

EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO DE VARIEDADES DE SOYA *Glycine max* (L) Merrill COSECHADAS DE FORMA MANUAL Y MECANIZADA

Michely Vega León, Félix M. Cañet Prades, Leonor Pérez Rodríguez, Miriam Gordillo Orduño,
Dámaso Castillo Toro y Victoria Obregón Ceballos.

*Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" INIFAT michely@inifat.co.cu
Instituto Investigaciones del Arroz.*

RESUMEN

El conocimiento del contenido de humedad de equilibrio " H_E " de los granos constituye la base para garantizar un secado adecuado para el almacenamiento seguro. En este trabajo se determinaron los valores de H_E en muestras de semillas cosechadas manualmente y de forma mecanizada. Para las cosechas manuales, H_E fluctuó desde 0,058 kg de agua/kg de masa seca hasta 0,212 kg de agua/kg de masa seca entre las 96 y 120 horas, cuando la humedad relativa del aire " H_R " varió del 50 % al 92 %. Para un valor de H_R inferior al 75 %, H_E fue menor con un valor de 0,149 kg agua/kg de masa seca (límite de humedad segura para el almacenamiento). Sin embargo para valores de H_R superiores a 84.30 %, la humedad de las semillas sobrepasaron este nivel crítico entre las 24 y las 96 horas, ajustándose todas las curvas al modelo de Henderson. Por otra parte, cuando se cosecharon semillas de forma mecanizada, en atmósferas de 92 % de humedad relativa, la humedad de equilibrio sobrepasó los límites seguros, acompañado del deterioro microbiano a partir de las 24 y 48 horas. Para fluctuaciones de H_R de 71.4 a 86%, los granos se deterioraron a las 168 horas. Estos resultados indican la necesidad de reducir el tiempo entre la cosecha y el secado en menos de 24 horas, con especial interés cuando se cosechan lotes con elevado nivel de enmalezamiento.

Palabras claves: equilibrio higroscópico, soya, cosecha.

ABSTRACT

The knowledge of the grain moisture content " H_E " is the basis to warrant the adequate drying for safe storing. In this paper, H_E values of seed samples harvested by hand and mechanical way were determined. H_E values varied from 0,058 kg water/kg dry mass until 0.212 kg water/kg dry mass between 96 and 120 hours in the case of hand way harvest, when relative humidity values " H_R " varied from 50 to 92%. For values of " H_R " below 75%, " H_E " decreased to 0.149 kg water/kg dry mass (safe humidity limit for storing). Nevertheless, when H_R values were higher than 84.30%, the seed moisture content surpassed this critic level between 24 and 96 hours, and all the curves were adjusted by the Henderson's model. The H_E values surpassed the safe limit with microbial damage from 24 and 48 hours, when seeds were harvested at 92% relative humidity atmosphere. When H_R values fluctuated from 71.4 to 86%, the grains were damaged at 168 hours. These results indicate the necessity of reducing the time between the harvest and the drying in 24 hour or less, with special interest in field areas with a high adverse plants level.

Key words: equilibrium, hygroscopic, soybean, harvest

INTRODUCCIÓN

El contenido de humedad de un material higroscópico, después de estar expuesto a condiciones de temperatura y humedad relativa específicas durante un lapso prolongado, se denomina humedad de equilibrio (H_E). Este se alcanza cuando la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad del material, es igual a la presión de vapor de agua del aire. Los valores de H_E dependen además de la especie o variedad, del estado de integridad del producto y la forma en que se alcanzó el equilibrio (Ospina y Cruz, 1989; Marques y Marcal,

1991). La humedad de equilibrio de la soya varía de 5.7 a 22.4% cuando la temperatura y la humedad relativa del aire fluctúan entre 4.4 °C y 35 °C y de 30 a 90%, respectivamente, siendo la humedad relativa el factor de mayor incidencia en este valor (Herbek y Bitzer, 1997; Staff, 2002).

Cuando los granos están en equilibrio con una humedad relativa entre el 90 y 100 % se desarrollan en la semilla los hongos provenientes del campo, ya que sus esporas pueden sobrevivir durante mucho tiempo en los granos húmedos. Sin embargo no germinan cuando el contenido de humedad está en equilibrio con humedades relativas inferiores al 75 %. Por otra parte los hongos del almacenamiento proliferan cuando la humedad relativa es superior al 65-70%, provocando una disminución en el poder germinativo, decoloración de la semilla, calentamiento, cambios bioquímicos, posible producción de toxinas, así como, pérdidas de materia seca.

Este trabajo tiene como objetivo determinar la humedad de equilibrio de granos de soya *Glycine max* (L) Merrill cv: MG-BR-Conquista, IGH-24 y Júpiter, con el objetivo de realizar un mejor manejo de los lotes de semilla durante el secado y almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la cinética de adsorción y desadsorción de agua se tomaron muestras de granos libres de daños mecánicos y fitopatológicos visibles, cosechados de forma manual, con los que se formaron muestras de 5 gramos de semillas por triplicado que fueron transferidas a desecadoras con valores de humedades relativas controladas de: 100%; 92.5%; 84.0%; 75%; 64% y 50% ajustadas con soluciones salinas. a temperaturas de 28-30°C. Además se evaluó siguiendo la metodología anterior, la cinética de adsorción y desadsorción con granos tomados directamente de la tolva de la combinada durante la cosecha mecanizada en condiciones de producción.

Se efectuaron evaluaciones periódicas de masa de los granos hasta que se alcanzara la humedad de equilibrio, ajustándose posteriormente estos valores a las isotermas de adsorción y desadsorción a la ecuación de Henderson modificada (Marques y Marcal, 1991).

$$H_E = \frac{1}{100} \left[\frac{\ln(1-\phi)}{-c_1(T+c_2)} \right]^{1/C_3} \quad (1)$$

Donde:

H_E : humedad de equilibrio (kg de agua/kg de masa seca).

ϕ : Humedad relativa del aire (decimal).

T: Temperatura absoluta.

Constantes de la ecuación de Henderson modificada

$C_1 = 30.5327 \cdot 10^{-5}$; $C_2 = 134.136$; $C_3 = 1.2164$

Se compararon los datos experimentales con datos teóricos obtenidos a través de la ecuación de Henderson (Ospina y Cruz, 1989; Marquez y Marcal, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ensayos de equilibrio higroscópico realizados con semillas de soya cosechadas manualmente, libres de daños mecánicos y de impurezas (Fig. 1), indicaron que las semillas de todas las variedades estudiadas cedieron agua al exterior, cuando la humedad relativa del aire circundante fue inferior al 64%. A niveles de humedad ambiental superiores al 75.4%, en todas las semillas se produjo la adsorción de agua, alcanzándose la humedad de equilibrio de la semilla con valores que fluctuaron entre 0.058 kg de agua/ kg de masa seca y 0.212 kg de agua/ kg de masa seca entre las 96 y 120 horas, cuando la humedad del aire varió del 50 % al 92.5%. Esto se corresponde con lo reportado por otros investigadores

(Herbek y Bitzer, 1997; Wilcke y Morrey, 2001; Staff, 2002). En la atmósfera saturada de humedad, no se llegó a alcanzar el equilibrio a las 168 horas.

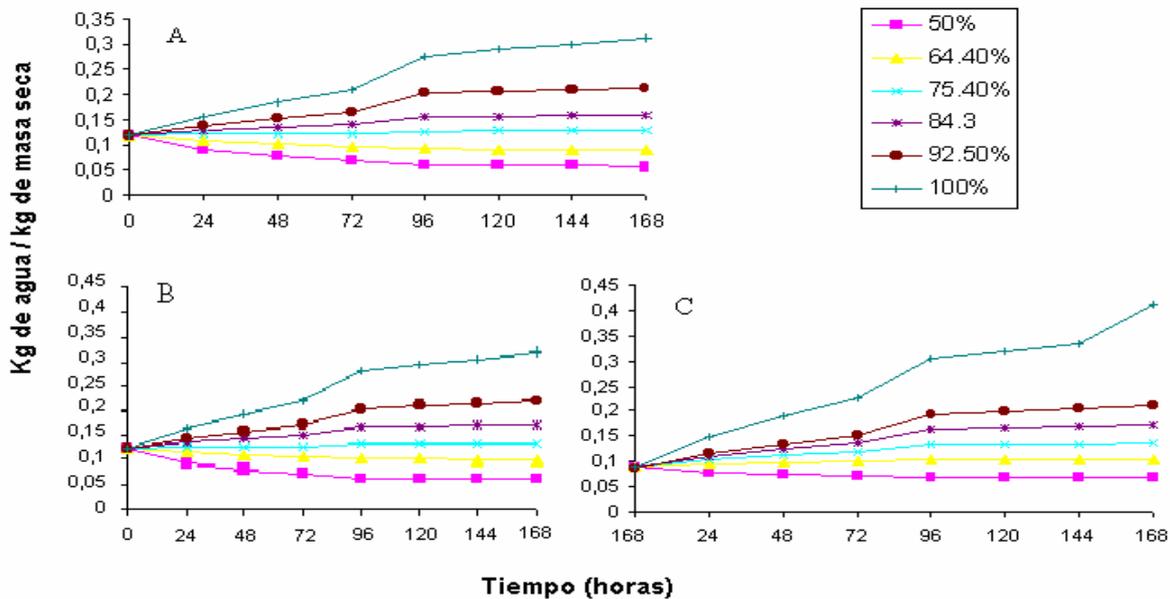


Figura 1. Curvas de equilibrio higroscópico de las semillas de tres variedades de soya. A: MG/BR/Conquista, B: IGH-24 y C: Júpiter.

Se encontró que, cuando la humedad relativa del aire fue inferior al 74.5 %, la humedad de equilibrio de los granos fue inferior al 0.149 kg de agua/ kg de masa seca (13 bh %), considerado como el nivel de almacenamiento seguro, aquel que minimiza el deterioro microbiano de la semilla (Herbek y Bitzer, 1997; Aguirre y Pesque, 1993; França, 2002). Sin embargo cuando la humedad relativa del aire fue superior al 84.30 %, la humedad de las semillas sobrepasó este nivel crítico entre las 24 y las 96 horas, en dependencia de la variedad y el contenido inicial de humedad de la semilla. Cuando la atmósfera circundante estaba saturada de humedad, la variedad IGH-24, alcanzó mas rápidamente el nivel de humedad crítica que el resto de las variedades, lo que estuvo asociado a una menor proporción de la masa del epispermo en comparación con la de los cotiledones (Peske y Pereira, 1983; Giner *et al*, 1994).

Se comprobó que los valores experimentales de humedad de equilibrio higroscópico de los granos de las tres variedades de soya estudiadas, mantenidos en diferentes condiciones de humedad relativa, se ajustaron al modelo de Henderson (Fig. 2). De este modo se logró determinar las constantes C_1 , C_2 y C_3 específicas para cada una de las variedades, encontrándose un alto nivel de correspondencia entre los valores de H_E experimental y H_E teórica (Tabla 1), lo que se corresponde con los trabajos de Ospina y Cruz (1989) y Marques y Marcal (1991) y constituye una herramienta para pronosticar la cinética del equilibrio higroscópico de las semillas de soya.

Los experimentos durante la cosecha mecanizada, tomando muestras provenientes de estos campos directamente de la tolva de la combinada, indicaron que cuando la humedad de almacenamiento de la semilla fue superior al 92 %, esta alcanzó un valor de humedad superior al 13 % bh (14.9 kg/ agua/kg de masa seca), lo cual estuvo acompañado por el deterioro microbiano de las muestras analizadas entre las 24 y las 48 horas. Cuando la humedad relativa del aire fluctuó de 71.4 a 86.0 %, los granos se deterioraron a las 168 horas cuando alcanzaron valores de humedad de equilibrio que fluctuaron entre 13 y 14% bh (14,9 y 16,3 kg de agua/ kg de masa seca respectivamente). Para un valor de humedad relativa del aire menor que 63.3 % la humedad de equilibrio fue inferior a 12%, con ausencia de deterioro microbiano. Este hecho indica la necesidad de reducir el tiempo entre la cosecha y la entrada a la planta de secado a menos de 24 horas, cuando se cosecha con elevado porcentaje de malezas en el campo. Pinto y Popinigs, (1981) comprobaron que en

lotes cosechados con rangos de humedad del 15 al 19%, se presentaron pérdidas inmediatas en la calidad fisiológica cuando se retardó su secado por períodos de 24 hasta 240 horas; evidenciándose con mayor énfasis a partir del tercer mes de almacenamiento en cosechas efectuadas con 19% de humedad y un retardo en el secado superior a las 72 horas.

França (2000), retardando el secado en semillas de soya con grados de humedad que variaron del 12 al 19%, demostró que las semillas con grados de humedad entre el 13.8 y 14.6%, resisten un retardo de secado de 96 horas y semillas con 17 al 19% de humedad, toleran 48 horas sin pérdidas significativas de calidad. La infección de las semillas por *Aspergillus flavus* aumenta después de las 96 horas de espera por el secado, cuando los valores de humedad relativa ambiental es superan el 70%.

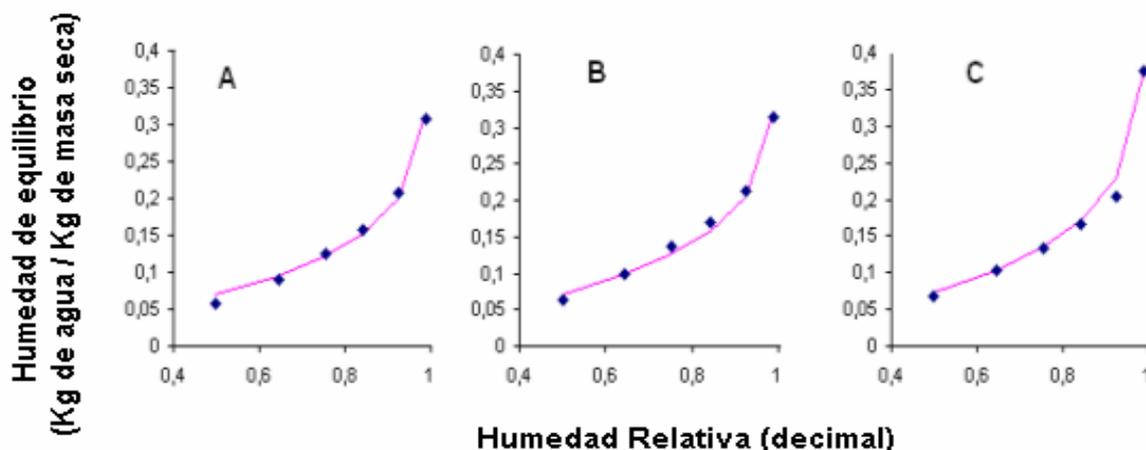


Figura 2. Curvas de humedad de equilibrio de tres variedades de soya cultivadas en Cuba. A: MG/BR/Conquista, B: IGH-24 y C: Júpiter.

Tabla 1 Valores de las constantes para la ecuación de Henderson modificada de tres variedades de soya, así como la correlación entre la humedad de equilibrio teórica (He-teo) y la experimental (He-exp).

Coefficientes de Henderson	C ₁	C ₂	C ₃	Ecuación de regresión He-teo vs He-exp
Soya en general	0,00030533	134,136	1,2164	-
Soya Variedad MG/BR/Conquista	0,00030533	180,011	1,2363	y= 0,9999x + 0,0014 R2 = 0,9912
Soya Variedad Júpiter	0,00030533	191,901	1,1650	y = 1,0001x + 0,0065 R2 = 0,9931
Soya Variedad IGH 24	0,00030533	158,992	1,2630	y = 1,0004x - 0,003 R2 = 0,9886

Por otra parte, es importante señalar, que en las condiciones de producción de Cuba, el período de cosecha de la soya para semilla abarca los meses desde octubre a diciembre, pudiéndose extender hasta febrero o marzo, en dependencia de la variedad y fecha de siembra. La humedad relativa promedio en ese período es de 82.43 %, fluctuando de la mañana a la tarde entre 92.3% a 63.4% (MeteoService, 2003).

Por esa razón los tenores de humedad en la semilla durante la cosecha se incrementan en horarios de la mañana, momento recomendado para realizar las cosechas, ya que permite reducir las pérdidas por dehiscencia de las vainas cuando se efectúa la cosecha mecanizada, por lo que para evitar el deterioro microbiano de las semillas deben someterse al secado lo mas rápidamente posible con posterioridad a la cosecha, en correspondencia con lo reportado en Brasil, donde se enfatiza en la necesidad de realizar el secado en

menos de 72 horas posteriores a la cosecha, para así evitar que los granos se deterioren (França, 2000).

Estos autores plantean que el grado de humedad final en el secado de la semilla de soya, dependerá de la localidad, del tipo de almacenamiento y del tratamiento aplicado a las semillas, sugiriendo que para las regiones de clima templado, los grados de humedad del 13.5% y 14% posibilitan la conservación adecuada de semillas. Para las regiones de temperaturas y humedades relativas más elevadas, al final del período de almacenamiento el grado de humedad de las semillas debe ser de 12 a 12.5 %.

A partir de estos resultados se deduce que el tiempo que debe transcurrir entre la cosecha y el secado de campo enmalezados (como comúnmente ocurre en la práctica productiva de soya), debe ser inferior a un día para evitar el deterioro progresivo en la masa de granos.

CONCLUSIONES

1. Se encontró que las curvas de humedad de equilibrio de las variedades MG/BR/Conquista, IGH-24 y Júpiter se ajustaron a la ecuación de Henderson modificada, obteniéndose los valores de las constantes C_1 , C_2 y C_3 para cada una de las variedades estudiadas.
2. Se comprobó que las semillas de soya provenientes de campos cosechados con altos niveles de enmalezamiento, pudieron alcanzar niveles de humedad de equilibrio superiores al 14,9 % bs, a las 24 horas, incrementándose el riesgo de deterioro microbiano.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R. y Peske, S.T. (1993). Manual para el beneficio de semillas. Segunda Americana de Químicos analíticos. USA.
- França N.; Krzyzanowski, F.; Henning, A.; Pereira, N. (2000). Tecnologia da produção de sementes em: embrapa. A cultura da soja no Brasil. Ed. Dourado-Neto, D. Y López, P.P. Publicado por EMBRAPA. Brasil. 22 pp.
- França, N. (2002). Producción de semillas de alta calidad. Seed News. Año VI. (4) 21-23.
- Giner, S.A.; Borrás, F.; Robutti, J.L.y Añón, M.C. (1994). Drying Rates of 25 Argentinian Varieties of soybean: A Comparative Study. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 27(4) 308-313.
- Hebek, J.H. y Bitzer, M.J. (1997). Soybean production in Kentucky Part V: Harvesting drying Storage and Marketing. AGR 132. University of Kentucky.
- Marques, J.A. y Marcal, D. (1991). Principio de secado de granos. Psicometría, higroscopia. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 72 pp.
- MeteoService (2003). Datos promedios mensuales de la provincia de La Habana. Instituto de Meteorología. Agencia del Medio Ambiente. CITMA.
- Ospina, J.E. y Cruz, N. (1989). Simulación matemática del proceso de secado de granos. Revista Latinoamericana ACOGRANOS 5(6): 14-22.
- Peske, S.T. y Pereira, L.A. (1983). Tegumento da semente de soja. Tecnologia Sem/Pelotas/vol6 Nos 1 e 2/ p. 23-34/dez.
- Pinto, W. y Popinings, F. (1981). Sementes. En: A soja no Brasil 1981. Editores Shiro Miyasaka y Julio César medina. Pp 711-714.
- Staff, O. (2002). Soybeans: Harvest and Storage. En <http://www.omafra.gov.onca/English/crops/pub811/4harvest.htm>. Consultada el 4 de septiembre del 2002.
- Wilcke, B, y Morey, 2001. Soybean Drying, handling and storage.2001. North Dakota State University Agricultural and Biosystems, USA. 6pp. <http://www.cpes.peachnet.edu/sumner/tifton/Grain/harvestsoybean.htm>. Consultada el 21 de enero del 2005.