



USO DE LA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA *USE OF THE ENERGY IN AGRICULTURE*

ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia del color y forma del colector solar en el secado de semillas de soya

Influence of the color and shape of solar collector in drying soybeans

Ing. Gemma Domínguez Calvo, M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, Ing. Chaumel C. Travieso Ruiz

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. Esta investigación se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con el objetivo de determinar la influencia del color y la forma del colector solar en el proceso de secado de semillas de soya, empleándose un secador solar artesanal, para lo cual se plantearon las bases teórico-metodológicas y se utilizaron tres tipos de colectores solares para el desarrollo de la investigación, obteniéndose como principales resultados que el colector de mayor eficiencia fue el colector I (transparente-simple) dado que para una velocidad de extracción promedio de 4,27 m/s, este absorbió una energía total de 9,32 kW, reduciéndose el contenido de humedad de 15,58% hasta 11,17% en un período de cuatro horas, con una tasa de reducción de humedad de 1,10%/h, apreciándose que de una masa inicial de semillas de 130 kg se removieron 4,4 kg de agua. Otro resultado obtenido fue la temperatura en la superficie y el fondo de la capa de granos en el interior de la cámara de secado, la cual fue superior a la temperatura ambiente durante todo el proceso de secado en 5 y 1 °C respectivamente, también se determinó la influencia de estos colectores en el porcentaje de germinación de la semilla, observándose que con el empleo del colector I se alcanza un 5% menos respecto al colector II (negro-simple) que es el que menos afecta esta propiedad; económicamente resulta factible el empleo del colector (I) dado que con el empleo de este se alcanzó un costo específico de 83,3 peso/t, siendo inferior al costo específico de los otros colectores empleados.

Palabras clave: colector solar, germinación, calidad de las semillas.

ABSTRACT. This research was carried out on the National Institute of Agricultural Sciences, with the goal of determine the influence of the solar collector regarding color and shape on the drying process of soybeans seeds, using an artisan solar dryer. For that were established the theoretical and methodological basis and were used three types of solar collectors, obtaining as main results that the best efficiency was for the collector I (transparent-simple) because to for an speed of 4.27 m/s during the extraction of air, this absorbed a total energy of 9.32 kW, reducing the moisture content from 15.58% until 11.17% in a period of four hours, with an moisture reduction rate of 1.10% per h. The initial mass of seeds before drying was 130 kg and after processing was removed 4.4 kg of water. Another result was that the temperature on the surface and bottom were higher than the environment temperature during all the process with values of 5 and 1 °C respectively. Also was determined the influence of these collectors in the percent of germination of the seeds, showing that with the use of the collector (I) was achieved a 5% less than with the collector II (black-simple) because its affect in less percent this propriety. Economically is feasible to use the collector (I) because the cost per ton is 83.3 peso/t, being less than the cost per ton of the others collectors used.

Keywords: solar collector, germination, seeds quality.

INTRODUCCIÓN

La radiación solar desempeña un importante papel en muchos procesos productivos, siendo significativa en el secado de productos agrícolas con el objetivo de prolongar la vida del producto, tanto para el consumo animal como humano, por tal motivo este proceso debe realizarse con la mayor eficiencia y el menor costo posible, para contribuir a la economía productiva.

El secado solar es una rama altamente rentable en la ex-

plotación 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 CO₂, óxidos de nitrógeno y azufre, pues reduce o sustituye el consumo de electricidad y de combustibles fósiles (Bergues *et al.*, 1992; Bergues *et al.*, 2002; Bergues *et al.*, 2008a).

El proceso de secado se manifiesta cuando se presenta transferencia de calor y masa, como son la humedad interna del producto y el líquido evaporado de las superficies húmedas del grano. En este proceso es importante mantener una temperatura constante entre los 50 y 55 °C, esto conforme a la profundidad de la capa de grano a secar, para no deteriorar el mismo.

Este proceso es de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas durante el periodo de almacenamiento, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones bioquímicas (Bergues *et al.*, 2008b).

Varios han sido los autores que han investigado el proceso antes mencionado, así como los equipos e instalaciones que intervienen en el mismo, entre los cuales se destacan: Ghaly *et al.* (1973); Radajewski *et al.* (1989); Martin *et al.* (2002) y Pupinis (2008).

Las instalaciones y máquinas empleadas para el secado de productos agrícolas se dividen en: industriales y artesanales; las primeras se caracterizan por tener elevadas capacidades productivas, elevados costos y emplean fundamentalmente fuentes convencionales de energía; la segundas se caracterizan por tener bajas capacidades productivas, bajos costos y pueden emplear las fuentes alternativas de energía, lo que las convierte en útiles para los pequeños agricultores y para el desarrollo de una agricultura sostenible.

Entre las principales partes de los secadores solares se pueden citar: los colectores o cubiertas, la cámara de secado y la cámara de circulación de aire.

El colector solar es el elemento más importante de todo sistema para el uso directo de la energía solar, dado que este transforma la radiación solar en energía térmica para calentar el aire.

El funcionamiento básico del colector solar, que se emplea para pequeños aumentos de la temperatura del aire, consiste en recibir la radiación solar que incide en la superficie externa del colector. La radiación solar que atraviesa la película del colector incide en una superficie interna, que se denomina absorbidora, y aumenta su temperatura. El flujo de aire calentado por contacto con esa superficie se puede aprovechar en el secado de productos agrícolas.

Por otro lado es importante señalar que la vida útil de un colector solar depende de la calidad de los materiales, del diseño de la estructura y de su eficiencia (Bergues *et al.*, 2003).

MÉTODOS

Bases teórico-metodológicas para la determinación del flujo de calor por los colectores solares

Para la determinación del flujo de calor del colector solar se emplearon las leyes que responden al fenómeno de transferencia de calor, específicamente las que responden a la conducción y radiación térmica (Faires y Simmang, 1978, Bird *et al.*, 1992; Geankoplis, 1998; Rosas, 2001).

Bases teórico-metodológicas para la evaluación de la calidad del proceso de secado

Para separar el contenido de humedad de los granos es importante mantener circulando aire seco, siendo posible por la presencia de un extractor, por lo que es importante conocer el flujo de aire que circula entre los granos.

$$W_{\text{aire}} = S * A; m^3/s \quad (1)$$

donde:

S- Velocidad media del viento, m/s;

A- Área de la sección transversal del conducto, m².

Es importante conocer que los productos con un alto contenido de humedad no se pueden almacenar por largos períodos de tiempo. El contenido de humedad es un índice de calidad del producto, este puede expresarse en base humedad o en base seca. También es posible determinar este parámetro utilizando un medidor de humedad (ASAE, 1991a; ASAE, 1991b).

$$M_{wb} = \frac{W}{W_a + W} * 100 \quad (2)$$

donde:

W- Contenido de agua, kg;

Wa- masa después de secado el producto, kg.

El grado de humedad del grano es medido por períodos de una hora para observar el cambio en el contenido de humedad, esto se denomina tasa de reducción de humedad por hora, la cual se puede determinar por la expresión (3).

$$M_m = \frac{M_i - M_a}{t_o}, \% / h \quad (3)$$

donde:

Ma- Contenido de humedad después del secado,%;

Mi- Contenido inicial de humedad,%;

to- Tiempo de operación, h.

La masa de soya después del secado se puede determinar utilizando una balanza ya que no es difícil retirar las semillas de la lámina de metal pochada.

Antes de llevar a cabo el procedimiento para determinar la calidad del proceso de secado es imprescindible realizar el estudio de las condiciones climatológicas del área experimental (temperatura ambiente, humedad relativa, la velocidad del viento y las precipitaciones) ya que el proceso de secado con la utilización de secadores solares se puede afectar debido a estos parámetros.

Después de realizado el estudio y definido el lugar apropiado para realizar la evaluación del proceso de secado se deben realizar los siguientes pasos:

- Definir el grano a secar, así como su variedad;
- Determinar la humedad relativa, la temperatura ambiente;
- Determinar la masa inicial de grano a secar mediante una balanza analítica o digital;
- Determinar la humedad inicial de grano con la utilización del medidor de humedad para granos;
- Proceder a la toma de muestras del interior de la cámara de secado en períodos de una hora, en cinco puntos en la

superficie y el fondo de la capa de granos, con el objetivo de determinarles el contenido de humedad utilizando el medidor de humedad;

- A los valores de contenido de humedad del grano obtenidos se les determina la media y es el valor que se coloca en una plantilla para el registro de los datos tomados;
- De igual forma en períodos de una hora se mide la velocidad del aire suministrado o extraído de la cámara de secado y las temperaturas de la cámara de secado en la superficie y el fondo respectivamente con la utilización de un anemómetro y termómetros respectivamente.

Bases metodológicas para la evaluación de la germinación de las semillas

Para determinar la influencia del proceso de secado en la germinación de las semillas, como forma de preservación de las mismas, se consideró la metodología utilizada por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas situado en la provincia Mayabeque, Cuba. La cual consiste en:

- Inicialmente se toman 100 semillas de buena calidad de la muestra total a secar en todo el experimento;
- Las semillas seleccionadas se colocan en una bandeja de aluminio cubierta de algodón humedecido;
- Después de 96 h se observa cuántas de estas semillas germinaron;
- Posteriormente se procede a la determinación del porcentaje de germinación.
- Esta metodología se aplica para cada experimento (con colector transparente, con colector negro y con colector combinado), siendo posible determinar la influencia del color

y la forma del colector solar en la germinación de la semilla.

Bases para la evaluación económica del proceso de secado solar

Para la determinación del costo de explotación (C_{exp}) del proceso de secado solar se requiere la determinación de los costos fijos (C_f) y costos variables (C_v) y la suma de estos costos permiten determinar el costo de explotación (Morejón *et al.*, 2011; Morejón *et al.*, 2014) es decir:

$$C_{exp} = \sum_{i=1}^n C_f i + \sum_{i=1}^n C_{vi}; \text{ peso / h} \quad (4)$$

A partir del costo de explotación y la productividad del secador se determina el costo específico (C_{esp}). El costo específico define el costo en peso por cada unidad de trabajo realizada, determinándose de la siguiente forma:

$$C_{esp} = \frac{C_{exp}}{W}, \text{ peso / t} \quad (5)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del flujo de calor en función del color y la forma del colector solar

Para la determinación del flujo de calor en función del color y la forma, se consideraron las leyes de Fourier y de Stefan-Boltzmann que responden a las formas de transferencia de calor por conducción y radiación térmica respectivamente. A partir de estas se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1. Determinación del flujo de calor según las procedencias de transferencia de calor en el colector solar en función del color y la forma

Colector (color-forma)	Q (Conducción), kW	Q (Radiación), kW
Colector I (transparente-simple)	8,5	0,82
Colector II (negro-simple)	5,5	0,85
Colector III [(transparente+negro)-combinado]	6,8	0,002

Los resultados obtenidos arrojaron que el colector I (transparente-simple) presentó mayor conductividad térmica que los colectores II (negro-simple) y III [(transparente+negro)-combinado], siendo superior a estos en 3 kW y 1,7 kW respectivamente, evidenciándose que los tres colectores cumplen con el propósito para el cual fueron diseñados en la máquina objeto de estudio, dado que en todos los casos se logra un incremento de la temperatura en el interior de la cámara de secado.

Otro elemento que se consideró fue la determinación del flujo de calor por radiación térmica; observándose que el colector II (negro-simple) alcanzó el máximo valor con 0,85 kW, siendo superior al colector I (transparente-simple) en solo 0,03 kW.

De forma general si se analiza el aprovechamiento térmico de los colectores estudiados, se evidencia que el colector de mayor eficiencia es el colector I (transparente-simple) pues por concepto de conductividad y radiación térmica este absorbe una energía total de 9,32 kW, siendo superior a los colectores II (negro-simple) y III [(transparente+negro)-combinado] en 2,97 y 2,52 kW respectivamente.

Resultados de la evaluación de la calidad del proceso de secado

Otro parámetro medido durante la evaluación del proceso de secado fue la velocidad del aire extraído, el cual se dirige desde la cámara de secado hacia el extractor atravesando el volumen de producto a secar, el cual se encuentra sobre una plancha metálica ponchada de 1,71 m² la cual cuenta con 1 500 000 orificios de 1,2 mm de diámetro. Con el empleo de un anemómetro PROVA AVM-05 con precisión de ($\pm 0,1$ m/s) se obtuvo un valor promedio de velocidad de 4,27 m/s para el colector I (transparente-simple), de 4,62 m/s para el colector II (negro-simple) y de 4,71 m/s el colector III [(transparente+negro)-combinado] y como el área del conducto por donde circula el mismo es de 0,07 m², fue posible determinar el flujo de aire promedio por unidad de tiempo

para cada tipo de colector, alcanzándose valores de 0,29; 0,32; 0,33 m³/s respectivamente.

Con el objetivo de analizar el proceso de secado se determinó la cinética del mismo en la superficie y en el fondo de la cámara de secado en función del color y la forma del colector empleado

En la Figura 1 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector I (transparente-simple), observándose que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,17% en un período de 4 h, volteándose la semilla en la primera hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la segunda hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida.

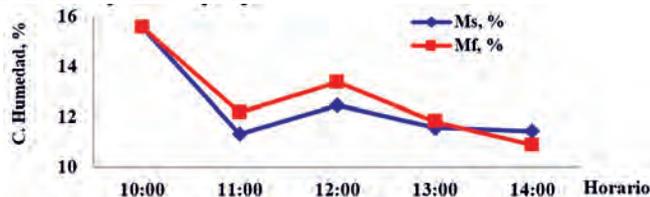


FIGURA 1. Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector I (transparente-simple).

En la Figura 2 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector II (negro-simple), observándose que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,74% en un período de 6 h, volteándose la semilla en la segunda hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la tercera hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida.

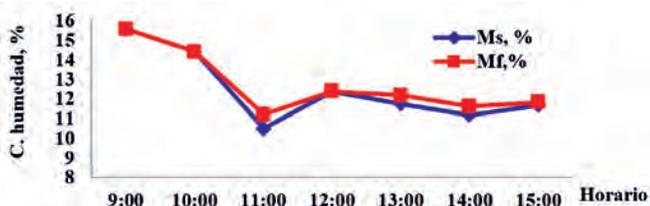


FIGURA 2. Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector II (negro-simple).

En la Figura 3 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector III [(transparente+negro)-combinado], observándose que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,11% en un período de 5 h, volteándose la semilla en la segunda hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la tercera hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida.

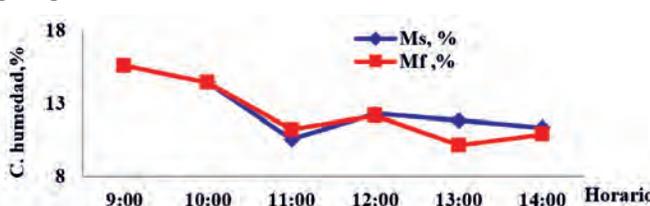


FIGURA 3. Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector III [(transparente+negro)-combinado].

Como se puede apreciar con el empleo del colector I (transparente-simple) se reduce el tiempo de secado de las semillas de soya, lo que influye directamente en la productividad del secador.

Empleándose la expresión (3) se determina la tasa de reducción de humedad para cada tipo de colector empleado, obteniéndose valores de 1,10%/h para el colector I (transparente-simple), 0,64%/h para el colector II (negro-simple) y 0,89%/h para el colector III [(transparente+negro)-combinado], observándose que el colector I resultó más eficiente que los otros dos colectores empleados.

Otro resultado que demuestra la eficiencia del proceso, es la masa de grano obtenida después de realizar el secado, obteniéndose valores de 125,6 kg para el colector I (transparente-simple); 127,3 kg para el colector II (negro-simple) y 127,1 kg para el colector III [(transparente+negro)-combinado] removiéndose 4,4; 2,7 y 2,9 kg de agua respectivamente; constatándose que el colector I es el de mayor eficiencia.

Otro resultado obtenido en la investigación fue la determinación de la influencia del color y la forma del colector solar en la germinación de la semilla, observándose que de una muestra de cien semillas antes de ser sometidas al proceso de secado germinó el 90%, constituyendo este valor el testigo para la comparación del porcentaje de germinación empleándose diferentes colectores; al emplearse el colector I (transparente simple) se observó que el porcentaje de germinación fue de un 73%, con el colector II (negro simple) se obtuvo un valor de 78% de germinación, y con el colector III [(transparente + negro)-combinado] el porcentaje de germinación fue del 68%.

De esta forma se evidencia que el colector II (negro simple) es el que menos afecta el porcentaje de germinación de la semilla, seguido por el colector (transparente simple) que solamente difiere en 5% respecto al colector II (negro simple), sin embargo no resulta factible el empleo del colector III [(transparente+negro)-combinado] dado que se reduce considerablemente el porcentaje de germinación de la semilla.

Resultados de la evaluación económica del proceso de secado

El costo en salario, tiene como base al salario mínimo vigente en el país el cual es de 275 pesos, así como la cantidad de trabajo realizado en horas.

Los costos en combustibles y lubricantes son nulos dado que el secador objeto de estudio no requiere de combustible fósil, ni de lubricantes para su funcionamiento.

El costo por depreciación alcanza un valor de 0,039 peso/h, siendo el precio inicial del secador de 379 pesos, considerándose un porcentaje anual de depreciación del 1% y una carga anual de 180 días trabajando 8 h.

El acumulador (batería) es el único dispositivo en el prototipo que requiere de mantenimiento y partiendo de la carga anual a la que se somete, y del tiempo de duración de la carga en el acumulador determinado experimentalmente el cual fue de 13 h de trabajo continuo con una demanda máxima del dispositivo regulador de velocidad a una intensidad de corriente de 4 A, se obtuvo que la cantidad de mantenimientos

requeridos por el acumulador es de 110,76 y como el precio de la electricidad requerida para el mantenimiento es 0,09 peso (0-100 kW·h) durante 8 h de mantenimiento, se obtiene un costo de 1,24 peso/h.

El costo en reparación no se considera pues los dispositivos con los que cuenta el secador no son reparables, ya que deben ser sustituidos una vez presenten una rotura.

En la determinación del costo específico o requerido para secar una tonelada de soya en función del color y la forma del colector solar, resultó más factible el colector I (transparente-simple) dado que tuvo un valor de 83,3 peso/t, siendo inferior al costo específico de los colectores II y III en 42,1 y 20,9 peso/t respectivamente.

TABLA 2. Comportamiento de los costos para los diferentes tipos de colectores solares

Costos	Proceso de secado
Costo en salario (Cs), peso/hora	1,43
Costo en combustibles (Cc), peso/hora	0
Costo por depreciación (Cd), peso/hora	0,039
Costo en mantenimiento (Cm), peso/hora	1,24
Costo en aceites-lubricantes (Cl), peso/hora	0
Costos de explotación (Cexp), peso/hora	2,71
Costo específico (Cesp), peso/t	
Colector I (transparente-simple)	83,3
Colector II (negro-simple)	125,4
Colector III [(transparente + negro)-combinado]	104,2

CONCLUSIONES

- Las bases teórico-metodológicas planteadas para el desarrollo de la investigación se validaron con los resultados obtenidos.
- El colector de mayor eficiencia es el colector I (transparente-simple), pues por concepto de conductividad y radiación térmica, éste absorbe una energía total de 9,32 kW, con un valor promedio de velocidad de extracción de 4,27 m/s.
- Con el empleo del colector I (transparente-simple), se reduce el contenido de humedad de 15,58% hasta 11,17% en un período de cuatro horas, con una tasa de reducción de humedad de 1,10%/h, siendo superior en 0,21% y 0,46%/h respecto a los colectores III [(transparente + negro)-combinado] y colector II (negro-simple), respectivamente.
- Después de realizar el proceso de secado con el colector I (transparente-simple) se obtuvo una masa final de 125,6 kg, removiéndose 4,4 kg de agua, siendo superior a los valores obtenidos con los colectores II y III.
- La temperatura obtenida en la superficie y el fondo de la capa de granos en el interior de la cámara de secado cuando se emplea el colector I es superior a la temperatura ambiente durante todo el proceso de secado en 5 y 1 °C respectivamente.
- El colector II (negro-simple) es el que menos afecta el porcentaje de germinación de la semilla, seguido por el colector I (transparente-simple), sin embargo no resulta factible agrónomicamente el empleo del colector III [(transparente + negro)-combinado] dado que se reduce considerablemente el porcentaje de germinación de la semilla.
- El costo específico o requerido para secar una tonelada de soya en función del color y la forma del colector solar, resultó más económico con el empleo del colector I (transparente-simple) dado que alcanzó un valor de 83,3 peso/t.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS–ASAE: ASAE Standard: S532.2: Moisture Measurement, 1991a.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS–ASAE: ASAE Standard: D245.4: Moisture Relationship of Grains, 1991b.
- BERGUES, C. C.; G. IBÁÑEZ: “Secador solar doméstico con materiales de la construcción”, Centro de Investigaciones de Energía Solar, *Tecnología Química*, ISSN: 2224-6185, 13(3), 1992.
- BERGUES, C. C.; P. GRIÑÁN; S. FONSECA; L. ABDALA; G. HERNÁNDEZ: “Construcción y evaluación del secador solar de granos a escala industrial”, Centro de Investigaciones de Energía Solar, *Tecnología Química*, ISSN: 2224-6185, 22(3): 87-91, 2002.
- BERGUES, C. C.; P. GRIÑÁN; A. MARTÍNEZ: “Concepción y evaluación de un secador solar de granos con cubierta de polietileno”, Centro de Investigaciones de Energía Solar, *Tecnología Química*, ISSN: 2224-6185, 23(1): 69-74, 2003.
- BERGUES, C. C.; P. GRIÑÁN; A. MARTÍNEZ: “Algunos aspectos de los cambios tecnológicos en secadores solares cubanos: Realidades y Tendencias”, Centro de Investigaciones de Energía Solar. *Tecnología Química*, ISSN: 2224-6185, 28(2): 35-45, 2008a.
- BERGUES, C. C.; P. GRIÑÁN; L. BÉRRIZ: “Generalización de secadores solares directos en Cuba. Análisis numérico de sus tendencias actuales”, *Revista Desarrollo Local Sostenible*, ISSN: 1988-5245, 3(8), 2008b.
- BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHTFOOT, E.N.: *Fenómenos de transporte*, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Wisconsin, Ediciones Repla. ISBN: 968-6165-02-9, México, 1987.
- FAIRES. V.M; SIMMANG, C.M.: *Thermodynamics*, 647pp., Editorial Macmillan, ISBN: 002-33-5530-1, USA, 1978.
- GEANKOPLIS, C.J.: *Procesos de transporte y operaciones unitarias*, Universidad de Minnesota, 3era. Edición, Compañía Editorial Continental, ISBN: 968-26-1316-7, México, 1998.
- GHALY, T.F., EDWARDS, R.A., RATCLIFFE, J.S.: “Heat-induced damage in wheat as a consequence of spouted bed drying”, *Journal of Agricultural Engineering Research*, ISSN: 2239-6268, 18: 95-106, 1973.
- MARTIN, R., FRANCO, J., OLIVEIRA, P., GOMES, J.F., FRANSOZI, C.D.: “Secador de grãos com uso de energia solar. Alternativa Tecnológica”, *Revista de Agroecología e desenvolvimento rural sustentável*, ISSN: 1519-1060, 3(1): 29-35, 2002.

- MOREJÓN, M. Y., T. TSUJIMOTO, T. WATAHIKI: "Fabrication and evaluation of a Solar Grain Dryer", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 20(3): 68-72, 2011.
- MOREJÓN, M. Y., Y. RODRÍGUEZ; J. LEÓN: "Use of an Artisan Solar Grain Dryer to dry soybeans and black beans seeds", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 23(4):17-20, 2014.
- PUPINIS, G.: "Grain Drying by use of changeable air flow method", Institute of Agricultural Engineering, *Agronomy Research*, ISSN: 1406-894X, 6(1): 55-65, 2008.
- RADAJEWSKI, W., JOLLY, P., WOLLIN, A.S.: *Optimization of solar drying system*, pp. 2243-2248, Agricultural Engineering, ISBN: 906-1919-80-0, Balkema, Rotterdam, 1989.
- ROSAS, M.: *Energía solar térmica*, 148pp., Primera Edición. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, ISBN: 84-8301-.4726, Catalunya, España, 2001.

Recibido: 09 de febrero de 2015.

Aprobado: 13 de noviembre de 2015.

Publicado: 30 de diciembre de 2015.

Gemma Domínguez Calvo, Ing. Prof. Auxiliar. Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP: 32700. Correo electrónico: gemma@unah.edu.cu

Yanoy Morejón Mesa, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: yymm@unah.edu.cu

Chaumel C. Travieso Ruíz, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: yymm@unah.edu.cu



A NUESTROS COLABORADORES
Las instrucciones para la presentación de los trabajos y otros detalles relacionados con la recepción de artículos, aparecen en el reverso de la contracubierta de la revista con el título: **NORMAS DE PRESENTACIÓN**. Pueden publicar en la revista investigadores, profesores y especialistas cubanos y extranjeros.

TEMAS QUE SE PUBLICAN

- **Agricultura de Conservación.**
- **Construcción de operación de máquinas e implementos agrícolas y pecuarios.**
- **Explotación y administración de la maquinaria agrícola.**
- **Pruebas de tractores y máquinas agrícolas.**
- **Fiabilidad, reparación y mantenimiento de las máquinas agrícolas y tractores.**
- **Portadores energéticos y uso de los desechos en la producción de energía renovable.**
- **Computación y matemáticas aplicadas a la Ingeniería Agrícola.**
- **Construcciones e instalaciones pecuarias.**
- **Protección del medio ambiente rural.**
- **Suelo y agua.**
- **Docencia y capacitación en la Ingeniería Agrícola.**
- **Tracción animal.**
- **Otros temas de Ingeniería Agrícola.**

Informaciones

Para cualquier otra información sobre la revista dirija su correspondencia a:



Solicitudes de ofertas a:
Dr. C. Ernesto Ramos Carbajal
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: carbajales@unah.edu.cu