



ECO SOLAR

REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

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

59

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 Merecio
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 Cisnero Ramírez

Eco Solar, no. 59 / 2017

Revista científica de las
Fuentes Renovables de Energía
Enero-Marzo, 2017
ISSN-1028-6004
RNPS-2220



CETER



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

Propuesta del uso de fuentes de bioenergía para mejorar calidad del aire en La Habana	3
Ricardo W. Manso Jiménez, Osvaldo A. Cuesta Santos, Ernesto R. Carrillo Vitale y Carlos Sosa Pérez	
Análisis de la potencialidad energética del estiércol de gallina envejecido en la unidad básica de producción avícola Frank País García de Moa	9
Misael T. Noa Utria, Eduardo Terrero Matos, Reineris Montero Laurencio, Raúl Izquierdo Pupo e Israel Letusé Velázquez	
Sistema Integrado de Gestión Empresarial	15
Yandira González Mejías, Alcides Reyes Guerra y Olmes García Bodes	
Experimentación e innovación campesinas. Estudio de caso: Multiimplemento agrícola de tracción animal JC21A	20
Leidy Casimiro Rodríguez y José Antonio Casimiro González	
Tabla propuesta para resultados energéticos generales del programa Homer	27
Orestes Castillo Castillo y Antonio Sarmiento Sera	
Techos verdes apropiados para viviendas en La Habana	30
Luis Guillermo Pérez González y Dania González Couret	
Noticias	41
Convocatorias	42

editorial
cubasolar

Propuesta del uso de fuentes de bioenergía para mejorar calidad del aire en La Habana

Por M. Sc. Ricardo W. Manso Jiménez*, Dr. C. Osvaldo A. Cuesta Santos*,
M. Sc. Ernesto R. Carrillo Vitale* y M. Sc. Carlos Sosa Pérez*.

* Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

E-mail: ricardo.manso@insmet.cu; osvaldo.cuesta@insmet.cu

Resumen

El modelo energético mundial se caracteriza por un elevado crecimiento de la demanda de energía, lo que ha provocado un aumento del CO₂ y otros gases y partículas debido al creciente uso de combustibles fósiles para su suministro. Estudios recientes muestran el aumento de la eficiencia del uso de la bioenergía y un efecto menos contaminante de esta fuente. En el documento se exponen las emisiones de gases en todos los municipios de La Habana. El propósito de este trabajo es evaluar la diferencia entre el impacto en la calidad del aire y el clima cuando reemplazamos la quema de combustibles fósiles con fuentes de bioenergía. Existen varios métodos reportados por la literatura para determinar las emisiones consideradas por la biomasa quemada dependiendo del tipo de biomasa. La metodología del cálculo descrito ha sido desarrollada por varios autores. Los gases considerados son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nitroso (N₂O). Este trabajo se centró en la sostenibilidad. Los datos de actividad utilizados se obtienen de fuentes nacionales. Se muestran los cálculos de los gases emitidos en ambos casos.

Palabras clave: calidad del aire, energías renovables, gases de efecto invernadero, cambio climático.

Proposal for the use of bioenergy sources to improve air quality in Havana

Abstract

The global energy model is characterized by a high growth in energy demand, which has led to an increase in CO₂ and other gases and particulate due to the increasing use of fossil fuels for their supply. Recent studies show the increase of the efficiency of the use of bioenergy and less polluting effect of this source. In the paper the gas emissions are exposed in all the municipalities of Havana. The purpose of this paper is to evaluate the difference between the impact on air quality and the climate when we replace fossil fuel burning with bioenergy sources. There are several methods reported by the literature to determine the emissions considered by biomass burned depending on the type of biomass. The methodology of the described calculation has been developed by several authors. The gases considered are: Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂), Methane (CH₄), Nitrogen oxides (NO_x) and Nitrous oxide (N₂O). This work focused on sustainability. The activity data used are obtained from national sources. Calculations of the gases emitted in both cases are shown.

Key words: air quality, renewable energy, greenhouses gas, climate change.

Introducción

El modelo energético a nivel mundial se caracteriza por un crecimiento elevado de la demanda energética, lo que ha motivado un incremento de las emisiones de CO₂

y otros gases y partículas debido al uso creciente de combustibles fósiles para su suministro. La firma del acuerdo de París contra el cambio climático en 2015, fue la primera vez en que los líderes mundiales acordaron medidas específicas

para reducir los gases de efecto invernadero. De hecho, debe repercutir en una disminución de emisiones de contaminantes a la atmósfera. En Cuba, el sector de transformación de la energía provoca entre 30 y 35 % de las emisiones de CO₂ [Carrillo *et al.*, 2015].

Los estudios relacionados con la contaminación atmosférica presentan tres niveles atendiendo a su escala espacial y temporal. El nivel global que responde a la escala planetaria con efectos temporales de prolongada manifestación como, las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El nivel regional que responde a las características continentales o de grandes zonas rurales y marinas con manifestaciones de efectos temporales de semanas y meses como, son los procesos de acidificación de la atmósfera, que modifican las características de los ecosistemas, específicamente los suelos y las aguas de uso agrícola. Y por último el nivel local relacionado con asentamientos urbanos o industriales con efectos inmediatos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana y los ecosistemas.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma [OMS, 2016].

En Cuba [Cuesta y Wallo, 2010] se encontró que 16 % de los pobladores de regiones urbanas en el país enfrentan una calidad del aire Deficiente o Mala, y otro 8 % coexiste con categorías Pésima y Crítica, indicándose la necesidad de realizar estudios que conduzcan a identificar medidas apropiadas para la descontaminación en las localidades afectadas.

En la quema de combustibles fósiles, como el petróleo, la mayor parte del carbono es expulsado en forma de CO₂, otra parte menor en forma de CO, CH₄ o hidrocarburos distintos del CH₄ los que se oxidan en la atmósfera a CO₂ en un periodo desde unos pocos días hasta una década. Como se conoce, la biomasa fue la primera fuente de energía utilizada por el ser humano, y la biomasa se considera actualmente como la segunda fuente de energía más ecológica y sostenible, después de la energía solar. El objetivo del trabajo es mostrar como generando electricidad por una fuente de bioenergía sustituyendo la de quema de combustible fósil, o incluso cogenerando electricidad, es posible disminuir las emisiones sobre todo de compuestos de azufre y de nitrógeno, con lo que la calidad del aire mejoraría al usar estas fuentes alternativas. También es posible valorar otros impactos económicos y ambientales.

Materiales y métodos

A falta de una red de estaciones de monitoreo de la calidad del aire para La Habana, donde actualmente solo existen tres puntos, Casablanca, en Regla, la que existe desde 1983 y dos desde 2015, una en el municipio San Miguel y otra en municipio Plaza, se recurrió a un proyecto que diera el grado de contaminación atmosférica en la capital. En una primera etapa, un levantamiento en todas las fuentes fijas de contaminación atmosférica para todos los municipios de la capital. Se obtuvo un relevante resultado científico, «Car-

acterización de la calidad del aire en La Habana mediante el análisis del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas».

Este trabajo conllevó una serie de pasos, tales como crear un inventario de las emisiones de las principales fuentes fijas, realizar los cálculos de la dispersión de contaminantes teniendo en cuenta diversos escenarios, mediciones experimentales de calidad del aire en localidades seleccionadas, el análisis espacial de la información y analizar los principales impactos potenciales al medioambiente producto de las concentraciones esperadas.

La fuente de consulta más extensa para factores de emisión con base en procesos es el documento AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors [US. EPA, 1995], el cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades.

Los contaminantes principales estudiados son dióxido de Azufre (SO₂), dióxido de Nitrógeno (NO₂), partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}), monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVDM).

Se utilizó la ecuación básica para el cálculo de la tasa de emisión está basada en:

$$E = A * FE * \left(\frac{100-RE}{100}\right)(1)$$

Donde:

E: Emisión (ton/año)

FE: Factor de emisión (ton/m³)

A: Nivel de intensidad de la actividad (consumo de combustibles, producción), en unidades de masa o volumen por tiempo (m³/año) es la eficiencia del dispositivo de control de la contaminación atmosférica (si está presente).

RE: factor de eficiencia de reducción del contaminante

Se muestra en la tabla 1 los factores de emisión para los grupos electrógenos que fueron aplicados en el trabajo.

Tabla 1. Factores de emisión para grupos electrógenos (para 4 motores)

Contaminante	Factor de emisión (kg/m ³)		Referencia
	Fuel Oil	Diésel	
NO _x	42,59	17,0	Cujae/Cubaenergía
SO ₂	22,43	16,0	Cujae/Cubaenergía
PM	0,42	0,25	AP42/Cubaenergía
PM	0,21	0,125	AP42/Cubaenergía
CO	2,07	1,44	Cujae/Corinair
COVDM	0,183	1,80	Corinair

Fuente: Cuesta *et al.*, 2012.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se presentan algunas especies contaminantes de la atmósfera calculadas a partir de los datos recogidos para cada fuente por un especialista o técnico del Centro de Contaminación y Química Atmosférica del Instituto de Meteorología, en colaboración con el experto asociado a la fuente.

En la confección del inventario de emisiones del municipio Marianao se tienen en cuenta las 15 fuentes fijas fun-

Tabla 2. Emisiones de los contaminantes atmosféricos principales de los municipios de La Habana durante el 2010, en Toneladas al año (Ton/Año)

Tipos de fuentes	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	COVDM
Playa (1)	17,60	108,10	2,09	1,51	1,93	0,19
Plaza Revolución (2)	15,09	179,97	4,30	3,15	2,20	0,17
Centro Habana (3)	4,10	54,60	1,75	1,31	0,44	0,03
Habana Vieja (4)	574,59	2930,10	32,54	16,31	87,62	5,88
Regla (5)	5569,72	17 831,91	591,71	333,95	4773,18	100,88
Habana del Este (6)	397,30	474,94	8,28	4,77	34,04	4,20
Guanabacoa (7)	8,22	97,34	2,26	1,68	0,99	0,08
San Miguel (8)	2,73	30,96	1,21	0,91	0,31	0,02
10 de Octubre (9)	68,04	95,33	3,11	2,30	1,50	0,12
Cerro (10)	15,30	183,24	5,51	4,12	1,91	0,14
Marianao (11)	146,16	42,22	0,85	0,54	2,14	0,22
La Lisa (12)	112,99	695,12	20,02	14,94	6,77	0,58
Boyeros (13)	109,75	113,43	1,90	1,02	9,32	1,16
Arroyo Naranjo (14)	58,92	169,80	3,85	2,70	5,38	0,61

Fuente: Cuesta *et al.*, 2012.

damentales; en ellas se destaca el GE Habana 220, ubicado en las inmediaciones de la Cujae, que es la mayor fuente emisora de contaminantes a la atmósfera en el municipio.

La mayoría de las fuentes fijas de Marianao se encuentran en su porción norte, como se puede apreciar en la zona de mayor población, aunque se debe destacar que el GE Habana 220, que es el mayor emisor, se encuentra al sur alejado de zonas densamente pobladas.



Para el caso del municipio Regla, su inventario de emisiones de contaminantes debido a sus fuentes fijas está compuesto por 14 fuentes. Las fuentes principales se corresponden con la Refinería Níco López y el GE de Regla, ambas ubicadas en las cercanías de zonas habitadas donde su influencia provoca efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población [Cuesta *et al.*, 2012].

En la confección del inventario de emisiones del municipio Marianao se tienen en cuenta las 15 fuentes fijas fundamentales; en ellas se destaca el GE Habana 220, ubicado en las inmediaciones de la Cujae, que es la mayor fuente emisora de contaminantes a la atmósfera en el municipio.

La mayoría de las fuentes fijas de Marianao se encuentran en su porción norte, como se puede apreciar en la zona de mayor población, aunque se debe destacar que el GE Habana 220, que es el mayor emisor, se encuentra al sur alejado de zonas densamente pobladas.

Para el caso del municipio Regla, su inventario de emisiones de contaminantes debido a sus fuentes fijas está compuesto por 14 fuentes. Las fuentes principales se corresponden con la Refinería Níco López y el GE de Regla, ambas ubicadas en las cercanías de zonas habitadas donde su influencia provoca efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población [Cuesta *et al.*, 2012].

Esta situación corrobora la necesidad de mejorar la calidad del aire en La Habana, por su repercusión en la salud, el medioambiente y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, las necesidades energéticas, siguen en aumento, por lo que se hace necesario, una evaluación de una sustitución de la quema del combustible fósil por otras más amigables.

En el caso de la capital, obviamente, debemos empezar por considerar a los municipios periféricos, pues será más fácil una sustitución de combustible o cambio de estructura. Además, un estudio revela que el consumo específico fue de 261,7 gramos de combustible (cantidad promedio de combustible necesario para generar un kilowatt) para todas

las tecnologías. En el 2011 el factor de emisión asociado a la generación de electricidad en Cuba fue de 867 gCO₂/kWh (valor elevado debido a la utilización generalizada de los combustibles fósiles y a la obsolescencia e ineficiencia de algunas tecnologías empleadas en la generación eléctrica). Por lo mencionado, se hace necesario aplicar nuevas tecnologías que tengan menos emisiones y sean, además más eficientes [Arrastía, 2015].

Cada región tiene sus propias fuentes y la que presenta el mayor potencial pudiera ser la mejor en términos de factibilidad técnica, aunque no en cuanto a factibilidad económica. La energía más limpia en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su vida útil, es la eólica, con 10 gramos de CO₂, luego le sigue la solar fotovoltaica con 32 gramos. La aplicación tecnológica del carbón es la que más emite, con 960 gramos por kWh. La de gas natural emite 443 gramos por kWh [IPCC, 2012].

La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial, o a las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. Su poder calorífico depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su contenido de humedad. Estas características, junto con un contenido insignificante de azufre, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Es necesaria una mayor cantidad de biocombustible que de combustible fósil para conseguir la misma cantidad de energía, lo que requiere de mayor espacio para su almacenamiento. Además, los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que utilizan combustibles fósiles y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.

La clave para superar este inconveniente está en localizar el proceso de conversión de energía cerca de la fuente concentrada de biomasa. En nuestro caso seleccionamos los municipios más alejados del centro de la ciudad, para proponer el uso de centrales bioenergéticas que pudieran actuar, tanto sustituyendo grupos electrógenos como co-generar electricidad para circunstancias que lo requieran.

Una central de biomasa es una instalación que permite el aprovechamiento de la biomasa para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico similar al de las centrales térmicas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica rotatoria mediante una turbina, y posteriormente en energía eléctrica a través de un generador. La diferencia está en que el combustible principal utilizado para producir la energía calorífica en el caso de las centrales de biomasa, lo constituyen principalmente los residuos forestales, los cultivos de plantas energéticas, o los residuos agrícolas y en general orgánicos.

Las plantas bioenergéticas pueden producir generalmente entre 1 y 50 MW en dependencia de cómo utiliza el combustible, la tecnología utilizada para el proceso en este tipo de plantas les permite alcanzar una vida útil de más de 30 años, y en ese período al igual que otras plantas que utilizan el mismo tipo de equipos, son susceptibles de incorporar mejoras en su eficiencia derivadas de los avances tecnológicos que se produzcan.

En Estados Unidos, el estado de Massachusetts existen algunas plantas operando con quema de madera, tales como la Russell (50 MW), la Greenfield (47 MW), la Springfield (48 MW), la Pittsfield (40 MW) y la Fitchburg (15 MW) (Matera, s/a).

En Cuba se tiene Proyecto Central Eléctrica de Biomasa Forestal La Melvis, que se propone tendrá una potencia de 3 MW y se estima que funcione en régimen base durante aproximadamente 8000 horas al año, para una generación neta anual de 23 280 MWh. La reducción de emisiones del proyecto será la diferencia entre las emisiones de línea de base y las del proyecto.

Las emisiones de gases de efecto invernadero corresponderán, por tanto, a un factor de emisión que, para el sistema eléctrico de la Isla de la Juventud, se estima de aproximadamente 0,8 tCO₂/kWh. Las emisiones de línea de base se estiman como 23 280 MWh * 0,8 tCO₂/MWh = 18 624 t CO₂/año. De forma preliminar se puede considerar que estas emisiones no sobrepasarán las 1100 tCO₂/año. La reducción de emisiones del proyecto corresponderá por tanto a 17 524 tCO₂/año.

Además, el contenido de azufre es muy inferior a los combustibles fósiles, por lo que su impacto será mucho menor en la calidad del aire y de las lluvias. Para demostrar esto, mostramos la tabla con los factores de emisión para la combustión de leña y bagazo. Podemos apreciar mejor si se compara la tabla 3 con la tabla 1 ya mostrada.

En Cuba, según Carrillo *et al.*, [2015] se emitió por quema de biomasa para consumo energético en 2012 las mostradas en la tabla 4.

Tabla 3. Factores de emisión para combustión de leña y bagazo (Kg/1000 MJ)

Combustible	Especie SOX	Especie NOX	Especie PST
Bagazo en base seca	0,000	0,034	0,039
Leña	0,002	0,163	0,954

Fuente: IDEAM, 1999.

Tabla 4. Emisiones por consumo de biomasa en Cuba

Combustible	Especie SOX	Especie NOX	Especie PST
Bagazo en base seca	0,000	0,034	0,039
Leña	0,002	0,163	0,954

Fuente: Carrillo *et al.*, 2015.

Aunque dentro de la biomasa que se quema debemos considerar la quema sin control, tales como incendios forestales, desechos agrícolas y quema de herbazales. Si bien las emisiones producto de los incendios forestales en el 2012 fueron apenas 5 % de las emitidas por consumo de leña en el 2002, llegó casi a 40 % producto de un gigantesco incendio en la Ciénaga de Zapata que duró varios días, producido por la acumulación de biomasa luego de varios huracanes que recién habían cruzado por la zona y habían tumbado numerosos árboles. Esto tiene varios niveles de impacto, desde el económico por no aprovecharse las maderas, hasta ambientales como la pérdida de biodiversidad, y emisiones

de gases dañinos a la población y otros que contribuyen al calentamiento global.

La quema de combustibles de madera sólida en fuego abierto solo convierte 5 % de su energía potencial, mientras que el resto se pierde. No obstante, actualmente existen tecnologías capaces de incrementar su eficiencia hasta 80% mediante sistemas combinados que utilizan madera para producir calor y electricidad.

Se estima que la quema de biomasa aporta aproximadamente un quinto del total global de emisiones de CO₂ [Sandberg *et al.*, 2002]; a nivel global fue de 675 ± 240 Mg Hg/año, representando 8,2 % de todas las fuentes tanto naturales como antrópicas.

Para nuestro país [Moreno, 2015] se plantea que para la transición energética en Cuba, es necesario dar una serie de pasos que son:

- Disminuir la ineficiencia del sistema eléctrico.
- Reducir la dependencia de combustibles fósiles.
- Contribuir a la sustentación medioambiental.
- Modificar la matriz energética de generación y consumo.
- Incrementar la eficiencia de la economía en su consumo.
- Disminuir el alto costo de la energía que se entrega a los consumidores.

En particular se propone que 57 centrales azucareros sean productores de electricidad con residuos de la producción azucarera. Se ha estudiado y proyectado la instalación de 755 MW mediante 19 bioeléctricas que produzcan más de 1900 GWh/año y dejen de emitir aproximadamente 1,7 millones de toneladas a la atmósfera, en centrales azucareros.

A nivel mundial, la FAO estima que las iniciativas que se desarrollen para la producción de agroenergía a partir de la biomasa deben permitir: a) compatibilizar la seguridad alimentaria y la protección ambiental; b) ofrecer nuevas oportunidades a las comunidades rurales; y c) constituir una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero [Metz *et al.*, 2008 y FAO, 2008].

Actualmente existen calderas eficientes, con pocas emisiones de partículas y que reducen las emisiones de GEI a la atmósfera. La utilización moderna de biomasa permite aprovechar residuos forestales y agrícolas que no tienen otros usos. Por otro lado, los bajos niveles de azufre en la mayoría de las biomásas dan lugar a emisiones de SO₂ de 20 mg/MJ frente a los 900 mg/MJ, de la utilización del carbón. En la tabla 5 mostramos algunas diferencias entre el uso de biomasa y de combustibles fósiles.



Tabla 5. Algunas comparaciones entre el uso de la biomasa y el de combustibles fósiles

Uso de la biomasa	Uso de combustibles fósiles
Es abundante	Cada vez hay menos
Precios competitivos y estables	Constante variación de los precios
Cercana a la central	Viene de lugares más lejanos o del extranjero
Genera puestos de trabajo locales	Puede crear incertidumbres con el empleo
Menor riesgos de incendios	Riesgos de incendios
Emisiones casi nulas de SO ₂ y otros gases nocivos	Altas emisiones de gases nocivos
Las emisiones de CO ₂ pueden ser neutralizadas	Altas emisiones de CO ₂ y otros gases

Fuente: Elaborado por el autor.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), insiste en que la biomasa pudiera ser considerada carbono neutral, solamente si han sido considerados todos los impactos del uso de tierra. La extracción de árboles de un bosque debe ser de manera que el equilibrio del carbono sea estable y no dañe la capacidad global del bosque de capturar CO₂. «Es un error asumir que la Bioenergía es carbono neutral por definición, depende con lo que usted lo reemplace» [IPCC, 2007 (1)].

Dos factores importantes a la hora de determinar si la bioenergía reduce la presencia de carbono en la atmósfera en comparación con los combustibles fósiles son: (i) dónde y (ii) cómo se produce y extrae la biomasa. En EE.UU., a partir de enero del 2011 la EPA consideró a los gases de efecto de invernadero como contaminantes sujetos a regulación bajo El acta de aire limpio (CAA), y ya en marzo del propio año tenían una Guía para determinar la mejor tecnología disponible para el control de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono en la producción de bioenergía.

Una vía para poder calcular cuán beneficioso sería aplicar un tipo de energía sobre otro, en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero, sería este enfoque metodológico propuesto por Neuenschwander [2009].

Estimar las emisiones de la línea base, que se define como el consumo de combustible que se hubiera utilizado en ausencia del proyecto, multiplicada por el coeficiente de emisión del combustible fósil que es desplazado. El proyecto sería: Generación a partir de biomasa para reemplazar generación en sitio en una planta agro-industrial, además de exportar energía excedente a la red eléctrica del país.

Tabla 6. Base metodológica para estudiar posible reducción de emisiones de CO₂

Línea Base	kWh de electricidad generada [kWh/yr]	X	Factor de emisión estandarizado [t CO ₂ e/kWh]	=	Emisiones de CO ₂ por electricidad [t/año]
Proyecto CDM	Total de biomasa [T]/año]	X	Factor de emisión de biomasa [t/T]	=	Emisiones de CO ₂ [t/año]

Fuente: Elaborado por el autor.

Conclusiones

El conocimiento de las emisiones atmosféricas es una valiosa herramienta de gestión ambiental y para la mitigación del cambio climático. Las emisiones de centrales de biomasa producen muy bajas emisiones de SO_2 , y si bien tienen altas de CO_2 , pueden ser neutralizadas si se tiene un control cuidadoso del balance de carbono.

El uso sustentable de la bioenergía disminuiría el consumo de combustibles fósiles y los incendios de mayor peligrosidad, y tendría un impacto beneficioso en la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Este trabajo tiene valor metodológico para abordar situaciones similares.

Los costos de la energía no reflejan a menudo las ventajas ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todo el personal que participo en la toma de datos y su posterior modelamiento, así como a todos los autores de artículos referenciados o no que han contribuido a mejorar nuestro trabajo.

Referencias

- ARRASTÍA ÁVILA, MARIO A. (2015). «Electricidad y emisiones de CO_2 », en *Energía y Tú*. No. 70. ISSN 1028-9925.
- CARRILLO, E., R. MANSO; C. SOSA, Y. GONZÁLEZ, A. LEÓN, A. V. GUEVARA, C. GONZÁLEZ, D. BOUDET, M. AMÁRALES, R. BIART I. LÓPEZ, D. PÉREZ, H. RICARDO, A. MERCADET, A. ÁLVAREZ Y Y. RODRÍGUEZ (2015). «Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2010». Citma/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.
- CUESTA, O. Y A. WALLO (2010). «Fuentes de contaminación atmosférica y su relación con la calidad del aire». Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-261-317-1. Memorias de la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana, 29 noviembre al 3 de diciembre de 2010.
- CUESTA, OSVALDO; MARIAM FONSECA, RAYDEL MANRIQUE Y ERNESTO CARRILLO (2012). «Evaluación de la calidad del aire en ciudades de

- Cuba». Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-282-079-1, Memorias de la Convención Internacional Trópico 2012, La Habana, 14 – 18 de mayo de 2012.
- EPA (s/n). [https://yosemite.epa.gov/sab/SABPRODUCT.nsf/o/3235DAC747C16FE985257DA90053F252/\\$File/Framework-for-Assessing-Biogenic-CO2-Emissions](https://yosemite.epa.gov/sab/SABPRODUCT.nsf/o/3235DAC747C16FE985257DA90053F252/$File/Framework-for-Assessing-Biogenic-CO2-Emissions). Consulta: agosto 2017.
- FAO (2008). «Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medioambiente en América Latina y el Caribe». 30ª conferencia regional de la FAO para América Latina y el Caribe. FAO. Brasilia D.F. 8 p.
- IDEAM (1999). «Sistema de Información para la evaluación ambiental de sectores productivos». Convenio UIS-IDEAM, 1999. Colombia.
- IPCC, 2007 (1). «Cambio Climático 2007 – Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC». ISBN 92-9169-321-9. Países Bajos. pp. 122.
- IPCC (2007) (2). «Climate Change 2007: The Physical Science Basis», WGI Fourth Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2012). «Special Report of the intergovernmental panel on Climate Change. Renewable Energy Sources and Climate Change». ISBN 078-1-107-02340. Pg 7.
- MATERA, P. E. (s/a). www.maforests.org/Biomess.pdf. Consulta: agosto 2016.
- METZ, B. ET AL. (2008). «La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC». WMO-UNEP, Geneva, Switzerland. [en línea] <http://www.ipcc.ch>. [Consulta: 23-11-2008]. 2005tp://www.fao.org/foodclimate/hlc-home/es/. Consulta: 13-04-2009.
- MORENO FIGUEREDO, CONRADO (2015). «La transición energética en Cuba». En *Energía y Tú*. No. 70. ISSN 1028-9925.
- NEUENSCHWANDER A. (2009). *Cuantificación de emisiones en proyectos de Bioenergía*. Buenos Aires, 19 febrero 2009.
- OMS (2016). «Calidad del aire ambiente y salud», en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>. Consulta: junio 2017.
- SANDBERG, D. V.; R. OTTMAR, J. PETERSON Y J. CORE. (2002). Wildland fire on ecosystems: effects of fire on air, Corvallis, OR., For. Service Gen. Tech. Rep, RMRS GTR-42-vol. 5. 79 p.
- U.S. EPA, 1995^a. AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors.



Análisis de la potencialidad energética del estiércol de gallina envejecido en la unidad básica de producción avícola Frank País García de Moa

Por M. Sc. Misael T. Noa Utria*, M. Sc. Eduardo Terrero Matos**, Dr. Sc. Reineris Montero Laurencio**, Dr. Sc. Raúl Izquierdo Pupo** e Ing. Israel Letusé Velázquez*

* Empresa Mecánica del Níquel, UEB Gases Industriales, Cuba.

** Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Centro de Estudio de Energía y Tecnología Avanzada de Moa, Cuba.

E-mail: misael@emni.moa.minem.cu; eterrero@ismm.edu.cu; rmontero@ismm.edu.cu; rizquierdo@ismm.edu.cu; iletuse@emni.moa.minem.cu

Resumen

La producción avícola en Cuba genera una considerable cantidad de estiércol, que por sus condiciones de manejo no permite su aprovechamiento fresco destinado a la producción de bioenergía.

En el presente trabajo se realizan investigaciones en la UEB Avícola Frank País García, de Moa, mediante ensayos exploratorios por el métodos empíricos en una instalación construida con recursos propios, por déficit de los estándares, para la determinación del rendimiento en biogás y su calidad en concentración de metano, de la gallinaza envejecida (hasta 12 meses de excretada), con el propósito de su aprovechamiento energético y del biofertilizante residual. Para lograr el crecimiento y sostenimiento de la metanogénesis se proporcionan mezclas de codigestión, adicionando residuos de cosechas agrícolas, que garantizan la adecuada relación carbono/nitrógeno. En las mediciones y/o comprobaciones cuantitativas y cualitativas de las magnitudes y/o características de las variables barométricas, volumétricas, ignición y combustión, se da uso a instrumentos atípicos al alcance de todos en su elaboración, que basan el funcionamiento en los principios y leyes de las reacciones químicas (absorción de gases) y desplazamiento de líquidos. Los resultados evidencian rendimientos y cualidades metanogénicas del producto biogás [>15 litros/kg (CH_4 >85 litros/kg)], comparablemente superiores a otras investigaciones que las anteceden, los que a la vez dan elocuentes perspectivas de su aprovechamiento energético en biofertilizante ecológico de alta calidad y la reducción de las emisiones al medio de $18 \text{ m}^3/\text{día}$ ($13,5 \text{ m}^3/\text{día}$ de metano) de gases de efecto invernadero en la zona donde está enclavada la granja objeto de estudio.

Palabras clave: Ensayos exploratorios, semi-piloto, estiércol, gallinaza envejecida, anaerobia, mesofílica, codigestión, biogás, metanogénica, botella de Mariotte, absorción de gases, ignición.

Analysis of the energy potentiality of the aged hen manure in the basic unit of poultry production Frank País Garcia of Moa

Abstract

The poultry production in Cuba generates a considerable quantity of manure that doesn't allow its fresh use for its handling conditions, dedicated to the bioenergy production. Presently work is carried out investigations in the Poultry UEB Frank Country García of Moa, by means of exploratory rehearsals for the empiric methods in a built installation with own resources, for deficit of the standards, for the determination of the yield in biogás and its quality in methane concentration, of the aged manure of hen (up to 12 months of been ex-

creted) with the purpose of its energy use and of the residual biofertilizer. To achieve the growth and maintenance of the methanogenic codigestion mixtures they are provided, adding waste of agricultural crops that guarantee the appropriate relationship carbon/nitrogen. In the mensurations and/or quantitative and qualitative confirmations of the magnitudes and/or characteristic of the barometric, volumetric variables, ignition and combustion is given use to atypical instruments within reach of all in its elaboration that you/they base the operation on the principles and laws of the chemical reactions (absorption of gases) and displacement of liquids. The results evidence yields and qualities methanogenic of the product biogas [>150 l/kg ($\text{CH}_4 >85$ l/kg)], comparably superiors to other investigations that precede them, those that at the same time give eloquent perspectives of the energy use, in ecological biofertilizer of high quality and the reduction of the emissions to the means of $18 \text{ m}^3/\text{day}$ ($13,5 \text{ m}^3/\text{day}$ of Methane) of gases of effect hothouse in the area where it is located the farm study object.

Key words: Exploratory rehearsals, semi-pilot, manure, aged hen, anaerobia, mesofílico, codigestion, biogas, methanogenic, bottle of Mariotte, absorption of gases, ignition.

Introducción

La tecnificación e intensificación que ha experimentado el sector pecuario en las últimas décadas ha provocado también un aumento en su generación de residuos y una concentración de estos, tanto frescos como envejecidos, de forma que constituyen una fuente de contaminación aun no suficientemente controlada, especialmente de la atmósfera (gases de efecto invernadero y olores) y de las aguas (nitratos, materia orgánica, etc.). Por otra parte, la producción de energías renovables y energías limpias es una necesidad cada vez más imperante, mientras que el aprovechamiento de los residuos ganaderos, tanto para la producción de biogás como del compost con excelentes cualidades fertilizantes, presenta un gran potencial hoy desaprovechado [Mähnert y Linke, 2006], en lo que son determinantes las insuficiencias del manejo de las tecnologías más atrasadas que no conciben ni disponen de la evacuación continua del estiércol fresco depositado. La orientación de este trabajo hacia el tratamiento de residuos agropecuarios del sector avícola se debe a su gran generación en la mayoría de las municipalidades cubanas, y al interés que han manifestado agentes involucrados en el sector por las deyecciones avícolas envejecidas acumuladas.

Materiales y métodos

1. Análisis particular y preliminar del rendimiento e impacto ambiental durante el envejecimiento del estiércol de gallina

Dadas las considerablemente superiores cantidades de estiércol de gallina envejecido [$5706 \text{ Kg}/\text{día}$ (99 %)], en comparación con los demás tipos de excrementos previstos a aprovechar para la producción de biogás en la UEB Avícola del municipio Moa, sus impurezas de alimentos residuales y su tiempo de permanencia antes de ser evacuadas, se supone que generan pérdidas de rendimiento potencial del biocombustible; además con su compostación anaerobia brinda perspectivas de uso como un excelente fertilizante ecológico balanceado [Sztern y Pravia, 1999], y por consiguiente, además reducir el negativo impacto ambiental dadas las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que se decide realizar un experimento exploratorio, con

la correspondiente selección de determinadas muestras, durante el tiempo del ciclo productivo.

1.1. Procedimiento para la preparación de la biodigestión

Para el logro de un efectivo proceso de biodigestión del material envejecido se establece una organización ordenada de acciones operativas y ejecutivas que se ilustra en la figura 1.

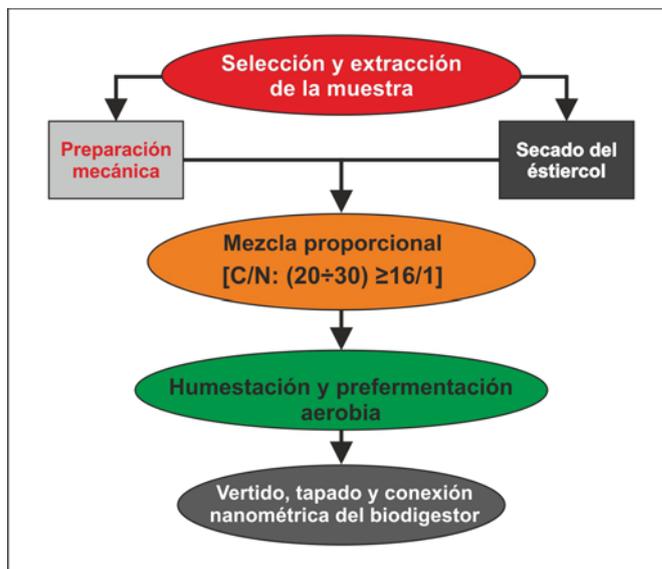


Fig. 1. Preparación previa del proceso de biodigestión.

Se utiliza como método la biodigestión mesofílica, la cual funciona en un rango de temperaturas entre 20 y 40 °C. También se cumplen las relaciones carbono/nitrógeno ($16/1$ y $30/1$), y sólidos/agua ($1/1$ a $1/1,8$), además del consiguiente el pH entre 6 y 8 para lograr el crecimiento y sostenimiento de la metanogénesis [Gilbert, 2011].

Se plantea la realización de seis experimentos exploratorios con la utilización básica de los estiércoles fundamentales presentes en la UEB (vacuno, porcino y gallinaza), con otros residuales industriales y agrícolas para formar la mezclas adecuadas a la metanogénesis, cuyas características y proporciones de los efectivos se muestran en la tabla 1.

Tabla.1. Características de las muestras efectivas utilizadas en la estación experimental

Mezcla	Composición	Gallinaza, kg	Vacuna, kg	Porcina, kg	Aserrín, kg	Hojas secas de plátano, kg	Total	C/N
1	Biomasa Carbono (C) Nitrógeno (N)	0,75 0,11 0,011	108,10 179,97 54,60	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,75 0,31 0,008	1,5000 0,4200 0,0190	22,11
2	Biomasa Carbono (C) Nitrógeno (N)	0,5 0,08 0,008	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	16,31 333,95 4,77	1,0000 0,2900 0,0130	22,31
3	Biomasa Carbono (C) Nitrógeno (N)	0,5 0,08 0,008	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	1,68 0,91 2,30	1,0000 0,2900 0,0130	22,31

Fuente: Montalvo. S., Guerrero (2003) [3]; Cobián (2008) [7]; Monterroso C. J. (2011).

1.2. Caracterización y procedimiento experimental

Los ensayos a pequeña escala que se presentan están encaminados a explorar las condiciones óptimas del tratamiento mixto, centrándose especialmente en aquellas que conducen al máximo rendimiento en biogás del material orgánico envejecido en base gallinaza. Los residuos ganaderos en los que se utilizan en este trabajo (estiércol avícola, bovino y porcino) se mezclan con distintos cosustratos de origen agrícola e industrial [Montalvo y Guerrero, 2003], para estudiar las mezclas que dan mejores resultados y determinar las limitaciones asociadas. El tipo de proceso, seco, estático discontinuo y con agitación, hace que la estructura de las mezclas tenga un papel fundamental para una aplicación satisfactoria del sistema.

Debido a la escasez en la región de laboratorios especializados en las pruebas de potencial de producción de biogás para diferentes biomásas, se decidió conformar la estación experimental con recursos propios, que se muestra en la figura 2.

En la figura 2 los digestores utilizados con capacidades de 5 l y 2 l, respectivamente. Para los conductos fueron utilizados mangueras de suero. Los manómetros son del tipo de columna de agua con una escala hasta 130 mm y exactitud de 1 %. Luego el biogás obtenido se almacena en un reservorio constituido con una cámara de bicicleta [Villanueva, 2008] que tiene una capacidad de aproximadamente de 2 l. Finalmente, para verificar los volúmenes de biogás producidos se mide con una jeringa en el punto de extracción.

1.3. Determinación del volumen de biogás con ayuda de los manómetros

Mediante la ecuaciones conocidas de la Ley de los Gases que rigen la aplicación de los manómetros «U» [Aranda, 1998], representadas por las siguientes expresiones físico-matemáticas 1 a 5, se determina el volumen de biogás generado en cada una y todas las mediciones ensayadas.

$$P = \frac{nRT}{V} \quad (1)$$

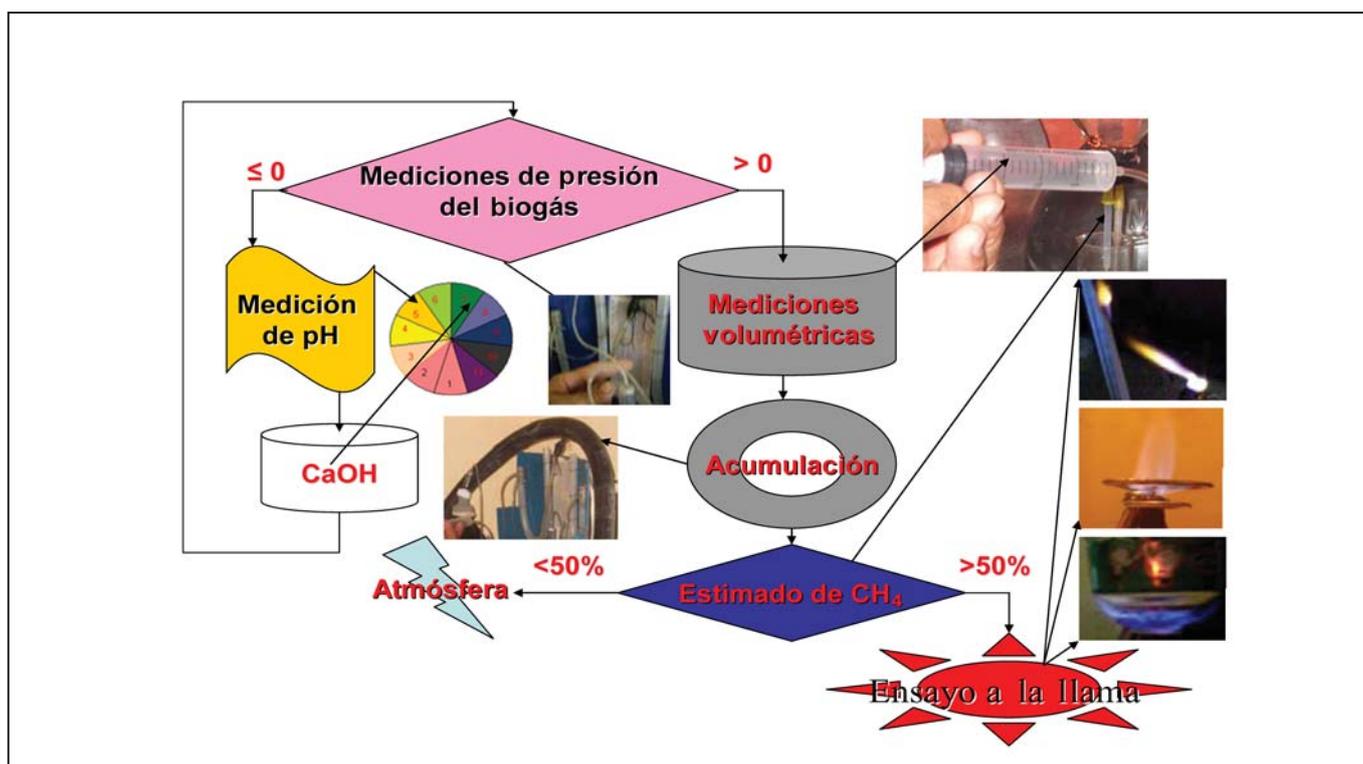


Fig. 2. Estación experimental para la obtención y medición del rendimiento y calidad biogás utilizando como base la gallinaza.

$$V = \frac{nRT}{P} \quad (2)$$

$$P_1 = \rho gh + P_2 \quad (3)$$

$$n = \frac{M}{M_{mol}} \quad (4)$$

$$V = \frac{\frac{M}{M_{mol}} RT}{(\rho gh) + P_2} \quad (5)$$

Donde:

P : Presión del biogás, Pa

n : Número de moles del biogás

R : Constante de los gases, J/mol.°K

T : Temperatura, °K

V : Volumen del biogás, m³

P_1 : Presión del biogás en la columna manométrica, Pa

P_2 : Presión atmosférica, Pa

ρ : Densidad del biogás, kg/m³

g : Aceleración de la gravedad, m/s²

M : Masa del biogás, kg

M_{mol} : Masa molar del biogás, kg/kg mol

h : Diferencia de altura de la columna del líquido manométrico, m

1.5. Comprobación del volumen de cálculo

Mediante la utilización de una jeringa de inyectar, con escala en mililitros, se procedió a corroborar el volumen calculado, dando como resultado que la altura diferencial de 120 mm medida en el manómetro y extraída hacia la probeta, evacuó 60 mililitros (0,060 litros) de biogás en este instrumento. El ejercicio de medición se ilustra en la figura 2.

1.6. Determinación preliminar de la calidad del biogás de la gallinaza envejecida

Dadas las limitadas posibilidades de utilización de los medios de ensayo (Cromatógrafo) disponibles en las instituciones y entidades municipales, se realizaron análisis de estimados de la concentración de metano mediante el método de desplazamiento de líquido a través de la Botella de Mariotte. En la figura 2 se muestra el ejercicio de inyección de un determinado volumen de biogás en una solución de hidróxido de sodio para la absorción del bióxido de carbono y separación del Metano, según Field [2013].

1.7. Ensayo cualitativo a la llama del biogás

Con el objetivo de comprobar el efecto de la concentración de metano en biogás generado, mediante dispositivos quemadores típicos y atípicos construidos por intuición y con recursos propios, se comprueban los efectos de ignición y combustión del biogás producido, que se muestran en la figura 2.

Análisis y discusión de los resultados

Este acápite tiene como objetivo presentar los resultados de la caracterización energética de la UBP Avícola Frank País García, estrechamente relacionados con

el análisis de las potencialidades de la biomasa, en base la estiércol acumulado y envejecido de gallinas ponedoras, con fines de proyectar su aprovechamiento energético y como biofertilizante.

1. Caracterización energética de la UBP Avícola Frank País García

Para fortalecer el resultado referido a la biomasa se relacionan las propiedades inherentes al proceso de biodigestión de la gallinaza envejecida. Se identificó la composición de las mezclas con sustancias orgánicas que permiten mejorar la eficiencia en la producción del metano procedente de estiércol de gallina. Se realizan consideraciones sobre el impacto económico, social y ambiental asociado a la propuesta de mejoras energéticas para la UBP.

1.1 Análisis de la producción de biogás de gallinaza envejecida a pequeña escala

El muestreo preliminar, exploratorio y selectivo de las mezclas de codigestión en base gallinaza envejecida, se ha dirigido a la determinación del rendimiento y reducción del impacto ambiental del biogás y de sus componentes gaseosos de efecto invernadero.

1.2 Producción y rendimiento para diferentes mezclas biodegradables con gallinaza

Se realizaron mediciones manométricas, volumétricas y de desplazamiento de líquido diarias, según la frecuencia reiterativa del ascenso de la columna de agua provocado por la presión del biogás producido en los biodigestores en proceso de fermentación anaeróbica, cuyos resultados estadísticos se plasman en la tabla 2 y en las figuras 3, 4 y 5.

En la tabla 2 se puede apreciar que la concentración de metano corresponde a una satisfactoria calidad como combustible del biogás producido, significando una reiteración en algunos casos comparables y que en otros supera los resultados de otras investigaciones que anteceden; Cobián [2008]; Monterroso C. J. [2011]; Montero [2014]; Amado y Prada [2014].

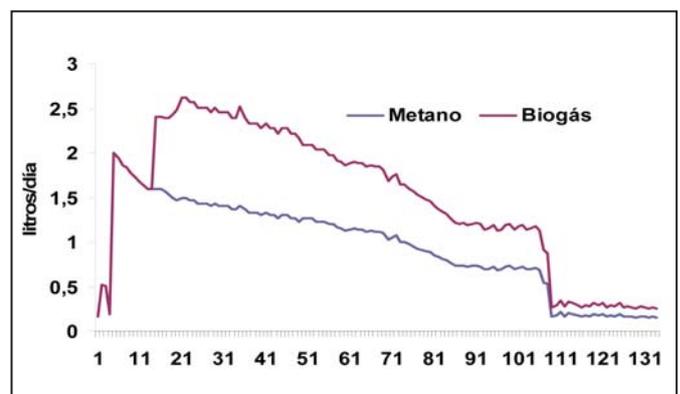


Fig. 3. Rendimiento en el tiempo de las mezclas (codigestión) con gallinaza envejecida de 11 meses con hojas secas de plátano.

En el desarrollo de las curvas se aprecia que el rendimiento volumétrico de biogás es relativamente alto desde sus inicios, sosteniéndose relativamente alto hasta dos meses, continuando la producción de biogás hasta alrededor de

Tabla.2. Tabla de eficacia biológica de la digestión y codigestión de deyecciones avícolas y sustratos del plátano con relación C/N ≥ 22

Denominación del ensayo	Acumulada de biogás (l)	Acumulada de CH ₄ (l)	Carga orgánica (kg _{SV})	Producción específica de CH ₄ (l.kg _{SV} ⁻¹ d ⁻¹)	Tasa media de prod. de CH ₄ (l.kg _{SV} ⁻¹)	Riqueza en CH ₄ (%vol.)	CH ₄ en etapa estable (% vol.)
Gallinaza (11 meses) +hoja seca de plátano 1:1 (secado al sol y 3 días de prehidratación aerobia)	190,05	109,82	1,5	0,94	73,21	57,8	75
Gallinaza (12 meses) +hoja seca de plátano 1:1 (Secado al sol y 7 días de prehidratación aerobia)	152,75	89,96	1,0	1,08	89,96	59,9	75
Gallinaza (fresca) +hoja seca de plátano 1:1 (Secado al sol, 3 días prehidratación aerobia; CaOH al 15 % y 50 g de estiércol fresco a los 19 días)	101	46,18	1,0	0,82	46,18	0,46	65

los cuatro meses; el metano se detecta a los 16 días, manteniendo la proporción $> 50 \%$ en todo el proceso posterior de la biodigestión.

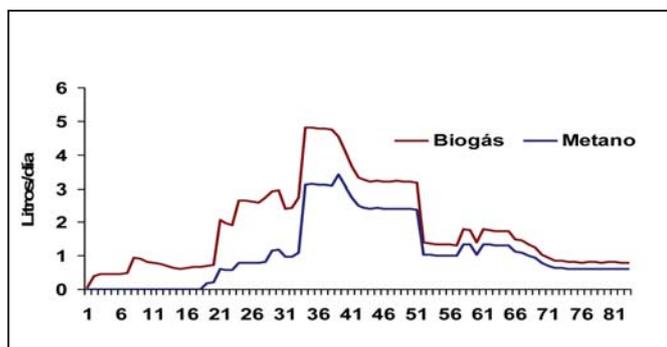


Fig. 4. Rendimiento en el tiempo de las mezclas (codigestión) con gallinaza envejecida de 12 meses con hojas secas de plátano.

En el desarrollo de la curva se aprecia que el rendimiento volumétrico de biogás es relativamente bajo desde sus inicios hasta el día 20, en que comienza su ascenso, alcanzando un pico máximo en los días 34 hasta 38, descendiendo entonces en los días 39 hasta 42, sosteniéndose relativamente alto hasta los 51 días, continuando la producción de biogás por más de los 2 meses; el metano se detecta a los 20 días, el que asciende en su concentración $> 50 \%$ a partir del día 35, manteniendo la proporción en todo el proceso posterior de la biodigestión.

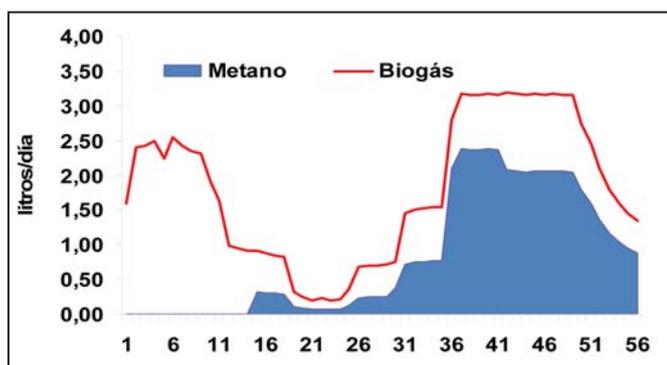


Fig. 5. Rendimiento en el tiempo de las mezclas (codigestión) con gallinaza fresca con hojas secas de plátano.

La fuente de obtención de esta muestra es ajena a la granja objeto de estudio, dado que su montaje coincidió con la etapa de evacuación conclusiva del ciclo productivo, no existiendo material fresco disponible, más los alimentos básicos, excepto el agua provienen del mismo origen. En el desarrollo de la curva se aprecia que el rendimiento volumétrico de biogás es relativamente bajo hasta el día 35 y la fermentación tiende a colapsar a los 20 días. El metano se detecta a los 15 días con una concentración de 35 %; la medición del pH arroja un índice de 4 a 5, el que se decide subir con 230 mililitros de solución de hidróxido de calcio a 15 %, subiendo el pH a un índice (7÷8) y la vez se inoculan 50 gramos de estiércol fresco de gallina para reactivar la metanogénesis. La generación de biogás se reactiva a partir de los 25 días, ascendiendo hasta > 3 litros/día (metano $> 75 \%$); a partir de los 35 días hasta los 50 que desciende hasta 1,3 litros/día (metano $> 65 \%$).

Las tendencias ilustradas en la figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 demuestran, preliminarmente, que la biomasa básica envejecida en el tiempo de 11, 12 meses y fresca, dada una idónea preparación, con la dosificación balanceada en la relación carbono/nitrógeno $\geq 16/1$ ha resultado un rendimiento de 126,7; 152,75 y 101 litros/kg (73,21; 89,96 y 46,18 litros/kg de CH₄), respectivamente, valores superiores a los resultados de 81 litros/kg logrados por Cobián [2008].

1.3. Combustión, poder calórico y biofertilizante

El biogás producido y acumulado con una concentración estimada de 75 % de metano en 2 litros se sometió a la llama, mediante dispositivos quemadores típicos y atípicos, dando evidencias visuales y materiales de satisfactorios resultados cualitativos y cuantitativos en ignición, combustión y calentamiento a la llama, lográndose llevar al punto de ebullición 30 mililitros de agua en 2,5 minutos, que se ilustran en la figura 2. La calidad del biofertilizante se muestra en la tabla 2.

Según Sztern D, Prada M [1999], el compost residual del proceso de biodigestión anaerobia del estiércol de gallina de un volumen aproximadamente igual al de la carga, constituye un excelente bioabono de los más ricos y balanceados, fundamentalmente en nitrógeno (1,9 %), fósforo (1,2 %) y

potasio (1,2 %), así como con un pH (6,7) adecuado para todos los cultivos.

Impacto social

El montaje y explotación correcta de un biodigestor, en primer lugar contribuye a la humanización del trabajo de cocción de alimentos al facilitar una fuente segura, eficiente y de fácil manejo para satisfacer las necesidades de energía en la cocina comedor. Además, se disminuye el consumo de carbón vegetal y/o leña, eliminando los problemas de manejo, escasez y toxicidad. Es de vital importancia señalar que el biogás no genera olor desagradable o tóxico que pueda afectar a las personas, o dañar el entorno.

Impacto ambiental

En los tiempos actuales es plenamente factible ceñirse a las tendencias tecnológicas del tratamiento de estas excretas, el empleo de tecnologías de bajo impacto ambiental y que son consideradas renovables. El uso de la biomasa aporta beneficios no solo energéticos, ya que su transformación se torna beneficiosa y necesaria para el entorno y es un sistema idóneo de eliminación de residuos, con la subsiguiente mejora del ambiente rural, urbano e industrial. Puede además equilibrar determinados excedentes agrícolas en el sector agropecuario; específicamente en los organopónicos y huertos intensivos la opción del uso de biofertilizantes generado por esta tecnología permite responder a una demanda y, de esta forma, ser más respetuoso del medioambiente, y en particular promover la reducción de posibles fuentes contaminantes.

Conclusiones

1. Se logra construir una instalación de ensayos con recursos propios al acceso de todos y puede servir, además, como medios de enseñanza.
2. Se obtienen rendimientos acumulados > 150 litros/ kg biomasa y calidad del biogás > 75 % de CH₄, con mezclas de codigestión en base gallinaza, superiores a los logrados en investigaciones precedentes que utilizaron estiércoles frescos.
3. El efluente producto de la biodegradación es un excelente abono orgánico que, de venderse 130,8 toneladas, tributaría ingresos por un monto de 35 316 pesos, anualmente.

Recomendaciones

Concluir y validar el estudio experimental del estiércol avícola generado y acumulado en las naves durante el transcurso de un ciclo de producción para determinar sus pérdidas y el rendimiento de biogás, así como el aprovechamiento del biofertilizante de la biomasa compostada durante el proceso de envejecimiento, característico de este ciclo productivo.

Bibliografía

- AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA (2011). « Estudio básico del biogás». Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, .
- AMADO GONZÁLEZ, ELISEO Y SONIA PRADA LUNA (2014). «Evaluación de la producción de biogás a partir de la pollinaza». Grupo de investigación, transformación química y medioambiente. Instituto de Biocombustibles, Energías Alternativas y Renovables

(IBEAR). Convenio No 193, Distraves S.A. Universidad de Pamplona.

- ARANDA, V. (1998). Manómetros de columna de líquido, CENAM, CNM-MMF-PT-001.
- COBIÁN, B. D. (2008). «Tratamiento aerobio-anaerobio de residuos ganaderos para obtención de biogás y compost», Tesis en opción al grado de Doctor, Universidad de León. España.
- FIELD JIM (2013). «Medición de Metano del Biogás». Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda, tomado de Internet: 28/05/2013: www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/000866/000866c.pdf.
- GILBERT, JOSÉ A. (2011). inta.gob.ar/.../script-tmp. *Manual para la producción de biogás*, Instituto de Ingeniería Rural I.N.T.A Castelar.
- LÓPEZ, T. M. (2000). «Procedimiento de pretratamiento para mejorar la digestión anaerobia de residuos sólidos». Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas.
- MÄHNERT, P. AND BERND LINKE (2006). Biogas production from energy crops in Germany. X Taller Nacional con participación extranjera: «Actualización y perspectiva para la producción de biogás en Cuba». Sancti Spíritus.
- MONTALVO, S. Y L. GUERRERO (2003). *Tratamiento anaerobio de residuos. Producción de biogás*.
- MONTERO JOHNSON, ARTURO (2014). «Potencialidad de biogás en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Mártires de Angola, Baracoa». Tesis en opción al Título Máster en Eficiencia Energética, Instituto Minero Metalúrgico de Moa.
- MONTERROSO, C. J. (2011). «Estudio de los efluentes del procesamiento de papa en Piura y su potencial uso como fertilizante». Tesis en opción al Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura.
- SZTERN, DANIEL Y MIGUEL A. PRAVIA (1999). *Manual para la Elaboración de Compost*. Organización Panamericana para la Salud.
- VILLANUEVA, MIGUEL (2008). www.youtube.com/watch?v=oBnJF-aOkP822, Jun. 2008. «Proyecto de Biogás». Chimbote, México.



Sistema Integrado de Gestión Empresarial

Por M. Sc. Yandira González Mejías*, Ing. M. Sc. Alcides Reyes Guerra**
y M. Sc. Olmes García Bodes***

* Presidenta de Cubasolar, Delegación Provincial del Citma, sita en Lucas Ortiz No. 163,
entre Julián Santana y Francisco Vega, Las Tunas, Cuba.

** Docente, ingeniero en Control automático, de la Universidad Estatal de Guayaquil, Ecuador.

*** Profesor, investigador; Universidad de Las Tunas, Cuba.

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

Resumen

La investigación se realizó en el municipio Majibacoa, provincia Las Tunas, para contribuir al desarrollo agrario del territorio mediante la propuesta de una alianza estratégica como sustento para la gestión del proceso de innovación tecnológica en la Empresa Agropecuaria. Se identificaron factores relacionados con la gestión del conocimiento y la cultura organizacional que afectan al proceso de innovación. Finalmente se valoró, mediante el criterio de usuario y el de experto, cuyos resultados son coincidentes, y se obtuvo un índice de aceptación alto y una pertinencia mayoritariamente muy adecuada, lo que significa que es válida para su aplicación. Se aportan algunos resultados preliminares de su impacto socioeconómico.

Palabras clave: alianzas estratégicas, gestión de la innovación, cultura organizacional, gestión del conocimiento.

Enterprise Management of Integral System

Abstract

The investigation was carried out in the Majibacoa municipality, Las Tunas province, to contribute to the agricultural development of the territory through the proposal of a strategic alliance as sustenance for the management of the technological innovation process in the Agricultural Company. Factors related to knowledge management and organizational culture that affect the innovation process were identified. Finally, it was assessed, using the user and expert criteria, whose results are coincident, and a high acceptance index was obtained and a mostly very appropriate relevance, which means that it is valid for its application. Some preliminary results of its socio-economic impact are provided.

Key words: strategic alliances, innovation management, organizational culture, knowledge management.

Introducción

Las capacidades de innovación de las empresas, la generación de nuevos productos y procesos, los cambios organizacionales y las estrategias de mercado, se han convertido en una ventaja competitiva clave para su mantenimiento y crecimiento.

La Cuba de hoy y su desarrollo de las fuerzas productivas convierte a la ciencia, y muy particularmente a la innovación, en una fuerza productiva de importancia creciente. En este sentido se busca elevar la efectividad del sistema empresarial y, por consiguiente, su economía; para eso, la innovación es un factor determinante y un ejemplo es la im-

plementación del sistema de perfeccionamiento empresarial a escala nacional.

En la actualidad existe una tendencia a nivel internacional a la integración de diferentes sistemas de gestión dentro de las empresas, debido a la importancia que revisten para la organización del trabajo. En los últimos años se han experimentado una serie de variantes donde se integran generalmente la calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo, donde las empresas deben de enfocar sus acciones hacia sistemas más dinámicos y novedosos. Una de las vías que puede contribuir a ello son los sistemas de gestión integrados por calidad, medioambiente, innovación y capital humano.

Para lograrlo se debe trabajar en la búsqueda de la transformación profunda de la empresa, al modificar los valores a desarrollar para fomentar así una cultura integradora.

La integración de estos sistemas constituye uno de los elementos principales del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCTI), constituyendo una pieza clave para el desarrollo de las organizaciones.

Materiales y métodos

Tomando en consideración la importancia que tienen la cooperación entre las empresas para el desarrollo de la ciencia, la innovación tecnológica, la producción y comercialización de bienes y servicios con calidad como se expresó en el Capítulo 1 [Camisón, 2006; Salas, 2008; Pino & Quevedo, 2009; Marcelo, 2010; Cruz, 2011; Sánchez, 2011], para garantizar mayor eficiencia económica en el país [PCC, 2011], se muestra a continuación el diseño de la alianza estratégica entre la Empresa Agropecuaria Majibacoa, la Empresa Logística de la Agricultura de Las Tunas y el Cedat para el desarrollo agrario del municipio Majibacoa (ADAM).

Alianza Para el Desarrollo Agrario de Majibacoa (ADAM).

a) Características comunes.

- Meta: El desarrollo agrario sostenible.
- Objetivo estratégico común: Contribuir a la seguridad agroalimentaria en el contexto local.
- Marco estratégico común: La ADAM responde a los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en sus Capítulos V y VII relacionados con la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medioambiente, y la Política Agroindustrial, respectivamente.

Iniciativas particulares de la alianza:

Como principales iniciativas a ejecutar por los aliados se destacan las siguientes:

- Garantiza la organización para la aplicación de los resultados de la investigación científica y la implementación de nuevas tecnologías, la evaluación de su efectividad productiva y su socialización por los trabajadores.
- Garantiza los servicios de ingeniería y logística a la Empresa Agropecuaria, la organización para la aplicación de los resultados de la investigación científica, la implementación de nuevas tecnologías y su socialización, que permita desarrollar o sostener los resultados alcanzados.

- Garantiza el desarrollo de actividades científicas y docentes, que aseguran la transferencia de tecnologías y prácticas de carácter innovador, para darle solución eficaz y sostenible a problemas de carácter agrario local.

b) Composición de la alianza.

- Socios potenciales.
- Tipo de alianza: complementaria.
- Sector prioritario: agropecuario.

c) Finalidad

Se constituye con la finalidad de perfeccionar el proceso de innovación tecnológica como sustento del desarrollo agrario territorial.

d) Componentes estratégicos.

Misión: Contribuir al desarrollo agrario del municipio Majibacoa mediante la superación del capital humano, la investigación científico técnica, la sistematización y el aseguramiento de la transferencia de tecnologías y prácticas de carácter innovador para dar solución a los problemas locales.

Visión: La ADAM aplica los conocimientos más avanzados sobre la práctica agrícola, cuyos trabajadores están altamente motivados, con un alto sentido de pertenencia, alto nivel de autonomía, eficiencia y con tecnologías de avanzada, dirigidos por un equipo directivo competitivo, que permite obtener producciones agrícolas sostenibles a nivel local.

Líneas estratégicas:

- Desarrollo agrario local.
- Desarrollo científico técnico.
- Desarrollo del capital humano.

Objetivos:

Se establecen los objetivos siguientes:

1. Contribuir al desarrollo del conocimiento de las demandas y necesidades tecnológicas del sector agrícola.

Tareas:

- Formación y orientación vocacional para el estudio de especialidades agrícolas relacionadas con el objeto social de la organización a corto, mediano y largo plazos.
- Realización de trabajos de investigación y prácticas laborales en la base con los estudiantes en formación

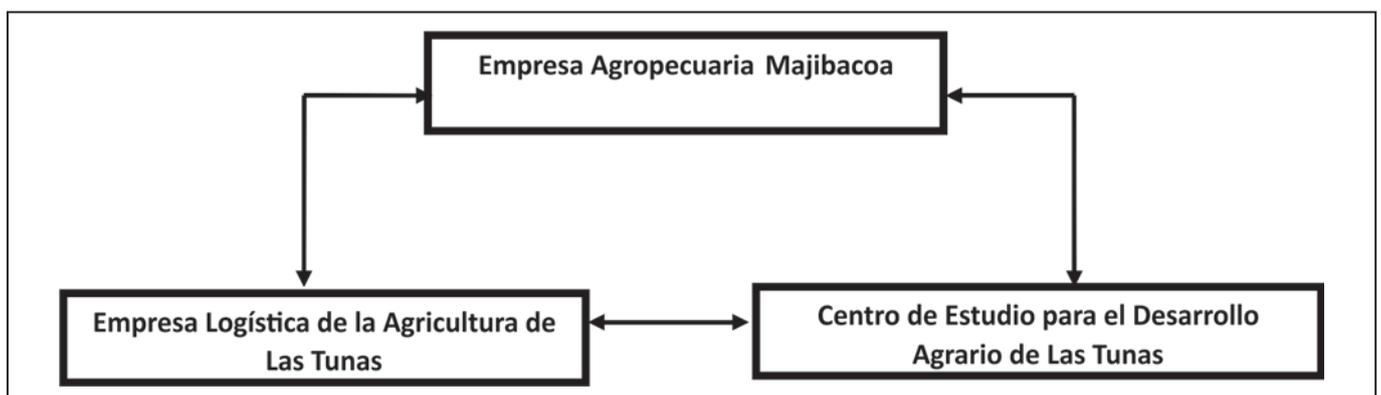


Fig. 1. Alianza de socios potenciales.

para dar solución a los problemas diagnosticados en el entorno, con el asesoramiento de los recursos humanos y tecnológicos existentes.

- Actualización y seguimiento del Banco de Problemas de la Empresa.
- Ejecución de actividades de aprendizaje (capacitación, seminarios técnicos, consejillos, matutinos para la discusión colectiva de documentos, plegables, boletines, conferencias, videos, entre otros), con el objetivo de explorar las posibilidades de solución de los problemas relacionados con el desarrollo agrario.

2. Contribuir a la transferencia de tecnologías.

Tareas:

- Formación adecuada y permanente de los recursos humanos mediante la realización de diversas actividades de aprendizaje.
- Coordinación de actividades de postgrado con la Universidad, en correspondencia con las líneas estratégicas.
- Seguimiento y control de la introducción de nuevas tecnologías, plan de generalización, nuevas iniciativas o posibilidades de innovación por parte del Consejo Técnico Asesor.
- Proyección estratégica del sistema de dirección asociada con el sistema de planificación, organización y control de la innovación tecnológica, y la transferencia de tecnologías.
- Desarrollo de un programa que permita renovar las tecnologías existentes, así como la adquisición de la infraestructura necesaria.

3. Facilitar la integración multidisciplinaria entre los actores

Tareas:

- Proyección estratégica de cooperación y contratación con otras entidades del territorio.
- Intercambio de bases de datos y actividades de aprendizaje (eventos, talleres, cursos, etc.) con otras entidades productivas y de I+D (universidades, centros de investigación y empresas) relacionadas con la actividad agropecuaria.

4. Facilitar el desarrollo de la cultura innovadora.

Tareas:

- Socialización de experiencias e ideas sobre las actividades claves.
- Formación de valores en los miembros de la organización respecto a la innovación y su aplicación al desarrollo de los procesos de la Empresa.
- Realización de cursos de superación sobre la gestión del conocimiento y la cultura innovadora, con modalidades en las que se incorpore todo el personal.
- Participación de los líderes de la organización en talleres grupales junto a obreros y grupos de expertos relacionados con las líneas estratégicas.

5. Contribuir al estímulo de la innovación para el desarrollo agrario local.

Tareas:

- Estímulo sistemático de los resultados más importantes que se obtengan del proceso de innovación en la organización.
- Reconocimiento individual y colectivo al esfuerzo y los resultados referentes a la innovación.

6. Perfeccionar el proceso de gestión del conocimiento en las organizaciones aliadas.

Tareas:

- Creación de banco de conocimientos donde se incluyan bases de datos actualizados como soporte para el desarrollo del conocimiento (boletines, plegables, entre otros).
- Desarrollo del proceso de socialización, exteriorización, combinación e interiorización.
- Transferencia de los conocimientos y habilidades de los trabajadores con más experiencia y resultados, hacia el resto del colectivo.
- Desarrollo de eventos técnicos en el que se expongan experiencias de trabajo referentes a la producción agropecuaria y al resto de las líneas estratégicas.
- Diagnóstico sistemático de las competencias individuales y grupales (ontológicas).
- Determinación de las necesidades internas de aprendizaje en todos los niveles de la Empresa.

7. Crear un sistema de evaluación de impactos de la innovación.

Tareas:

- Establecimiento de indicadores que permitan medir el impacto de la innovación tecnológica en la Empresa.
- Evaluación sistemática de las actividades relacionadas con la innovación y la transferencia de tecnologías, para corregir cualquier tipo de desviación con respecto a las líneas estratégicas adoptadas.

Valores:

A continuación se sintetizan un grupo de valores sobre los cuales se afianzará ADAM, e identificados en los socios:

- Estoicismo.
- Solidaridad.
- Creatividad.
- Trabajo en equipo.
- Cientificidad.
- Sentido de pertenencia.
- Identidad.
- Responsabilidad ante el desarrollo.

Los valores existentes deben consolidarse y será necesario crear el de liderazgo por su significado estratégico.

Política:

Por ser la política una afirmación sobre la cultura y el sistema de valores asumidos por la alianza, se debe enfatizar en los siguientes aspectos:

- Prioridad para incrementar la alimentación de la población, considerando la preservación del medioambiente.
- Prioridad en el desarrollo integral agrario.
- Prioridad en la introducción de los resultados científicos y nuevas tecnologías en el campo del desarrollo agrario.

- Prioridad en la preservación y desarrollo del capital intelectual.

e) Recursos y capacidades.

En correspondencia con el objeto social de los aliados, se incorporan a continuación los principales aportes de las partes (Fig. 2).

Aliados	Aporte fundamental
Empresa Agropecuaria	Recursos
Empresa Logística	Recursos y capacidades
	Competencias

Fig. 2. Aportes de las partes.

f) Riesgos de la alianza.

- Resistencia a la pérdida de autonomía en la toma de decisiones.
- Tiempo y esfuerzo dedicado por las partes para la gestión de los intereses divergentes entre los socios de la cooperación, ajenas a la estrategia global.
- Dominio de la cooperación por parte de uno de los socios.
- Problemas de transparencia en la comunicación.
- Divergencias entre directivos.
- Resistencia al aporte económico y financiero.

g) Consideraciones generales finales.

- El establecimiento de la ADAM debe considerar el desarrollo de entornos de aprendizaje que fomenten el espíritu emprendedor íntegro y accesible.
- Se debe garantizar la consolidación de las acciones de transferencia tecnológicas y de conocimientos entre el Cedat y las empresas como formas de colaboración, en las que se garantice la movilidad del personal docente, los investigadores y los estudiantes hacia el entorno empresarial, lo que debe constituir un modo de actuación.
- Los planes de estudios en la Universidad deben garantizar la ampliación de las nociones básicas de economía y tecnología con un enfoque multidisciplinario.
- El aprendizaje permanente debe regir como principio estratégico para detectar y abordar competencias novedosas o actualizadas.
- Se deben explorar modos para apoyar nuevas formas de asociación pertinentes con el marco estratégico establecido para esta alianza.
- Llevar a efecto un estudio sobre buenas prácticas en materia de cooperación en alianzas estratégicas, entre universidades y empresas.
- Las obligaciones y responsabilidades de los socios serán acordadas por las partes.
- El sistema administrativo y de control correrá a cargo de un Grupo Gestor de la ADAM, el cual a la vez quedará responsabilizado con la ejecución del proyecto.
- Los mecanismos de desvinculación serán acordados por las partes.

Análisis y discusión de los resultados

El propósito de este momento fue para dar crédito de la utilidad práctica de la alianza estratégica propuesta por medio de la evaluación del criterio de usuarios, y posteriormente la de expertos.

En correspondencia con los resultados obtenidos en la evaluación de usuarios donde se aplicó una encuesta (Anexo 10), se eligieron 30 evaluadores de 47 posibles (Anexo 11), los cuales representaron 68,8 %, todos contextualizados y por tanto conocedores del problema de investigación, por lo que fueron recomendables para el estudio según Campistrous & Rizo [2006].

La selección comprendió a los individuos con índice igual o mayor a cuatro puntos, por ubicarse en los rangos de «Buen nivel y Muy alto nivel», según la escala utilizada.

La composición de los evaluadores fue la siguiente: Director de la EMA, Director Técnico y Desarrollo, Director Capital Humano, jefes de UEB (3), jefes de UBPC (4) y Presidente CPA (1), Presidente CCS (5) y 14 trabajadores no directivos.

Se logró reducir la subjetividad, que implica no asumir el criterio unipersonal del investigador, con la selección de los usuarios a partir de las características propuestas por Campistrous & Rizo [2003]. Los resultados individuales de la satisfacción se resumen a continuación.

Satisfacción individual de los encuestados

Fueron encuestados 30 personas, los resultados fueron:

Clara satisfacción, 19 encuestados para un 63,3 %, Más satisfecho que insatisfecho, 10 para un 33,3 %, Más insatisfecho que satisfecho 1 para un 3,3 %, y No existió contradicción al respecto.

Relación de la satisfacción individual con la escala de satisfacción

La satisfacción individual fue evaluada en una escala de +1 (máximo de satisfacción) hasta -1 (máxima insatisfacción), en la que la mayoría de los encuestados estuvieron reflejados en la escala de máxima satisfacción.

Se obtuvo un Índice de Satisfacción Grupal (ISG) de 0,78 resultando alto (Fig. 3). Ello refleja aceptación de la propuesta y reconocimiento de su utilidad, evaluación coincidente con los criterios de los usuarios.

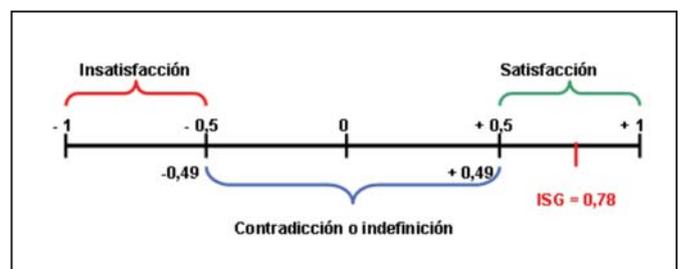


Fig. 3. Ubicación del Índice de Satisfacción Grupal (ISG) de 0,78.

Dinámica. Implementación y principales resultados preliminares de la ADAM

- Incremento en la fabricación de implementos agrícolas de tracción animal y establecimiento de sis-

temas de evaluación con los clientes (Empresa Logística de la Agricultura).

- Rescate e incremento en la fabricación de jaulas para conejos y evaluación de la calidad entre cliente y técnico de la Empresa (Empresa Logística de la Agricultura).
- Estabilidad en la fabricación de narigones para bueyes, comederos para el ganado y otros utensilios para la agricultura, y establecimiento de sistemas de evaluación de la calidad de las producciones entre cliente y especialista de la empresa (Empresa Logística de la Agricultura)
- Montajes de casas de cultivos protegidos (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa Agropecuaria Majibacoa).
- Instalación de máquinas de riego, recuperación de motores eléctricos, reparación de canales y pizarras eléctricas con la participación de técnicos y clientes (Empresa Logística de la Agricultura)
- Reparación de viales con protección ambiental (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa Agropecuaria Majibacoa).
- Fomento de las producciones agrícolas en la Empresa, diversificación de la producción animal y demostraciones técnicas sobre evaluación de la calidad (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa Agropecuaria Majibacoa y Cedat).
- Desarrollo de maestrías (Empresa agropecuaria Majibacoa y Cedat)
- Realización de proyectos integrales (Empresa Agropecuaria Majibacoa y Cedat)
- Cursos de capacitación (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa agropecuaria Majibacoa y Cedat).
- Talleres y ferias participativas (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa Agropecuaria Majibacoa y Cedat).
- Plegables, boletines, instructivos técnicos, otros medios audiovisuales (Empresa Logística de la Agricultura, Empresa Agropecuaria Majibacoa y Cedat).

Conclusiones

- Se propuso una alianza estratégica sobre la base de los fundamentos de la gestión del conocimiento y la cultura organizacional, a través de la cual se perfecciona la gestión del proceso de innovación tecnológica de la Empresa Agropecuaria Majibacoa que contribuirá al desarrollo agrario del municipio.
- Se caracterizó el proceso de innovación tecnológica en la Empresa, identificándose como causante de sus problemas, a factores relacionados con la gestión del conocimiento y la cultura organizacional.
- Se realizó una valoración de la alianza estratégica propuesta por el criterio de usuario y el de experto, cuyos resultados son coincidentes al obtenerse un índice de aceptación alto y una pertinencia mayoritariamente muy adecuada, lo que significa que es válida para su aplicación.

Recomendaciones

- Extender la experiencia a otras empresas en el país.
- Trasmitir las experiencias hacia otras empresas del territorio que definen el desarrollo agrario local.

Bibliografía

- ARMENTEROS, I. (2007). «Procedimiento General de Dirección por valores para desarrollar competencias a través del sistema de Recursos Humanos». Tesis de grado en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. UMCC.
- BERDEGUÉ, J.; C. POMAREDA Y M. WINOGRAD (2005). «Innovación y competitividad en la agricultura: Revisión de prioridades para el plan de mediano plazo», de FONTAGRO, No. 4 de Working paper (Regional Fund for Agricultural Technology) Número 4.
- CAMISÓN, C. (2006). «Innovando a través del establecimiento de alianzas estratégicas: La generación de competencias distintivas en conocimiento y su efecto en el desempeño organizativo». En revista Cooperación, Innovación y Conocimiento. No. 36, mayo – junio, 2006.
- CAMPISTROUS, L. Y C. RIZO (2003). «Indicadores e Investigación Educativa». Tomado del libro Metodología de la Investigación Educativa: desafíos y polémicas actuales. Colectivo de autores. La Habana: Ed. Félix Varela, Cuba. pp. 138-167.
- CAMPISTROUS, L. Y C. RIZO (2006). «El criterio de expertos como método en la Investigación Educativa». Documento elaborado para el Doctorado Curricular. Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo. Marzo 2006. En soporte magnético.
- CITMA (2008). *Prioridades de la Ciencia y la Innovación Tecnológica*. La Habana.
- CRUZ AGUILERA (2011). «Las alianzas estratégicas en Cuba. Una alternativa para el desarrollo», en Observatorio de la Economía Latinoamericana, No. 152. Texto completo en <http://www.eu-med.net/coursecon/ecolat/cu/2011/>
- CRUZ VELÁZQUEZ, L. J. (2012). «Propuesta para el perfeccionamiento del proceso de innovación tecnológica en la UBPC Waldemar Díaz de la Rosa». Tesis de Maestría. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba.
- GARCÍA, O. (2006). «Gestión de conocimientos sobre el agua: metodología para su perfeccionamiento». Empresa pecuaria Majibacoa. Tesis de Maestría. CULT. MES
- GARCÍA, O. (2011). «Propuesta metodológica para la gestión del conocimiento en ingeniería del riego: estudio de caso en la Empresa Agropecuaria Majibacoa», provincia Las Tunas. Proyecto de tesis doctoral. Universidad de Las Tunas. Cuba.
- GAREA, BÁRBARA Y V. QUEVEDO (2009). «Curso Innovación para el desarrollo», tema 3. Gestión de la innovación. La Habana: Ed. Academia, p. 2.
- MATHISON, L.; J. GÁNDARA, P. PRIMERA Y L. GARCÍA (2007). «Innovación: Factor Clave para lograr ventajas competitivas». NEGOTIUM, Ciencias Gerenciales, año 3, No. 7, pp. 446-483.
- RODRÍGUEZ TORRES, N. A. (2012). «Propuesta para perfeccionamiento del proceso de innovación tecnológica en la Empresa Logística de la Agricultura en Las Tunas». Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Las Tunas, Cuba.
- RONDA PUPO, GUILLERMO (2007). «Dirección Estratégica, constructo y dimensiones». ISBN 978-959-286-003-2, Ediciones Futuro, Cuba, p. 178.
- PINO, L. Y V. QUEVEDO (2009). «Curso Innovación para el desarrollo. Tema 1 Introducción a la innovación. El Sistema Cubano de Ciencia e Innovación Tecnológica». La Habana: Ed. Academia, p. 2.

Experimentación e innovación campesinas. Estudio de caso: Multiimplemento agrícola de tracción animal JC21A

Por **Dra. Leidy Casimiro Rodríguez*** y **José Antonio Casimiro González****

* Universidad de Sancti Spíritus, Cuba.

** CCS Rolando Reina Ramos, Sancti Spíritus, Cuba.

E-mail: leidy7580@gmail.com

Resumen

La experimentación campesina es un proceso en el que el campesino trata de solucionar problemáticas o necesidades e introducir técnicas novedosas para elevar la eficiencia en la producción agropecuaria, por lo que las familias campesinas constituyen actores sociales claves para generar y transmitir conocimientos y fortalecer una cultura a partir de la innovación contextualizada a sus propios sistemas. En Cuba la experimentación e innovación campesina juega un rol fundamental para el enfrentamiento a las escaseces de recursos y problemáticas asociadas con el cambio climático, la degradación de los suelos y en muchos escenarios del país se desarrollan innovaciones que pueden extrapolarse a otros sistemas similares. Sin embargo, para la mecanización agrícola de tracción animal se han generado pocas herramientas que contribuyan a la transición agroecológica. En este sentido el multiimplemento agrícola de tracción animal JC21A fue creado por una familia campesina y a partir de más de 28 aplicaciones, dota a la familia campesina de una multiplicidad de acciones para elevar la eficiencia productiva, mejorar las condiciones del suelo y humanizar las diferentes labores agrícolas. El presente artículo esboza el estado del arte y de la práctica entorno a la experimentación campesina y como estudio de caso expone los fundamentos del equipo JC21A, sus ventajas y aplicación para el desarrollo de la agricultura familiar agroecológica.

Palabras clave: experimentación campesina, agroecología, tracción animal, JC21A.

The importance of agroecological family farming

Abstract

Peasant experimentation is a process in which the farmer tries to solve problems or needs and introduce novel techniques to increase efficiency in agricultural production, so that peasant families are key social actors to generate and transmit knowledge and strengthen a culture from contextualized innovation to their own systems. In Cuba, experimentation and rural innovation play a fundamental role in confronting resource shortages and problems associated with climate change, soil degradation and in many scenarios of the country innovations are developed that can be extrapolated to other similar systems. However, for agricultural mechanization of animal traction, few tools have been generated that contribute to the agro-ecological transition. In this sense, the JC21A was created by a peasant family and from more than 28 applications, provides the peasant family a multiplicity of actions to increase production efficiency, improve soil conditions and humanize the different tasks agricultural. This article outlines the state of the art and the practice around peasant experimentation and as a case study exposes the fundamentals of the JC21A, its advantages and application for the development of agroecological family agriculture.

Key words: peasant experimentation, agroecology, animal traction, JC21A

Introducción

A partir de los sistemas de producción instaurados a escala global, la agricultura mundial pasa por una crisis sin precedentes, caracterizada por niveles récord de pobreza rural, hambre, migración y degradación ambiental, e intensificada por los cambios climáticos y las crisis energética y financiera [Guzmán y Alonso, 2010]. El modelo agrícola industrial exportador, la expansión de monocultivos transgénicos y de agrocombustibles y el uso intensivo de agrotóxicos están directamente ligados a esta crisis [Rosset *et al.*, 2006]. Existe urgente necesidad de impulsar un nuevo paradigma agrícola de manera que se puedan asegurar suficientes alimentos sanos y accesibles para la creciente población mundial. Está claro que el modelo agrícola industrial-convencional y sus cuestionables derivaciones biotecnológicas está agotado y no podrá dar respuestas a este desafío [Nicholls y Altieri, 2012].

En cambio, el objetivo de la estrategia agroecológica para lograr una productividad agrícola sustentable es socavar la estructura del monocultivo, así como la dependencia de insumos externos al diseñar agroecosistemas integrales. Este es el único acercamiento con posibilidades de considerar, tanto los aspectos socioeconómicos de la crisis al reducir la dependencia de costosos insumos externos, sean éstos biológicos o químicos, como la devastación ecológica de la agricultura industrial moderna. No solo es posible detener la continua degradación de la base productiva de la agricultura, sino que puede incluso ser revertida, ya que muchas de las tecnologías agroecológicas han demostrado que permiten la recuperación de ecosistemas con suelos estropeados [Rosset, 1997].

La base cultural, social y productiva de este nuevo paradigma radica en la racionalidad etno-ecológica de la agricultura familiar campesina, fuente fundamental de un legado importante de saber agrícola tradicional, agrobiodiversidad y estrategias de soberanía alimentaria [Nicholls y Altieri, 2012].

La agroecología como ciencia provee las bases científicas para mejorar la productividad de manera sostenible, y hace hincapié en la capacidad de las comunidades locales para innovar, evaluar y adaptarse a través de la investigación de agricultor a agricultor y los enfoques de extensión de base [Altieri, 1999]; bajo este contexto, Vázquez [2009], expresa que es de gran importancia la contribución de que los investigadores y otros actores del sector agrario acepten los valores de las prácticas tradicionales de los indígenas y campesinos, así como la aceptación de la experimentación indígena, campesina o de agricultores como un proceso que aporta mayor riqueza a las investigaciones agrarias que los sistemas formales de investigación, por lo que se pueden considerar como complementarias.

La agroecología está basada en un conjunto de conocimientos y técnicas que se desarrollan a partir de los agricultores y sus procesos de experimentación [Altieri y Toledo, 2011]. Altieri y Nicholls [2010] exponen que cualquier intento serio por desarrollar tecnologías agrícolas sostenibles tiene que basarse en conocimientos y habilidades locales.

La experimentación e innovación campesinas en la agroecología

Para Altieri *et al.* [2011], la idea principal de la agroecología es ir más allá de las prácticas agrícolas alternativas y de-

sarrollar agroecosistemas con una mínima dependencia de agroquímicos e insumos de energía, siendo la agroecología tanto una ciencia como un conjunto de prácticas, ofreciendo las bases científicas y metodológicas para las estrategias de transición a un nuevo paradigma de desarrollo.

En la transición de los sistemas agrícolas, de intensivos a diversificados, generalmente los centros científicos no disponen de tecnologías apropiadas para estos nuevos sistemas de producción, ya que durante mucho tiempo han estado generando tecnologías para la agricultura intensiva, altamente dependiente de insumos y energía externa, lo que motiva que la opción de trabajar directamente con los agricultores para acelerar el desarrollo de nuevas tecnologías agropecuarias sea un proceso lento. Generalmente muchos investigadores se demoran en entender la utilidad de incorporar a los técnicos y los agricultores en los procesos de investigación y otros nunca logran entenderlo, cuestión que tiene múltiple implicaciones. La agricultura es cultura y tecnología y esa dicotomía no es posible armonizarla en un laboratorio o estación experimental, sin la participación de los actores que hacen la agricultura [Vázquez, 2009].

Lamentablemente existe la tendencia en los organismos de asistencia técnica y de instituciones de investigación, a la transferencia e introducción de tecnologías, subvalorando o desconociendo la tecnología local y los conocimientos de los productores. En general, se supone que los cambios tecnológicos sólo se circunscriben a lo técnico, sin considerar que éstos interactúan y repercuten en todo el sistema de relaciones sociales, culturales y productivas de los grupos [Vejarano, 1990], dando como resultado el diseño de paquetes tecnológicos inapropiados e incongruentes con el modo de vida de los campesinos [Valverde *et al.*, 1996].

Cuando los protagonistas del proceso de generación y transferencia de tecnología son los investigadores y los técnicos extensionistas, el campesino —o la familia campesina— es un actor pasivo en casi la totalidad del proceso, pues sólo al final se le permite una acción: adoptar o rechazar la tecnología propuesta. Queda excluida del proceso toda la capacidad innovadora de los campesinos. Muchas veces se invierten grandes cantidades de recursos en generar tecnologías que nunca son adoptadas. Una intervención campesina oportuna al inicio del proceso, en cambio, habría podido indicar la incompatibilidad de esa tecnología con la realidad [Machín *et al.*, 2010].

Por esta razón, la agroecología enfatiza la capacidad de las comunidades locales para experimentar, evaluar y ampliar su aptitud de innovación mediante la investigación de agricultor a agricultor, y utilizando herramientas del extensionismo horizontal [Altieri y Toledo, 2011]. Su enfoque tecnológico tiene sus bases en la diversidad, la sinergia, el reciclaje y la integración, así como en aquellos procesos sociales basados en la participación de la comunidad, viniendo a resolver la alta dependencia de la globalización tecnológica que generó la «revolución verde»; las tecnologías agroecológicas se generan y validan básicamente en el contexto de su aplicación, precisamente para que sean adoptadas con mayor facilidad por los agricultores, y no constituyen «paquetes tecnológicos» que dependen de las transnacionales y de servicios científico-técnicos altamente especializados, lo que significa que son

tecnologías contextuales y propias de las regiones o sistemas agrícolas [Vázquez, 2009].

Las innovaciones agroecológicas nacen in situ con la participación de los agricultores en un proceso de carácter horizontal (no vertical) y se caracterizan por una tecnología no estandarizada, que es más bien flexible para responder y adaptarse a cada situación en particular (Altieri y Toledo, 2011).

Experimentación e innovación campesinas

La experimentación campesina es un proceso que sigue el campesino experimentador para probar algo nuevo y adquirir conocimientos, con el fin de solucionar problemas o necesidades en su finca de forma sostenible y amigable con la naturaleza [PASOLAC, 2002].

Según el *Manual campesino machete verde* [SUICO, 2006], la experimentación campesina tiene ventajas y desventajas. Entre las primeras destaca que resuelve problemas en la finca y se mejoran sus condiciones e ingresos, permite adquirir más conocimientos y facilita al mismo tiempo un intercambio y el contacto entre productores. Las desventajas radican en la obtención de resultados a largo plazo que, al experimentar, siempre conllevan riesgos y necesariamente se deben asumir cuando se trata de probar algo nuevo en la finca.

Los productores campesinos y sus familias constituyen actores sociales capaces de generar y transmitir conocimientos, de acumular experiencia, de inventar, de innovar y experimentar, y en fin, de hacer cultura [Toledo, 1991].

Hocdé [1997], al referirse al agricultor experimentador lo enuncia como una persona que, al partir de un problema que afecta a sus cultivos o animales, tiene una idea sobre cuál puede ser o es el factor que causa ese problema, es alguien que decide probar algo, que inventa un dispositivo para encontrar elementos de solución, que averigua si su idea funciona o no y si ofrece resultados satisfactorios. Su decisión parte de un acto de voluntariedad; él es quien decide, no es el clima ni cualquier otro evento o circunstancia el que decide por él.

Para motivar el cambio de los pequeños agricultores debe existir, en primer lugar, el deseo de aumentar el bienestar material; que el cambio logrará ese objetivo y que el innovador posea conciencia de su participación en el aumento del bienestar relacionado con el éxito de la innovación [Flores, 1964].

Según refiere Domínguez [1997], para que una tecnología funcione eficientemente, es decir, que aumente la producción mediante el mejoramiento productivo, deben existir conocimientos técnicos, capacidad para organizar y administrar recursos productivos a partir de la innovación que propone; es la introducción en la práctica productiva de una técnica que no se utilizó previamente.

Para Ríos *et al.* [2001] son varios los aspectos que conducen a considerar que la investigación realizada por un agricultor en su finca resulta verdaderamente importante para su propio beneficio. Dentro de estos pueden mencionarse:

1. Responde a sus intereses personales y familiares, con utilización de los recursos locales y de acuerdo a sus posibilidades económicas. Las fincas tienen su individualidad, donde no siempre funcionan los resultados de las estaciones experimentales.

2. El universo a investigar en las fincas es mucho más amplio que el de la investigación formal. Hay una fuerte tendencia a lo útil, lo práctico y lo sostenible.
3. Se cumple que:
 - a) Vista hace fe (la observación es el primer paso para el agricultor).
 - b) Los adultos aprenden sobre la base del descubrimiento.
 - c) Mientras más órganos de los sentidos participen en el proceso de aprendizaje, más rápido se aprende y se adoptan las cosas (viendo, tocando, oliendo, oyendo, etc.).
 - d) La práctica es el criterio valorativo de la verdad.
4. Adquiere experiencia y puede intercambiar con otros agricultores.
5. Desarrolla técnicas para cuidar y conservar los suelos en armonía con el medio ambiente.
6. Se aprovechan los recursos locales, lo cual contribuye a la independencia del agricultor y reduce los costos de la producción.
7. Adquiere un conocimiento por ensayo y error y se hace independiente.
8. De una forma dinámica se adoptarán los nuevos conocimientos por parte del agricultor experimentador y los agricultores vecinos.

La mejora y la experimentación permanente equivalen al cambio e innovación en la producción campesina, pero estas han estado veladas debido a la pervivencia de planteamientos falsos que oponen la tradición a la innovación. De hecho, tal antagonismo es incorrecto. No solamente porque la unidad campesina tradicional puede ser impulsada hacia el cambio en sus productos o en sus procesos, por su relación con el mercado, sino porque en el trabajo campesino, como en todo proceso productivo, también existe creatividad. El cambio es consustancial al trabajo productivo campesino debido al cambiante espacio natural en el que se despliega su trabajo y que exige modificaciones en las técnicas, en los procesos o en la organización del trabajo; pero también porque a todo proceso productivo es inherente la experimentación. En otras palabras, las motivaciones para el cambio también son producidas desde el espacio de conocimientos y prácticas tradicionales [Núñez y Días, 2009].

La experimentación e innovación campesinas en Cuba

En Cuba el interés por la agroecología posee un trasfondo histórico que comenzó con una necesidad objetiva del país. El hecho de haber experimentado un cambio sustancial en la producción agropecuaria, ha sido una oportunidad única, en tanto ha servido para diseñar una agricultura sostenible a escala nacional [Ríos *et al.*, 2001].

En el país, en los años 80 se alcanzaron niveles aceptables de consumo, desarrollo y calidad de vida. Al final de esa década e inicio de los 90 Cuba se vio súbita e inesperadamente ante graves condiciones económicas, por el colapso del campo socialista y la desaparición de la URSS y sus mercados mayoritarios (más de 85 %), acentuadas por el bloqueo económico de Estados Unidos. Esta grave situación demostró la vulnerabilidad del modelo agrícola tipo Revolución Verde, por lo que fue necesario implementar

cambios de todo tipo, entre ellos en el sector agropecuario, transformando gradualmente esa agricultura a otra de bajos insumos y basada en principios ecológicos. A ese período de limitaciones económicas, con un programa de austeridad y medidas limitadas a tiempos de guerra, se le llamó Período Especial.

Según Machín *et al.* [2010] al inicio de la crisis los campesinos cubanos enfrentaban dos problemas para mantener su producción agrícola:

- La limitación de insumos y recursos de todo tipo, pero sobre todo los concernientes al sistema convencional de agricultura.
- El problema medio ambiental, como resultado del desequilibrio creado por el monocultivo, el abuso de la mecanización y el uso excesivo de químicos.

La necesidad, pues, hizo eclosionar la experimentación e innovación campesinas, cuya base fueron los elementos de sostenibilidad de sus sistemas tradicionales. Debido a esta situación económica el sector agrario ha estado limitado de energía, equipos, implementos e insumos; la innovación realizada por los agricultores ha tenido un gran auge por la necesidad de generar nuevas tecnologías para resolver, bajo sus condiciones particulares, los disímiles problemas que deben enfrentar para cultivar las plantas, así como ajustar las tecnologías ofrecidas por los centros científicos a las diversas condiciones de los sistemas de producción, todo lo cual han realizado bajo el paradigma de la sostenibilidad de las producciones sobre bases agroecológicas [Vázquez, 2008]. Ha resultado evidente que en la generación y adopción de nuevas tecnologías, el proceso de transición de la agricultura cubana ha creado las condiciones para que los agricultores con cualidades como experimentadores se desarrollen como tales y tengan una participación activa en la investigación agropecuaria, principalmente en los temas de diversificación de cultivos, manejo fitogenético, tecnologías de producción sostenibles, fertilización orgánica y conservación de suelos, control biológico y manejo de plagas [Vázquez, 2009].

Vázquez [2009] considera que un agricultor que no solo se preocupa por producir, sino que también es innovador, tiene inquietudes científicas y las comparte con investigadores y técnicos, se preocupa por la conservación de los recursos naturales, de la biodiversidad y dialoga constantemente con otros agricultores, asumiendo la agroecología como paradigma en sus tecnologías de cultivo y crianza animal, manejando la finca como sistema; es un experto en agroecología y por eso en los sistemas agrarios de Cuba existen agroecólogos reconocidos como tales por la sociedad.

La experimentación campesina y popular en Cuba ha contribuido a que varias familias campesinas hayan adaptado y generado diversas tecnologías agroecológicas que les permiten el diseño y explotación de sus predios con eficiencia económica y energética, el autoabastecimiento de productos agropecuarios frescos y de mayor calidad. Este resultado es muy relevante para la resiliencia socioecológica porque se produce en un periodo de escasez económica y con los efectos devastadores del cambio climático, expresados fundamentalmente en eventos extremos como los huracanes, intensas lluvias y sequías prolongadas [Vázquez, 2009].

Por su fuerza y objetividad, la experimentación campesina en Cuba atrajo el interés de técnicos y centros de investigación que la acompañaron en su búsqueda de soluciones. En la actualidad es posible hallar a lo largo de todo el país numerosos resultados de esta experimentación, del ingenio y la creatividad campesina [Machín *et al.*, 2010].

No obstante, de forma general, a pesar del apoyo de instituciones y de la investigación participativa, en el desarrollo agrícola local en cuanto al uso de mejores semillas, la conservación de suelos, utilización de bajos insumos externos y de técnicas de cultivo sostenible, se ha prestado muy poca atención a los aspectos mecánicos o al desarrollo de mejores herramientas [Berkel y Laate, 1997].

Mecanización agrícola de tracción animal

Teniendo en cuenta que el trabajo manual, máquinas y equipos son insumos agrícolas esenciales, tan notables que sin ellos la producción agropecuaria no sería posible, resultando en algunas circunstancias la obstaculización de la producción por no disponer de la suficiente mano de obra, animales de tiro o máquinas para obtener el máximo rendimiento de los recursos que se disponen; la mejora e incorporación de la tecnología mecánica y su gestión eficiente generan alternativas para aumentar la producción y la seguridad alimentaria. El uso de procesos de mecanización adecuados en la producción agrícola han sido factores decisivos para la modernización y obtención de logros y competitividad en la producción [Cortés y Elkin, 1994].

A través de la historia de la agricultura y de la humanidad el hombre ha fabricado diversidad de utensilios y herramientas manuales, algunas de ellas acopladas a animales, de las cuales se ha valido para facilitar las labores agrícolas, buscando economía energética, eficiencia y productividad. Estas técnicas coexisten, no sin dificultades y confrontación, a su vez, con el desarrollo de la tecnología y van siendo desplazadas por máquinas y equipos de mayor potencia y capacidad de operación [Ashbuaner y Sims, 1984].

Estos medios auxiliares mecánicos pueden diferenciarse, según las formas de accionamiento (fuentes de energía) en implementos manuales, de tracción animal y equipos motorizados (motores de combustión interna y, más raramente, eléctricos); por ello, el concepto de mecanización en su acepción más amplia consiste en la utilización de máquinas y equipos en las actividades agrícolas, incluyendo las agroindustriales [Cortés y Elkin, 1994].

La mecanización es un proceso que hay que determinar, movilizar, asignar y aplicar de acuerdo a las condiciones técnicas, económicas, sociales, políticas y en consonancia con los objetivos del desarrollo. La mecanización es parte de la estrategia para lograr dichos y, no debe confundirse con la política nacional de desarrollo. La solución de la problemática rural no puede ser una simple lista, en la cual los gobiernos se proponen invertir recursos financieros [Cortés y Elkin, 1994].

Actualmente se ha revitalizado la mecanización con tracción animal en Cuba; con esta tecnología se preservan los suelos y se disminuye la contaminación atmosférica. El uso de esta fuente energética siempre será pertinente en un grupo de labores donde su eficiencia ha quedado demostrada en áreas poco mecanizables por su pendiente,

pedregosidad, obstáculos, en parcelas pequeñas de huerto, autoconsumo, etc., y obliga a acoplarles implementos adecuados que no produzcan una mayor degradación del suelo. Los productores residentes en estas regiones necesitan implementos novedosos que humanicen la labor e incrementen la productividad del trabajo [Wong *et al.*, 2004].

Por las mismas causas de la crisis económica, en Cuba se planteó, después del período especial, la necesidad incrementar el uso de animales de trabajo, especialmente de los bueyes, y a la vez contar con una gama de implementos adecuados para las labores a realizar. Como respuesta a ello, en agosto de 1990 se comenzó un programa de selección y entrenamiento de 200 000 bueyes en las empresas y cooperativas de producción agropecuaria. En 2000, Cuba utilizaba en la agricultura casi 400 000 bueyes.

Para apoyar el uso más eficiente de la energía animal, en 1992, se encomendó al Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA) la tarea de desarrollar rápidamente nuevos implementos agrícolas de tracción animal. En esos momentos, los únicos disponibles eran los sencillos arados tradicionales (americanos y criollos), cultivadores de rejas y gradas. En la actualidad, producto al trabajo del IIMA, se cuenta además con otros equipos como sembradora de granos, asperjadora, segadora, etc.

El IIMA desarrolla la «Política de mecanización agrícola en Cuba», que asume el reto científico en las nuevas circunstancias y para el futuro, de mejorar continuamente las líneas de máquinas y fuentes energéticas de modo que contribuyan cada vez más al ahorro de combustible y de fuerza de trabajo, y que realicen sus operaciones productivas con calidad, eficiencia y bajo costo. Y sobre todo, que conserven y mejoren las propiedades del suelo.

Esto ha evidenciado que el exceso de laboreo y el uso de medios inadecuados han contribuido al deterioro de la fertilidad del suelo. La pérdida gradual de su obliga a utilizar tecnologías mecanizadas que contribuyan a la conservación y aumento de su productividad. El fondo de área agrícola laborable en Cuba es de alrededor 7,0 millones de hectáreas (ha) y se estima que solamente 23 % corresponde a suelos clasificados de productivos a muy productivos, mientras que el resto lo constituyen suelos de poca o muy baja productividad que impiden alcanzar rendimientos aceptables. El aumento o la disminución de este problema está estrechamente relacionada con las acciones que se ejecuten sobre el suelo.¹

Por lo general, los medios mecanizados usados en Cuba: tractores, remolques, combinadas, arados y gradas de discos, son agresivos al suelo y son la base de las tecnologías más extendidas de producción agropecuaria. La agresión fundamental se produce por la compactación, con la consiguiente pérdida de la fertilidad del suelo debido a la poca infiltración del agua, obstáculos a la penetración de las raíces, mayor consumo energético, etc. La compactación se incrementa por el multilaboreo, o sea, la excesiva cantidad de labores de roturación, cruce, gradeo, cultivo, etc. Es por ello que cobra importancia la combinación eficiente de las máquinas y los medios motorizados con la tracción animal

para elevar la eficiencia del laboreo en aras de preservar y elevar la fertilidad del suelo con modelos de producción sostenibles, orgánicos y ecológicos [Ríos, 2004].

Dentro de las políticas a implementar, el IIMA plantea propósitos a largo plazo, entre los que se encuentran:

- Incremento de la productividad de los medios técnicos. Esto se logra mediante el uso de tecnologías mecanizadas con menor cantidad de labores y con el empleo de máquinas que simultaneen operaciones o que tengan mayor ancho de trabajo, velocidad, etc., posibilitando el consiguiente ahorro de fuerza de trabajo y otros recursos.
- Uso de tecnologías mecanizadas que no produzcan o reduzcan en lo posible el daño al suelo. Se deben incrementar las tecnologías de roturación y cultivo sin inversión del prisma, reduciendo el uso de arados y gradas de disco para evitar la compactación y el enyerbamiento, y contribuir a la restitución gradual de la fertilidad del suelo.
- Utilización de la tracción animal. Se deberá garantizar el uso de la tracción animal en todas aquellas labores en las cuales sea factible desde el punto de vista económico y acorde con las tradiciones y posibilidades.
- Reducción del consumo energético. Esto puede lograrse mediante el desarrollo de tecnologías mecanizadas que permitan la reducción, en la medida de lo posible, del consumo de combustibles y lubricantes.

Multiimplemento agrícola de tracción animal JC21A

El multiimplemento agrícola de tracción animal, conocido en Cuba como el JC21A², es ajustable y multipropósito; fue creado en la Finca del Medio donde se solucionó un gran problema, pues es casi una constante que en las fincas la existencia de implementos por yunta no rebasa dos o tres opciones, y con este, partiendo de una misma combinación con chasis en forma de carril, se pueden tener por finca más de 28 posibilidades para hacer labores con tracción animal.

Fue algo creado en pleno período de escaseces extremas, en una finca degradada y sobreexplotada, donde a los antepasados ya les era insostenible su mantenimiento. Esta creación del JC21A contribuyó para una familia de nuevos agricultores, en la humanización de la mayoría de las labores agrícolas, con formas muy actuales para la descompactación y el mejoramiento de los suelos.

Es una innovación salida de una necesidad puntual en una finca, donde la escases de recursos monetarios de la familia que recién comenzaba su vida en un sistema agropecuario, la situación de los suelos degradados y problemas de salud asociados a la continua guataquea del campesino protagonista, fueron dando paso a la creación de una tecnología para las diferentes labores agrícolas, la eliminación de las labores de guataca y una mayor productividad y humanización del trabajo.

Otra problemática que motivó la creación del JC21A fue la demanda de mano de obra especializada que la familia no podía proporcionar. Los principales problemas en este punto radicaban (y aún en la actualidad radican) en el alto precio de los jornales, la no disposición de trabajadores especializados y los pocos disponibles son personas prácticamente ancianas.

¹ Política de Mecanización Agrícola en Cuba. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria, hoy forma parte del IAGRI, *Carretera Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba.*

² Este nombre se le dio popularmente y en honor de su creador, José Casimiro (JC) y 21A por la cantidad de aplicaciones que tenía en sus inicios.

Los jóvenes que se dedican a las labores agrícolas contratados por campesinos, lo hacen de forma casual.

Por tales motivos en la Finca del Medio se concibió, diseñó y fabricó el multi-implemento de tracción animal JC21A, el cual recibió el Certificado de Patente de Invención 2006-0096, otorgado por la Oficina Cubana de Propiedad Industrial en 2006.

El JC21A es un multi-implemento agrícola de tracción animal que puede realizar 28 labores de cultivo, con una productividad, humanización del trabajo que permite enfrentar las cosechas y una alta eficiencia y eficacia. Este equipo posee una familia de implementos, intercambiables y ajustables según el tipo de labor, cultivo, marco de siembra, tamaño del operador, etc., con una versatilidad que abre un espacio amplio de opciones y adaptaciones, no teniendo que adquirir otros equipos para las mismas labores.

Desde la preparación inicial del suelo hasta las últimas labores de cultivo, las mismas se convierten en acciones consecutivas encadenadas, creando en cada una de sus aplicaciones, el espacio para la que le sigue a continuación. Otras ventajas de esta tecnología son:

- Contribuye a la descompactación del suelo.
- Disminuye la necesidad de agua para riego en 50 %, al contar en su eje central con un órgano de trabajo que funciona como un subsolador en la mayoría de las labores, mejorando la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Favorece el laboreo mínimo.
- No requiere mano de obra especializada para operarlo.
- Evita en más de 90 % la guataquea; en labores de cultivo permite el ahorro de 66 hombres en una jornada, lo que garantiza que en dos jornadas de utilización, con el ahorro en mano de obra, se puede costear su adquisición.
- Permite la incorporación de los residuos de cosecha al suelo, que tradicionalmente se desechan o se queman (por la dificultad para las labores de desyerbe con la guataca al encontrarse con la materia orgánica en descomposición).
- Permite ajustarlo a cualquier marco de siembra o plantación (un surco, dos o tres de cada vez); además, está dotado para realizar surcos sobre camellones existentes, sembrar o plantar en ellos, a las profundidades convenientes.
- Humaniza el trabajo por su productividad, al llevar casi siempre en todas sus labores tres surcos de cada vez, facilitando el trabajo también para los animales, que en sus breves recorridos abarcan mayor extensión de cultivo.
- Su forma de trabajar crea condiciones favorables para que se desarrolle la vida del suelo, eliminando e interrumpiendo ciclos de plagas.
- No solo abarca una amplia gama de combinaciones con los aperos que fueron hechos, sino que, por su forma de carril central que cubre todo el largo del chasis capaz de portar aperos, ruedas o ejes transversales en todo su recorrido, puede asimilar cualquier nueva opción que se requiera para casos específicos.
- Todos sus implementos son desarmables, ajustables, intercambiables, adaptables a cualquier tipo y tamaño del cultivo, y ajustable al tamaño del operador.
- Con intercambios sencillos se pasa de una labor a otra en breve tiempo.

A pesar de todas las ventajas de esta tecnología, y de estar validado por el Instituto Nacional de Investigación en Mecanización Agrícola en Cuba (IIMA), de obtener premios en el Fórum Nacional de Ciencia y Técnica, así como el Premio a la Innovación Tecnológica en la provincia de Sancti Spíritus, poseer Certificado de Patente de Invención y estar validados sus efectos positivos en varios tipos de suelos y agroecosistemas, en áreas poco mecanizables por el tipo de pendiente, grado de pedregosidad, obstáculos, pequeños espacios, etc., este equipo aún continúa sin producirse en serie, lo que imposibilita que pueda utilizarse por otros campesinos que, paradójicamente, lo demandan constantemente.

Conclusiones

Si el uso de procesos de mecanización adecuados en la producción agrícola ha sido uno de los factores decisivos para la modernización y obtención de logros en la producción (Cortés y Elkin, 1994), la introducción de este multi-implemento agrícola puede favorecer el escalonamiento de la agroecología a un nivel productivo y eficiencia superiores. Esta tecnología dispone de un manual de uso elaborado por la familia en la Finca del Medio. Al respecto, se necesitan fondos y programas nacionales que posibiliten la extensión de innovaciones y tecnologías campesinas, en interacción con centros científicos, que favorezcan la productividad y el desarrollo agroecológico, lo cual podría extender sus beneficios a otras fincas del país.

Referencias bibliográficas

- ALTIERI, M. A. (1999). *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Ed. Nordan-Comunidad, 338 p.
- ALTIERI, M. A. Y C. I. NICHOLLS (2010). «Agroecología: principios y estrategias para una agricultura sustentable en la América Latina del siglo XXI». [Disponible en:] <http://www.agroeco.org>. [8/11/2013]
- ALTIERI, M. A. Y C. I. NICHOLLS (2010). «Agroecología: Potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo». En revista de *Economía Crítica*, 10(2).
- ALTIERI, M. A. AND V. M. TOLEDO (s/a). «The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants». *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), pp. 587-612.
- ASHBUANER, J. Y B. SIMS (1984). *Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza*. San José de Costa Rica: IICA. 437 p.
- BERKEL, M. Y W. LAATE (1997). «En Ghana, usuarios y fabricantes desarrollan herramientas». *LEISA, Boletín de ILEIA para la Agricultura Sostenible de Bajos Insumos Externos* 13(2): 4-5.
- CORTÉS, M. Y A. ELKIN (1994). *Fuentes de potencia para la agricultura. Palmira: Universidad Nacional de Colombia*. 221 p.
- DOMÍNGUEZ, O. (1977). *Factores sociales que condicionan la demanda de tecnologías en la agricultura*. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 148 p.
- FLORES, E. 1964. *Tratado de Economía Agrícola*. Ciudad de México, México. Editorial Fondo de Cultura Económica, 442 p.
- GUZMÁN, G. I. Y A. M. ALONSO (2010). «The European Union: Key roles for institutional support and economic factors. In: The conversion to sustainable agriculture: Principles, processes and practices. Advances in Agroecology (Eds. S.R. Gliessman and M. Rosemeyer)». CRC Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida, pp. 239-272.

- HODDÉ, H. 1997. «No quiero plantas, quiero conocimientos. Enseñanzas de una experiencia centroamericana de apoyo al reforzamiento de la capacidad investigativa de los agricultores». EMBRAPA. Programa de Pesquisa Sistemas de Producción de Agricultura Familiar, Brasília. 29 p.
- MACHÍN, B.; A. D. ROQUE, D. R. ÁVILA Y P. M. ROSSET (2010). Revolución agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Cuando el campesino ve, hace fe. Ed. ANAP-Vía Campesina. La Habana. 80 p.
- NÚÑEZ, I. Y M. G. DÍAZ (2009). «Innovación en la comunidad y economía campesina. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación».
- PASOLAC. 2002. *La experimentación campesina: una guía metodológica. Managua: Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central.* 51 p.
- RÍOS, A. Y J. CÁRDENAS (2004). «La tracción animal en Cuba: una perspectiva histórica. Fórum Tecnológico Especial». IIMA, La Habana, Cuba.
- RÍOS, A. (2004). *Mecanización con tracción animal.* ACTAF, Filial La Habana, La Habana. 60 p.
- RÍOS, A. Y F. PONCE (2001). «Mecanización y Agricultura sostenible». En: F. Funes y otros. *Transformando el campo cubano.* ACTAF, La Habana. pp. 220-222.
- ROSSET, P. M. (1997). La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. *Agroecología y Desarrollo.* Nº especial (11/12) Nov.
- ROSSET, P.M.; R. PATEL Y M. COURVILLE (2006). «Promised land: Competing visions of agrarian reform». Food First Books, Oakland, USA. 8 p.
- SUCO. *Manual campesino machete verde.* 2. Ed. Managua: Solidarité Union Coopéracion (SUCO), 584 p.
- TOLEDO, V. M. (1991). *La Ecología, los Campesinos y el Artículo 27. Hacia una Modernización Alternativa.* Centro de Ecología, UNAM.
- VALVERDE, J., R. VIETO Y A. PACHECO (1996). «Procesos endógenos y lógica de investigación campesina». En revista *Bosques, Árboles y Comunidades Rurales* 27: 9-19.
- VÁZQUEZ, L. L. (2009). «Agricultores experimentadores en agroecología y transición de la agricultura en Cuba». En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones.* pp. 229-248.
- VÁZQUEZ, L. L. (2008). «Desarrollo de la innovación agroecológica por los campesinos cubanos». *Agricultura Orgánica* Año 14, No. 1, pp. 33-36.
- VÁZQUEZ, L. L. (2009). *Preguntas y respuestas sobre agricultura sostenible. Una contribución a la transformación de los sistemas agrícolas sobre bases agroecológicas.* La Habana: Ed. Actaf, 21 p.
- VEJARANO, G. (1990). «El proyecto de generación, adaptación y transferencia de tecnología para pequeños y medianos caficultores». In: XIII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica, pp. 95-30.
- WONG, M., P. SOTTO, R. CAMPOS, D. LORA, R. VALDÉS Y M. E. ARMADA (2004). «Sistema de implementos de tracción animal para áreas de semimontaña». *Fórum Tecnológico Especial.* La Habana, Cuba.



Tabla propuesta para resultados energéticos generales del programa Homer

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

* Compañía Contratista de Obras de la Aviación (CCOA).

**Centro de Estudio en Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter, Cujae)

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

Resumen

En el diseño y análisis de los sistemas energéticos con fuentes renovables de energía, las técnicas de simulación juegan un papel importante. Dentro de las herramientas disponibles, el programa Homer se destaca por sus posibilidades y ventajas; ofrece resultados en forma gráfica y tablas numéricas, como la tabla de balance energético entre diferentes sectores del sistema energético que se estudie. La tabla energética primaria posee algunas características, sobre la cual el presente documento propone una nueva tabla con mayor claridad y comodidad en su uso.

Palabras clave: Balance de energía, fuentes renovables de energías, programa Homer, simulación.

Proposed chart for general energy results of Homer software

Abstract

In the design and analysis of energy systems with renewable sources of energy, the simulation techniques play an important job. Inside the available tools, the Homer software stands out for its possibilities and advantages; it offers results in graph form and numeric charts like the chart of energy balance among different sectors of the studied energy system. The primary energy chart possesses some characteristics, on which the present paper proposes a new chart with bigger clarity and comfort in its use.

Key words: Energy balance, Homer Software, Renewable sources of energy, Simulation.

Introducción

Dentro de las aplicaciones de las energías eólica y solar fotovoltaica, el diseño de los sistemas de generación eléctrica ocupa un importante lugar y la simulación es una de las opciones para el diseño y análisis general de esos sistemas. Uno de los programas de computación reconocido por sus posibilidades y ventajas es el *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) [Nrel, 2012] en su uso de la simulación del comportamiento de instalaciones energéticas, en especial los sistemas híbridos, tanto en sistemas autónomos como conectados a la red eléctrica [G. Dalton, *et al.*, 2008; G. Dalton, *et al.*, 2009].

Este programa ofrece numerosos resultados en forma de gráficos o tablas de valores numéricos [Molitor, *et al.*, 2014; Nikhil and Subhakar, 2015; Yihua Hu, *et al.*, 2015]. Uno de los primeros resultados generales que ofrece es una tabla

general con valores de generación y consumo energéticos del sistema bajo estudio. En la figura 1 se muestra un ejemplo de la tabla general de intercambio energético; este ejemplo 1 trata de un sistema conectado a la red.

Esta Tabla presenta algunas características, por ejemplo, la organización de los dos primeros bloques (con marcos gruesos) puede sugerir que los resultados totales se corresponden con la cantidad de energía generada y consumida en un año, pero no es así, ya que el valor de 3 991 248 kWh/año no es producción fotovoltaica, es solo capacidad de producción; para ser producción habría que restarle el valor llamado Exceso. Tampoco en la Tabla aparece la pérdida que ocurre en el inversor. Con el objetivo de mostrar valores de energía transferida en el sistema que reflejen de forma más real y cómoda el flujo de energía, en este documento se muestra una proposición como la mostrada en la Tabla 2.

Tabla 1. Resultados del programa Homer. Ejemplo 1

Producción	kWh/año	%	Consumo	kWh/año	%	Variables	kWh/año	%
Fotovoltaica	3 991 248	72	Carga primaria	2 857 581	56	Exceso	101	0,0
Compra a la red	1 535 960	28	Venta a la red	2 270 400	44	Corte	0	0
Total	5 527 208	100	Total	5 127 980	100	Escasez	0	0

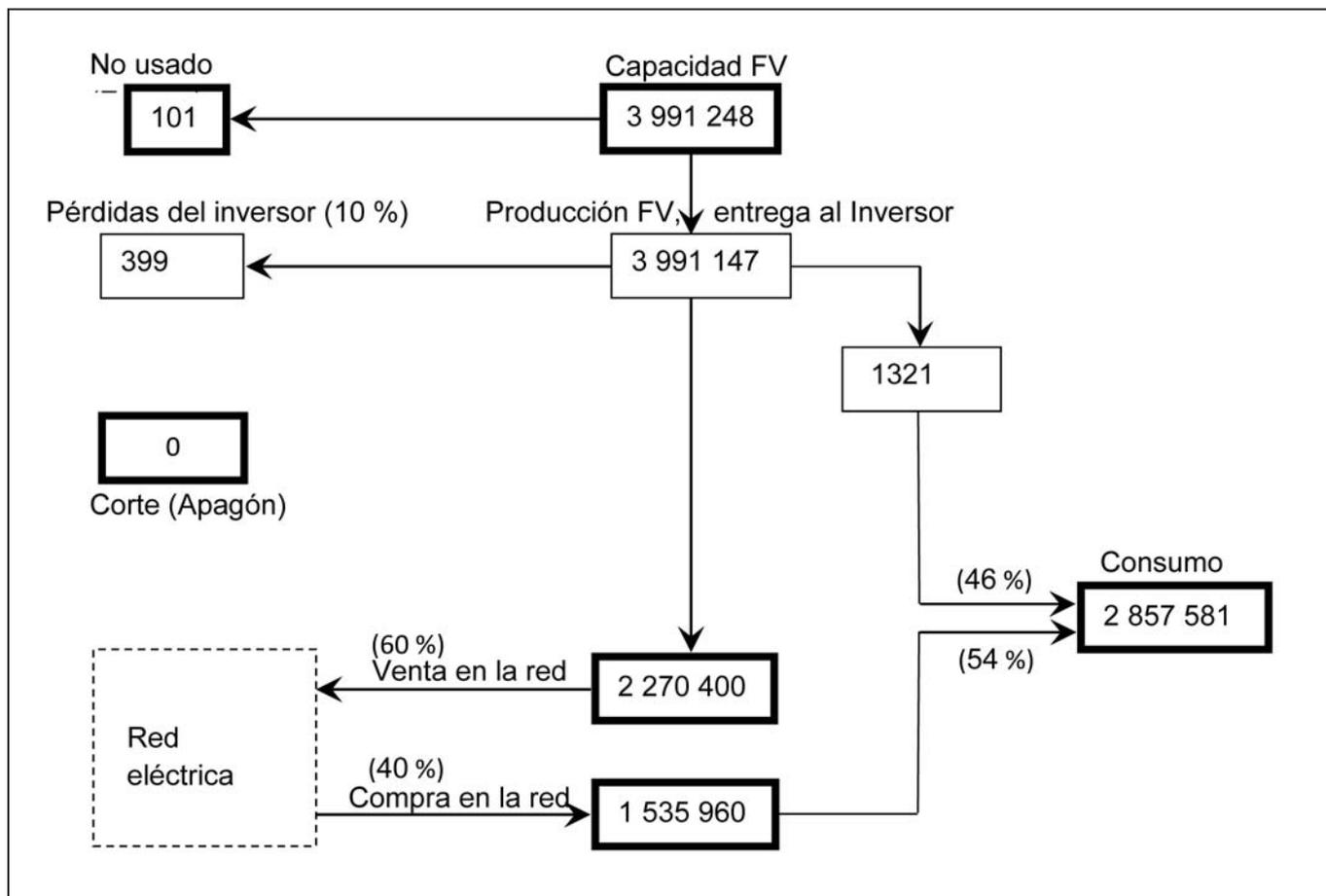


Fig. 1. Tabla propuesta para resultados energéticos del Homer. Ejemplo 1.

Método

La proposición incluye el procedimiento para confeccionar de la figura 1.

Se propone comenzar por dibujar la Tabla con las celdas vacías y llenar inicialmente los valores que aparecen en la Tabla 1 del HOMER. Estas celdas son las señaladas con un marco grueso.

Teniendo el Consumo y la Compra a la Red, se puede obtener por resta el flujo de 1 321 621 kWh/año que le llega al Consumo desde la fuente fotovoltaica. Teniendo la Capacidad fotovoltaica y el Exceso, se puede obtener la real producción fotovoltaica que le llega al Inversor. En este ejemplo, por ser conectado a la red, el exceso es generalmente nulo o con valor muy bajo, lo cual no sucede en los sistemas autónomos.

Las pérdidas del inversor Kim, *et al.*, 2015 no aparecen en la Tabla 1, pero dentro del Homer aparece en la Tabla específica para información sobre el funcionamiento del Inversor; de ahí se obtiene el valor que se coloca en la celda correspondiente, en la figura 1.

Teniendo la pérdida del inversor, la venta a la Red y la transferencia hacia el Consumo, se puede calcular la entrada al inversor y chequear su coincidencia al valor ya colocado.

En la figura 1 se han colocado algunos porcentajes, aunque es necesario observar la referencia para calcularlos; por ejemplo, el valor de 1 535 960 kWh/año representa 54 % con respecto a las entradas al Consumo, pero ese mismo flujo energético representa 40 % del total intercambiado con la Red.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan con un ejemplo desarrollado, además, el lector puede comparar las facilidades que brinda directamente la Tabla original del Homer con la aquí propuesta. La confección de la Tabla propuesta (Fig. 1) puede realizarse en la forma y con los recursos mostrados en este documento, aunque en caso de requerirse variadas oportunidades de uso puede conformarse una Tabla Excel que contenga incluso los dibujos de las líneas, de modo de insertarle los datos de entrada que se requieran, y la Tabla

Excel puede realizar los cálculos en las celdas adecuadas y hacer un chequeo del porcentaje de ajuste final.

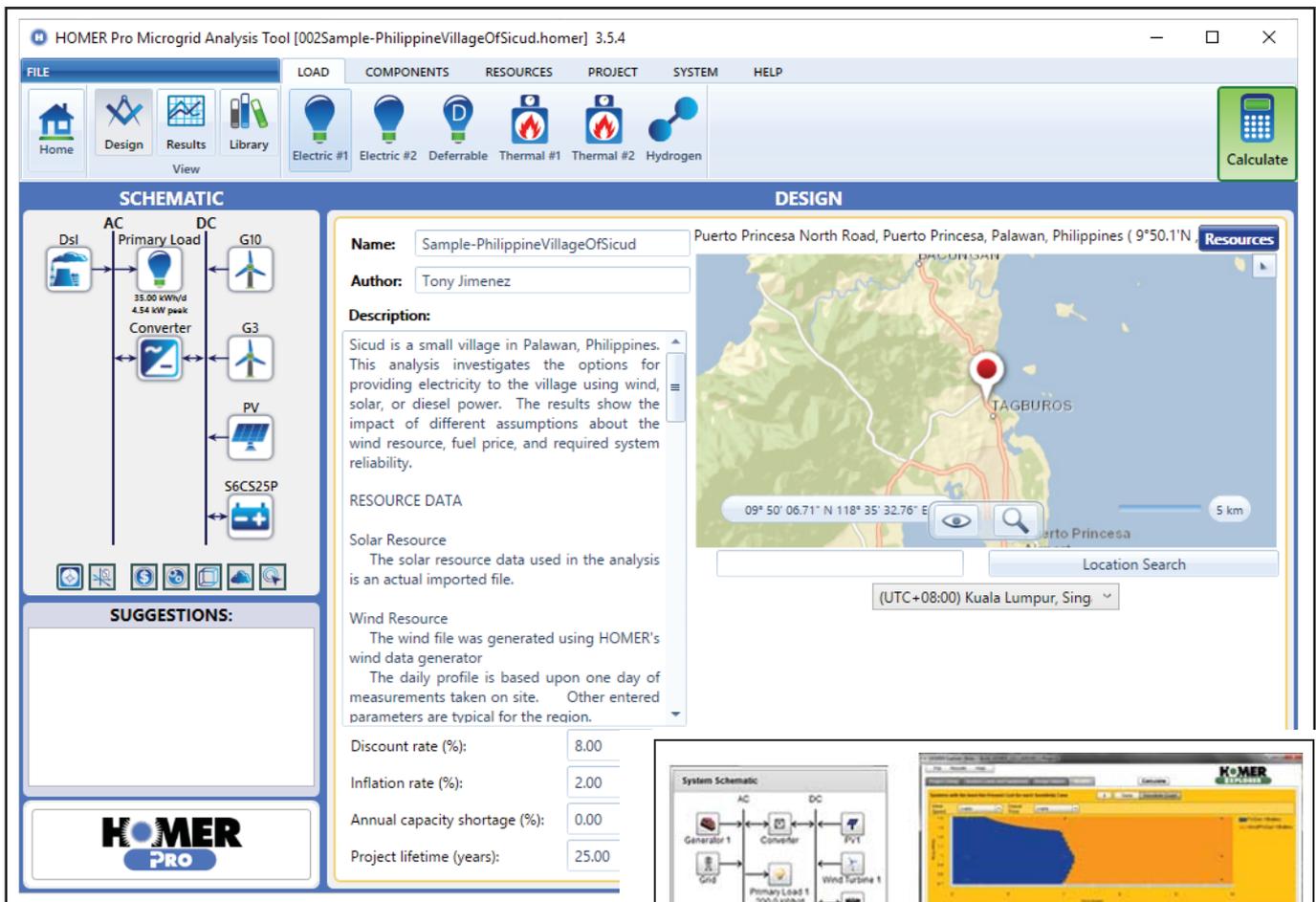
Conclusiones

Para la presentación de los resultados energéticos de las simulaciones realizadas con el programa Homer, la Tabla propuesta presenta ventajas de simples interpretaciones, las que facilitan la comprensión de los balances entre los flujos energéticos.

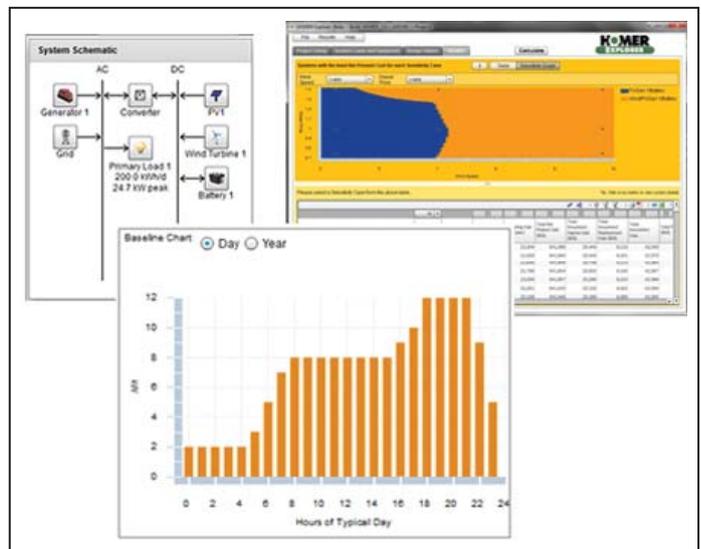
Referencias bibliográficas

DALTON, G.; D.LOCKINGTON; AND T. BALDOCK. «Feasibility analysis of stand-alone renewable energy supply options for a large hotel» Renewable Energy 33 (2008).
 DALTON, G.; D. LOCKINGTON; AND T BALDOCK. «Case study feasibility analysis of renewable energy supply options for small to

medium-sized tourist accommodations». Renewable Energy 34 (2009).
 HU, Y., W. XIAO, W. CAO, B. JI AND D. J. MORROW. «Three-Port DC–DC Converter for Stand-Alone Photovoltaic Systems». IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 30, No. 6 (2015).
 KIM, K.A., P.S. SHENOY AND P.T. KREIN. «Converter Rating Analysis for Photovoltaic Differential Power Processing Systems». IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 30, No. 4, (2015).
 MOLITOR, C., S. GROSS, J. ZEITZ AND A. MONTI. «MESCOS—A Multienergy System Cosimulator for City District Energy Systems». IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 10, No. 4, (2014).
 NIKHIL, P. G. AND D. SUBHAKAR. «Approaches for Developing a Regression Model for Sizing a Stand-Alone Photovoltaic System». IEEE Journal of Photovoltaics, Vol. 5, No. 1, (2015).
 NREL. «Micropower System Modelling with Homer» (2012) Disponible en <https://analysis.nrel.gov/homer/> Consultado en marzo de 2017.



Muestra de las pantallas del software.



Techos verdes apropiados para viviendas en La Habana

Por Ing. Luis Guillermo Pérez González* y Dra. Sc. Dania González Couret**

* Diseño Ciudad Habana, Calle 26 esq. Kohly, Nuevo Vedado, La Habana

** Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Calle 114 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana

E-mail: lguille86@gmail.com

Resumen

Partiendo de los reconocidos beneficios que presentan los techos verdes, la presente ponencia expone un análisis cualitativo costo-beneficio de diversos tipos de techos verdes con vistas a valorar la conveniencia de su uso en la vivienda cubana. Como caso de estudio se toman los tipos extensivo, en contenedores y en doble cubierta, que son los más empleados actualmente para la agricultura urbana en el país.

La investigación se desarrolló en tres etapas, partiendo de la identificación de las variables objeto de estudio para el análisis costo beneficio, que se realizó sobre la base de elaborar modelos teóricos genéricos de cada tipo de techo estudiado, a partir de la documentación bibliográfica y las entrevistas realizadas. También se desarrollaron mediciones de temperatura en casos reales para explorar la influencia de los techos verdes en el ambiente térmico interior.

La ponencia concluye con la discusión de los resultados del análisis cualitativo costo beneficio, que permite afirmar que todas las modalidades de techo verde estudiadas resultan factibles de ser aplicadas en la vivienda cubana, aunque los extensivos son los de mayor costo de ejecución, los de contenedores requieren más mantenimiento, y los de doble cubiertas son los más económicos de manera integral.

Palabras clave: Techos verdes, vivienda cubana, análisis costo-beneficio.

Appropriate green roofs for housing in Havana

Abstract

Departing from the recognized benefits of green roofs, a qualitative cost-benefit analysis of different types of green roofs is exposed in this paper, in order to evaluate the convenience of their use in Cuban housing. As case study are taken extensive, in containers and double roof types, which are the most used in urban agriculture along the country.

The research was carried out in three steps, departing from identifying the variables to be considered in the cost-benefit analysis, developed based on theoretical generic models, elaborated for each studied roof type, taking into account bibliographic documentation and interviews. Temperature measurements in real cases were also carried out to explore the influence of green roofs on thermal indoor environment.

The paper is concluded with the discussion of the cost-benefit analysis, which allows to affirm that all green roof type studied are feasible to be applied in Cuban housing, despite the extensive ones have the higher execution costs, the ones in containers require more maintenance, and those in double roofs are the most economical in an integral way.

Key words: Green roofs, Cuban housing, cost-benefit analysis.

Introducción

Cada vez adquiere mayor importancia a escala internacional el empleo de cubiertas verdes que contribuyen a reducir el calentamiento global y el efecto de la isla de calor urbana, e incrementar la absorción de CO₂ y la producción de O₂ al restituir el verde perdido producto de la construcción de edificios. Los techos verdes, que contribuyen a disminuir las superficies duras pavimentadas, filtran las partículas de polvo y suciedad del aire y absorben las nocivas, evitan el recalentamiento de las cubiertas, reducen las variaciones de temperatura y humedad relativa del aire, y también proporcionan nuevos espacios que propician el desarrollo de la flora y fauna. Otros beneficios que se pueden obtener de los techos verdes, según el tipo, son la retención de parte del agua proveniente de las precipitaciones y la producción de alimentos. Por otra parte, si se ejecutan y mantienen correctamente, pueden llegar a tener una larga vida útil, contribuyendo a la protección del sistema de impermeabilización [Minke, 2004].

Los techos verdes no constituyen una tradición en Cuba, donde la impermeabilización de cubiertas ha resultado ser durante las últimas décadas, un problema sumamente difícil de resolver. Además, producto de la alta y constante humedad relativa que presenta el clima cubano, la vegetación puede crecer en exceso y dañar las edificaciones. No obstante, en La Habana como en el resto de Cuba existen diversos tipos de techos verdes, algunos de los cuales se mantienen en buen estado a pesar de que las edificaciones casi han rebasado su vida útil, como es el caso de la Cujae, donde además se ha construido un prototipo experimental que fue evaluado ocho años después de su ejecución [Pérez, 2010]. Por otro lado, como parte del movimiento de la agricultura urbana, la propia población ha creado los medios para sembrar plantas en las terrazas y azoteas de sus viviendas, empleando diversas modalidades de ejecución.

Todo ello hace pensar que los techos verdes sí pueden constituir una alternativa viable a aplicar en La Habana, por lo cual en la tesis de maestría del autor principal de este trabajo se han investigado las experiencias existentes con vistas a conocer su funcionamiento, los tipos más recomendables y las consideraciones a seguir para su ejecución y mantenimiento en cada caso. En esta ponencia se resumen algunos resultados de la referida investigación.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en tres etapas. Primeramente se realizó una búsqueda documental sobre el estado del arte y el repertorio nacional e internacional en el tema, con vistas a identificar las variables que debían ser objeto de estudio para evaluar y comparar la factibilidad de uso de los distintos tipos de techos verdes en la vivienda habanera, a partir de un análisis costo beneficio.

A partir de las variables definidas y la clasificación de los posibles tipos de techos verdes a estudiar, se elaboraron modelos teóricos genéricos de cada uno de ellos con vistas a la evaluación comparativa y se identificaron ejemplos prácticos existentes en la ciudad. Para la recopilación de información sobre los tipos de techos verdes a evaluar, se emplearon los métodos de la investigación empírica como la observación, la medición y la entrevista. Posteriormente se procedió a la evaluación comparativa de los tipos de techo

objeto de estudio sobre la base de un análisis cualitativo costo beneficio, cuyos resultados se discuten en la presente ponencia.

Resultados y discusión

Tipos de techos verdes. Clasificación

Según el repertorio internacional sobre esta temática, cuando se habla de techos verdes se hace referencia a dos tipos: Techos Verdes Intensivos (TVI), y Techos Verdes Extensivos (TVE). Sus principales diferencias se traducen básicamente en variaciones en cuanto a tipo de materiales, espesores y requisitos de mantenimiento, que son consecuencia de las exigencias de la vegetación, la cual es diferente en ambos casos. No obstante, la composición del techo verde siempre se basa en un sistema de varios elementos que conforman capas horizontales, y que se instala directamente sobre la cubierta de la edificación. Es decir, que los dos sistemas de techos verdes son integrados a la cubierta.

En Cuba no existe tradición en el empleo de estos techos, ya que la razón principal que les dio origen en países de clima frío y cálido seco, fue la necesidad de emplear la tierra y la vegetación directamente sobre las cubiertas para obtener una mayor masa térmica e impedir que el calor se escapara del interior de las viviendas durante el invierno. Cuba por el contrario, posee un clima cálido húmedo, donde las temperaturas son elevadas durante el día y la noche a lo largo de todo el año, por lo cual es de suponer que el empleo de masa térmica sobre los techos debe generar un efecto de retraso térmico que resulta desfavorable para el confort térmico humano en los interiores de las viviendas, sobre todo en el período nocturno, que es el de mayor ocupación y coincide con las horas de dedicadas al sueño. Esto puede ser una de las causas que motiva que los techos verdes intensivos y extensivos no constituyan una tradición en Cuba.

Sin embargo, existen otras modalidades de ejecución de techos verdes que sí han cobrado auge en el país y que, pese a componerse de manera distinta a los techos intensivos y extensivos, mantienen en común la esencia de sus beneficios en cuanto a la reducción del impacto ambiental de la edificación y de la isla de calor urbana, y la influencia positiva en el ambiente térmico en los espacios interiores. Es por ello que en esta investigación se hace necesaria la inclusión de estas modalidades dentro de la clasificación de los techos verdes.

Existen diversas modalidades de techos verdes en La Habana y el resto del país, cuyo uso se ha intensificado durante el último cuarto de siglo como consecuencia, en principio, de la necesidad de producción de alimentos a escala local y en la vivienda, generada por la crisis económica conocida como Período Especial (Se le llamó «Período Especial en tiempo de paz», a la profunda crisis económica que vivió el país a partir de 1990 como consecuencia de la desaparición del campo socialista integrado por los países de Europa del Este, encabezados por la Unión Soviética, con quienes Cuba mantenía el grueso de su intercambio comercial). De manera general estas se pueden clasificar en dos tipos atendiendo a la posición de la vegetación: Techos Verdes con vegetación en Contenedores (TVC), y Techos Verdes con vegetación en Doble Cubierta (TVDC).

Los techos verdes en contenedores, como su nombre lo indica, son aquellos en los que, tanto la vegetación como el sustrato se encuentran contenidos dentro de elementos envolventes (macetas, canteros o cualquier otro contenedor), los cuales evitan el contacto directo del sustrato y la vegetación con el techo. Si los contenedores se colocan separados de la superficie del techo y apoyados solamente sobre puntos aislados, se evita la concentración de humedad provocada por el contacto directo entre el contenedor y el techo, así como el calentamiento de la cubierta por asoleamiento y se permite su refrescamiento mediante el paso del aire. Este tipo de techo tiene un fuerte carácter ornamental, por lo que necesita de un sistemático mantenimiento a base de limpieza, riego, poda y abono, para que la vegetación se conserve. También, en dependencia del tipo de vegetación a emplear, pueden obtenerse beneficios adicionales con la producción de alimentos.

Por su parte, en los techos verdes en forma de doble cubierta, la vegetación se encuentra separada de la cubierta a una distancia que habitualmente favorece su uso, a la vez que le arroja sombra y permite la ventilación para el enfriamiento estructural. Este tipo de techo verde generalmente se conforma con plantas trepadoras o enredaderas que se siembran abajo en la tierra y que, con la ayuda de elementos ligeros de sujeción (tubos y cables) y sin la necesidad de contenedores, van desarrollándose y extendiéndose en las direcciones previstas formando una gran superficie verde sobre el techo de la edificación. Tiene como ventaja que es muy ligero, ya que no requiere el empleo de sustratos en el techo; también reduce el calentamiento de la cubierta y puede proporcionar alimentos. Para permitir el uso de la azotea, la superficie vegetal debe proyectarse a una altura de 3 metros o más sobre el nivel del techo.

En la Tabla 1 se resume la clasificación de los techos verdes asumida en el presente trabajo, atendiendo a la relación entre el sistema de techo verde y la cubierta de la edificación, y al tipo de vegetación a emplear.

Como la investigación está encaminada a evaluar los techos verdes apropiados para la vivienda cubana, y teniendo en cuenta que en el país no existen soluciones intensivas, de alta complejidad en su ejecución y mantenimiento, el objeto de estudio de este trabajo incluye solo los tipos extensivos, en contenedores y en doble cubierta.

Beneficios de los techos verdes

Los beneficios que proporcionan los techos verdes varían en dependencia del tipo de techo, de la vegetación y sus dimensiones, de la composición del sustrato y su espesor,

así como de la exposición de la cubierta al sol. No obstante, existen beneficios que siempre van a reportarse, con independencia del tipo.

Entre los beneficios comunes que reportan los techos verdes se encuentra la absorción de CO₂ por parte de la vegetación. El potencial de los techos verdes para minimizar la concentración de CO₂ está en dependencia del tipo de vegetación, la orientación del techo y el comportamiento del viento. Según investigaciones realizadas por Li *et al.* [2015], un techo verde puede disminuir la concentración de CO₂ en su área cercana hasta en 2 % como máximo, mientras que los parques urbanos con árboles, o en su defecto los techos verdes intensivos, han demostrado mayores beneficios [Vijayaraghavan, 2016]. Otra ventaja común que reportan los techos verdes es la reducción de la temperatura del aire exterior cercano al techo, contribuyendo a minimizar el efecto de la isla de calor urbana. Por ejemplo, se ha demostrado que en la ciudad de Singapur, la cual presenta un clima tropical como el de Cuba, los techos verdes pueden reducir la temperatura del aire exterior cercano a la superficie en más de 1 °C durante la noche, cuando la intensidad de la isla de calor urbana es alta [Vijayaraghavan, 2016]. Según Roberto Sánchez, tanto la reducción de CO₂, como la de la temperatura del aire son beneficios que variarán de acuerdo con la biomasa de las plantas presentes en el techo, por lo que resultan dos parámetros muy complejos de cuantificar [Sánchez, 2016].

Otro aspecto positivo común a todos los techos verdes, aunque no de igual manera en cada tipo, y que necesita continuar siendo investigado, fundamentalmente en países de clima cálido húmedo, es la influencia favorable que estos pueden ofrecer al ambiente térmico en el interior de los espacios bajo el techo [Li *et al.*, 2016]. En este sentido, los techos verdes pueden contribuir a mejorar el bienestar térmico de las personas, y por tanto, a reducir el consumo de energía por concepto de climatización (ya sea por enfriamiento o calefacción) [Yang *et al.*, 2015]. En un estudio realizado por Yang *et al.* [2015] en Guangzhou, China, se midió el consumo de energía por concepto de climatización (enfriamiento) en dos locales con iguales características y condiciones climáticas, pero con diferentes techos: un local con techo verde extensivo y el otro con techo expuesto. Los resultados evidenciaron una reducción del consumo energético de 5 kWh por día en el local con techo verde extensivo con respecto al techo expuesto.

Por supuesto, cuando se evita el calentamiento del techo por la acción de la radiación solar, el flujo de calor hacia el espacio interior se reduce, de manera que la temperatura del

Tabla 1. Clasificación de los techos verdes

<i>Integrados a la cubierta</i>		<i>Separados de la cubierta</i>	
Intensivos	Extensivos	En Contenedores	En Doble Cubierta
			

aire interior será menos elevada, por lo cual los equipos de clima pueden mantener una temperatura más baja con un menor consumo de energía. Sin embargo, en los techos verdes extensivos, al tener una mayor masa, se puede generar un efecto de retraso térmico no deseado en climas cálidos-húmedos como el de Cuba, donde las temperaturas son altas tanto de día como de noche, razón por la cual no conviene que las más altas temperaturas interiores se produzcan en el horario nocturno que es el de mayor ocupación en las viviendas. Cuando se trata de techos verdes en contenedores, la eficiencia en este aspecto dependerá del área de cubierta que protegen, y de acuerdo con los ejemplos existentes en Cuba pueden llegar a ocupar hasta 50 % del área de cubierta, por lo que la otra mitad queda expuesta a la radiación solar [Sánchez, 2016].

El beneficio estético que reportan los techos verdes es frecuentemente mencionado en la literatura nacional e internacional; sin embargo, por tratarse de una cuestión muy subjetiva no es objeto de estudio en este trabajo. Otras ventajas están en dependencia del tipo de techo, como es la producción de alimentos, que se obtiene principalmente en los de contenedores, que permiten una gran diversidad de plantas. No obstante, en los de doble cubierta, aunque con menos variedad, también pueden cosecharse alimentos, como por ejemplo la uva.

Los techos verdes extensivos no permiten el cultivo de alimentos, ya que su vegetación consiste en césped y pastos silvestres. Sin embargo, tienen una gran capacidad para retener parte del agua de lluvia, almacenando grandes cantidades en el sustrato, y evacuando el agua sobrante con un retraso considerable. Esta propiedad, por una parte resulta beneficiosa, ya que permite aliviar los sistemas de desagüe pluvial, alcantarillado y con ello reducir los riesgos de inundaciones; pero por otro lado conlleva a una mayor exigencia y responsabilidad en cuanto a requisitos de ejecución y mantenimiento, todo lo cual se puede traducir en un aumento de los costos.

Otra ventaja que reportan los techos verdes extensivos es el aislamiento del ruido. Sin embargo, esta no resulta significativa para la vivienda en Cuba, pues la necesidad de hacer los espacios lo más permeable posibles (mediante el uso de ventanas y celosías) para que se propicie una buena ventilación, prácticamente imposibilita evitar que el ruido penetre por las fachadas. Es por ello que el beneficio de aislamiento acústico no ha sido objeto de estudio en esta investigación.

Costos de los techos verdes

Todo techo verde, con independencia del tipo, genera costos adicionales con respecto a un techo convencional. En primer lugar, hay que considerar la sobrecarga impuesta por el sistema sobre la estructura de la cubierta, que varía en función del tipo de techo, y que se traduce en un aumento de la cantidad y/o la calidad de los materiales que conforman la estructura a ejecutar, lo cual debe ser tenido en cuenta desde la fase de diseño del techo verde para asegurar la resistencia estructural necesaria. De manera general, considerando los tipos de materiales y espesores más empleados en Cuba, así como las consideraciones de cargas de utilización vigentes, se puede estimar la carga total característica en cubiertas tradicionales expuestas para viviendas en 7.0 kN/m^2 , para cubiertas con desagüe mediante bajantes pluviales y 5.0 kN/m^2 para cubiertas con desagüe por caída libre.

Por otra parte, también hay que contemplar desde la etapa de diseño los costos que generarán la adquisición e instalación de todos los materiales componentes, así como aquellos adicionales que se requieren para garantizar su correcta ejecución. Los materiales componentes dependen, por supuesto, del tipo de techo verde. En los extensivos hay que tener en cuenta todas las capas, tales como: la vegetación, el sustrato, el material geotextil y el material de drenaje. En los de doble cubierta hay que tomar en cuenta la estructura de soporte, y en los de contenedores hay que considerar los sustratos y los propios contenedores.

Los materiales adicionales están referidos a los techos verdes extensivos, donde la complejidad de ejecución es mayor, y es necesario tener en cuenta todos los componentes que conforman el cierre perimetral, así como los elementos auxiliares que garantizan el correcto anclaje y protección de las diferentes capas. Para estimar los costos de materiales, que incluyen los elementos componentes y adicionales, así como la sobrecarga estructural, se elaboró un modelo teórico genérico para cada uno de los tres tipos de techos verdes estudiados, a partir de los cuales se estimaron las cantidades de materiales que cada uno requiere.

Por último, estos techos generan además costos de mantenimiento y explotación, referidos a los trabajos necesarios para garantizar su durabilidad estructural y funcional, que incluyen la limpieza de la cubierta, la poda de la vegetación, el riego y/o el abono. Estos costos se han estimado a partir de la experiencia de especialistas botánicos y promotores del movimiento de agricultura urbana en La Habana, recogida en las entrevistas realizadas. La Tabla 2 muestra un resumen



Tabla 2. Variables de beneficio y costo consideradas por tipo de techo verde

Variables objeto de estudio		Tipos de techo verde			
		Extensivo TVE	En Contenedores TVC	En Doble Cubierta TVDC	
Beneficio	Absorción de CO ₂				
	Reducción de la isla de calor urbana				
	Influencia en el ambiente térmico interior y el consumo de energía				
	Producción de alimentos				
	Retención de la lluvia				
Costo	Sobrecarga estructural				
	Materiales componentes				
	Materiales adicionales				
	Mantenimiento	Limpieza			
		Poda			
		Riego			
Remoción del sustrato (abono)					
Otros					

de las variables objeto de estudio tomadas en cuenta en la presente investigación.

Techos verdes en La Habana

Los techos verdes, tanto intensivos como extensivos, no constituyen una tradición en Cuba. Particularmente, en el caso de los intensivos no se conoce la existencia de ningún ejemplo en el país. El que se encuentra en la cubierta del basamento del edificio Focsa en el Vedado (Fig. 1), constituye una transición entre el intensivo y el extensivo, ya que incluye una vegetación de césped con franjas pavimentadas para la circulación y el uso peatonal, además de puntos aislados con jardineras que contienen plantas de mayor talla, por lo que pudiera ser considerado como un techo verde semi-intensivo.



Fig. 1. Edificio Focsa.

Entre los techos verdes extensivos en La Habana se encuentran los situados en las tres áreas exteriores de venta de la heladería Coppelia en el Vedado (Fig. 2); los de una cafetería y los baños de casi todos los pabellones de exhibición en el Jardín Botánico Nacional (Fig. 3); el de un Círculo Infantil construido en la Unidad Vecinal No. 1 de La Habana del Este (Fig. 4) y el prototipo experimental construido en 2003 en la Cujae para monitorear su comportamiento (Fig. 5), el cual fue posteriormente transformado en un techo verde en contenedores.



Fig. 2. Coppelia.



Fig. 3. Jardín Botánico.



Fig. 4. Habana del Este.



Fig. 5. Cujae.



Fig. 6. Cerro.



Fig. 7. Nuevo Vedado.

Los otros dos tipos de techo verde (en contenedores y en doble cubierta) se pueden encontrar en muchos lugares de la ciudad (Figs. 6 y 7). A diferencia de los anteriores, que se construyeron siempre en instalaciones estatales públicas y de servicios, éstos han sido más usados en viviendas promovidos por el movimiento de la agricultura urbana, con vistas a producir alimentos para el consumo propio o para vender, procurar sombra sobre la cubierta, o simplemente para embellecer azoteas, patios y terrazas, en La Habana y en Cuba de manera general.

Modelos teóricos

Cada tipo de techo verde puede tener características muy variadas en cuanto a dimensiones (generales y de cada uno de los elementos componentes), materiales y tipo de vegetación. Es por ello que para realizar una valoración comparativa de los costos de los posibles tipos de techos verdes a emplear en la vivienda, se elaboró un modelo teórico genérico para cada uno de ellos, a partir del repertorio internacional y las experiencias existentes en Cuba. Para ello se partió de un módulo dimensional de 3.60 m x 3.60 m en planta, frecuentemente usado y recomendable en la vivienda cubana [Gelabert, 2013].

El techo verde extensivo (Fig. 8) está compuesto por vegetación de césped de 8 cm de espesor (1), debajo de la cual se encuentra el sustrato de tierra empobrecida, con 10 cm de espesor (2), posteriormente el material geotextil de fieltro de protección (3), colocado en dos capas: una inmediatamente debajo del sustrato para evitar su escurrimiento, y otra directamente sobre la capa de impermeabilización para protegerla físicamente sin necesidad de una membrana anti-raíz [Li *et al.*, 2016]. Por debajo de este se encuentra la capa de drenaje, de 5 cm de espesor, compuesta por gravilla de construcción (4), y luego la manta asfáltica de impermeabilización (5), considerada por ser un material ligero, de fácil colocación y muy común en las obras que se construyen actualmente en Cuba. Todo esto se ubica sobre una cubierta, de hormigón armado de 12 cm de espesor (6). Como elemento adicional se incluye un pretil, conformado por boques de hormigón de 15 cm de espesor (7), rematado con rasilla (8), y con una franja de bloques de 15 cm de espesor que recorre todo el borde interior del pretil, con el objetivo de distanciarlo de la vegetación (9). Por último, se incluye una lámina metálica de anclaje del material geotextil por todo su perímetro de remate, de 10 cm de ancho y 1 mm de espesor, que se fija al pretil y a la franja separadora de bloques, cada 1 m, mediante tornillos con expansiones de plástico.

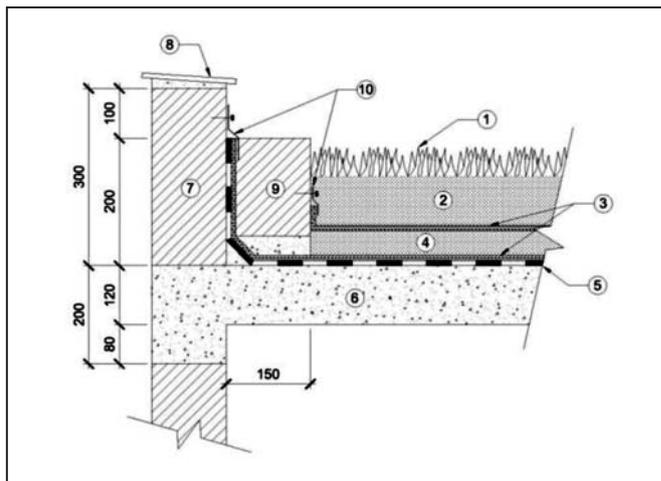


Fig. 8: Esquema de modelo teórico de techo verde extensivo genérico (Elaboración propia).

1. Vegetación / 2. Sustrato / 3. Geotextil / 4. Drenaje / 5. Impermeabilización / 6. Losa estructural / 7. Pretil / 8. Rasilla / 9. Franja interior de bloques / 10. Lámina metálica

Las diversas formas de ejecutar un techo verde en contenedores en Cuba se pueden agrupar en tres tipos: una

primera tipología mediante la siembra de vegetación en contenedores en forma de canchales distribuidos en toda la superficie del techo; una segunda igual a la anterior pero con los canchales formando una franja a lo largo del perímetro del techo; y una tercera mediante la siembra de vegetación en macetas, formando una franja a lo largo del perímetro del techo. A diferencia de los techos verdes extensivos y en doble cubierta, que tienen en el aspecto térmico uno de los más importantes beneficios a reportar, el mayor aporte de los techos verdes en contenedores es el criterio ornamental y/o de producción de alimentos [Sánchez, 2016].

Para la elaboración del modelo genérico (Fig. 9) se ha tomado como base la tipología de vegetación en macetas formando una franja a lo largo del perímetro del techo, que es la variante más empleada por la población debido a su marcada función ornamental. Se han considerado macetas de barro de 3 dimensiones diferentes (30 cm, 20 cm y 15 cm de diámetro), de manera que se puedan sembrar simultáneamente en el techo plantas de diversas características, todas con soportes de patas metálicas para elevarlas y separarlas de la superficie del techo. Se concibió una franja de 60 cm de ancho ocupada por las macetas a lo largo de tres de las aristas perimetrales del módulo de 3,60 m x 3,60 m, logrando una cobertura de aproximadamente 45 % de la superficie, con el empleo de 78 macetas, 30 de 30 cm, 28 de 20 cm y 20 de 15 cm.

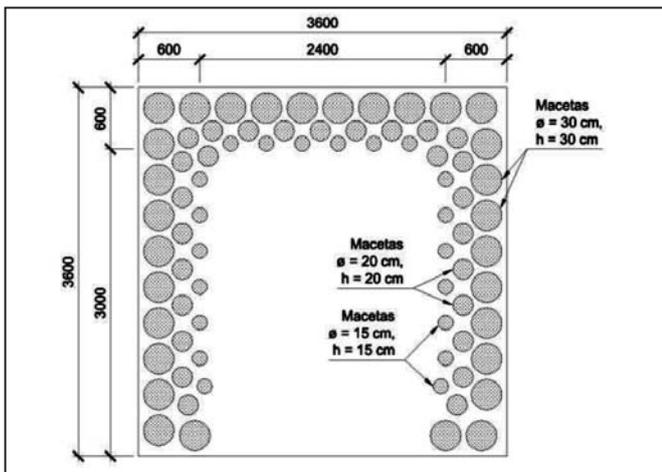


Fig. 9: Esquema en planta del modelo teórico de techo verde en contenedores (Elaboración propia).

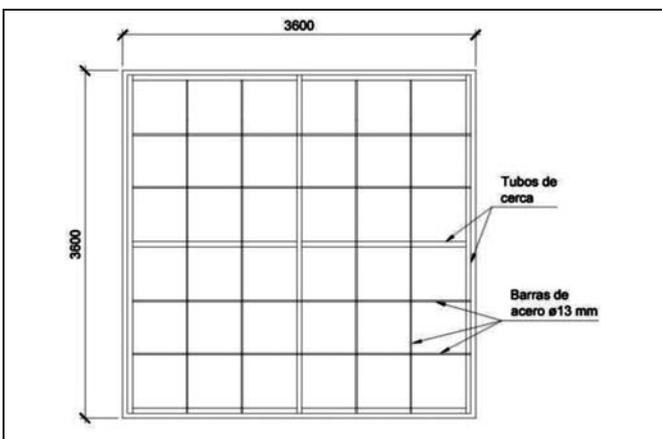


Fig. 10: Esquema en planta del modelo teórico de techo verde en doble cubierta (Elaboración propia).

Los techos verdes en doble cubierta no se han clasificado por tipos, ya que aunque varíe la planta específica a utilizar, o los materiales para su sujeción y desarrollo, la esencia de su composición es la misma siempre: una planta trepadora que se siembra abajo en la tierra, sube hasta el nivel de la cubierta por medio de un elemento auxiliar (poste o tubo, entre otros), y que cubre el área de dicha cubierta, a la altura deseada por medio de un entramado de tubos y cables. El modelo genérico de techo verde en doble cubierta elaborado en este trabajo (Fig. 10) consiste en una parra, que constituye uno de los casos más comunes en Cuba, y que además de sombra produce uvas. La estructura vertical de soporte de la planta se compone de cuatro tubos (uno en cada esquina del módulo de 3,60 m x 3,60 m), con una altura de 3,0 m, de manera que permita el uso del espacio del techo para actividades variadas. La estructura horizontal también está conformada por tubos que hacen la función de vigas principales, y barras de acero de $\varnothing 13$ mm para el apoyo de la planta.

Casos de estudio para mediciones de temperatura

Como que el beneficio térmico es uno de los más reconocidos en los techos verdes, aunque existen dudas en cuanto al posible efecto de la inercia térmica en las condiciones del clima de Cuba, se decidió realizar mediciones de temperatura interior en comparación con un exterior a la sombra en techos verdes existentes en la ciudad que respondieran a cada uno de los tipos estudiados. En esta ponencia solo se presentan los resultados de las mediciones realizadas en un espacio interior bajo un techo verde del tipo de doble cubierta, en comparación con otro bajo una cubierta expuesta en planta alta y una cubierta no expuesta en planta baja.

Los tres espacios seleccionados tienen dimensiones en plantas y áreas de ventanas similares, la misma función (baño) y orientación, y están ubicados a 50 m de distancia. El elemento de cubierta en los tres casos es una losa de hormigón armado, con espesor de 19 cm en la cubierta expuesta en planta alta y la no expuesta en planta baja, y espesor de 16 cm en la cubierta del techo verde. La impermeabilización es mediante el tradicional sistema de enrajonado y soldadura. En todos los casos, el equipo de medición Data Logger se ubicó 1 m por debajo del techo del espacio, y en los dos primeros casos las mediciones se realizaron de forma simultánea con otro equipo situado en el exterior, dentro de una cabina de madera ventilada, protegida del sol por vegetación, con registros programados cada una hora durante tres días seguidos. Por último, se midieron simultáneamente la temperatura en el interior de la vivienda con cubierta expuesta en planta alta, y la del interior de la vivienda con cubierta no expuesta en planta baja.

En la figura 11 se muestran los valores de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior en la vivienda con techo verde en doble cubierta, y en la vivienda con cubierta expuesta en planta alta, registrados durante 3 días, mientras que en la figura 12 se puede apreciar la temperatura interior en la vivienda con cubierta expuesta en planta alta y en la vivienda con cubierta no expuesta en planta baja.

En la figura 11 se puede observar que el espacio interior bajo el techo verde se mantuvo siempre más fresco con respecto al exterior que el de la cubierta expuesta, con diferencias que llegaron a valores superiores a los 6 °C.

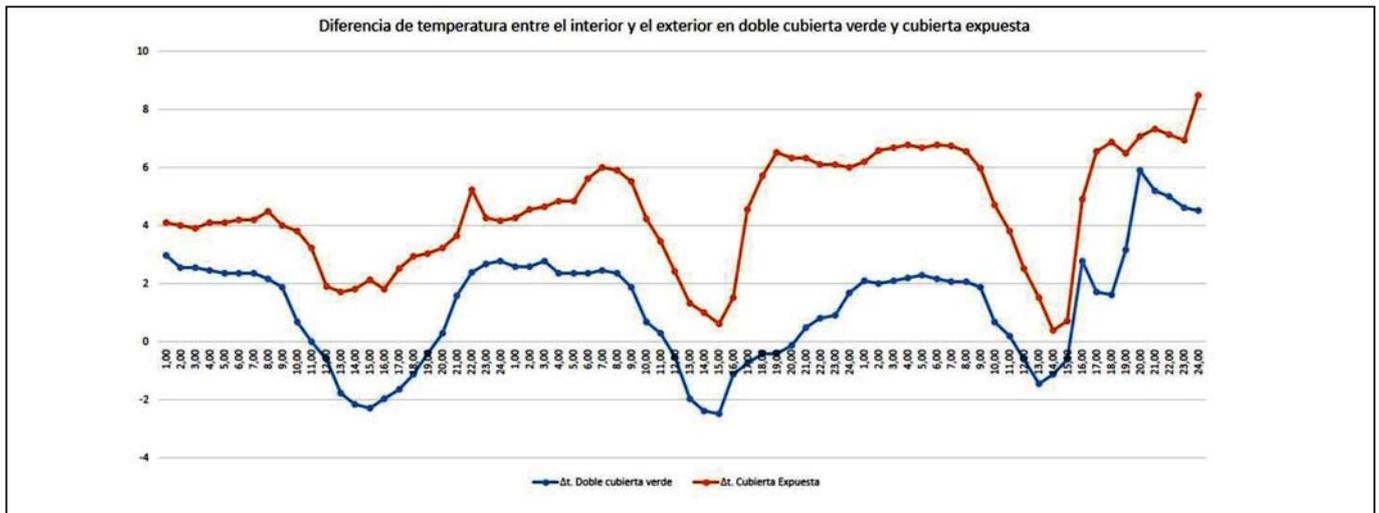


Fig. 11: Gráfico de diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la doble cubierta verde y la cubierta expuesta (Elaboración propia).

Las mayores diferencias de temperatura se producen en el horario de la tarde-noche y madrugada, que es cuando la familia permanece en la vivienda, e incluye la hora del sueño, lo cual demuestra las ventajas térmicas de este tipo de techo verde en doble cubierta para las condiciones del clima cálido-húmedo de Cuba. Queda por verificar el efecto de la inercia térmica en los techos verdes extensivos.

En la comparación entre la temperatura del espacio bajo la cubierta expuesta en planta alta y uno similar en planta baja, se observa que ambos regímenes de temperatura simultánea son bastante estables, solo que la temperatura en el espacio con cubierta expuesta se mantiene prácticamente en todo momento entre 3 y 4 °C por encima del espacio con cubierta protegida en planta baja, lo cual confirma las desventajas de los techos expuestos al sol en un clima como el de Cuba, y la conveniencia de su protección.

Análisis costo-beneficio de los tipos de techos verdes. Discusión

La información recopilada para el análisis costo – beneficio a partir de las variables objeto de estudio identificadas, se resume en la Tabla 3.

En la tabla anterior se puede observar de manera general que los beneficios se reportan sin diferencias que puedan

ser notables en los tres tipos de techo verde, aunque falta precisar en investigaciones experimentales posteriores la influencia en el ambiente térmico de los techos verdes extensivos y en contenedores. No obstante, el tipo más indicado para producir alimentos es el de contenedores, aunque el de doble cubierta puede reportar también este beneficio, pero con la limitante de que solo se podrá cosechar un tipo de alimento. Por otra parte, la retención del agua de lluvia solamente se obtiene con gran magnitud en el techo verde extensivo, ya que posee 10 cm de espesor de sustrato y 5 cm de espesor de capa de drenaje (grava) en toda el área del techo.

En cuanto a los costos, sí existen diferencias. Evidentemente la solución extensiva es la más costosa, ya que conlleva a una sobrecarga estructural considerable sobre la cubierta y requiere de diversos materiales específicos para su instalación. Además, este tipo de techo es el que más rigor de ejecución requiere, ya que las capas componentes deben colocarse adecuadamente, quedando bien fijadas e independizadas unas de las otras para evitar la mezcla de materiales, así como la aparición de vegetación en zonas no deseadas de la cubierta que puedan dañar su funcionamiento. Sin embargo, desde el punto de vista del mantenimiento, estos techos no requieren de costos adicionales

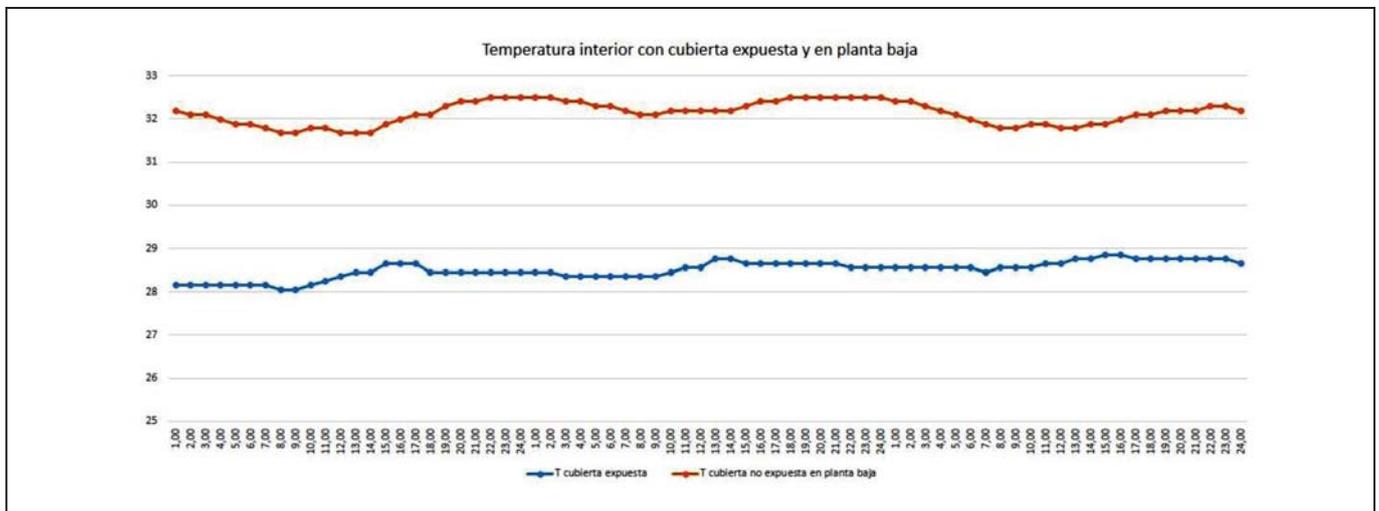


Fig. 12: Gráfico de temperatura interior bajo la cubierta expuesta en planta alta y la cubierta no expuesta en planta baja. (Cortesía del autor)

Tabla 3. Análisis costo-beneficio

Variables objeto de estudio		Tipos de techo verde			
		Extensivo TVE	En Contenedores TVC	En Doble Cubierta TVDC	
Beneficio	Absorción de CO ₂	Depende de la densidad del colchón de césped. No obstante, la absorción de CO ₂ máxima que se puede lograr es poca ^{1, 2}	Depende de la biomasa de las plantas. No obstante, la absorción de CO ₂ máxima que se puede lograr es poca ²	La magnitud estará en dependencia del desarrollo que logre la planta enredadera. No obstante, la absorción de CO ₂ máxima que se puede lograr es poca ^{1, 2}	
	Reducción de la isla de calor urbana	También depende de la densidad del colchón de césped. Puede llegar a disminuir la temperatura exterior del aire en su zona inmediata en hasta 2°C ³	La magnitud estará en dependencia de la biomasa de las plantas ²	La magnitud estará en dependencia del desarrollo que logre la planta enredadera ²	
	Influencia en el ambiente térmico interior y el consumo de energía	A pesar de que en la mayoría de las fuentes bibliográficas internacionales consultadas se considera que la influencia es positiva, esto deberá ser verificado para las condiciones del clima cálido – húmedo de Cuba	Pendiente de verificar, no obstante, está en función del porcentaje de sombra que se logre sobre la cubierta, que difícilmente puede superar un 50 %, por lo que pudiera ser más bajo que en los restantes tipos de techo verde ²	Se logra una significativa reducción de temperatura en el interior, que puede llegar a más de 6°C sin retraso térmico	
	Producción de alimentos		Posibilidad de cosecha de una gran diversidad de condimentos, hortalizas, vegetales y frutos de talla pequeña para el autoconsumo o generar ingresos ^{2, 4}	Posibilidad de cosecha de uva para el autoconsumo o generar ingresos	
	Retención de la lluvia	Este beneficio es de gran magnitud, incluso con pocos espesores de sustratos. Para un techo verde extensivo de 10 cm de espesor de sustrato, el porcentaje de desagüe pluvial es alrededor del 30 % ⁵			
Costo	Sobrecarga estructural	La carga permanente en la cubierta se incrementa en 2.70 kN/m ² . Este valor representa un aumento considerable de la carga total. Se puede estimar que, con respecto a una cubierta tradicional expuesta, la nueva carga producto de la implantación del techo verde extensivo, aumenta para los casos de desagüe por bajante pluvial y por caída libre en un 38 % y un 54 % respectivamente	La carga permanente en la cubierta se incrementa en 1.05 kN/m ² , lo cual representa un aumento considerable de la carga total. Con respecto a una cubierta tradicional expuesta, la nueva carga producto de la implantación del techo verde en contenedores, aumenta para los casos de desagüe por bajante pluvial y por caída libre en un 15 % y un 21% respectivamente		
	Materiales componentes	Por cada m ² de techo se requieren: césped; 0.08 m ³ de sustrato; 1 kg de material geotextil; 0.04 m ³ de gravilla	Por cada m ² de techo se requieren: 0.05 m ³ de sustrato; 2.3 macetas de cm; 2.1 macetas de 20 cm; y 1.5 macetas de 15 cm	Por cada m ² de techo se requieren: 3 m de tubo de cerca y 2.3 m de barra de acero corrugado Ø13 mm	
	Materiales adicionales	Por cada m ² de techo se requieren: 2.16 m ² de plancha metálica de 1 mm de espesor; 7 bloques huecos de hormigón; 8 tejas de barro (rasilla); 14 kg de cemento gris 0.03 m ³ de arena			
	Mantenimiento	Limpieza		Cada vez que se rieguen los sustratos o llueva, se debe barrer y secar la cubierta para eliminar los restos de suciedad y tierra húmeda que queda acumulada en la cubierta ²	
		Podar	Una vez al mes se debe podar para mantener el espesor del césped		Una vez al año, en el mes de febrero, se debe podar la enredadera, con vistas a la cosecha de la uva ⁴

Notas: ¹ [Vijayaraghavan, 2016] / ² [Pérez, 2010] / ³ [Li y Norford, 2016] / ⁴ [Valois, 2016] / ⁵ [Minke, 2004].

Variables objeto de estudio		Tipos de techo verde		
		Extensivo TVE	En Contenedores TVC	En Doble Cubierta TVDC
Costo	Mantenimiento	Riego	La frecuencia de riego depende del tipo de plantas, el volumen del sustrato en contenedores y su exposición al sol. Normalmente se realiza cada 2 o 3 días ²	
		Remoción del sustrato (abono)	El abono se realiza cada varios meses. Su frecuencia es variable. Generalmente, cuando la vegetación es de carácter ornamental requiere menos de este requisito que si fueran cultivos productivos de ciclo corto ²	
		Fumigación		Dos veces al año se debe fumigar la planta contra plagas y parásitos ⁴

Notas: ¹[Vijayaraghavan, 2016] / ²[Pérez, 2010] / ³[Li y Norford, 2016] / ⁴[Valois, 2016] / ⁵[Minke, 2004].

ni grandes trabajos, si su diseño y ejecución fue correcta. Los techos verdes extensivos son diseñados para recibir el mantenimiento mínimo posible, que consiste generalmente en podar la vegetación cuando ésta va adquiriendo un crecimiento excesivo.

Los techos verdes en contenedores no requieren de un estricto control de ejecución ni el empleo de tantos materiales componentes como los extensivos. Su más fuerte costo se encuentra en la obtención de los contenedores (macetas), los cuales pueden irse adquiriendo e instalando poco a poco, de manera progresiva, hasta que se tenga la cobertura vegetal deseada. La magnitud de sobrecarga estructural en techos puede ser notable, de acuerdo con la cantidad de contenedores a emplear y su capacidad de volumen para sustrato. No obstante, cuando se colocan en una franja por el perímetro de la cubierta, cercano a zonas de paredes portantes, el efecto de sobrecarga de la losa de cubierta se disminuye considerablemente. El mantenimiento de estos techos no es costoso pero sí requiere de una especial atención. El carácter ornamental y(o) productivo de este tipo de techo hace necesario su periódico mantenimiento y monitoreo, el cual se basa generalmente en riego de los sustratos y limpieza de la cubierta. También se debe considerar que este tipo de vegetación sufre grandes afectaciones cuando se expone a fuertes lluvias y vientos como los ciclones. Es por ello que debe disponerse de un espacio techado para almacenar los contenedores con las plantas cuando estos fenómenos meteorológicos suceden.

Por su parte, los techos verdes en doble cubierta son los más económicos. La sobrecarga que imponen sobre la cubierta de la edificación es tan baja que se considera despreciable. Incluso, la estructura de tubos pudiera nunca apoyarse sobre la losa, sino sobre columnas y/o paredes de carga. En cuanto a materiales, esta variante es también la más económica, ya que solamente se necesitan 3 m de tubo de cerca y 2,3 m de barra de acero de 13 mm de diámetro por cada m² de superficie del techo. En cuanto al mantenimiento, se puede decir que no necesitan de un riego adicional a la lluvia que cae, ya que la vegetación es muy resistente, solo requieren de un barrido mensual de la cubierta por el exceso de hojas secas en su superficie, y también de fumigación un

par de veces al año para evitar la aparición de plagas que dañen la planta.

Conclusiones

En la literatura internacional consultada, los techos verdes se clasifican solamente en intensivos y extensivos, modalidades que resultan complejas y costosas de ejecutar en viviendas de países como Cuba, debido a la gran cantidad de elementos componentes que requieren y a las dificultades que se enfrentan con la impermeabilización de cubiertas. Sin embargo, existen otras modalidades, llevadas a cabo espontáneamente por la población en Cuba, que reportan muchos de los beneficios que los techos verdes intensivos y extensivos logran en contenedores y en doble cubierta.

En este trabajo se realizó un análisis costo-beneficio de los techos verdes extensivos, en contenedores y en doble cubierta, a partir de lo cual se concluye que los tres tipos de techos son posibles de ejecutar en la vivienda cubana, brindando diversos beneficios de acuerdo con el clima, siempre y cuando se ejecuten correctamente teniendo en cuenta los requisitos de ejecución y mantenimiento que cada tipo requiere.

Desde el punto de vista económico, los techos verdes extensivos resultan los más costosos en cuanto a diseño y ejecución, aunque una vez que se ejecutan correctamente, casi no necesitan mantenimiento. Los techos verdes en contenedores por su parte, resultan menos costosos de ejecutar que los extensivos, aunque constituyen los de mayores requerimientos de mantenimiento. Por último, los techos verdes en doble cubierta constituyen la modalidad más viable para la vivienda cubana, ya que requieren el menor costo de ejecución y un mantenimiento mínimo.

Referencias

- GELABERT ABREU, DAYRA (2013). «Vivienda progresiva como solución alternativa para la ciudad de La Habana». Director: Dra. Dania González. Tesis de doctorado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana.
- LI, X-X; NORFORD, LESLIE (2015). «Evaluation of a cool roof and vegetations in mitigating urban heat island in a tropical city, Sin-

gapore». *Urban Climate*, 2016. Disponible en web: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2015.12.002>.

MINKE, GERNOT (2004). *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2004. ISBN 9974-49-353-4.

PÉREZ GONZÁLEZ, LUIS GUILLERMO (2010). «Cubiertas verdes en Cuba. Evaluación de prototipo experimental». Director: Dra. María Luisa Rivada. Tesis de diploma, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana, 2010.

SÁNCHEZ MEDINA, ROBERTO (2016). «Entrevista personal a miembro de la Fundación Antonio Núñez Jimenez de la Naturaleza y el Hombre, y del Programa de Educación Ambiental y Conservación de la Biodiversidad». La Habana.

SÁNCHEZ MEDINA, ROBERTO (s/f). *Experiencias de permacultura en azoteas y terrazas cubanas: Contribución al desarrollo local sostenible*. Fundación Antonio Núñez Jimenez de la Naturaleza y el Hombre, La Habana, s/f.

VALOIS (2016). «Agricultor urbano». Entrevista personal. La Habana 2016.

VIJAYARAGHAVAN K. (2016). «Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, núm. 57, pp. 740-752.

YANG, WANSHENG; WANG, ZHANGYUANG; CUI, JUNJIE; ZHU, ZISHANG; Y ZHAO, XUDONG (2015). «Comparative study of the thermal performance of the novel Green (planting) roofs against other existing roofs». *Sustainable Cities and Society*, 2015, No. 17, pp. 1-12.





Por Ramón Brizuela Roque / Fotos: Diego Estrella / Periodico Trabajadores

La Tierra recibe la energía luminosa del Sol en cantidad 10 mil veces mayor que la utilizada por el hombre. Por eso un grupo de 18 pinareños, de ellos nueve mujeres, se han empeñado en ponerlo “a trabajar de noche”.

Son como “alquimistas” de la electrónica. Quizás cuando usted lea esto, en alguna parte del mundo haya personas agradeciendo sus beneficios y, en fecha no lejana, también niños de 200 escuelas cubanas estarán disfrutando los aportes de este colectivo. Son los únicos fabricantes en Cuba de paneles solares fotovoltaicos y desempeñan su labor casi anónima en el Combinado de Componentes Electrónicos Comandante Ernesto Che Guevara, en Pinar del Río.

Lo que ocurrió en El Brujito

El Brujito es una comunidad internada en el corazón de la montaña de la más occidental provincia, en la Sierra del Rosario, en la que hasta hace poco la luz y la televisión eran ciencia ficción. A un lugar tan recóndito era muy difícil y costoso llevar la energía eléctrica convencional.

La fábrica destinó su primera producción a un sistema que en estos momentos garantiza en 17 hogares energía para tres puntos de luz, con lámparas fluorescentes durante nueve horas y un radio para 24. Además, un consultorio médico, con su equipamiento estándar: refrigerador, televisor, radioreceptor, planta de radiofonía y alumbrado en todas sus habitaciones.

Una gran energía creadora

Los ingenieros Carlos Iván Cabrera Ortega y María del Carmen Perdomo; él, jefe de fábrica, y ella, de taller, desbordan junto a su colectivo una gran energía creadora, que en poco más de tres meses han exportado dos lotes de paneles, trabajan en un tercero y en la solicitud de 200 módulos de 165 watts para facilitar la recepción del Programa Nacional Audiovisual en igual número de centros escolares ubicados en lugares remotos.

Por supuesto, la electrificación mediante esta opción no es nueva en el país; cientos de escuelas la vienen utilizando mediante inversiones hechas por el Estado y algunas donaciones de organizaciones amigas. El atractivo de la energía solar es lo benigna que resulta para el medioambiente.

No produce ruidos, ni emisiones durante la operación. Tampoco exige costos por combustibles, pues se genera a partir de la luz que proviene de un yacimiento prácticamente inagotable: el Sol. Los equipos que utiliza son estáticos, sin partes móviles, por lo que tienen alta confiabilidad. Es posible utilizarlos en todo el Planeta, en especial en las áreas de futuro crecimiento energético. Esos aditamentos pueden ser integrados a edificaciones y otras construcciones.

En otras palabras, son compatibles con la presencia humana y sus actividades; son modulares, por lo que sirven para pequeñas y grandes demandas de energía. Consecuentemente, prestan servicios en sistemas centralizados o descentralizados.

Por su parte, tienen relativa sencillez de montaje y no requieren medios temporales o inversiones auxiliares para su instalación, como tampoco necesitan mantenimientos complejos. Aunque es costosa la inversión inicial, es única y por larga vida. El diseño prevé un margen de carga para cuando se presenten días nublados, aunque el ahorro es un factor decisivo para alargar el tiempo de disfrute de la energía almacenada.

Nacidos para Cuba

Esta tecnología de punta es como si hubiera nacido exclusivamente para Cuba, país con un promedio de cinco horas de máxima intensidad solar, lo que ofrece condiciones óptimas de funcionamiento. Los equipos pueden recibir la corriente directamente generada y, durante la noche, depender de la almacenada en baterías.

La capacidad de producción en Pinar del Río goza de amplia flexibilidad, porque los productores pueden atender solicitudes diversas, diseñar y producir módulos pequeños, desde los capaces de accionar juguetes hasta los de mayor rango de potencia para electrificar hogares, centros productivos de pequeña magnitud, unidades de servicios e, incluso, instalaciones turísticas.

Estas últimas, sobre todo, en lugares ecológicos que precisen no realizar inversiones eléctricas tradicionales, como plantas diésel, para no modificar el entorno.

El propósito para este año es consolidar su producción, ganar mercados y, de manera especial, satisfacer las demandas de los principales clientes nacionales que, además del Programa Nacional Audiovisual, contempla comunidades rurales.

Lo anterior depende de varios factores, entre ellos la garantía de materia prima, porque un panel se compone de muchos detalles: celdas solares fotovoltaicas (fabricadas fundamentalmente de silicio) material encapsulante, cintas metálicas para la interconexión de las celdas en el circuito, cajas de interconexión, además de marcos de aluminio y vidrio con características especiales. La otra materia, la humana, se posee suficientemente en el Combinado.

La aplicación de esta energía se puede extender a todo el uso social, desde los sistemas de riego agrícola hasta las cercas electrificadas para el ganado, sistemas de seguridad como boyas y faros, otros para el aseguramiento de medios de comunicación, repetidoras de radio y televisión, instalaciones médicas de campaña y centros recreativos.



«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 *Eco Solar* (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 exhibirán 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 Bériz 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 «Eco Solar» (cate-

gorized 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 Bériz 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

