialistas, dirigentes y trabajadores en el Grupo Nacional y los grupos Provinciales y Municipales de Termalismo.

No faltó en esta tarea la colaboración de personalidades e investigadores de países amigos de Europa y América Latina que participaron en las tareas investigativas, eventos y de asesoramiento.

Las tareas fundamentales de los estudios desarrollados en esta actividad hidrogeológica específica, se pueden resumir en los aspectos que se dan a continuación:

- La recuperación de las fuentes de aguas minerales de mesa que desde antes del triunfo de la Revolución se embotellaban en varias localidades del país, acometiendo su caracterización para utilizarlas en el suministro a la población, y para satisfacer la demanda de la industria turística que requiere de volúmenes considerables, teniendo en cuenta los planes de incremento que se prevén, además de tener reservas suficientes para que en el caso de que exista mercado internacional, poder aportar este renglón exportable.
- La utilización de nuestras reservas de aguas minero-medicinales para ampliar las capacidades balneológicas para uso nacional e internacional en la modalidad de Turismo de Salud, construyendo Curhoteles y otras instalaciones apropiadas para la explotación científica de estos recursos. Junto a estos objetivos se pretende utilizar estas fuentes para la ampliación del sistema de casas de descanso, profylactorios y sanatorios de recuperación que trabajan en coordinación con el sistema nacional de salud, de forma que se aumente por este concepto el número de camas disponibles en nuestra red hospitalaria.
- Desarrollar diferentes industrias a partir de estos recursos, como la farmacéutica, la cosmética etc., tal y como se realiza en países de reconocido desarrollo en esta

actividad, y que están dispuestos a colaborar en estas esferas productivas.

La potencialidad de Cuba en aguas minerales naturales y mineromedicinales y termales, en proporción con su extensión territorial se evidencia por la presencia de diversas fuentes en todas las provincias y municipios, distribuidas a lo largo y ancho del país.

Los acuíferos más ricos en Cuba, en cuanto a potencial hídrico, se encuentran en las formaciones de calizas miocénicas de las llanuras, principalmente las que se encuentran en la parte meridional del occidente, que abarca las provincias de Pinar del Río, La Habana y Matanzas, así como zonas cársicas del centro del país.

En el territorio nacional, el embotellamiento del agua mineral natural está establecido de la forma siguiente:

La embotelladora Los Portales, en Pinar del Río, adquirida en sociedad cubano-italiana por la firma San Pelegrino, que cubre una amplia demanda de las provincias occidentales, centrales y parte de las orientales. La provincia de La Habana cuenta con las aguas Copey y Santa Bárbara; en la capital se rescatan las fuentes de la Cotorra y San Agustín; Matanzas tiene la marca Yumurí mientras que Villa Clara posee la laureada internacionalmente Amaro de baja mineralización, y se trabaja por la recuperación de Lobatón. Cienfuegos cuenta con una moderna planta embotelladora en frascos plásticos para las aguas de Ciego Montero, con gran demanda en el centro oriente y en la capital del país; en Sancti Spíritus se embotellan las aguas de San José del Lago, en Yaguajay; Ciego de Ávila distribuye la marca La Palma; Camagüey cuenta con dos marcas, Peña Azul y Tíñima; Las Tunas espera por la inversión para embotellar las aguas de la fuente de Covarrubia; Holguín tiene el agua con la marca Mayabe; Granma posee dos fuentes ubicadas en Manzanillo y Yara con las denominaciones Monte Alto y Las Caobas, estas últimas en acuíferos surgentes de gran pureza bacteriológicas y de descarga por presión natural (sin necesidad de bombeo a 7 metros de altura). Santiago de Cuba posee la fuente El Caney, mientras que Guantánamo dispone de las marcas Sierra Canasta y Porto Santo, esta última en Baracoa; la Isla de la Juventud cuenta con la decana de nuestras aguas la original La Cotorra, rescatada después de muchos años de abandono.

En cuanto a las aguas minero medicinales, se han modernizado y ampliado varios balnearios o termas, destacándose Elguea, en la provincia de Villa Clara, que constituye el centro termal más moderno de Cuba.

Pinar del Río, y concretamente San Diego de los Baños, cuenta con el Balneario del mismo nombre de reconocida fama nacional e internacional.

En La Habana son famosas las termas de Santa María del Rosario.

Matanzas posee las de San Miguel del Lago y Menéndez.

Sancti Spíritus cuenta con el balneario de Mayajigua.

De Cienfuegos, en Palmira, es famoso Ciego Montero por sus aguas sulfurosas silicatadas. En Granma aunque no existen balnearios reconocidos son de gran calidad las aguas ferruginosas de La Cristina, Las Comadres y Los Jobos en Buey Arriba, y las termo minerales de El Salto del Cilantro en el municipio de Pilón.

Santiago de Cuba desarrolla las condiciones de los manantiales de El Cedrón y del Centro Termal La Cuquita, en el municipio de Guamá, donde destacan las posibilidades de su conversión en un futuro no lejano de un generador de energía a partir de su fuente Geotérmica, Guantánamo destaca con las aguas minero-medicinales de Amores, y en la Isla de la Juventud, en Santa Fe encontramos las aguas de La Fe y Demajagua.

Conclusiones y recomendaciones

- Las aguas minero-medicinales como recurso natural utilizado para el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano tiene un origen que se remonta a la existencia de la especie humana.
- Como recurso natural comercializable, el agua mineral de mesa ocupa en estos momentos un lugar privilegiado y estratégico; se ha convertido, debido a la escasez y a la contaminación de los principales acuíferos, en el recurso más importante del siglo XXI, por encima inclusive del petróleo.
- Cuba cuenta con un rico potencial de aguas minerales y minero-medicinales de diferentes características, distribuido por todo el país, que son utilizadas como aguas de mesa y terapéuticas, respectivamente.
- Deben de continuarse los trabajos de investigación de las fuentes de aguas minerales y minero-medicinales existentes del país.
- Deberán reactivarse los grupos provinciales y municipales de Termalismo, que tan buenos resultados dieron para el desarrollo de la calidad de vida de la población, con tratamientos como parte del turismo de salud.

Bibliografía

- ARMIJO VALENZUELA, M. Y J. SAN MARTÍN BACICOA (1968). Compendio de Hidrología Médica. Barcelona: Ed. Científico-Médico.
- ARMIJO VALENZUELA, M. Y J. SAN MARTÍN BACICOA (1984). *La Salud por las Aguas*. Editorial Madrid.
- ARMIJO VALENZUELA, M. Y J. SAN MARTÍN BACICOA (1984). *Cuevas, Balnearios y Climáticos*. Editorial Complutense. Madrid.
- CASTANY, G. (S/A). *Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas*. Barcelona: Ed. Omega. .
- COLECTIVO DE AUTORES (2006). «Informe de los trabajos de prospección y exploración detallada de las distintas aguas minerales y minero medicinales aprobadas para ser usada por los humanos». Oficina Nacional del Fondo Geológico. Minbas. La Habana.
- DE FRANCESCO, F. (1993). «Agua, Ambiente y Salud. Conferencia I Congreso de Turismo de Salud y I Jornada Internacional de Termalismo». La Habana, Cuba.
- DINCIN BUCHMAN, D. (1993). *La curación por el agua*. Barcelona: Ed. Martins Poco.
- Informe del Sistema Codex Alimentario Internacional* (2004).
- NORMA CUBANA NC. 2:1996. Norma de bebidas envasadas.
- NORMA CUBANA NC. 93-01-218: 1995. Aguas minerales.
- NORMAS CODEX. Stan 108. 1991.
- REBORIDO, J. (2000). «Nuevas posibilidades de utilizar aguas minerales en tratamientos terapéuticos en las provincias orientales». Santiago de Cuba. Primer Congreso de Termalismo.
- ROMERO, J. (1999). «Aguas Minerales y minero-medicinales». La Habana.
- SCHNEIDER, E. (1985). *La salud por la naturaleza*. España: Ed. Safeliz, Madrid.
- ZAMORA, N. (1996). «Informe sobre desarrollo de las aguas minerales envasadas». Unión de Bebidas y Licores. La Habana.

Resumen de relatoría del VII Encuentro Nacional de Usuarios del Biogás en Cuba

Noticias

El martes 11 de abril del presente año tuvo lugar el VII Encuentro Nacional de Usuarios del Biogás, con 89 delegados; de ellos, 55 hombres y 34 mujeres. Entre los participantes del evento nos acompañaron dirigentes, usuarios que ya explotaban plantas de biogás, promotores, activistas, amas de casas, científicos y aspirantes a usuarios, provenientes de diferentes provincias del país como Pinar del Río, La Habana, Artemisa, Matanzas, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Las Tunas, Granma, Santiago de Cuba y Cienfuegos; siendo esta última la provincia sede. También contamos con la participación especial del Grupo Ecologista Cubanos en la Red y como invitados especiales nos acompañaron los esposos Turrini, miembros de honor de Cubasolar.



Hostal Guajiro

El Hostal Guajiro House ubicado en la localidad de Varadero y sus propietarios se ven motivados por el importante trabajo que realizan los trabajadores de la Sociedad Cubana de Energías Renovables y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente para la protección y cuidado del mismo, así como la promoción por el ahorro y el uso de fuentes renovables de energía.

El Hostal Guajiro House desde su inauguración el primero de agosto de 2016 comenzó a implementar medidas para contribuir al cuidado del medio ambiente y para aprovechar al máximo las fuentes renovables de energía y de esta manera reducir sus costos y ayudar a preservar el medio ambiente en la localidad donde está ubicado.

Las medidas implementadas son las siguientes:

- Fabricación de manera artesanal de dos calentadores de agua solares.
- Colocación de todo el alumbrado con luces LED de larga durabilidad y alto rendimiento.
- Instalación de sistema de climatización moderno amigable con el medio ambiente.
- Eliminación del uso de bolsas plásticas para la basura por envolturas de papel periódico.
- Reciclaje de botellas plásticas y de cristal para entregar a los centros de recolección de materias primas.
- Acciones de promoción de turismo ecológico y senderismo a los huéspedes del Hostal (visita a la reserva ecológica de Varadero y a las cuevas).
- Acciones de limpieza de áreas de la playa cercanas al hostal.
- Estanque decorativo y de uso múltiple para coleccionar agua de lluvia y regar las plantas.



Nota: Tenemos en proyecto construir un Aero-Generador artesanal y cuando sea económicamente posible comprar un sistema de paneles solares para independizar el Hostal Guajiro House de la red eléctrica.

El Hostal Guajiro House se ha sumado también al proyecto comunitario «Adopta un árbol» de las oficinas de medio ambiente de Varadero y se compromete a participar y colaborar en todas las acciones que se realicen para rescatar y proteger el medio ambiente de la playa de Varadero.

Proponemos se cree por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba y la Sociedad

Cubana de Energías Renovables un certificado que nombre a los hostales con la categoría Ambientales o Ecológicos en reconocimiento a su contribución y para promover que se sumen a esta tarea tan importantes los demás hostales de la localidad y el país.





«Un mundo mejor con la energía del Sol»

Primer aviso

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 energética para la sostenibilidad.

Curso interactivo

El contenido esencial del Taller será el desarrollo del curso (opcional e interactivo), sobre distintas temáticas asociadas al uso de fuentes renovables de energía, la edu-

cación energética y ambiental. El curso se ofrece sin costo adicional, se acredita en esta ocasión en coordinación con la Universidad de Las Tunas y se estructura a partir de diferentes formas organizativas que se integran como parte del programa del evento: conferencias magistrales, conferencias interactivas, seminarios, debates y visitas de campo, favoreciendo un aprendizaje activo que permite la amplia participación y el intercambio sobre las temáticas, y el conocimiento de la experiencia cubana en el actual contexto de desarrollo social y económico del país.

Presentación de trabajos

Los participantes interesados en hacer presentaciones en carteles, deberán enviar por correo electrónico al Comité Organizador un resumen en idioma español, de no más de 500 palabras en formato Word, letra Arial 12 e interlineado a espacio y medio, que contenga: título, autores, país, institución, correo electrónico, objetivos, propuestas o alternativas y resultados logrados o esperados. Los resúmenes deberán enviarse antes del 15 de febrero de 2018. La selección de los trabajos aceptados se dará a conocer a los autores antes del 31 de marzo de 2018.

Los carteles tendrán una superficie total que no excederá los 0,7 m de ancho x 1,0 m de largo y deberán entregarse al Comité Organizador en la oficina de acreditación de la sede del evento.

Publicación de los trabajos en extenso

El Comité Organizador publicará el trabajo en extenso de los autores que lo deseen en el CD del evento. Los interesados deberán enviar el mismo, antes del 30 de abril de 2018 con las siguientes normas: Presentación en versión Microsoft Word, en letra Arial 12 e interlineado a espacio y medio; con 2000 - 5000 palabras (aproximadamente, sin contar los anexos). Con las partes siguientes: Título, Datos del (los) autor (es), Resumen, Palabras clave, Introducción, Desarrollo (que puede incluir Materiales y Métodos, Resultados y Discusión), Conclusiones, Recomendaciones, Referencias o Bibliografía, y Anexos (si los tuviera).

De igual forma de resultar de interés para los autores, el trabajo podrá ser evaluado para su publicación en la revista científico digital *EcoSolar* (categorizada en Latindex), y en la revista impresa *Energía y Tú*, de carácter científico popular.

Exposición

Como en ocasiones anteriores, se organizará la Exposición CUBASOLAR 2018, donde se expondrán los trabajos o ponencias seleccionados en formato de cartel de los participantes.

Inscripción y precios

Para la solicitud de inscripción al evento no es necesaria la presentación de trabajos. La solicitud podrá realizarse directamente al Comité Organizador a través del correo electrónico del evento o al momento de la acreditación.

Los precios y formas de pago se darán a conocer con la publicación de la Convocatoria. El precio de la inscripción otorga el derecho a participar en todas las actividades oficiales, módulo de materiales para el desarrollo de las se-

siones, transportación interna a los lugares previstos del programa, certificados de asistencia y de autor en caso de presentar trabajos.

La agencia de turismo CUBATUR, receptor del evento, ofrece un paquete turístico que cubre los gastos por participante durante el Taller, incluyendo el alojamiento diario en habitaciones dobles del hotel sede. También podrá optarse por la atención paralela a acompañantes, servicios de recibimiento y despedida en aeropuertos cubanos y traslado hasta la sede del evento, regreso al aeropuerto y alojamiento antes y después del evento.

El Comité Organizador les reitera la invitación con la certeza de que lograremos los objetivos comunes en un clima de amistad y solidaridad. Esperamos contar con tu presencia.

Correo electrónico: cubasolar2018@cubasolar.cu

Teléfonos: (53) 72062061 y 72040010.

http:// www.cubasolar.cu

Comité Organizador

Presidente: Lic. Eliseo Gavilán Sáez

Vicepresidenta: M.Sc. Yandira González Mejías

Coordinación general y finanzas: Ing. Dolores Cepillo Méndez

Comité técnico y paneles: Ing. Otto Escalona Pérez

Curso asociado: Lic. Ricardo Bérriz Valle

Publicaciones y relatoría: M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez

Certificaciones y transportación: Ing. Miguel González Royo

Organismo receptor: Agencia de Turismo CUBATUR

Correo electrónico: eventos1@cbtevent.cbt.tur.cu

13th International Workshop CUBASOLAR 2018

«A Better World with Solar Energy»

First Call

The Cuban Society for the Promotion of Renewable Energy Sources and Environmental Respect (Cubasolar) summons to participate in the thirteen edition of the International Workshop CUBASOLAR 2018, to be held in Las Tunas province, Cuba, from May 21st- 25th, 2018.

The aim of the workshop is to continue promoting the conscious building of a sustainable energy system based on renewable energy sources and environmental respect, to encourage and promote a dialogue and the exchange of experiences and practices between experts and people interested in these issues: to contribute to the cooperation, capacity building and transfer of knowledge and technology.

The workshop will include master lectures and panels, made up by government officials, researchers, educators, specialists, managers, entrepreneurs, professionals, producers, users of technologies and others who work for the sustainability of our planet.

Thematic lines

- Food sovereignty and renewable energy sources.
- Water supply and renewable energy sources.
- Importance of South-South and South- North-South cooperation.
- Energy sovereignty, environment and sustainable local development.
- Energy education, culture and information for sustainability.

Interactive Course

The essential content of the workshop shall be an optional and interactive course on different topics related to the use of renewable energy sources and to environmental and energy education. The course is offered at no additional cost, and, on this occasion will be accredited by the University of Las Tunas. Master and interactive lectures, discussion seminars, and field visits shall be included in the workshop program, encouraging active learning that would enable not only the broader participation and exchange on the different topics, but also the greater knowledge of the Cuban experience in the current context of social and economic development.

Presentation of papers

Participants interested in poster presentations should send an email to the Organizing Committee, with an abstract in Spanish or English of no more than 500 words in Word format, Arial 12 and in one and a half spacing, containing title, authors, country, institution, email, goals, proposals or alternatives and expected or achieved results. Abstracts should be submitted by February 15th, 2018. Accepted papers will be announced to the authors by March 31st, 2018.

Posters shall have a total area that shall not exceed 0.7 m wide x 1.0 m long and are to be submitted to the Organizing Committee at the accreditation office of the workshop venue.

Comprehensive Publication of Scientific Papers

The Organizing Committee shall include in full, in the CD of the 13th Workshop, all the scientific papers of authors wishing to do so. Those interested should send their scientific articles, before April 30th, 2018, following the hereby specified instructions: Presentation of manuscripts in Microsoft Word format, using 12 point Arial font, one and a half spacing; approximately within a 2000-5000 words in length (excluding annexes). In addition, it should include the following information and sections: title, author(s) data, abstract, keywords, introduction, development (which may include Materials and Methods, Results and Discussion), Conclusions, Recommendations, References or bibliography, and Annexes (if any).

Likewise, if authors wish, articles could be assessed for publication in the scientific journal «EcoSolar» (categorized

in Latindex), and in the popular scientific magazine «Energía y Tú».

Exhibition As on past occasions, the CUBASOLAR Exhibition 2018 will be held, including selected papers or presentations in poster format.

Registration and fees

For the workshop registration, submission of papers is not required. Applicants to participate in the workshop shall directly contact the Organizing Committee via e-mail or at the time of registration.

Fees and payment will be announced with the publication of the Call for Papers. The registration fee entitles you to participate in all official activities, material module for meetings, to use the arranged local means of transportation to the different places specified in the program, as well as to get certificates of attendance and copyright if papers were submitted.

CUBATUR, the receiving tourism agency, offers a tour package covering the costs per participant during the workshop, including daily accommodation in double rooms of the venue hotel. You may also get parallel attention to companions, welcome and farewell services in Cuban airports and transfer to the venue, as well as transportation back to the airport and accommodation before and after the event.

The Organizing Committee reiterates its invitation to participate in the 13th International Workshop, and reassures you that the common objectives will be achieved in a climate of friendship and solidarity. We hope you can join us.

Contact:

E-mail: cubasolar2018@cubasolar.cu

Phone numbers: (53) 72062061 and 72040010.

http:// www.cubasolar.cu

Organizing Committee:

President: BA Eliseo Gavilán Sáez.

Deputy President: M.Sc. Yandira González Mejías

General coordinator and finances: Eng. Dolores Cepillo Méndez

Technical committee and panels: Eng. Otto Escalona Pérez

Associated course: BA Ricardo Bérriz Valle

Publications and proceedings: M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez

Responsible for Certificates and transportation:

Eng. Miguel González Royo

Receiving tourism agency: CUBATUR

E-mail: eventos1@cbtevent.cbt.tur.cu

