



Title: Modelado matemático de secado solar de orégano (*Plectranthus amboinicus*) con tecnologías directas e indirectas

Authors: CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, MEJÍA-PÉREZ, Gerardo Alberto y LÓPEZ-VIDAÑA, Erick César

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 19
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 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

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

El orégano



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Hierba cultivada ancestralmente con fines culinarios

Perfumes, bebidas alcohólicas, como conservador en alimentos, cosmético, aceites automotrices y de aeronáutica

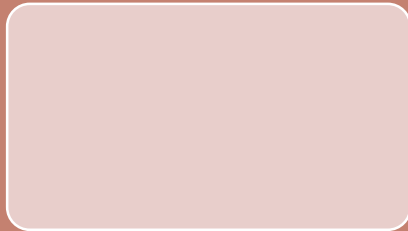
Hiper glucemia, hipertensión, obesidad y anticonceptivo

Norte de Jalisco, (donde se cosecha entre 800 y 1000 ton al año), Zacatecas, Coahuila y Chihuahua, el orégano contiene hasta un 30% más de aceite

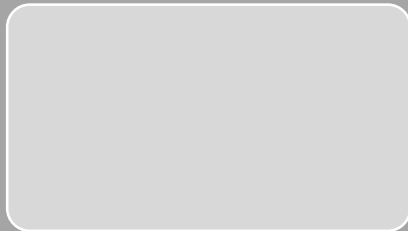
Orégano



Se utiliza seco



Método convencional



Secador solar



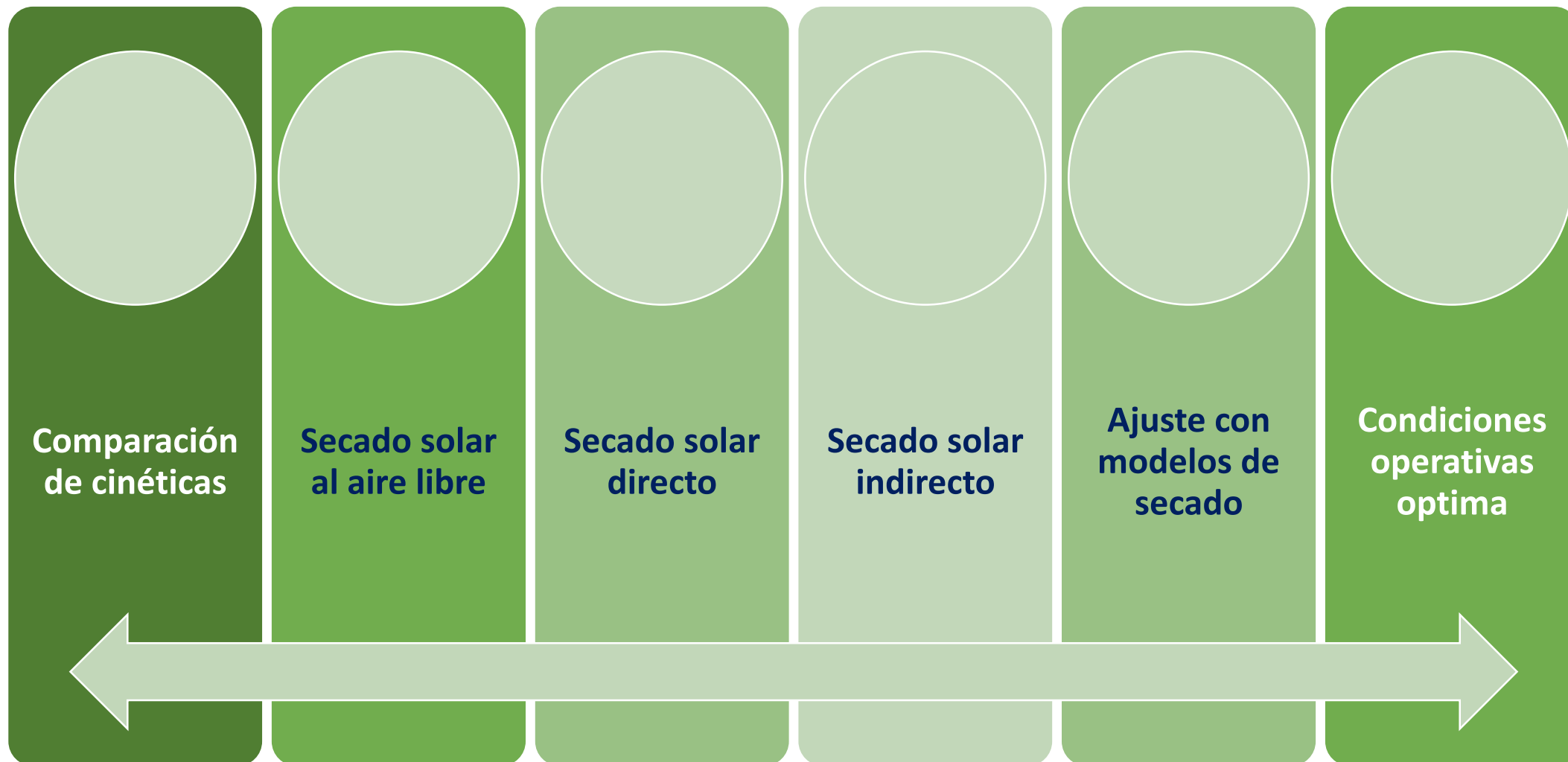
Secado Solar

Secado solar

- *Disminuye la actividad microbiana*
- *Cinéticas más rápidas*
- *Higiene*
- *Mejor color y textura*
- *Propiedades organolépticas*



Trabajo experimental





UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Materiales y Métodos

Centro
Universitario del
Norte, UDG,
colotlán, jalisco.
Universidad de
Campeche.

Máxima de 27 °
C, 5.8
kwh/m²/día.
1ero julio al 30
septiembre,
2017

Materia prima

Orégano

20 gr hoja,
lavan, pesan y
miden

METODOS EXPERIMENTALES



Secado solar directo

Tipo gabinete plástico transparente superficie de tratamiento de 0.5 m².

Superficie que absorbe la radiación solar
Perforadas

Circulación y extracción de aire caliente y húmedo.

Circulación de aire natural o convección forzada

Se midieron: temperatura interior, pérdida de peso en las muestras, la irradiancia solar, la humedad relativa . Ventilador con una velocidad de aire máxima de 2 m/s.



Figura 1 a) Secador solar directo con convección forzada y b) Secado a cielo abierto



Secado solar indirecto (ISD)

a) Cámara de secado, b) chimenea y c) colector de aire. La cámara de secado es un túnel rectangular horizontal con una longitud de 0.47 m y una sección transversal de 0.16 m². Está construido de madera con aislamiento térmico y se divide en tres niveles con tres bandejas para contener el producto a secar

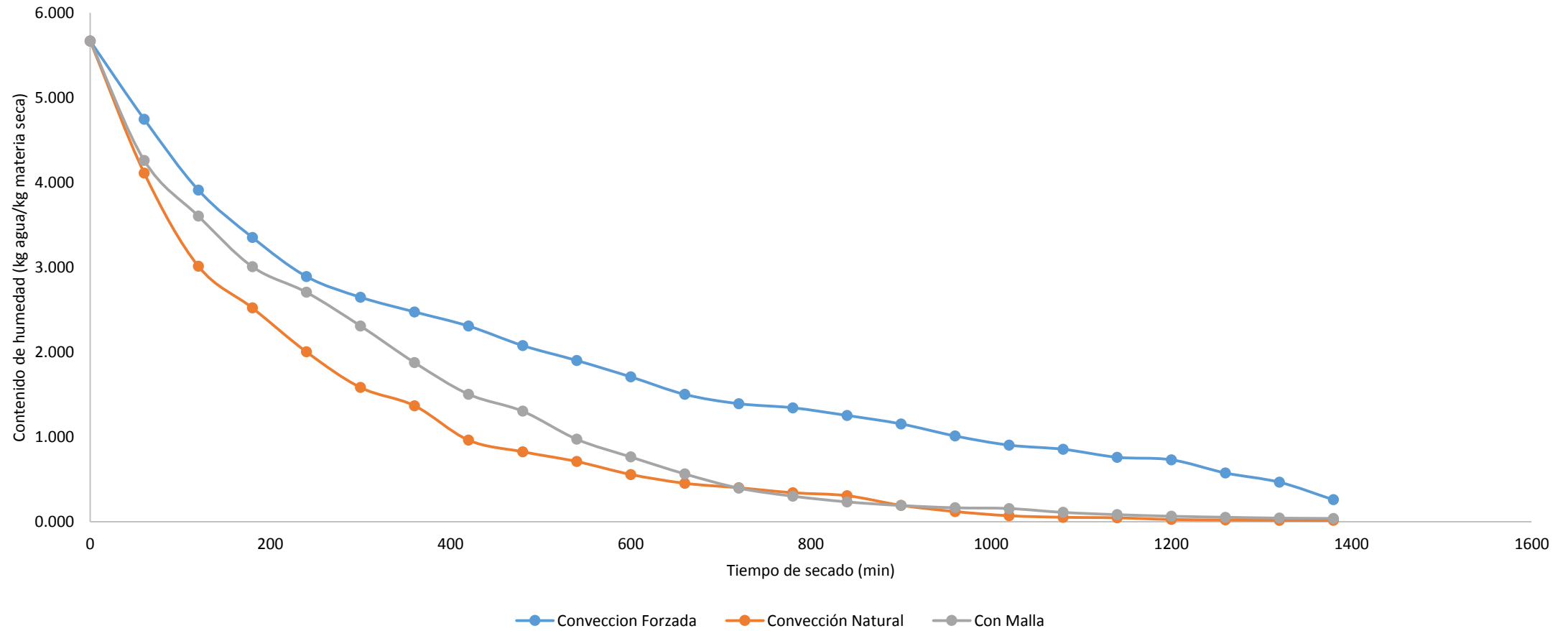




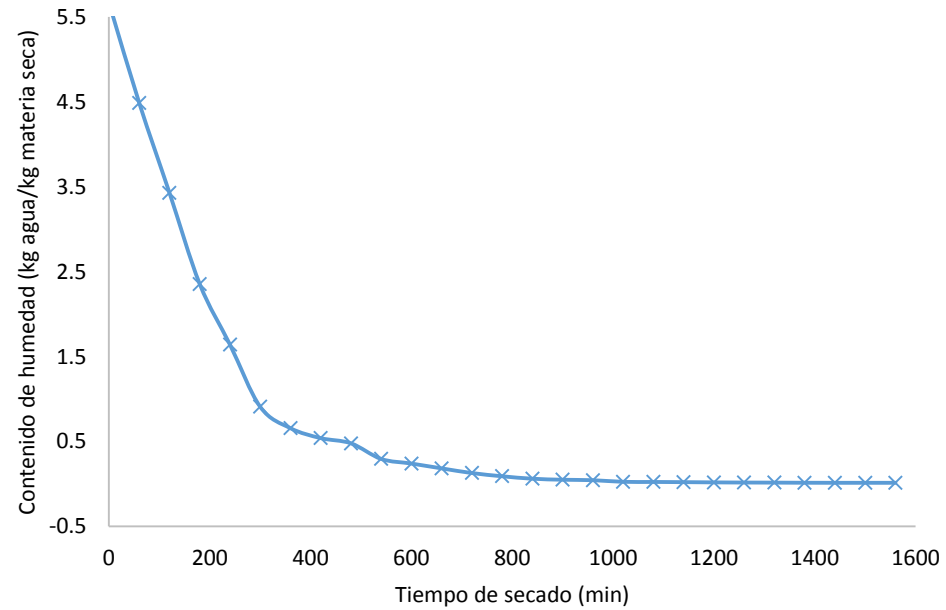
Humedad inicial y final y actividad del agua obtenida por diferentes métodos de secado (promedio).

Tipo de secado	Humedad (%)		Actividad del agua (aw)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Convección natural	80.30	8.93	0.856	0.178
Convección forzada	81.25	9.01	0.875	0.198
Cielo abierto	80.43	8.73	0.845	0.163
Secador solar indirecto	81.87	9.32	0.883	0.179

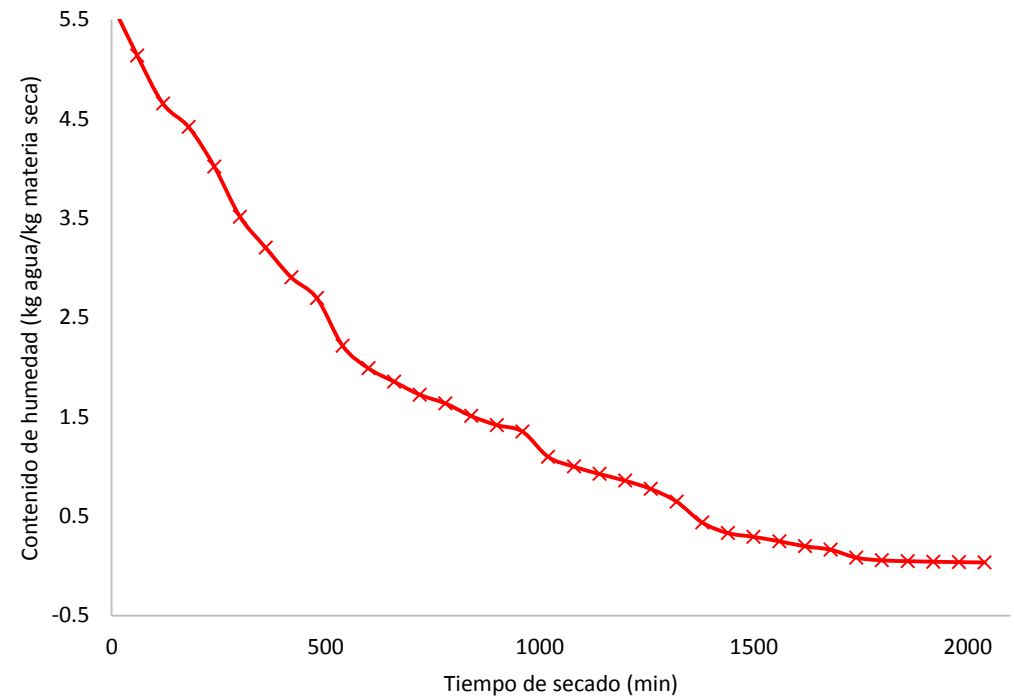
Contenido de humedad con secado solar directo con y sin convección forzada y con sombra malla



Variación en el contenido de humedad durante el secado a cielo abierto



Variación del contenido de humedad en el secador indirecto



$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$$

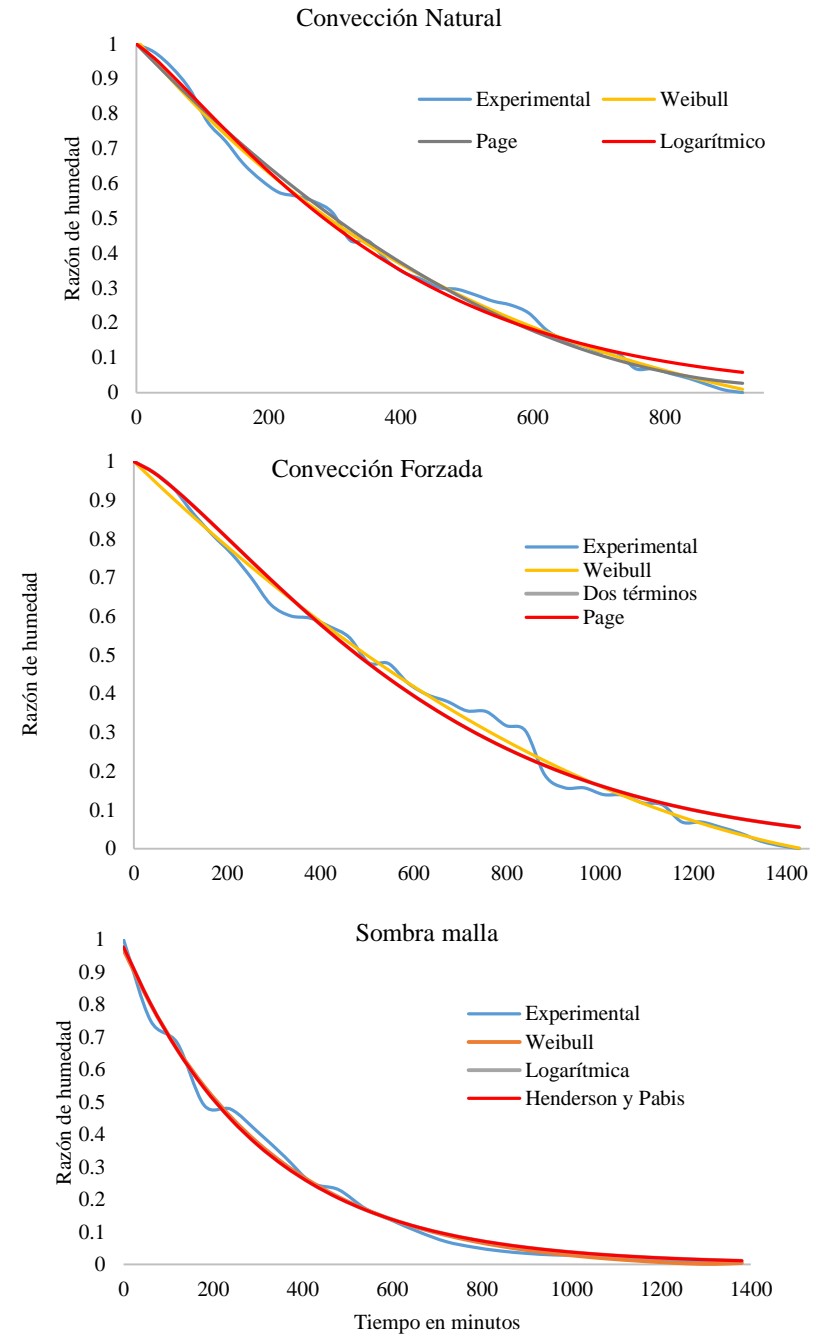
El coeficiente de determinación (R^2)

ji-cuadrado reducida (χ^2) y el error raíz-medio-cuadrado (RMSE)

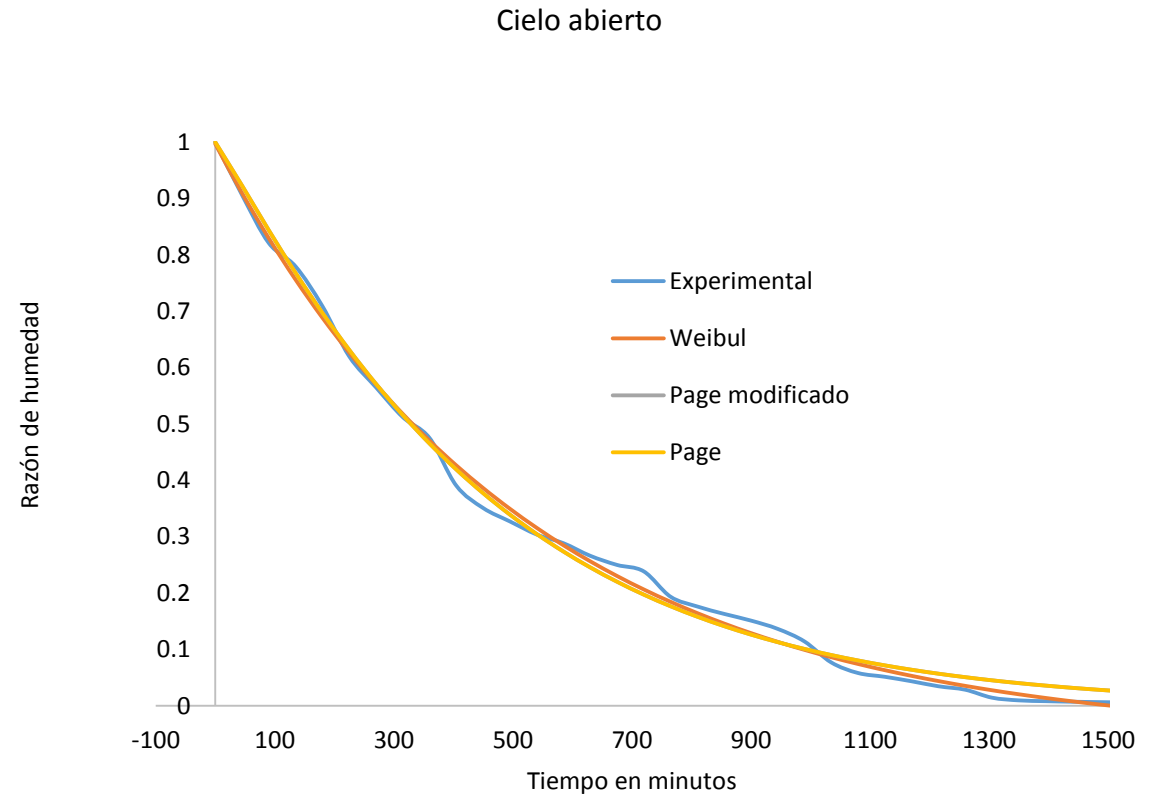
Modelo	Ecuación	Referencia
Newton	$MR = \exp(-kt)$	(Tunde 2011)
Page	$MR = \exp(-ktn)$	(Page 1949)
Page modificado	$MR = \exp(-(kt)n)$	(Diamante et al., 1993)
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Henderson and Pabis 1961)
Logarítmico	$MR = a \exp(-kt) + c$	(Togrul and Pehlivan 2002)
Dos términos	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	(Kouaa et al., 2009)
Dos términos Exponencial	$MR = a \exp(-kt) + (1-a)$	(Sharaf-Eldeen et al., 1980)
Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	(Wang and Singh, 1978)
Weibull	$MR = \exp[-(t/b)^\alpha]$	(Midilli, Kucuk and Yapar, 2002)

MEJORES MODELOS

Ajuste de la relación de humedad experimental versus el tiempo de secado obtenido para el DSD bajo A) convección natural, B) convección forzada, C) malla sombreada



Ajuste de la relación de humedad experimental con modelos matemáticos



Modelo	Coefficientes y parámetros de ajuste	Valor
	Convección natural	
Weibull	a	0.0036
	b	-
	k	0.9986
	n	0.5193
		1.2143
	r^2	0.9982
	$RMSE$	0.0114
Page modificado	X^2	0.0155
	k	0.5777
	n	1.2022
	r^2	0.9981
	$RMSE$	0.0118
Page	X^2	6.3689
	k	0.5170
	n	1.2022
	r^2	0,9981
	$RMSE$	0.3864



Coeficientes y parámetros de ajuste para DSD (convección natural y forzada y sombra-malla)



Convección forzada		
Dos términos	a	0.2674
	b	0.7314
	c	1.0980
	d	0.0846
	r^2	0.9895
	RMSE	0.0231
	χ^2	0.0690
Weibull	a	-1.3824
	b	-2.3855
	k	0.1183
	n	0.4532
	r^2	0.9922
	RMSE	0.0199
	χ^2	0.0406
Page	k	0.2477
	n	0.6854
	r^2	0.9839
	RMSE	0.0286
	χ^2	0.1022

Sombra-malla

Weibull	a	-0.0295
	b	-1.0114
	K	0.2039
	n	0.9396
	r^2	0.9937
	RMSE	0.0215
	χ^2	-0.1163
Logarítmico	a	0.9856
	c	-0.0180
	k	0.1845
	r^2	0.9997
	RMSE	0.0220



Coeficientes y parámetros de ajuste para el secado al sol abierto

Modelo	Coeficientes y parámetros de ajuste	Valor
Weibull	a	0.0076
	b	-0.9942
	k	0.2310
	n	1.2287
	r^2	0,9981
	RMSE	0.0111
	χ^2	0.0747
Page Modificado	k	0.2982
	n	1.2022
	r^2	0,9976
	RMSE	0.0125
	χ^2	1.8242
Page	k	0.2339
	n	1.2006
	r^2	0,9976
	RMSE	0.0125
	χ^2	1.8242

Conclusiones

La cinética de secado de las hojas de orégano se analizaron utilizando las tecnologías DSD y ISD.

Calidad superior usando ISD, tiempos de secado entre 1100 y 1200 minutos, cont. humedad 0.013 kg agua/kg de materia seca, tasa de secado de 0.001 kg materia seca/kg min. Tiempo secado

Las condiciones mejor controladas y se mantuvo una mayor **protección contra los efectos de la temperatura** debido a la exposición indirecta a la radiación solar.

Un colector solar plano fabricado con materiales económicos (**madera negra y vidrio 3** milímetros de grueso) fue acoplado con el ISD

El ISD **simple y económico**.

Convección natural redujo el tiempo de secado con temperaturas más altas, se detectó **pigmentación marrón**

La cubierta de **malla negra – redujo el efecto de la descoloración-** menor tiempo convección forzada.

Se probaron nueve modelos matemáticos para determinar los parámetros de los modelos apropiados para predecir el comportamiento de secado de las plantas de orégano.

Los modelos **Weibull, Page y Logarítmicos** fueron los más aptos para los datos experimentales obtenidos utilizando ISD, con R^2 de **0.9969, 0.9968, y 0.9945**, y X^2 de **0.0363, 0.0363 y 0.0599**, respectivamente;

El contenido de humedad en cualquier momento durante el proceso de secado podría ser estimado confiablemente usando estos modelos.

Los hallazgos confirman la viabilidad técnica de utilizar tecnologías de secado solar para hojas de orégano. Se pueden lograr ahorros energéticos significativos evitando el uso de energía convencional durante el proceso de secado, minimizando así los impactos ambientales.



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. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)