



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Análisis energético y exergetico del secado de hierbas aromáticas  
con energía solar

**Author:** Hilario Terres-Peña

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 10

**Mail:**

**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
<b>Czech Republic</b>			

## Objetivo

Análisis energético y exergético del secado de hojas de las yerbas aromáticas menta (*Mentha spicata*) y perejil (*Petroselinum hortense*) en un secador solar del tipo indirecto.

## Características del trabajo realizado

Secado de las hojas de Menta y Perejil en un secador solar de tipo indirecto.

Obtener el modelo matemático de la cinemática de proceso.

Analizar la energía utilizada y la exergía del proceso.

Utilizar el color como parámetro de calidad.

# Modelo matemático de las curvas de secado

- Relación de humedad:

$$RM = (M_t - M_e) / (M_i - M_e)$$

$$RM = M_t / M_i$$

**Los modelos más empleados son:**

- $RM = \exp(kt)$  Newton
- $RM = \exp(kt^n)$  Page
- $RM = \exp[(kt)^n]$  Modified page I
- $RM = a \exp(kt)$  Henderson and Papis
- **$RM = a \exp(bt)$**  **Logarithmic**
- $RM = a \exp(kt) + b \exp(k_1t)$  Double logarithmic

## Análisis energético y exergetico

- Ecuación de Conservación de la Masa

$$\dot{m}_{as,e} = \dot{m}_{as,s} = \dot{m}_{as}$$

- Ecuación de Conservación de la Energía

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{as,s} \left( h_s + \frac{V_s^2}{2} \right) - \sum \dot{m}_{as,e} \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} \right)$$

- Relación de Utilización de la Energía

$$RUE = \frac{\dot{m}_{as} (h_{cs,s} - h_{cs,e})}{\dot{m}_{as} C_{p,as} (T_{c,s} - T_{c,e})}$$

- Ecuación de la Pérdida de Exergía

$$\sum Ex_p = \sum Ex_e - \sum Ex_s$$

- Eficiencia exergetica

$$\eta_{Ex} = \frac{Ex_e - Ex_s}{Ex_e}$$

## Análisis del color: Método de Hunter (*Lab*)

- $L$  negro/blanco
- $a$  rojo/verde
- $b$  amarillo /azul

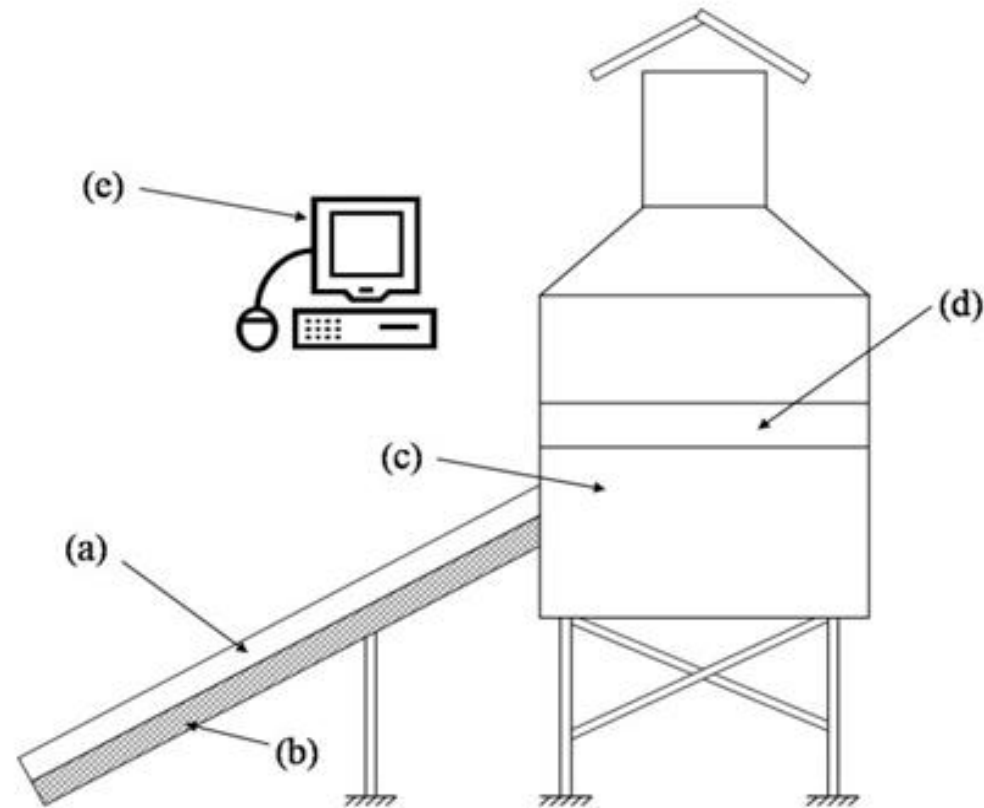
- Cambio del color

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_t)^2 + (a_0 - a_t)^2 + (b_0 - b_t)^2}$$

- Chroma (tonalidad)

$$chroma = \sqrt{a_t^2 + b_t^2}$$

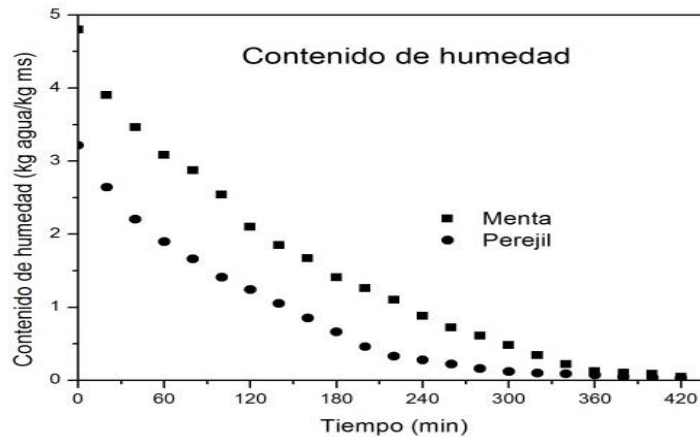
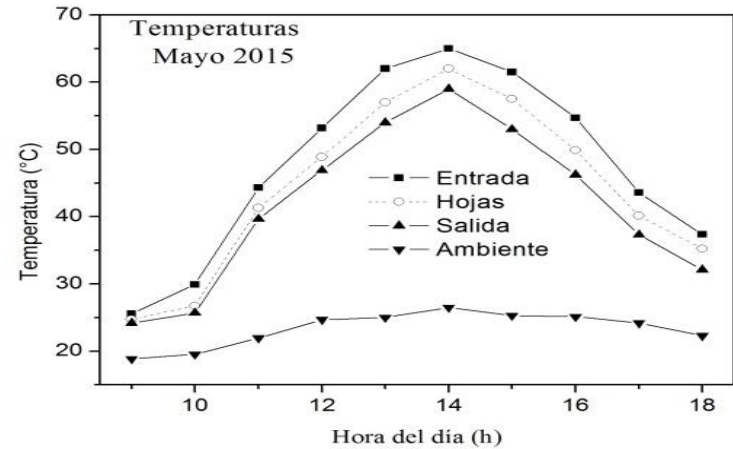
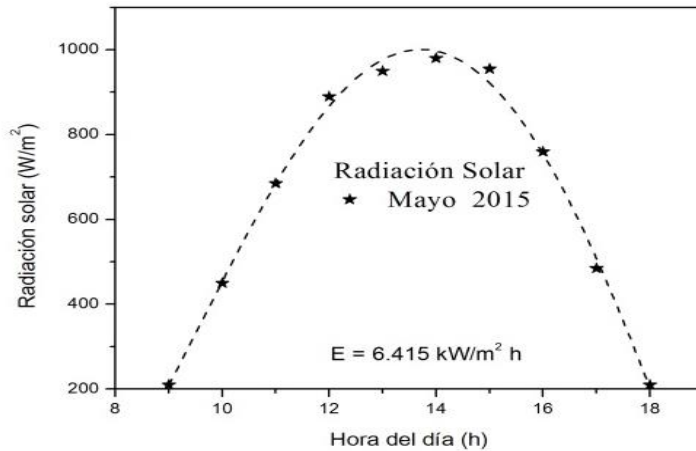
## Secador solar de flujo indirecto



a) Colector solar; b) medio poroso; c) cámara de secado; d) tres charolas para el producto a secar; e) sistema de adquisición de datos

# Resultados: Radiación solar, Distribución de temperaturas y Contenido de humedad

Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

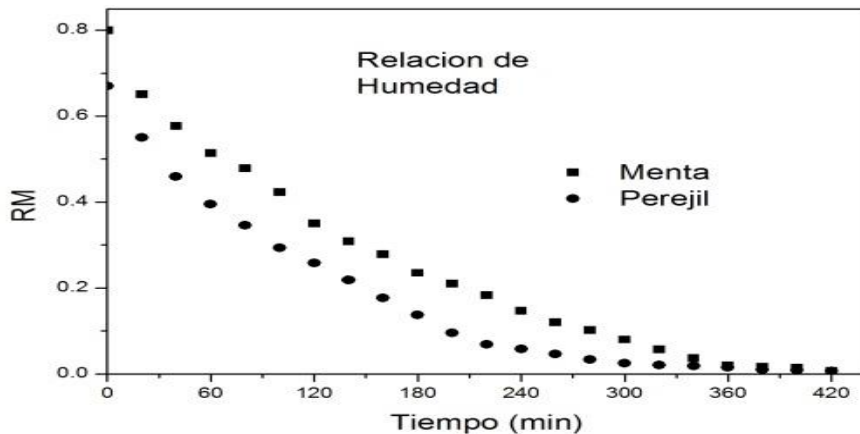


Contenido de Humedad	Menta	Perejil
Inicial	4.8 kg <sub>a</sub> /kg <sub>ms</sub>	3.2 kg <sub>a</sub> /kg <sub>ms</sub>
Final	0.043 kg <sub>a</sub> /kg <sub>ms</sub>	0.03 kg <sub>a</sub> /kg <sub>ms</sub>

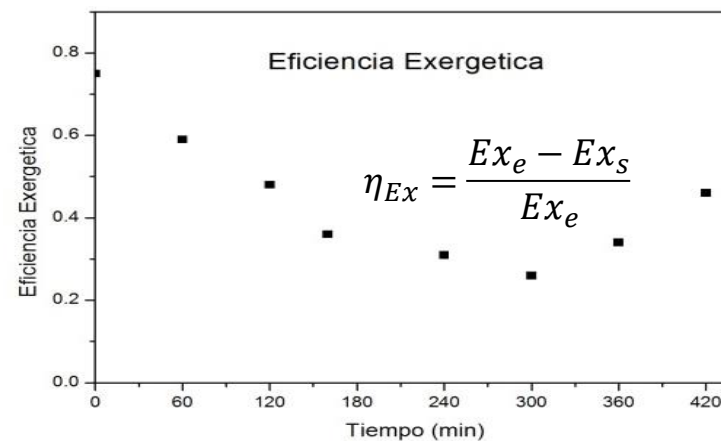
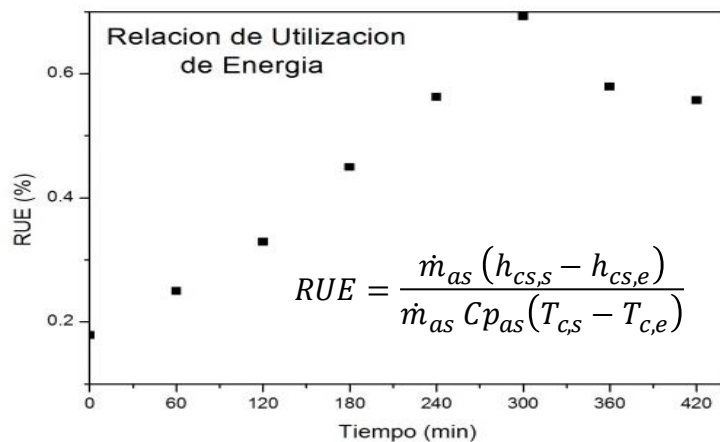
# Resultados: Modelo Logarítmico, RUE y Eficiencia Exergética

Modelo Logarítmico

$$RH = ae^{-bt}$$

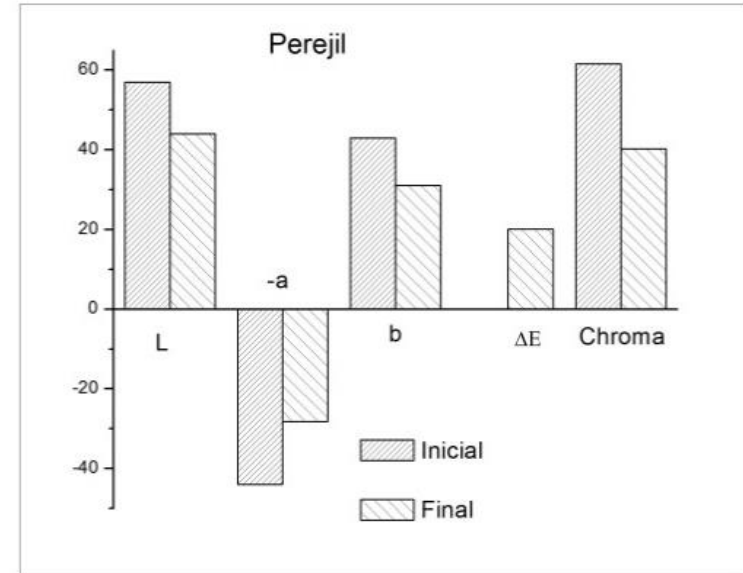
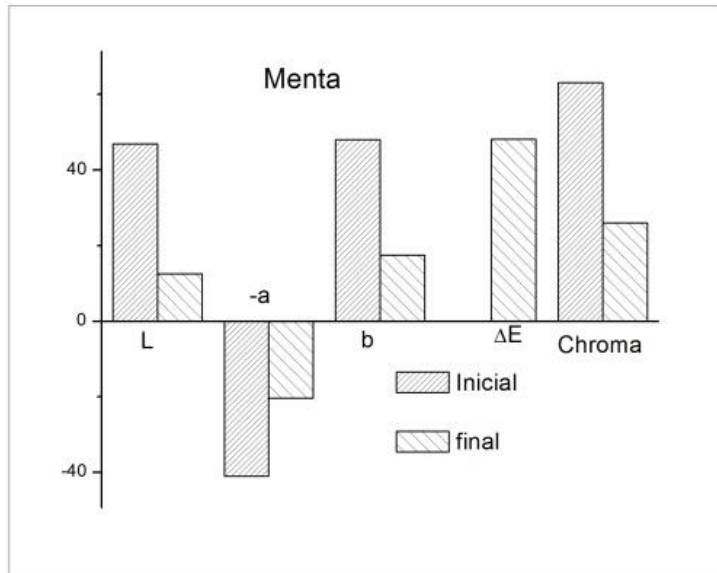


Variable	Menta	Perejil
$a$	0.85	0.6941
$b$	0.00538	0.00786
$\chi^2$	0.000022	0.00017
$R^2$	0.998	0.995





# Resultados: Cambio de color y tonalidad



$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_t)^2 + (a_0 - a_t)^2 + (b_0 - b_t)^2}$$

$$chroma = \sqrt{a_t^2 + b_t^2}$$

## Conclusiones

Se logró secar las hojas de menta y perejil en un secador solar de flujo indirecto, El contenido inicial de humedad de la menta fue de  $5 \text{ kg}_a/\text{kg}_{\text{ms}}$  y después de 7 horas se llegó a  $0.043 \text{ kg}_a/\text{kg}_{\text{ms}}$  para el perejil el inicial fue de  $3.4 \text{ kg}_a/\text{kg}_{\text{ms}}$  y el final de  $0.03 \text{ kg}_a/\text{kg}_{\text{ms}}$ .

El modelo que mejor describe esta pérdida de humedad es el logarítmico en ambos casos.

La cantidad máxima de energía que el aire ganó a su paso por el colector solar, fue de 520 W y el valor máximo de la que cedió en la cámara de secado fue de 360 W. La Relación de Utilización de Energía (RUE) cuyo intervalo de variación fue de 0.17 a 0.55 %, presentando un máximo valor de 69 %.

La eficiencia exergetica mínima del proceso fue del 26 % y la máxima que se dio al inicio del proceso fue del 75 %.

Los cambios de color que se obtuvieron en ambos productos son aceptables.



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)