

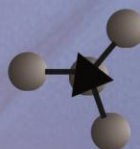
# Clicap 2015

Congreso Latinoamericano  
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

**15, 16 y 17 de abril de 2015**  
**SAN RAFAEL - MENDOZA - ARGENTINA**



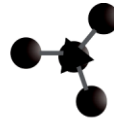
**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE CIENCIAS  
APLICADAS A LA INDUSTRIA



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE CIENCIAS  
APLICADAS A LA INDUSTRIA

# CLICAP 2015

Congreso Latinoamericano de  
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

San Rafael – Mendoza – Argentina  
2015

CLICAP 2015 : Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas /  
Alicia Lucia Ordoñez ... [et.al.] ; con colaboración de Cecilia Adriana  
Flores y Mónica Beatriz Barrera ; coordinado por Alicia Lucia Ordoñez. - 1a ed. -  
San Rafael; Mendoza : Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria : Universidad Nacional de  
Cuyo, 2015.  
E-Book.

ISBN 978-987-575-119-4

1. Ingeniería. 2. Congresos. I. Ordoñez, Alicia Lucia II. Flores, Cecilia Adriana, colab. III.  
Barrera, Mónica Beatriz, colab. IV. Ordoñez, Alicia Lucia, coord.

**CDD 620.007**

Fecha de catalogación: 17/03/2015

**CLICAP 2015 : Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria  
San Rafael, Mendoza, Abril de 2015.**

**Coordinadora:** Dr. Ing. Alicia Lucía Ordóñez

**Colaboradores:** Prof. Mónica Beatriz Barrera, Ing. Cecilia Adriana Flores

San Rafael, Mendoza, 1ª Edición 2015.

ISBN: 978-987-575-119-4  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria  
Bernardo de Irigoyen 375, 5600. San Rafael, Mendoza, Argentina

20TCA - EXTRACCIÓN DE ÁCIDO CLOROGÉNICO A PARTIR DE YERBA MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> ) .....	428
21TCA - ACTIVIDAD ACUOSA E ISOTERMAS DE ABSORCIÓN DE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO.....	435
22TCA - EFECTO DE LA PRESENCIA DE HIERRO EN LA VIABILIDAD DE <i>Lactobacillus casei</i> EN UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE CALABAZA .....	441
23TCA - RESIDUOS DE CALABAZA ( <i>Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret</i> ) COMO SOPORTE DE <i>Lactobacillus casei</i> .....	448
24TCA - RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE QUITOSANO PARA PROLONGAR LA VIDA POSCOSECHA DE KUMQUATS ( <i>Fortunella Spp</i> ) .....	455
25TCA - EVALUACION DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y EL COLOR DE ALIMENTOS FUNCIONALES A BASE DE ARANDANO Y ROSA MOSQUETA DESHIDRATADA .....	462
26TCA - CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS .....	469
27TCA - EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LEPTOCARPHA RIVULARIS: COMPARACIÓN DE EXTRACTOS OBTENIDOS POR HIDRODESTILACIÓN Y EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA CON CO <sub>2</sub> .....	476
28TCA - CALIDAD HIGIENICO-SANITARIA DE POLLOS PROVENIENTES DE DIFERENTES COMERCIOS DE LA CIUDAD DE LA RIOJA, ARGENTINA .....	483
29TCA - ALIMENTOS FUNCIONALES REGIONALES: EFECTO DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN SOBRE LA ACTIVACIÓN DE MASTOCITOS.....	491
30TCA - ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO DE ANTIOXIDANTES DE CÁSCARA DE NARANJA .....	498
31TCA - MICROBIOTA Y CEPAS DE <i>Alternaria alternata</i> TOXICOGÉNICAS EN UVAS MALBEC DE LA DOC SAN RAFAEL, ARGENTINA .....	505
32TCA - INFLUENCIA DE <i>Aureobasidium pullulans</i> PECTINOLÍTICO EN VINIFICACIONES EN TINTO CONDUCCIDAS A BAJA TEMPERATURA .....	513
33TCA - MICROPARTÍCULAS LIPÍDICAS SÓLIDAS (slm) COMPUESTAS POR LECITINA DE SOJA, MANTECA DE CACAO Y VITAMINA E: CARACTERIZACIÓN, COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y SU APLICACIÓN COMO ADITIVO PARA YOGURT .....	522
34TCA - EVALUACION DE TRATAMIENTOS PARA INHIBIR EL DESARROLLO DE PARDEAMIENTO Y CONSERVAR LA CALIDAD SENSORIAL DE BERENJENAS IV GAMA. ....	531
35TCA - ALTERNATIVAS DE ELABORACIÓN DE SALAMINES CON DIFERENTES MATERIAS PRIMAS DE LA REGIÓN NOA DE ARGENTINA.....	537
36TCA - MICROPARTÍCULAS CORE-SHELL DE PROTEÍNAS DEL LACTOSUERO Y CARBOXIMETIL CELULOSA DESTINADAS AL REEMPLAZO DE GRASA .....	544
37TCA - EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SECADO DE GRANOS INDIVIDUALES DE CHÍA.....	552
38TCA - ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN PARA PIÑONES DE <i>Araucaria araucana</i> Y EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD.....	561
39TCA - RETENCIÓN DE VITAMINA C DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE GELES PÉCTICOS LAMINADOS DE ROSA MOSQUETA ( <i>Rosa rubiginosa</i> L).....	566

## 21TCA - ACTIVIDAD ACUOSA E ISOTERMAS DE ABSORCIÓN DE HARINAS DE DOS ESPECIES DE ALGARROBO

SCIAMMARO, L. P.<sup>1</sup>; FERRERO, C.<sup>1</sup>.; PUPPO, M. C.<sup>1,2</sup>.

1. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata). 47 y 116 – (1900) La Plata. Argentina

E-mail: [sciammaro@gmail.com](mailto:sciammaro@gmail.com)

2. LIPA (Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata). 60 y 118 – (1900) La Plata. Argentina

### Resumen

La harina algarroba constituye un ingrediente interesante para la formulación de productos panificados dulces por su alto contenido de sacarosa. Este componente está estrechamente ligado a la cantidad de agua presente, por lo que conocer el contenido y la disponibilidad de agua de esta harina resulta importante desde el punto de vista nutricional. El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad acuosa de las harinas de algarrobo blanco y negro; construir las isotermas de absorción de agua a 20 y 40°C y modelarlas utilizando cuatro ecuaciones empíricas (GAB, Iglesias-Chirife, Halsey, Leiva Diaz). Las harinas alcanzaron la humedad de equilibrio entre los 25 y 30 días para las dos temperaturas utilizadas. Para el algarrobo blanco, a diferencia del negro, el contenido de humedad para la misma actividad acuosa se incrementó. Los modelos de GAB y de Leiva-Diaz resultaron los más indicados para describir las isotermas de absorción de la harina de algarrobo blanco y negro, respectivamente; en un rango de temperatura entre 20 y 40°C y con valores de  $a_w$  de entre 0,06 a 0,85.

### 1. Introducción

Las especies del género *Prosopis* pertenecen a la familia de las Leguminosas sub familia mimosoideas. Se conocen 44 especies de las cuales 11 son endémicas del territorio argentino, siendo su fruto un lomento drupáceo indehiscente (Burkart 1976); el mismo es un componente importante para la dieta de las comunidades originarias de la zona árida del noroeste argentino, principalmente las provincias de Chaco y Santiago del Estero (Felker and Bandurski 1977). Otra característica de gran importancia es que es una planta tolerante a suelos salinos y que tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico ya que realiza simbiosis con bacterias del género *Rhizobium sp.* (Felker 2009). La harina proveniente del fruto de algarrobo constituye un ingrediente interesante para la formulación de productos panificados dulces por su alto contenido de sacarosa. El comportamiento de los azúcares en los alimentos está estrechamente ligado a la cantidad de agua presente, por lo que conocer el contenido de agua en los alimentos resulta importante desde el punto de vista nutricional y también desde la disponibilidad del agua y la interacción de la misma con los componentes del alimento, entre ellos los azúcares, que determinan la vida útil de los mismos. La relación entre el contenido total de humedad y la  $a_w$  para un ingrediente alimenticio en un rango de temperaturas constantes da como resultado una isoterma de absorción cuando se expresa de forma gráfica; las mismas relacionan el contenido de humedad en el equilibrio (kg agua / 100 kg materia seca) a una temperatura constante con la actividad termodinámica del agua del producto a un rango de humedades determinado (Rangel–Marrón et al. 2010). Un gran número de modelos han sido sugeridos en literatura para explicar la dependencia entre la humedad en el equilibrio y la actividad acuosa ( $a_w$ ), como el modelo de

Guggeheim-Anderson-son de Boer (GAB), Halsey (1948), Iglesias-Chirife (1976), Leiva (2009), entre otros.

## **2. Objetivo**

El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad acuosa como también determinar y modelar las isotermas de absorción de agua a dos temperaturas utilizando cuatro ecuaciones empíricas, de harinas de algarrobo blanco y algarrobo negro.

## **3 Metodología**

### **3.1 Obtención de las harinas**

Para obtener las harinas se lavaron las vainas realizando tres enjuagues con agua de red, luego se secaron las vainas en estufa de convección durante 4 hs a 80°C, luego se utilizó un molino domestico para molerlas y se las paso a través de un tamiz de 1000  $\mu\text{m}$ .

### **3.2 Humedad**

La humedad de las muestras se determinó siguiendo el protocolo de la (AOAC 1998), para el cual la muestra se secó a 70°C en vacío a presión de 50 mm Hg hasta peso constante.

### **3.3 Actividad acuosa a 20°C ( $a_w$ )**

La determinación de la actividad acuosa se realizó en una cámara a 20°C por triplicado. Una determinada masa de harina ( $1 \pm 0,1$  g) de humedad conocida se dejó llegar al equilibrio dentro de frascos cerrados herméticamente que contenían cada uno una solución sobresaturada de una sal de  $a_w$  conocida, en el rango de 0,089 a 0,544, compuestas por NaOH, LiCl,  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . Las mismas se pesaron hasta que la diferencia entre pesadas fuera menor o igual al 3% del peso final. Se graficó la variación de la pérdida o ganancia de peso de cada muestra en función de la actividad acuosa. Se obtuvo una regresión lineal de los puntos experimentales de cuya ecuación de la recta se calculó la actividad acuosa de las harinas originales (sin secar).

### **3.4 Determinación y modelado de las isotermas de absorción**

Para realizar las isotermas de absorción, la harina se secó previamente en condiciones de vacío (70°C y 50 mmHg) hasta peso constante para eliminar totalmente la humedad y partir de esta forma de una muestra seca. Todas las determinaciones de las isotermas se realizaron por triplicado, pesando una masa de muestra ( $1 \pm 0,1$  g) la que se dejó llegar al equilibrio dentro de frascos sobresaturados de sales de  $a_w$  conocida en el rango de 0,089 a 0,867 compuestas por NaOH, LiCl,  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ , MgCl,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaNO}_2$ , NaCl, KCl (Tabla 1). A las muestras que presentaron una  $a_w$  mayor a 0,6 se les agregó fenol para inhibir el crecimiento microbiano, especialmente de hongos filamentosos. Las temperaturas elegidas para realizar las isotermas de absorción fueron 20°C y 40°C.

### **3.5 Modelado**

La relación entre la humedad en el equilibrio  $H_e$  (kg agua / kg materia seca) y la  $a_w$  de la harina de algarrobo fue predicha utilizando cuatro ecuaciones representando modelos habitualmente utilizados en alimentos: GAB , Halsey, Iglesias-Chirife (Andrade et al. 2011) y Leiva Diaz (Leiva Díaz et al. 2009) (Tabla 2).

**TABLA 1:** Sales y sus respectivas actividades acuosas a diferentes temperaturas.

Sal	$a_w$ 20°C	$a_w$ 40°C
NaOH	0,089	0,063
LiCl	0,113	0,112
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	0,234	0,208
MgCl	0,330	0,320
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,432	0,433
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,544	0,484
NaNO <sub>2</sub>	0,654	0,614
NaCl	0,757	0,747
KCl	0,867	0,843

### 3.5 Modelado

La relación entre la humedad en el equilibrio  $H_e$  (kg agua / kg materia seca) y la  $a_w$  de la harina de algarrobo fue predicha utilizando cuatro ecuaciones representando modelos habitualmente utilizados en alimentos: GAB , Halsey, Iglesias-Chirife (Andrade et al. 2011) y Leiva Diaz (Leiva Díaz et al., 2009) (Tabla 2).

**TABLA 2:** Modelos matemáticos aplicados a las isotermas de absorción.

Referencia	Modelo
GAB (1966)	$He = \frac{Xm * C * K * aw}{(1 - K * aw) * (1 + (C - 1) * K * aw)}$
Halsey (1948)	$He = \left(\frac{-A}{\ln aw}\right)^B$
Iglesias-Chirife (1976)	$He = A * \left(\frac{aw}{(1 - aw)}\right) + B$
Leiva Diaz (2009)	$He = C1 * e^{(C2*(aw)^{C3})}$
He (humedad en el equilibrio, kg agua / kg materia seca); Xm, C, A, B, K, C1,C2,C3 (constantes); $a_w$ (actividad acuosa)	

Los modelos fueron evaluados en términos de error estadístico por el porcentaje del error cuadrático medio el que predice las diferencias entre el contenido experimental de humedad y el predicho. El residuo arrojado (% ECM) debe ser menor al 10% para tomar el modelo como valido:

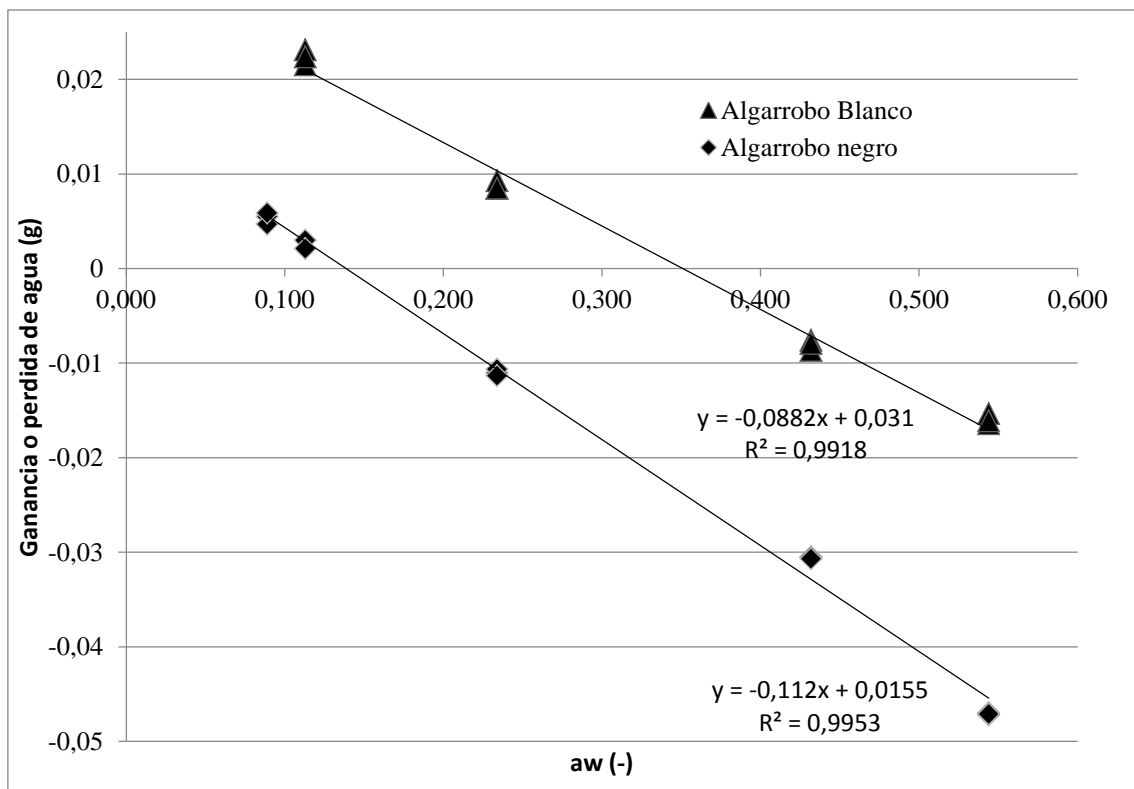
$$\% ECM = \left( \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_{exp} - M_{pre}}{M_{exp}} \right)^2} \right) * 100$$

En donde n es el número de valores del experimento,  $M_{exp}$  y  $M_{pre}$  son los valores experimentales y predichos de la humedad en el equilibrio, respectivamente. Todos los parámetros de las ecuaciones fueron obtenidos mediante la técnica de regresión no lineal utilizando el programa OriginPro 9<sup>®</sup> de OriginLab<sup>®</sup> como así también la evaluación del error cuadrático medio.

## 4. Resultados

### 4.1 Determinación de humedad y $a_w$

Los valores de humedad fueron de 0,0669 kg agua / kg materia seca para el algarrobo blanco y 0,01011 kg agua / kg de materia seca para el algarrobo negro. A partir de las ecuaciones lineales de las rectas de la Figura 1, se obtuvieron los valores de actividad acuosa a 20°C que fueron de 0,358 y 0,114 para el algarrobo blanco y negro, respectivamente.



**FIGURA 1.** Pérdida/ganancia de agua en función de la actividad acuosa de las harinas.

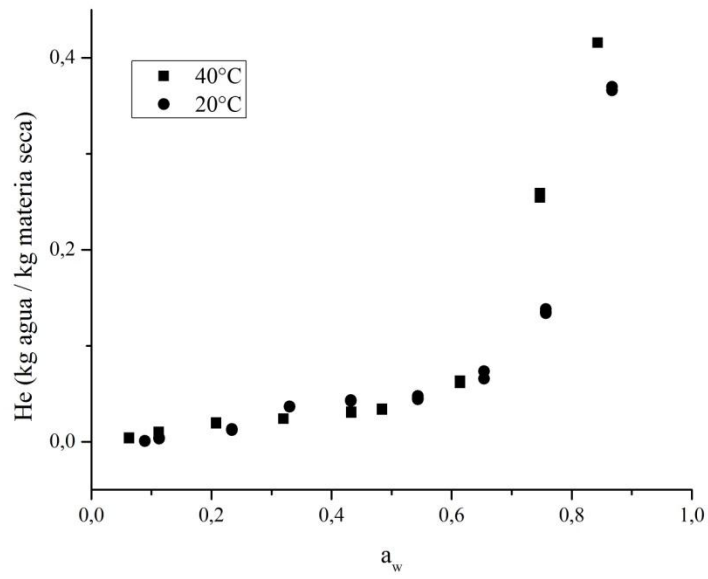
#### 4.2 Resultados experimentales

Las harinas de algarrobo llegan a la humedad de equilibrio entre los 25 y 30 días para las dos temperaturas utilizadas. Las isotermas de absorción de agua obtenidas a 20°C y a 40°C tanto para el algarrobo blanco como para el algarrobo negro, se muestran en las Figuras 2 y 3 respectivamente. Es notorio que el incremento en la humedad en el equilibrio es análogo con el incremento de la actividad acuosa, aunque para el algarrobo blanco el contenido de humedad para la misma actividad acuosa se incrementa, al contrario de lo que pasa con el algarrobo negro que decrece. Al incrementarse la actividad acuosa, las moléculas de azúcar se movilizan en la fase interna resultando en la cristalización de las mismas; luego de la cristalización resulta en un incremento en la absorción de agua ya que la interacción agua-azúcar hace que se produzca una absorción más activa (Johnson y Brennan, 2000).

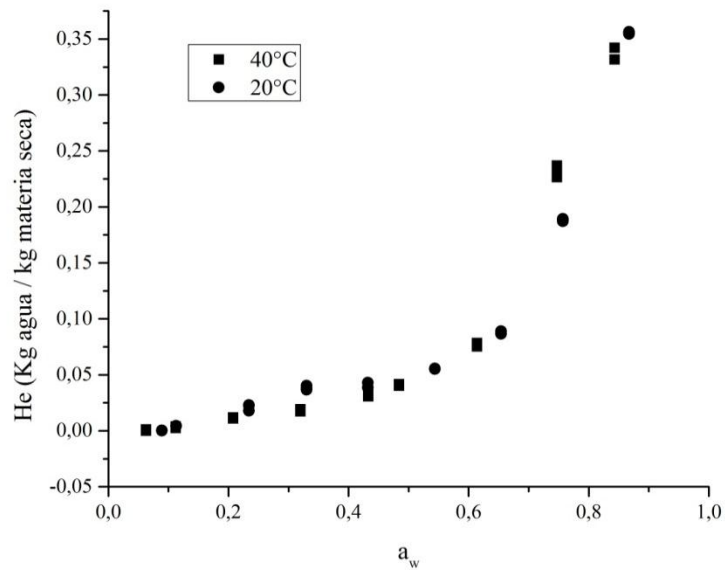
#### 4.3 Modelado

En este trabajo se utilizaron los modelos de GAB, Halsey, Iglesias y Leiva Diaz, los que relacionan la actividad acuosa ( $a_w$ ) con la humedad en el equilibrio. El modelo que mejor se adapta a los puntos experimentales del algarrobo blanco a ambas temperaturas es el modelo de GAB y para el algarrobo negro es el modelo de Leiva Diaz. Para el resto de modelos, si bien los ajustes resultan satisfactorios, los dos modelos mencionados anteriormente tuvieron un mejor ajuste. En la Tabla 3 se muestran los valores de los parámetros de la ecuaciones para cada uno de los modelos.





**FIGURA 2:** Isothermas de absorción de algarrobo blanco a 20°C y 40°C



**FIGURA 3:** Isotherma de absorción algarrobo negro a 20°C y 40°C

TABLA 3: Parámetros estimados para los diferentes modelos.

Algarrobo Blanco (GAB)		
Parámetros	Temperatura °C	
	20°C	40°C
Xm	0,02	43,80
C	2,79	8,9 x 10 <sup>-4</sup>
K	1,07	0,87
r <sup>2</sup>	0,9944	0,9689
%ECM	0,7%	2,25%
Algarrobo Negro (Leiva-Díaz)		
Parámetros	Temperatura °C	
	20°C	40°C
C1	0,01	4,1 x 10 <sup>-7</sup>
C2	4,40	14,37
C3	1,58	0,30
r <sup>2</sup>	0,9924	0,9863
%ECM	1,00%	1,20%

## 5 Conclusión

Las curvas de absorción de las harinas se pudieron modelar matemáticamente, con menores valores de %ECM a 20°C. Los modelos de GAB y de Leiva-Díaz para las isotermas de absorción de la harina de algarrobo blanco y negro, respetivamente, resultaron ser los más indicados para describir las isotermas de absorción en un rango de temperatura entre 20 y 40°C y con valores de  $a_w$  de entre 0,06 a 0,85.

Andrade RD, Lemus R, Pérez C (2011) Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. *Vitae* 18(3):325-334

AOAC (1998) Official methods of analysis of AOAC International. In: AOAC International, Gaithersburg, Md.

Burkart A (1976) A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Part 1 - 2. *Journal of the Arnold Arboretum* 57(3):219-249 // 450-425

Felker P (2009) Unusual physiological properties of the arid adapted tree legume *Prosopis* and their applications in developing countries. In: *Perspectives in biophysical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel*. Universidad Nacional Autónoma de México pp 221-255

Felker P, Bandurski RS (1977) Protein and amino acid composition of tree legume seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28(9):791-797

Johnson P, Brennan J (2000) Moisture sorption isotherm characteristics of plantain. *Journal of Food Engineering* 44(2):79-84

Leiva Díaz E, Giannuzzi L, Giner SA (2009) Apple pectic gel produced by dehydration. *Food and Bioprocess Technology* 2(2):194-207

Rangel-Marrón M, Welti-Chanes J, Córdova-Quiroz A, Cerón-Bretón J, Anguebes-Franceschi F, Moreno-Martínez V (2010) Sorption Isotherms of Mango (*Mangifera Indica* L.) Pulp Freeze-dried. In: *Proceedings of the European conference of chemical engineering, and European conference of civil engineering, and European conference of mechanical engineering, and European conference on Control*. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), pp 114-118