



## **GENERALIZACIÓN DE SECADORES SOLARES DIRECTOS EN CUBA. ANÁLISIS NUMÉRICO DE SUS TENDENCIAS ACTUALES**

**MC. Ing. Ciro César Bergues Ricardo<sup>1</sup>**

CEEFE, Universidad de Oriente, Ministerio de Educación Superior, Cuba Investigador Auxiliar  
[cirob@ceefe.uo.edu.cu](mailto:cirob@ceefe.uo.edu.cu)

**Dr Luis Bèrriz Pèrez**

Investigador Titular. Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio ambiente

**Ing. Pedro Griñan Villafañe**

Centro de Investigaciones de Energía Solar, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente  
Cuba

### **RESUMEN**

Se describen los prototipos más representativos de secadores solares directos construidos en la parte oriental de Cuba, que fueron resultados de impacto por sus índices técnicos económicos. Estos son secadores solares diversos con cubierta de vidrio y de polietileno, secándose productos de alta importancia social y gran valor agregado como madera, semillas, plantas medicinales y pienso animal. En su concepción se aplicaron criterios de extensión y generalización que permitirán su escalado a capacidades semindustriales. Se hace un breve análisis del impacto energético y medioambiental de los mismos, y de sus posibilidades futuras para la gestión medioambiental en Cuba, al evitar emisiones de CO<sub>2</sub>.

El análisis secuencial de los prototipos logrados tiene que ver con la concepción de un método numérico sistémico ingenieril novedoso para el análisis de los cambios tecnológicos en los secadores, del que se da una breve caracterización. Se hacen recomendaciones sobre qué conducta de deberá seguirse en el futuro inmediato a fin de lograr mejores resultados en la diversificación y desarrollo de mejores aplicaciones de impacto económico, social y medioambiental.

**PALABRAS CLAVES:** Gestión ambiental, Energía renovable

---

<sup>1</sup> MC. Ing. Ciro César Bergues Ricardo: CEEFE, Universidad de Oriente, MES, Investigador Auxiliar CITMA, Ing. Electromecánico, Master en Ciencias en la especialidad de Energías Renovables y Eficiencia Energética. Profesor de Mecánica de los Fluidos, Termodinámica y Energías Renovables de la Universidad de Oriente. Miembro de la ONG Cubasolar.

## **1. LA ENERGIA RENOVABLE Y EL SECADO SOLAR EN CUBA**

El incremento del uso de las fuentes renovables de energía es un aspecto clave en la estrategia de desarrollo de países tropicales como Cuba, y son reconocidos universalmente los altos potenciales de las mismas para el ahorro de energía, y la sustitución de combustibles fósiles con la consiguiente disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros productos de la combustión. que generan un impacto positivo en la economía y el medio ambiente.

En Cuba, isla que se encuentra entre entre 20 y 23 grados de latitud norte, la energía solar promedio anual incidente es de unos 5 kwh/m<sup>2</sup> día), que se distribuye en forma bastante homogénea a lo largo del año. Esto permite afirmar que existen condiciones favorables para la conversión de la energía solar en energía térmica, o termo conversión de la radiación solar.

Esta se logra utilizando equipos relativamente baratos, funcionales y de corto período de amortización, (usualmente menos de 5 años), como secadores solares, calentadores de agua, saunas solares, cocinas solares, etc.

El secado solar es una rama altamente rentable de la explotación de las fuentes renovables de energía, caracterizada por su alto potencial energético, económico, social y ecológico, contribuyendo a la conservación del medio ambiente al evitar emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> y Óxidos de Nitrógeno y azufre, pues sustituye al consumo de electricidad y de combustibles fósiles.

En nuestro país, han sido instalados diversos tipos de secadores solares, algunos de los cuales, los instalados en la zona oriental de Cuba, son descritos en este trabajo. Mediante un método gráfico y numérico sistémico ingenieril algunos de cuyos aspectos gráficos se muestran, este sistema de secadores ha sido estudiado y sistematizado con el fin de obtener secadores solares viables, que han sido diseñados y construidos.

En particular, la ONG cubana Cuba solar, el Centro de Investigaciones de Energía Solar de Cuba (CIES) y el Centro de Eficiencia Energética (CEEFE), perteneciente al CITMA y MES<sup>2</sup>) han sido las instituciones que en la parte oriental de nuestro país se han ocupado mayoritariamente del desarrollo e introducción de aplicaciones del secado solar en las últimas dos décadas.

Ambos están situados en la ciudad de Santiago de Cuba, la segunda ciudad en población de Cuba, con más de 500 000 habitantes, ubicada en la región central y sur de la parte este del país, entre el Mar Caribe y una cordillera costera de altura moderada, la cordillera de la Gran Piedra, cuya altura máxima es la Gran Piedra, de unos 1200 m de altitud.

El valle donde se encuentra la ciudad, a unos 20<sup>0</sup> de latitud norte, presenta condiciones idóneas de radiación solar media, precipitaciones medias anuales cercanas a 1000 mm y velocidades de viento moderadas, cercanas a 3 m/s. Todas estas son condiciones favorables para la explotación de equipos solares térmicos. En especial el alto grado de humedad relativa media de la zona (82%) hace adecuado el secado solar de diversos productos para evitar su deterioro.

En este trabajo se describen algunas soluciones tecnológicas dadas en Cuba al problema de secado solar de productos gran importancia social, así como los cambios tecnológicos realizados al generarlas. Estas soluciones responden a criterios de extensión y generalización acumulados en la rama durante 20 años. Se caracteriza el impacto energético y medioambiental de las mismas, este último mediante el cálculo de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> que se evitan ser expulsadas al medio por concepto de instalación y utilización del secador solar durante su tiempo de vida útil.

---

<sup>2</sup> CITMA: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente de la República de Cuba. MES: Ministerio de educación superior del mismo país.

## 2. ALGUNAS TENDENCIAS DEL DESARROLLO DEL SECADO SOLAR EN EL PAIS

- Desarrollo de equipos solares baratos, de materiales locales, con cubierta de polietileno, vidrio o policarbonato, que responden a criterios de extensión y generalización.
- Experiencias múltiples para establecer la tecnología de secado de al menos 100 productos de interés.
- Trabajos referentes a la incidencia de la aceptación social y la educación medioambiental en el uso y divulgación del secado solar.

### 2.1 PRINCIPALES PROTOTIPOS DE SECADORES SOLARES CONSTRUIDOS EN EL CIES Y EL CEEFE DE 1988 A 2005 Y SU IMPACTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL

**CIES:** Se desarrollan secadores multipropósitos de 36 metros cuadrados con cubierta de vidrio (3 variantes).

Sauna solar cubana (secador atípico para realizar baños de sauna)

Secadores de granos y semillas de bajo costo y 3 metros cuadrados con cubierta de polietileno transparente, negra y metálica (3 variantes fundamentales)

Secadores de cubierta de polietileno y de 0,3 a 20 metros cuadrados de área para plantas medicinales con cubierta de polietileno transparente. (4 variantes)

**CEEFE:** Secadores de bajo costo y estructura de goma con cubierta de polietileno (2 variantes)

Los secadores con cubierta de polietileno responden a parámetros de eficiencia térmica y costo que los hacen adecuados para su extensión y generalización.

### 2.2 VALORES DE EFICIENCIA Y COSTO DE SECADORES SOLARES

Los minisecadores y secadores dados descritos fueron prototipos desarrollados en Cuba para aplicaciones concretas a partir de elementos de los diferentes tipos de secadores existentes en el mundo, a saber: Secadores de cubierta, y secadores tipo nave, secadores de gabinete y de tipo túnel.

*Los Minisecadores de cubierta y estructura barata de geometría achatada* tienen eficiencias medias anuales<sup>3</sup> del orden de 25 a 30 % para costos de 5 a 30 USD/m<sup>2</sup>, utilizando convección natural.

*En secadores de nave con cubierta de polietileno*, las eficiencias medias anuales son del orden de 25 a 30 % para costos de 8 a 30 USD/m<sup>2</sup>, utilizando convección natural). Para este mismo tipo de secadores, utilizando convección forzada y control automático de evacuación y circulación de aire, las eficiencias medias anuales máximas son del orden del 40 al 50 %

Los secadores que tienen estos valores de eficiencia y costo se encuentran en la zona del diagrama eficiencia costo que hemos llamado "zona de extensión potencial", por incluir los secadores con mas perspectivas para su extensión y generalización en nuestro país.

---

<sup>3</sup> Eficiencia media anual: Representa la fracción donde el numerador es la cantidad de energía aprovechada para secar el producto, y el denominador la cantidad de energía solar incidente sobre el secador. Esta fracción se calcula diariamente y se promedia durante todo el año. Pueden medirse sus componentes en el laboratorio. En este caso se midió la energía incidente con el uso de piranómetros de alta precisión, y la energía aprovechada se midió pesando el producto en balanzas de precisión para determinar la pérdida de agua en el secado, y multiplicando la misma por el consumo específico de calor en el producto, que se conoce para la mayoría de los productos en los rangos de humedad de trabajo en condiciones de secado en cama fina.

### 3. IMPACTO ENERGÉTICO Y CONTRIBUCION AMBIENTAL DE LOS SECADORES SOLARES

En los estudios de caso realizados en Cuba y en Latinoamérica en secado solar en los últimos años, las siguientes variables han tenido uso frecuente:

Para calcular el impacto energético de los secadores solares, generalmente se calculan las toneladas de petróleo equivalentes (TEP) ahorradas por el secado en un plazo de tiempo considerado, que puede ser el tiempo de vida útil del secador.

La contribución ambiental de los secadores se da por las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, durante el tiempo de vida útil. Estas se calculan asumiendo sustitución de un secador eléctrico o convencional equivalente por el secador solar.

#### 3.1. ÍNDICES UTILIZADOS EN EL CÁLCULO

Las eficiencias térmicas y los costos provienen de los proyectos provinciales en que se concibieron y evaluaron los secadores, desde 1984 a 2005, utilizando piranómetros y termómetros de alta precisión. Los valores de las tablas 1 y 2 fueron calculados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Considerando 0,9975 Kg. CO<sub>2</sub>/ Kwh. energía generada incluyendo pérdidas (0,75 Kg. CO<sub>2</sub>/ KW. de energía generada, sin considerar pérdidas en red e insumos. Considerando 18 % e pérdidas en red e insumos de 7 %, la cantidad de emisiones ahorradas es la primera. (Vázquez et al 2002)
- Para la tabla 2 fueron considerados los siguientes valores:  
Energía Incidente Promedio: 5 Kwh. / m<sup>2</sup> día  
Poder calórico del petróleo: 46057 Kj/Kg.  
Vida útil de secadores: 20 años

Los cálculos de impacto fueron realizados para los 12 prototipos principales construidos y descritos en la bibliografía y los 2 propuestos a construir en el CIES desde 1984 a 2005, que se designan por 13 y 14. Los resultados se dan en las tablas 1 y 2. El prototipo 10'' y 10.son 2 variantes de un mismo secador.

#### 3.2 CANTIDAD DE ENERGÍA AHORRADA Y DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EVITADAS CON EL USO DE SECADORES

En las tablas 1 y 2 se dan los resultados del impacto energético y ambiental de los principales prototipos instalados y evaluados en el CIES. De 1 al 4 tenían cubierta de vidrio y estructura metálica y de materiales de la construcción. Del 5 al 12 tenían cubierta de polietileno. Todos eran multipropósitos. 4 era una sauna solar o secador atípico. 11 y 12 eran secadores de goma para la agricultura urbana.

Tabla 1: Energía Térmica aprovechada para la evaporación del agua en un año y toneladas de petróleo equivalente en los prototipos instalados y evaluados.

Secador solar (Por Número)	Área m <sup>2</sup>	Eficiencia Térmica	Kwh. / Año utilizados para la evaporación de agua.	TEP	Kg. de CO <sub>2</sub> ahorrados por año*
1	3	0,5	2463,75	0,192	2457,59
2	36	0,5	29565	2,311	29491,08
3	3,4	0,3	1675,35	0,130	1671,16
4	6	0,4	3942	0,273	3932,14
5	3	0,02	98,55	0,0077	98,30
6	3	0,09	443,475	0,0346	443,475
7	3	0,02	98,55	0,0077	98,55
8	20	0,03	985,5	0,0759	983,08
9	400	0,065	42705	3,338	42598,23
9"	4	0,065	427	0,0333	425,93
10	6	0,115	1133,32	0,0886	1130,48
10"	18	0,115	3399,97	0,265	3391,47
11	0,229	0,09	33,851	0,0026	33,76
12	0,229	0,035	13,164	0,00102	13,131
13	0,229	0,3	112,839	0,00882	112,55
14	36	0,5	29565	2,311	29491,10
Total			116 662	9,08	116372,03

Tabla 2: Impacto ambiental neto de los secadores solares instalados durante un período de 20 años suponiendo funcionamiento continuo

	Ahorrado por año Kg de CO <sub>2</sub>	Emitido al construir Kg de CO <sub>2</sub>	Ahorrado en 20 años	Ahorrado 20 años – emitido al construir (impacto neto)	T iempo (T) (Años) amortización medioambiental
1	2457,5	318,282	49151,8	48833,58	0,129
2	29491,08	11592	589821,6	578229,6	0,393
3	1671,16	225,539	33423,2	31752,04	0,134
4	3932,14	1192,32	78642,8	74710,66	0,303
5	98,30	153,57	1966	1812,43	1, 562
6	443,475	49,107	8869,5	8820,39	0,110
7	98,55	49,107	8869,5	8820,39	0,498
8	983,08	293,8	19661,6	19367,8	0,298
9	42598,23	7512	851964,6	844452,6	0,176
9"	425,93	2504	8518,6	6014,6	5,87
10	1130,48	626,76	22609,6	21982,84	0,554
10"	3391,47	1880,28	67829,4	65949,12	0,554
11	33,76	0,217	675,2	674,983	0,00642
12	13,131	0,217	262,62	262,403	0,0165
13	112,556	0,217	2251,12	2250,903	0,00192
14	29491,10	11592	589822	578230	0,393
Total	116372,03	37940,30	2327440,64	2289500,34	

Obsérvese que, aún en la fase de prototipos en que se encuentran estas aplicaciones, se pueden ahorrar anualmente con ellas 116 662 Kwh. y 9,08 TEP. Con un escalado en fase inicial de unos 100 prototipos de cada tipo, el ahorro por concepto de energía térmica al año es de 11666200 Kwh. (11,666 Mw.h). y 90800 TEP. Si se considera que tal escalado sería preliminar a la solución de cualquier problema de envergadura de nuestra economía, como pudiera ser el secado solar de semillas o de madera, estas cifras demuestran el gran potencial de ahorro que tiene el secado solar para el país desde el punto de vista termo energético y por qué debe ser priorizado su desarrollo. Los prototipos 13 y 14 son

secadores solares con cubierta de polietileno que funcionan en América Latina en diversos climas y condiciones.

### **3.3 IMPACTO AMBIENTAL POR EMISIONES GENERADAS (POR CONCEPTO DE EMISIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN) Y NETO DE CADA PROTOTIPO (KG. DE CO<sub>2</sub>) GENERADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE CADA UNO (CONSIDERANDO LAS ÁREAS Y LOS MATERIALES COMPONENTES DE CADA UNO)**

Los valores de impacto por concepto de emisiones al construir el prototipo son relativamente bajos según puede apreciarse en la tabla 2

En total unos 22 012, 91 Kg. (más de 22 T de CO<sub>2</sub>), expulsaron a la atmósfera solo por concepto de construcción de los prototipos de secadores considerados.

Para un modesto escalado de solo 100 prototipos construidos, entonces tendremos 2201291 Kg. de CO<sub>2</sub> emitidos (2201 T)

Para 500 prototipos construidos: 11006455 Kg. de CO<sub>2</sub> emitidos (1106,45 T)

En la tabla 3 se puede apreciar que el impacto total neto incluyendo CO<sub>2</sub> emitido durante la construcción es considerable: Unas 2289,5 toneladas se dejan de emitir en los 20 años de vida útil de estos prototipos, lo que hace 114,475 T dejadas de emitir en solo un año por solo los 14 prototipos considerados. Es fácil darse cuenta que escalados modestos producirían cifras netas considerables (para 100 secadores, 228950 toneladas en 20 años y 11447,5 en un año, y para mil secadores respectivamente 2289 500 y 114475 T. Estas cifras llevan a meditar seriamente sobre las cualidades notables del secado solar como factor favorable de la gestión ambiental a bajo costo, aun a valores de escalado relativamente moderados y técnicamente fáciles de alcanzar manteniendo una producción seriada durante unos pocos años.

Con esto se observa que las cifras de impacto energético y medioambiental por emisiones durante la construcción de prototipos y su escalado preliminar son pequeñas, para niveles de escalado moderados como los considerados. El uso de 100 a 500 prototipos de cada tipo es solo un escalado preliminar.

## **4. EVALUACION DE CAMBIOS TECNOLOGICOS EN SECADORES SOLARES**

En Santiago de Cuba se desarrolló un método vectorial de evaluación de cambios tecnológicos o ingenieriles elaborado especialmente para secadores solares cubanos, donde se analiza la dinámica del sistema de secadores mencionado, en un diagrama semejante al de la figura 1, y se diseñan algunas alternativas de cambios tecnológicos viables y de secadores solares a que estos dan lugar. Este método está en fase de aplicación en el CITMA y el MES.

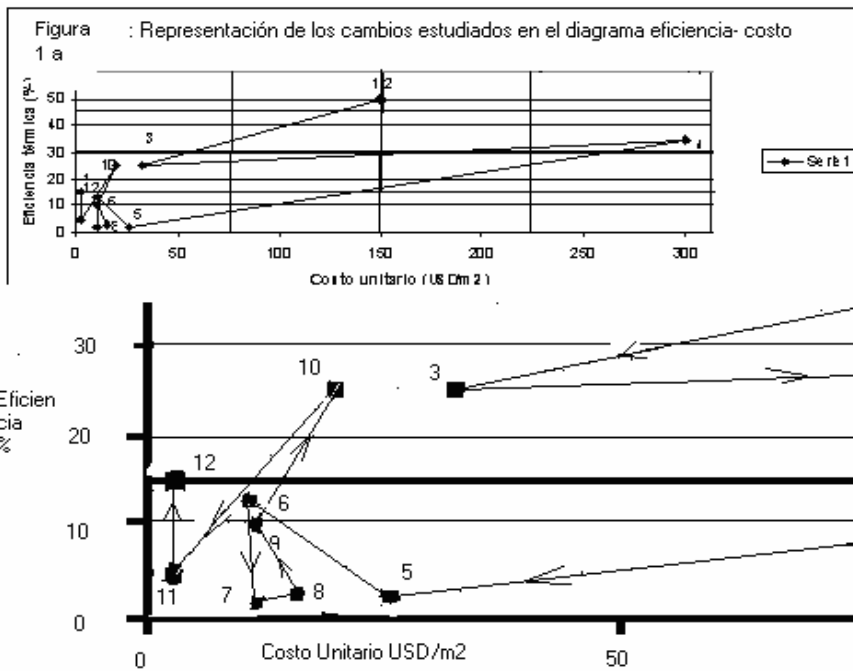


Figura 1b Detalle de los sectores 5 y 6 del diagrama eficiencia costo para el secadores estudiado.

En la figura 1 a y b, elaborada por nosotros como parte gráfica del método, se observa un diagrama eficiencia costo donde se representan por puntos los 12 primeros secadores solares de la serie analizada en la tabla 3 (CIES, 1984- 2005). Los cambios tecnológicos o ingenieriles realizados en la serie de secadores solares están representados por vectores. Se observa una tendencia a valores pequeños del costo unitario (menos de 50 USD/m<sup>2</sup>) y la eficiencia térmica (menores de un 30 % sin control automático) para muy variadas aplicaciones (Secado solar de plantas medicinales, secado solar de semillas y polen, secado solar de granos, hollejo de naranja, etc). Estos valores son propios de los secadores solares con cubierta de polietileno y corresponden a las tendencias de construcción de equipos de secado observadas en América Latina en los últimos quinquenios, que consiste en la sustitución de cubiertas de vidrio por cubiertas de diversos films, como el polietileno LDT, y dan lugar a secadores adecuados para su extensión superficial y su generalización en la agricultura urbana y rural.

Los cambios tecnológicos o ingenieriles a realizar en el futuro inmediato se pueden representar por vectores que van desde el secador 1y 2 (cubierta de vidrio doble y estructura metálica), hasta un a zona donde el costo es inferior a 50 USD/m<sup>2</sup> y la eficiencia térmica media superior al 40 %, semejante a la de los secadores 1 y 2. Estos valores corresponden a los secadores con cubierta de polietileno y control automático de la evacuación del aire. que es una alternativa de solución viable para Cuba en el futuro inmediato. ( figura 2)



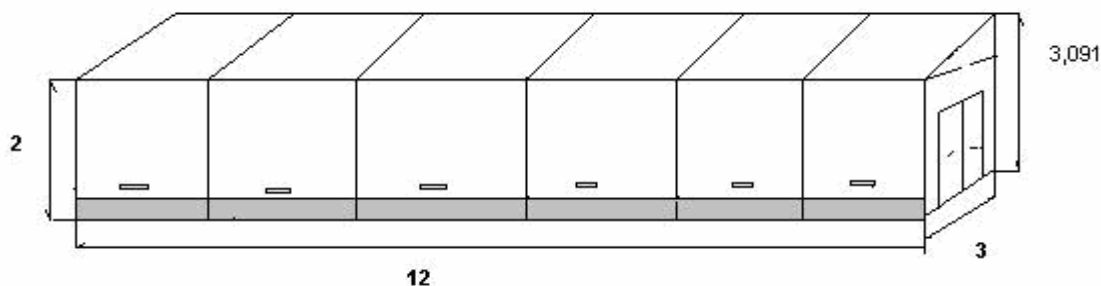


Figura 2 Secador solar con cubierta de polietileno (variante 2). Diseño realizado por nuestro equipo de especialistas de secado solar

## 5. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO DE UN SECADOR SOLAR DE CUBIERTA DE POLIETILENO ADECUADO A LAS CONDICIONES DE CUBA

La estructura es de madera rolliza o armazón metálica sin paredes laterales de cemento. Los horcones de 100 mm o vigas U de soportes situados a 2 m de distancia. Los travesaños de fijación en la parte superior de la estructura se articulan con las columnas por tornillos o machihembrado. El eje mayor tiene orientación este oeste.

*Su significado energético* es que se pueden ahorrar con un módulo de 36 m<sup>2</sup> de este secador 29565 Kwh. al año, unas 2,311 TEP considerando una radiación solar incidente promedio de 5 Kwh./m<sup>2</sup> día, una eficiencia de 0,5, un coeficiente de utilización de 0,9 y un poder calorífico del petróleo equivalente de 46057 KJ/Kg.

*Materiales:* cubierta de polietileno, simple o doble, de 125 micras marca LDT (Long date thermal) o "Durasol" y paredes del mismo material. Un secador similar pero de cubierta de un polietileno de una marca diferente al LDT y por tanto con eficiencia térmica más baja secó plantas medicinales con éxito durante 2 años en la finca de plantas "La República", perteneciente al MINAGRI en Santiago de Cuba, logrando un producto de alto valor agregado (orégano, jengibre, caña santa, cúrcuma, sábila, cáscara de mangle, etc), y calidad excelente, que superaba considerablemente al obtenido anteriormente, secado en tendales a temperatura ambiente, el cual en ocasiones era afectado por la humedad excesiva y el ataque de hongos, etc, y esta afectación fue eliminada por el secador solar.

*El hecho de ser el polietileno reciclable lo hace aun mas apropiado como material de cubierta desde el punto de vista medioambiental, y deberían implementarse en el futuro junto a la construcción de secadores facilidades para el reciclado de las cubiertas.*

## 6. RECONOCIMIENTOS. OBTENIDOS POR LOS SECADORES EVALUADOS

Los secadores creados y evaluados en los proyectos de investigación provinciales identificados en la bibliografía de referencia recibieron numerosos premios al resultado relevante en Forum Provincial y la Sauna solar una mención en el Forum Nacional de ciencia y técnica de la República de Cuba. Hay más de 30 publicaciones internacionales en revistas de prestigio sobre estas experiencias hechas en la zona oriental de Cuba. Sus posibilidades de extensión y aporte social han sido reconocidos nacionalmente.

## 7. CONCLUSIONES

El secado solar con el uso de secadores puede devenir un factor clave en la gestión energética y medioambiental de la agricultura cubana, de acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas.

El impacto energético obtenido es considerable al igual que el ambiental como se observa en las tablas 2 y 3. Estos son razones para retomar las ideas del escalado por multiplicación de los secadores solares, sobre todo secadores baratos y con cubiertas de materiales plásticos, como por ejemplo el polietileno LDT (Long Date Thermal), en la provincia y el país

Las tendencias tecnológicas cubana y latinoamericana en esta rama prácticamente coinciden en dirección de abaratar los costos de los equipos y tecnologías, y en la diversificación de las aplicaciones, aumentando sus posibilidades de extensión y generalización. Actualmente no hay en Cuba secadores solares con cubierta de polietileno activos, y hay un solo antecedente nacional reportado que trabajo 2 años con resultados excelentes en una empresa de plantas medicinales del MINAGRI.

Su impacto ambiental ha sido demostrado a un a nivel de prototipos, evitando gran cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente por ahorrar petróleo y electricidad equivalentes. Contribuye así de manera directa a la descontaminación del medio ambiente y a la conservación del entorno. Se demostró su utilidad para alargar la vida útil de productos naturales de alto impacto social y económico como alimentos y madera, ahorrándose así la electricidad necesaria para el secado artificial y la refrigeración de los mismos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Bergues Ciro, Ibañez G. et al. Secado solar de productos agropecuarios para la elaboración de piensos criollos. Memorias de Reclien, IX Seminario del Caribe de ciencias y tecnologías de alimentos. Marzo 1996. Publicación electrónica. .
- Bergues Ciro, Ibañez G. et al Secador solar doméstico con materiales de la construcción. Tecnología Química. Vol. 13 Nr. 3. 1992. .
- Bergues Ciro, Pedro Griñán et al. Concepción y evaluación de un secador solar de granos con cubierta de polietileno. CD Rom. Anuario PCO 2001/CEE.
- Bergues Ciro, Griñán P. et al. Construcción y evaluación del secador solar de granos a escala industrial. Tecnología Química Vol. XXII, No 3, 2002.
- Bergues Ciro, P. Griñán et al. Concepción y evaluación de un secador solar de granos con cubierta de polietileno. Tecnología Química. Vol. XXIII. No 1, 2003.
- Bergues Ciro, Pedro Griñán et al. Concepción y evaluación de un secador solar de granos con cubierta de polietileno. CD Rom. Anuario PCO 2001/CEE.
- Bergues Ciro, Martínez A. et al: Algunos aspectos de los cambios Tecnológicos en secadores solares cubanos. Realidades y Tendencias. Tecnología Química Vol XXVIII No: 2, 2008.
- Bériz,L. y otros: Secador solar multipropósito. 1990.
- Bériz. E. Madruga. Cuba y las fuentes renovables de energía. Editorial Cubasolar 2000.
- Boizán Jústiz, M.; Zhidko, V. I., *Secado fluidizado de productos alimenticios*, La Habana,Editorial Ciencia y Técnica, 1989.
- Ferro, V., "Propuesta metodológica para el tratamiento cinético de los datos de secado solar", en la Revista Solar (México)..
- Finck Pastrana, A., "Experiencias de la Universidad Iberoamericana en el secado solar de productos agropecuarios", en la Revista Solar(ANES), núm. 22, 1992, págs. 4-20

- Támez Reina, G., Secado de café con energía solar, Centro de Investigación en Energéticos y Desarrollo, México, 1992
- Roa, G., Secado de productos agropecuarios por energía solar, Informe interno grupo de energía solar de la Universidad de Campinas, Brasil, 1990
- Ministerio de la Agricultura, Cuba, Instrucciones técnicas para el beneficio del café y el cacao, Dirección Nacional Café y Cacao, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, 1987.
- Passamai, V. J., Modelización del proceso de secado en secadores solares directos, Tesis de Doctorado, Argentina, 1995.
- Valle, M., Estudio del proceso de secado del café cereza en cama fluidizada con utilización del régimen oscilatorio, Tesis doctoral, Leningrado 1995