

# Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización del ajonjolí. *Sésamun indicum L.*

**JULIO E. OSPINA M.**

Ingeniero Agrícola-Msc. Profesor asociado.

Depto. de Ingeniería Agrícola Universidad Nacional  
de Colombia-Santafé de Bogotá.

**SANDRA P. CUERVO A.**

Ingeniera Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

**RESUMEN** El ajonjolí (*Sésamun indicum L.*), es una oleaginosa originaria de Africa y cultivada en las regiones tropicales y subtropicales de Asia y América. A los 110 días de sembrada se cosecha la semilla la cual se utiliza como materia prima especialmente en la industria de grasas y aceites comestibles. Actualmente se pierden en Colombia, un alto porcentaje de semillas durante el proceso de secado natural en el campo. Debido a la falta de información técnica, científica en secado y almacenamiento del grano de ajonjolí se procedió a estudiar la metodología para determinar, el contenido de humedad por el método de la estufa, las curvas y modelo para cuantificar la humedad de equilibrio y el calor latente de vaporización. El contenido de humedad del grano, se determinó siguiendo como referencia la norma ISO 665; se dejó el grano en la estufa con convección forzada a una temperatura de 105 °C, hasta que alcanzara peso constante, el cual se logró a las 4 horas de secado. Se obtuvieron curvas de humedad de equilibrio para el ajonjolí, variedad ICA Pacandé en el rango de temperaturas de 26 a 46 °C y humedad relativa del 15 al 74%. Las muestras se colocaron en cámaras con control de temperatura, en un recipiente que contenía una concentración de ácido sulfúrico cuya función fue la de fijar la humedad relativa dentro del recipiente. Igualmente se utilizó un equipo de control de ambiente que suministra el flujo de aire con una temperatura y una humedad relativa previamente establecidas, a una cámara donde se colocaron muestras hasta que alcanzaron el peso constante, momento en el cual se procedió a determinar su contenido de humedad que a su vez fue la humedad de equilibrio para esas condiciones. A partir de los datos experimentales se encontró un modelo matemático para cuantificar la humedad de equilibrio. Por otra parte con estos valores y basados en el gráfico psicrometrico, se obtuvo la ecuación para medir el calor latente de vaporización del ajonjolí.

## INTRODUCCIÓN

La demanda creciente en Colombia de materias primas oleaginosas han permitido a los cultivadores de ajonjolí encontrar unas amplias perspectivas para la comercialización de su grano, la cual esta constitui-

da por procesadores de aceites y la industria panificadora. Para obtener un aumento en la producción con una calidad que pueda competir con el mercado internacional se requiere mejorar los procesos de secado y almacenamiento, para lo que se hace necesario el estudio de parámetros relacionados con estos procesos.

En el país no se han realizado estudios para determinar los parámetros de Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización de este grano. El conocimiento del valor del contenido de humedad en equilibrio es de gran importancia en los procesos de secado, almacenamiento y procesamiento del producto.

El contenido de humedad de equilibrio determina el valor final de la humedad que puede alcanzar el producto, especialmente en los sistemas estáticos de secado, como sucede en los silos o albercas.

El conocimiento del calor latente de vaporización es de gran importancia para poder cuantificar la eficiencia térmica de los secadores y la eficiencia del proceso de secado. Igualmente el calor latente de vaporización es el mejor punto de referencia para indicar un adecuado uso de la energía en los equipos utilizados para el secado de productos agrícolas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El ajonjolí pertenece al género *sésamun*, de la familia de las pedaliáceas; la especie más cultivada es la denominada *Sesamun indicum L.* (17). Es una planta herbácea anual, de altura variable (0.7 a 3m); los frutos son cápsulas que pueden llegar a medir hasta 4 cm de longitud, generalmente pubescentes, de uno a tres frutos por axila foliar. La propiedad de dehiscencia de los frutos del ajonjolí establece estrictas limitaciones para la cosecha y trilla tradicionales realizadas manualmente, así como para las modernas exigencias de mecanización de estas operaciones. La semilla que se encuentra en el interior de las cápsulas es pequeña, de 2 a 4 mm de largo, de forma achatada y de color variable.

La demanda de la semilla de ajonjolí es muy amplia, la cual es utilizada especialmente para la obtención de aceites, como para la producción de dulces, jabones, cosméticos, drogas e insecticidas y para la industria panificadora (1). La torta que resulta una vez extraído el aceite por solvente o a presión, torta es un excelente alimento para animales.

En la TABLA 1 se presenta la producción Colombiana total, superficie sembrada y Rendimiento, en el período de 1981 a 1991.

Por otra parte, de las operaciones fundamentales del manejo de postcosecha del ajonjolí, es el **secado**, el cual se realiza en forma natural en el campo. El ajonjolí una vez alcanza su madurez fisiológica entre 100 y 110 días, se corta y se procede a hacer

**TABLA 1.**  
Superficie Cosechada, producción obtenida, rendimientos, costos de producción Nacional Total.

Año	S (Ha)	P (Ton)	R Kg/Ha
1981	19400	11600	598
1982	12300	7200	585
1983	9000	4900	544
1984	8360	4932	590
1985	27450	15622	569
1986	29350	17854	608
1987	19080	10890	571
1988	12350	7480	606
1989	14255	8920	626
1990	12450	8230	661
1991	14200	9300	655

Fuente: Ministerio de Agricultura, Subdirección de Prod. Agrícola, IDEMA (1991).

arrumes o «burros» en el campo; en esta situación se deja el producto por un período de 15 a 18 días, tiempo suficiente para que la cápsula se abra y salga la semilla, con un contenido de humedad entre el 6 y 9 % (ver FIGURA 1).

En los últimos años se han producido importantes cambios y perfeccionamiento en las técnicas y equipos utilizados para los procesos de secado y almacenamiento de granos en los países desarrollados. El estudio de las teorías de secado y la ayuda de la informática en la técnica de simulación han permitido optimizar el procedimiento y los equipos, los cuales han contribuido a ser más eficiente el proceso de secado.

La simulación física del proceso de secado demanda el conocimiento de una serie de modelos matemáticos que cuantifiquen algunos parámetros de secado entre ellos el contenido de humedad de equilibrio, el calor latente de vaporización, la difusión y el calor específico.

## CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO

Es aquel que alcanza el grano cuando es sometido por un determinado período de tiempo a unas condiciones determinadas de temperatura y humedad relativa. El contenido de humedad en equilibrio es llamado también equilibrio higroscópico, el cual lo alcanza cuando la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad del grano es igual a la presión de vapor de agua del aire ambiente.



FIGURA 1. Secado en campo de la planta de ajonjolí

El contenido de humedad en equilibrio de los productos agrícolas depende principalmente de:

- Humedad relativa del aire
- Temperatura del producto que es aproximadamente igual a la temperatura del aire ambiente.
- Especie o variedad del producto
- Madurez fisiológica y la historia del producto
- La manera en que se obtuvo el equilibrio.

Dada la importancia que tiene la obtención de datos experimentales de equilibrio higroscópico de los productos por sus innumerables aplicaciones en el secado, almacenamiento, procesamiento y manejo de productos agrícolas, se han realizado diversos estudios para obtener ecuaciones que expresen el contenido de humedad de equilibrio respecto a cada producto, en función de la humedad relativa y la temperatura del aire. Las ecuaciones de equilibrio higroscópico también son importantes para la obtención del calor latente de vaporización del agua contenida en los productos biológicos, en los procesos de secado.

La ecuación obtenida por Roa para la soya :

$$CHE = (0.469448 * HR + (-0.295153) * HR^2 + 0.17048 * HR^3) * EXP ((0.00219 + (-0.00691) * HR + (-0.22417) * HR^2 + 0.46542 * HR^3 + (-0.24788) * HR^4) * (T + 32.08))$$

### CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

Se define como la energía necesaria para que una unidad de masa de agua contenida en el producto pase del estado líquido al estado gaseoso. Este calor depende, de la temperatura y del contenido de humedad que presenta el producto. El conocimiento del calor latente de vaporización es de gran importancia para cuantificar la eficiencia térmica de los secadores y realizar un buen uso de la energía. Stefanini y Roa (1979)(9), calcularon el calor latente de vaporización de agua contenida en granos de soya para humedades entre 5-25% bs y temperaturas de 20, 30, 40 y 50 °C obteniendo los valores que se encuentran en la TABLA 2, a

**TABLA 2.**  
Calor latente de vaporización del agua contenida en la soya

Meq %.bs	Calor latente de vaporización Kcal/Kg				L/L'
	20°C	30°C	40°C	50°C	
5	794.97	787.37	779.64	771.91	1.36
10	709.04	702.21	695.37	688.47	1.21
15	661.01	654.69	648.26	641.83	1.13
20	633.31	627.26	621.10	614.94	1.08
25	614.96	609.08	603.10	597.12	1.05

Fuente: Roa y Rossi (9).

partir de curvas de humedad de equilibrio halladas por Roa en 1974 (9) y Utilizando la ecuación de Othmer(13) obtuvieron:

La carencia de información de las propiedades físicas del equilibrio higroscópico y del calor latente de vaporización del ajonjolí, motivo y justificó realizar un estudio cuyo objetivo fue el de establecer sendos modelos matemáticos para cuantificar el contenido de humedad de equilibrio y el calor latente de vaporización del ajonjolí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el siguiente estudio se seleccionó ajonjolí de la variedad ICA Pacandé cultivado en una finca, localizada en el municipio del Espinal cuyas características geográficas son las siguientes:

Latitud: 0412      Temperatura media: 27.8°C  
 Longitud: 7456      Humedad relativa prom.: 69%  
 Altitud: 431 msnm      Presión atmos.: 976.4 milibares

La parte experimental se realizó en el laboratorio de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia en Santafé de Bogotá. La parte experimental tuvo como fase inicial establecer la metodología para determinar el contenido de humedad del producto por el método de la estufa teniendo como referencia la norma ISO 665 para semillas oleaginosas. El contenido de humedad en equilibrio, se determinó utilizando los métodos dinámico y estático, establecidos para tal fin. En el método dinámico se usó una unidad AMINCO AIRE, en la que se pueden controlar las condiciones de temperatura y humedad relativa, por medio de pulverización de agua. Esta unidad esta acoplada a una cámara en la cual se determina el contenido de humedad equilibrio del producto. Dicha cámara consta de cuatro compartimientos provistos de bandejas en donde se depositan sendas muestras del producto con contenido de humedad determinado; posteriormente se procedió al pesaje de cada una de las bandejas, a diferentes intervalos de tiempo hasta que el producto alcanzó un peso constante. En estas condiciones se llevó a la estufa (103 ± 2°C / 4 horas), para cuantificar el contenido de humedad, que a su vez es el contenido de humedad de equilibrio.

Para el método estático se utilizó ácido sulfúrico a diferentes concentraciones, lo que permitió obtener las condiciones de humedad y temperatura requeridas; se prepararon las concentraciones necesarias del ácido depositandolas en recipientes

de vidrio, conjuntamente con las muestras de grano sin que hubiese contacto directo con la solución; posteriormente se selló el recipiente herméticamente y se introdujo en la estufa a la temperatura requerida para lograr las condiciones ambientales necesarias. Se tomaron los pesos de las muestras a diferentes intervalos de tiempo hasta que no se presentó variación con la lectura anterior, obteniéndose entonces el equilibrio.

La ecuación utilizada para obtener el contenido de humedad en equilibrio a partir de la humedad relativa y la temperatura fue la Ecuación propuesta por Roa (9):

$$CHE = (P1 * HR + P2 * HR^2 + P3 * HR^3) * EXP((P4 + P5 * HR + P6 * HR^2 + P7 * HR^3 + P8 * HR^4) * (T + P9))$$

CHE : Contenido de humedad de equilibrio, decimal  
 HR : Humedad relativa del aire, decimal  
 T : Temperatura del aire, °C  
 P1...P9 : Parámetros para cada producto

Esta ecuación cumple satisfactoriamente los requerimientos para obtener los valores de equilibrio higroscópico (precisión, generalidad y factibilidad en su uso).

Para determinar sus parámetros, se recurrió al paquete estadístico SAS, procedimiento PROC NLIN (método Marquardt).

## CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

Se ha encontrado que esta propiedad depende del tipo de grano, de su contenido de humedad y de su temperatura. Entre más bajo sea su contenido de humedad y más baja la temperatura del grano, mayores serán los requerimientos de energía para secarlo (5).

Con base en los datos de las isotermas de equilibrio, se obtuvieron los valores de presión de vapor del producto. Othmer (13) encontró, para varios granos, que la presión de vapor del agua en la superficie del grano en equilibrio, esta relacionada con el calor latente de vaporización del grano, a partir de la siguiente relación:

$$\ln(P_v) = \frac{L}{L'} * \ln(P_{vs}) + C$$

en donde

$P_{vs}$ : Presión de vapor de saturación del agua libre, KPa

$P_v$ : Presión de vapor del agua en la superficie del producto, KPa

L: Calor latente de vaporización. agua contenida en el producto, KJ/Kg

L': Calor latente de vaporización del agua libre, KJ/Kg

C: Constante de integración

Una vez calculados los valores de L y L', para los diferentes contenidos de humedad, y por medio de regresión lineal se encontrarán los parámetros de la ecuación de Othmer

$$\frac{L}{L'} = 1 + \alpha * \text{EXP} (-\beta * CH)$$

en donde

L : Calor latente de vaporización del agua contenida en el ajonjolí, KJ/Kg

L' : Calor latente de vaporización del agua libre, KJ/Kg, que es dado por la expresión:

L' : 2502.4 - 2.4295 \* T

CH: Contenido de humedad del grano, decimal, base seca

T : Temperatura del grano, °C

a,b : Constantes de cada grano

para así obtener la ecuación de calor latente de vaporización del ajonjolí.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se obtuvo una muestra representativa de grano del día de corte, su contenido de humedad fue del 27.9 % bh. A los seis días de cortado y puesto a secar en las pilas, se tomó otra muestra representativa de 250 gramos con un contenido de humedad de 6.61 % bh, lo que indicó que el proceso de eliminación de humedad se realizó en su mayor parte en los primeros seis días del secado en campo. A los 15 días, etapa de trilla o sacudida se tomó otra muestra representativa y se le determinó la humedad, obteniéndose un valor de 5.04 %. El resto de las muestras fueron llevadas a el laboratorio de Ingeniería Agrícola en la Universidad Nacional de Santafé de Bogotá, en un recipiente hermético evitando transferencias de masa, para realizar los ensayos pertinentes.

La determinación del contenido de humedad por el método de la estufa en el laboratorio, se realizó utilizando una norma específica para oleaginosas, la ISO 665.(Oilseeds-Determination of moisture and volatile matter content.). Con base en esta norma se determinó que la humedad del ajonjolí se halla a  $103 \pm 2^\circ\text{C}/4\text{h}$

## HUMEDAD DE EQUILIBRIO

Los resultados de contenido de Humedad en equilibrio alcanzadas por las muestras de Ajonjolí para las diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa utilizando los métodos dinámico y estático se muestran en la TABLA 3 y FIGURA 2.

Durante el desarrollo de los ensayos por el método dinámico se observó una fluctuación en los pesos de las muestras sometidas a condiciones controladas, posiblemente la causa de este fenómeno se encuentran en la composición del grano, ya que por su alto contenido de aceite es muy difícil la migración de humedad del interior del grano a la superficie de este o viceversa.

Con los datos obtenidos experimentalmente y empleando el análisis de regresión no lineal con el paquete SAS, se encontraron los valores de los parámetros para la ecuación de humedad de equilibrio de Roa(9), para temperaturas entre 26 y 46°C y humedades relativas entre 15 y 74% :

Parámetros de la ecuación de humedad de equilibrio obtenida en este trabajo para el Ajonjolí.

P1 = 1.08164999

P2 = -2.63370173

P3 = 1.92201983

P4 = -0.03120701

P5 = 0.06493185

P6 = -0.15241556

P7 = 0.30414396

P8 = -0.21408833

P9 = 34.50827633

Por lo tanto la ecuación obtenida para la humedad de equilibrio del ajonjolí es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CHE} = & (1.08164999 * \text{HR} + (-2.63370173) \\ & * \text{HR}^2 + 1.92201983 * \text{HR}^3) * \text{EXP} ((-0.03120701 \\ & + 0.06493185 * \text{HR} + 0.15241556 * \\ & \text{HR}^2 + 0.30414396 * \text{HR}^3 + (-0.21408833) * \text{HR}^4) \\ & * (T + 34.50827633)) \end{aligned}$$

De lo observado numéricamente de los resultados obtenidos se puede apreciar que estos tienen un buen ajuste con, una confiabilidad del 95% .

Se apreció que el contenido de humedad de equilibrio para el ajonjolí es del orden del 5 al 8%,

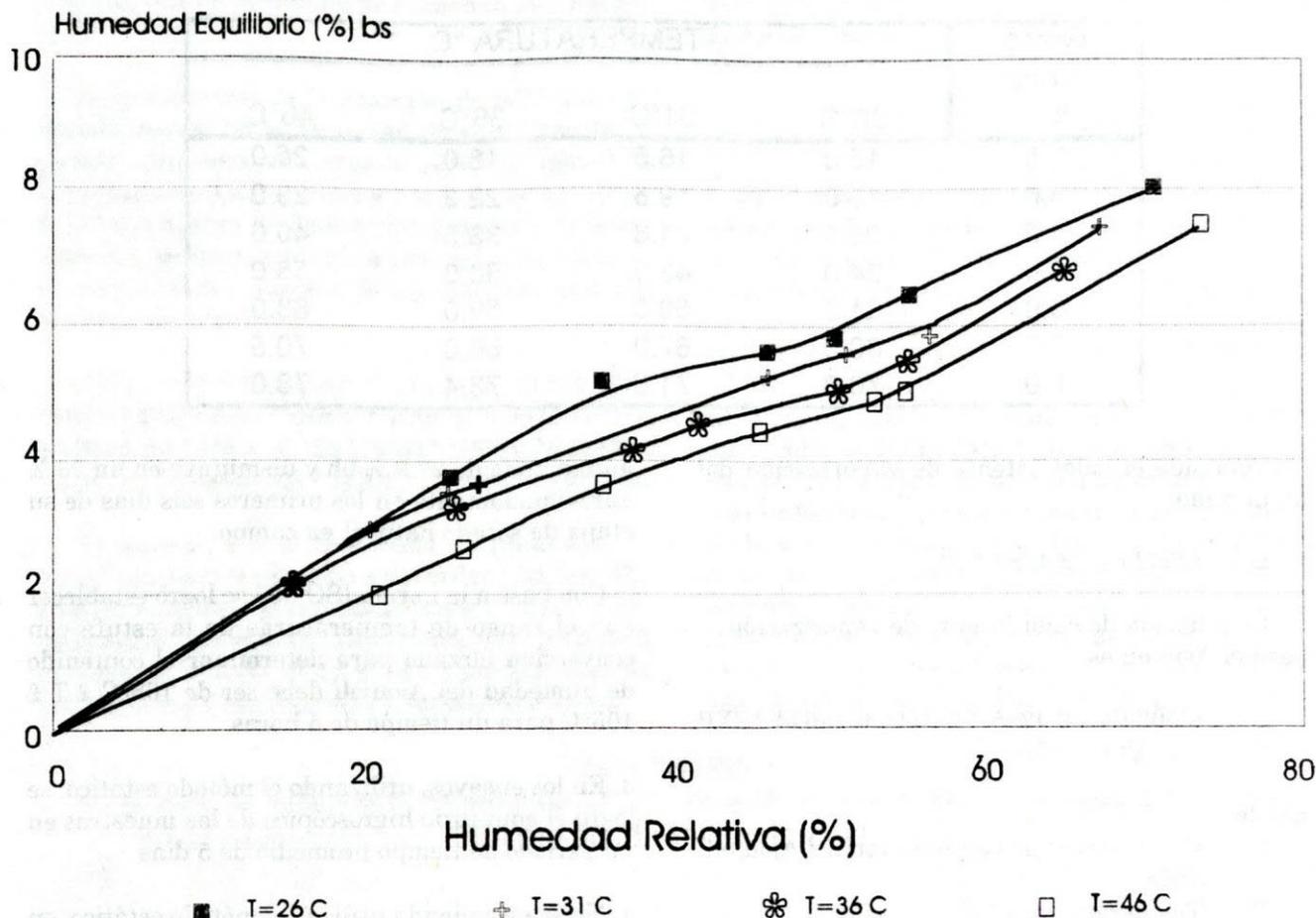
inferior al de otros granos como la soya, cacao, arroz, maíz etc., reportadas en la literatura, cuya humedad se encuentra entre el 12 y 14% para las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa.

**TABLA 3.**  
Valores experimentales de humedad de equilibrio de Ajonjolí a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa.

T. bulbo húmedo ° C	T. bulbo seco ° C	Humedad relativa %	Contenido humedad bh	Contenido humedad bs
*	26	25,00	3,640	3,778
*	26	35,00	4,873	5,123
18	26	45,82	5,285	5,580
*	26	50,00	5,474	5,791
19,5	26	54,78	6,120	6,519
22	26	70,87	7,412	8,005
*	31	20,00	2,937	3,026
*	31	25,00	3,335	3,450
18	31	27,01	3,475	3,600
22	31	45,75	4,930	5,186
23	31	50,89	5,305	5,602
24	31	56,24	5,500	5,820
27	31	67,56	6,920	7,434
18	36	14,94	2,115	2,161
21	36	25,36	3,242	3,351
24	36	37,04	3,937	4,098
25	36	41,24	4,315	4,510
27	36	50,14	4,755	4,992
28	36	54,85	5,100	5,374
30	36	64,85	6,360	6,792
26	46	20,42	1,915	1,952
28	46	25,87	2,560	2,627
31	46	34,90	3,482	3,608
34	46	45,06	4,217	4,403
36	46	52,53	4,597	4,819
36,5	46	54,48	4,720	4,954
41	46	73,97	6,932	7,448

\* Puntos obtenidos usando el método estático

**FIGURA 2.**  
Isotermas humedad equilibrio de Ajonjolí.



### CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

En la TABLA 4 se encuentran los valores de las humedades relativas para las diferentes humedades de equilibrio del Ajonjolí halladas a partir las isotermas de humedad de equilibrio. A partir de los valores de humedad relativa, y con los valores de la presión de vapor de saturación del agua, halladas para las diferentes temperaturas en las tablas de vapor. Se la calcula la presión de vapor del producto. Con esta información se obtienen relaciones entre el calor latente de vaporización del agua y el calor latente de vaporización del Ajonjolí ( $L/L'$ ), para los diferentes contenidos de humedad del grano, los resultados se muestran en la TABLA 5 incluyendo el valor promedio de dicha relación.

Por ajuste de mínimos cuadrados y utilizando los valores de  $L/L'$  y los contenidos de humedad del grano en base seca, aplicados a las ecuación

$$\frac{L}{L'} = 1 + \alpha \text{EXP} (-\beta CH)$$

se obtuvieron los valores de las constantes y la ecuación de calor latente de vaporización para el Ajonjolí.

Constantes

a: 0.16614

b: -4.9190

La ecuación obtenida es

$$\frac{L}{L'} = 1 + 0.16614 * \text{EXP} (- 4.9190 * CH)$$

**TABLA 4. Valores de humedad relativa del aire a diferentes temperaturas y contenidos de humedad de equilibrio del Ajonjolí**

Grano CHbs %	TEMPERATURA °C			
	26°C	31°C	36°C	46°C
2.5	15.0	16.5	18.0	25.0
3.0	19.0	19.5	22.3	29.0
4.0	26.5	31.8	33.5	40.0
5.0	34.0	43.5	50.0	55.0
6.0	51.0	56.0	59.0	63.0
7.0	60.0	67.0	66.0	70.5
8.0	70.8	71.5	73.4	78.0

Tomando el calor latente de vaporización del agua como:

$$L' : (2502,64 - 2.4295 * T)$$

La ecuación de calor latente de vaporización para el Ajonjolí es:

$$L : (2502.64 - 2.4295 * T) * (1 + 0.16614 * EXP(-4.9190 * CH))$$

donde

L : Calor latente de vaporización del Ajonjolí, J/Kg

T : Temperatura en ° C

CH : Contenido de humedad, base seca, decimal

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El ajonjolí cuando alcanza su madurez fisiológica es cortado momento en el cual tiene una humedad

aproximada de 27.9 % bh y disminuye en un 76 % aproximadamente en los primeros seis días de su etapa de secado natural en campo.

2. Con base a la norma ISO 665 se logró establecer que el rango de temperaturas de la estufa con convección forzada para determinar el contenido de humedad del Ajonjolí debe ser de 103°C & T & 105°C para un tiempo de 4 horas.

3. En los ensayos, utilizando el método estático, se logró el equilibrio higroscópico de las muestras en un período de tiempo promedio de 5 días.

4. No se recomienda utilizar el método estático, en la determinación de la humedad de equilibrio, para condiciones de temperatura mayores a 31 °C y humedades relativas superiores al 55 %, debido a que se pueden presentar desarrollo de microorganismos y germinación del producto en un período de tiempo aproximado de 48 horas.

**TABLA 5. Relaciones entre el calor latente de vaporización del agua y el calor latente de vaporización del Ajonjolí (L/L').**

CHbs (%) Grano	TEMPERATURA ° C			
	26 - 31° C	31 -36° C	36 - 46° C	PROMEDIO
2.2	1.32878	1.3117254	1.6212858	1.4205970
3.0	1.08957	1.4806716	1.4968581	1.3557029
4.0	1.65279	1.1865786	1.3353858	1.3915868
5.0	1.85002	1.4989208	1.1802569	1.5097355
6.0	1.32264	1.1869476	1.1240667	1.2112188
7.0	1.38066	0.9461332	1.1247400	1.1505136
8.0	1.03393	1.0939822	1.1149545	1.0809559

5. Con base a los resultados del presente estudio se recomienda almacenar el ajonjolí para la zona del Espinal, con un contenido de humedad entre el 5 y el 7%.

6. Los parámetros de la ecuación de ROA para la determinación de la humedad de equilibrio en el ajonjolí, obtenidos por regresión no lineal, utilizando el paquete estadístico SAS y con base en los datos experimentales hallados del presente trabajo permitió obtener la ecuación general para calcular el contenido de humedad de equilibrio de ajonjolí, la cual es la siguiente:

$$CHE = (1.08164999 * HR + (-2.63370173) * HR^2 + 1.92201983 * HR^3) * EXP((-0.03120701 + 0.06493185 * HR + (-0.15241556) * HR^2 + 0.30414396 * HR^3 + (-0.21408833) * HR^4) * (T + 34.50827633))$$

7. Se apreció que el contenido de humedad de equilibrio para el ajonjolí es del orden del 5 al 8%, inferior al de otros granos como la soya, cacao, arroz, maíz etc., reportadas en la literatura, cuya humedad se encuentra entre el 12 y 14% para las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa.

8. La ecuación obtenida a partir de las isotermas de equilibrio, según el método de Othmer, para determinar el calor latente de vaporización de ajonjolí es de la forma:

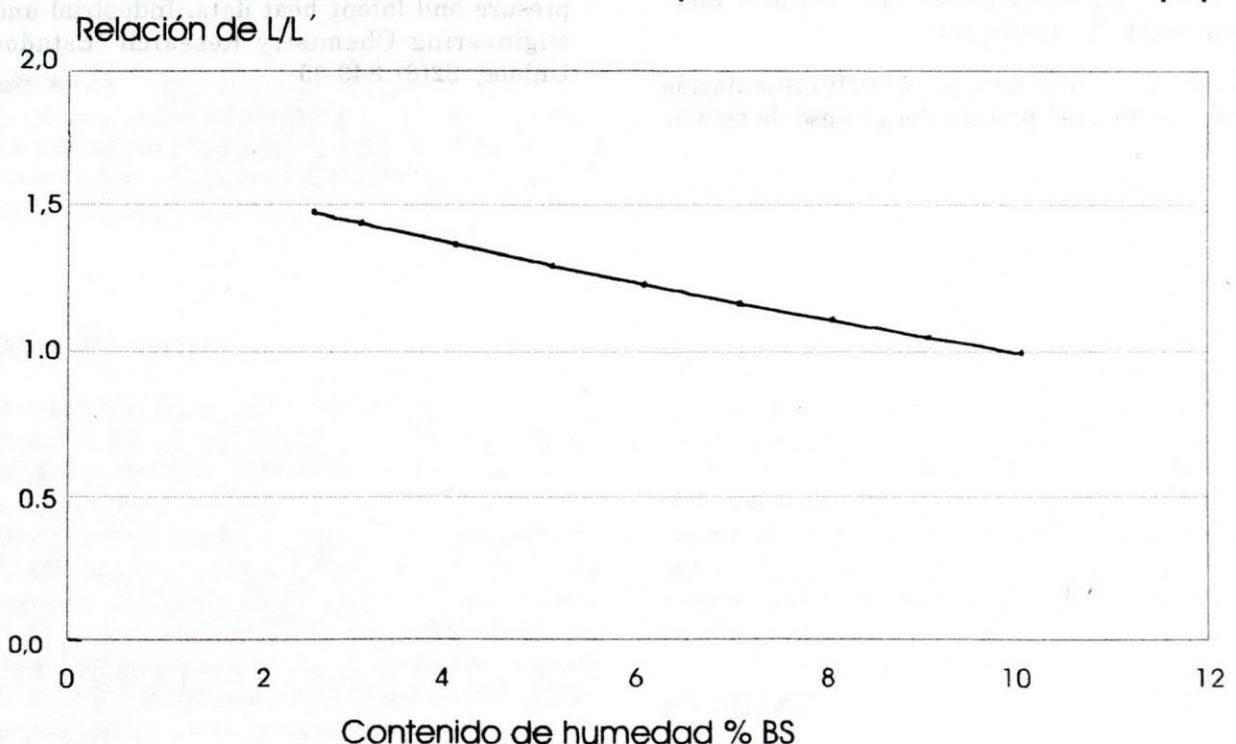
$$L = (597.64 - 0.57 * T) * (1 + 0.16614 * e^{(-4.9190 * CH)})$$

9. Se recomienda proseguir la investigación en secado y almacenamiento del ajonjolí, con el propósito de completar la información referente a la determinación del calor específico, secado en capa delgada y propiedades fisico-mecánicas del grano.

10. Después del secado natural en el campo, el contenido de humedad de la semilla cuando se realiza la sacudida es de 6.6 % bh aproximadamente, valor inferior al requerido para su almacenamiento en la zona de estudio. Con base en lo anterior y tomando en cuenta que las pérdidas del producto durante el secado en campo y sacudida son altas, se recomienda realizar un estudio comparativo de secado en cápsula y en semilla, tendiente a lograr una disminución en las pérdidas postcosecha.

En la FIGURA 3.

Se muestra la curva de la variación de L/L' con respecto al contenido de humedad del ajonjolí.



# BIBLIOGRAFÍA

1. ARIZA, L.E.(1971). El cultivo del Ajonjolí. Departamento de producción y sanidad vegetal.Universidad del Tolima. Ibagué. Colombia.
2. BROOKER, D. et al.(1974). Drying cereal grains. AVI Publishing co.Wesport.
3. CUERVO, S.P.(1992).Humedad de Equilibrio y Calor Latente de Vaporización para el Ajonjolí. Trabajo de Grado para optar el Título de Ingeniera Agrícola.Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.
4. FAO, (1991). Principio de secado de granos.Psicrometria Higroscopia. Serie Tecnológica Postcosecha 8.Santiago.Chile.
5. HALL,C.W.,(1957).Drying farm crops. Agricultural Consulting Associates Inc. Michigan.USA.
6. MAZZANI,B.(1983).Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas .Caracas. Venezuela.
7. MULTON.J.L, et al.,(1984) Preservation and Storage of grains Seeds and their by Products. Cereals,Oilseeds pulses and animal feed. Lavoisier Publishing.Inc.
8. OSPINA, M.J y CRUZ. N.(1989).Simulación matemática del proceso del proceso de secado. Asociación Colombiana de Postcosecha de granos ACOGRANOS. Revista latinoamericana.Bogotá. Colombia.Año 5 No 6.
9. ROSSI, S.J. y ROA G., (1980), Secagem e Armazenamento com uso de energia solar e arnatural. Sao Pablo,Secretaria de industria,Comercio, Ciencia y Tecnología, Academia de ciencias de Estado do Sao Pablo.Publicacao A.C.I.E.S.P. N 22
- 10.SANCHEZ,P.A.(1982).Cultivos Oleaginosos. México. Ed Trillas
- 11.TREJOS, R. R.(1989).Humedad de equilibrio y calor latente de vaporización del café pergamino y del café verde. En CENICAFE. Colombia. 40(1):5-15.
- 12.VARON,R.C.(1987) Técnicas de producción para el cultivo del ajonjolí Sesamun indicum L. En Boletín técnico No 165, ICA. Espinal, Tolima. Colombia.
- 13.OTHMER, D.F.(1940).Correlating vapor presure and latent heat data. Industrial and engineering Chemistry Research (Estados Unidos): 32(6): 843-85