

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE KENAF (*Hibiscus cannabinus*).

¹Alfredo Socorro, ²Caridad Valdéz y ¹Nélida Fraga

¹*Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" INIFAT asocorro@inifat.co.cu*

²*Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimítrova"*

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un ajuste matemático de los valores de viabilidad de semillas de kenaf (*Hibiscus cannabinus*) cv: Vinkaf-5f a dos valores de contenido de humedad de las semillas (5.89 y 8.50%) y en dos tipos de envases; bolsas de aluminio y pomos de cristal. Del procesamiento de datos se obtiene el período de viabilidad media " t_0 " para cada variante experimental. Los coeficientes de determinación de dicho ajuste, por medio de una función sigmoide, sobrepasaron en todos los casos el 0.95. Se obtuvo que en las bolsas de aluminio, ambos valores de t_0 fueron significativamente diferentes, mientras que en el caso de los pomos de cristal las curvas de viabilidad no mostraron diferencia significativa. Para iguales valores de humedad se apreció que el envase incide significativamente en la longevidad de las semillas. Este resultado aporta criterios para la selección de las condiciones de almacenamiento óptimas, para las semillas de este cultivo.

Palabras claves: Conservación, kenaf, semillas

ABSTRACT

The mathematical adjustment for kenaf (*Hibiscus cannabinus* L. cv: Vinkaf-5f) seed viability for two moisture content values (5.89 and 8.50%) and two kind of container (aluminum cover and glass recipient), is carried up in this paper. The mean viability period " t_0 " is obtained from data processing for each experimental variant. The adjustment determination coefficients, obtained through a sigmoid function, exceeded to 0.95 for everyone cases. For aluminum cover was obtained significant differences between t_0 values for both moisture content values, while glass container didn't show any differences. The effects of the container were significant for the longevity in the same moisture values. This result contributes to optimum selection for seed storing conditions in this cultivar.

Key words: Conservation, kenaf, seed

INTRODUCCIÓN

La conservación de semillas en los bancos de germoplasma exige un manejo adecuado del material biológico para prolongar su viabilidad el mayor tiempo posible. Ello incluye la higienización de las semillas, el control de la temperatura y la humedad en el interior de la cámara, entre otros aspectos (Chappell *et al*, 2001, Clerkx *et al*, 2003). Otro de los factores que incide es el envase de almacenamiento y el uso de protectantes químicos (semillas peletizadas). Cuando las semillas alcanzan un estado de equilibrio hídrico con el medio, el intercambio de agua entre ambos medios cesa, existiendo una relación entre los valores de humedad de

equilibrio de la semilla y la humedad relativa del medio exterior (Walters *et al*, 1998). Esta relación depende de las características de cada cultivo que varían de acuerdo a la especie y la variedad, como por ejemplo, el contenido de grasa y la permeabilidad de la testa (Chappell *et al*, 2001). Generalmente los valores de contenido de agua de las semillas en equilibrio, que se utilizan para provocar una mayor prolongación de la conservación de la viabilidad, son relativamente bajos (Chai, and Du, 1998), aunque un exceso de secado de las semillas puede igualmente reducir su longevidad (Hu *et al*, 1998). El comportamiento que describe la viabilidad (expresada como porcentaje de germinación), con respecto al tiempo de almacenamiento es una curva sigmoide. El punto de inflexión tiene lugar en un valor de tiempo llamado tiempo o período de viabilidad media que representa el instante donde el porcentaje de germinación es exactamente igual a la mitad del porcentaje inicial (Schmidt, 2000). Los factores a tener en cuenta durante el conservación de los recursos fitogenéticos en el banco de germoplasma son aquellos que afectan directamente el valor del período de viabilidad media. El Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) es una especie de las familias de las malváceas, de la cual se obtienen fibras resistentes de uso práctico, por tanto el estudio de las condiciones de conservación de este cultivo posee gran importancia (Vincent, 2006). Por ello, en el presente trabajo se realiza un estudio de la influencia de dos factores que afectan la conservación del kenaf en el banco de germoplasma. Uno es el tipo de envase donde estas se almacenan y el otro es la humedad. Para ello se propone una expresión matemática para la viabilidad respecto al tiempo, cuyos coeficientes se obtienen por vía experimental en diferentes condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Curva de viabilidad

La probabilidad “p” de que la semilla germine, depende de los posibles daños que sus tejidos hayan sufrido durante su almacenamiento en el banco de germoplasma. Los factores abióticos como la humedad y la temperatura son uno de los que poseen mayor incidencia. Por tanto, durante el tiempo de almacenamiento “t”, esta función de probabilidad $p=p(t)$ va a ir disminuyendo paulatinamente. Es decir, la derivada de p respecto a t es negativa. Vamos a proponer la siguiente ecuación para establecer esta dependencia entre p y t:

$$p = \frac{1}{1 + e^{a(t-t_0)}} \quad (1)$$

El coeficiente t_0 representa el tiempo que debe transcurrir para que la viabilidad inicial descienda hasta la mitad. Generalmente se toma el instante $t=0$ cuando $p=1$, es decir, el instante inicial donde las semillas poseen un 100% de viabilidad, o lo que es igual, cada semilla posee la máxima de probabilidad de germinar. De este modo, experimentalmente podemos obtener la curva (1) si consideramos el porcentaje de germinación “PG” de una muestra de tamaño “N”, respecto al porcentaje inicial de germinación “PG₀”, como una medida estadística de la probabilidad de que germine cualquiera de las semillas correspondientes al lote desde donde se extrajo dicha muestra (Fig. 1). Al valor de t_0 se le suele denominar “tiempo de viabilidad media” o “período de viabilidad media”. En no pocos estudios de curvas de viabilidad se considera t_0 con respecto a la viabilidad inicial en $t=0$, la cual puede no ser precisamente 100%. En nuestro trabajo consideramos que $PG_0 \approx 100\%$ para

simplificar los análisis y de este modo la curva de viabilidad se describe a través de la siguiente ecuación (Socorro y Fraga, 2005):

$$PG = \frac{PG_0}{1 + e^{a(t-t_0)}} \quad (2)$$

La curva de la figura 1 se puede transformar en una recta de varias formas: por medio de un ajuste en escala de probabilidades (Schmidt, 2000) o en una escala logarítmica teniendo en cuenta la ecuación (2). En este último caso, desde (2) se tiene:

$$\ln \left[\frac{PG_0}{PG} - 1 \right] = a(t - t_0) \quad (3)$$

$$g = -\ln \left[\frac{PG_0}{PG} - 1 \right] \quad (4)$$

Luego, si hacemos el cambio de variable:

$$\text{Obtenemos la ecuación de la recta:} \quad g = at_0 - at \quad (5)$$

La cual posee una pendiente equivalente al coeficiente “a”, mientras que el intercepto de la recta con el eje de las ordenadas (en este caso el eje que corresponde a la magnitud g), es “at₀”, de donde se obtiene el valor del período de viabilidad media.

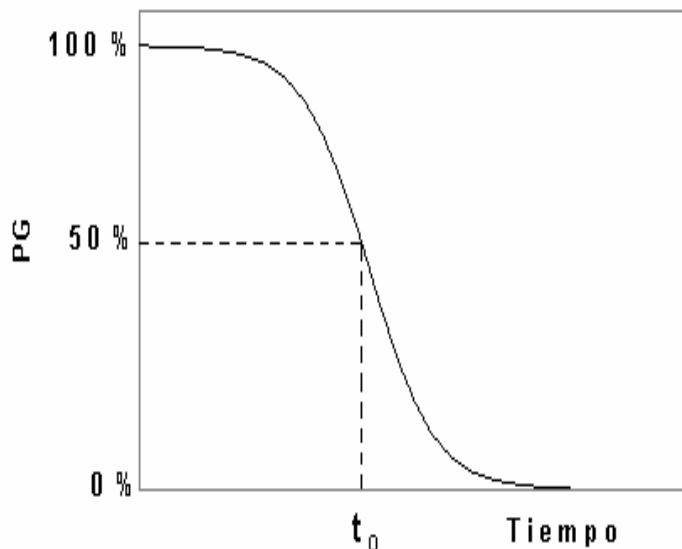


Figura 1. Curva de viabilidad de una muestra de semillas expresada en porcentaje de germinación de plantas viables respecto al tiempo de almacenamiento en una cámara del banco de germoplasma. En t=0 todas las semillas germinan, pero en t=t₀ solo germina el 50%. Para t→∞ PG tiende a cero (Socorro y Fraga, 2005).

Desarrollo Experimental

En el ensayo experimental se utilizaron semillas de 99-100 % de viabilidad inicial, colocadas en dos tipos diferentes de recipientes (bolsas de aluminio y pomos de cristal) a dos valores de humedad de equilibrio (8.50% y 5.89%). Los valores de humedad se evaluaron por el método gravimétrico, luego de que alcanzaran el equilibrio higroscópico con el medio a humedad relativa constante dentro de desecadoras con soluciones sobresaturadas de KCl (Ellis *et al*, 1985, Fischler, 1993). De este modo se obtuvieron cuatro variantes experimentales. A cada una de ellas se le realizaron pruebas de viabilidad cada tres meses (durante 3 años), mediante siembra de semillas en placas petri con 4 réplicas. Estos valores se expresaron como porcentaje de germinación "PG". Teniendo en cuenta el porcentaje de germinación inicial "PG₀" se procedió a plotear los valores de la transformada "g" (ecuación 4) con respecto al tiempo de almacenamiento. La magnitud g(t) tiene un comportamiento lineal (ecuación 5) de cuyo análisis de regresión se obtiene experimentalmente el coeficiente "a" que representa la pendiente de la recta, mientras que del intercepto, se obtiene el tiempo de viabilidad media "t₀". A partir del error de dispersión de las rectas se obtiene mediante el método de propagación de errores (Portuondo, 1988), el valor del error del t₀. Con estos datos se construyó la ecuación teórica (2) para cada una de las 4 variantes experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los valores del análisis de regresión desde donde se han obtenido para cada valor de humedad y para cada envase, los coeficientes a y t₀. Las rectas correspondientes se representan en la figura 2. En el caso de las bolsas de aluminio se observa una marcada diferencia entre los períodos de viabilidad media relativa a los dos valores de humedad, la cual es significativa teniendo en cuenta los valores del error de dispersión. En el caso de los pomos de cristal, la diferencia entre los valores de t₀ no llegaron a ser significativas. Para iguales valores de humedad se apreció que el envase influye significativamente en la viabilidad de las semillas.

Tabla 1. Valores obtenidos para los coeficientes del análisis de regresión lineal.

| Envase | Magnitud | Sim. | Unidad | H=8.50% | H=5.89% |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| Bolsas de Aluminio | Pendiente | a | Mes ⁻¹ | 0.120 | 0.077 |
| | Error de dispersión | δa | Mes ⁻¹ | 0.04 | 0.012 |
| | Coefficiente de determinación | R ² | - | 0.9556 | 0.9903 |
| | Intercepto de la recta | at ₀ | - | 5.6714 | 4.7249 |
| | Tiempo de viabilidad media | t ₀ | Meses | 47 | 61.2 |
| | Error del tiempo de Viabilidad media | δt_0 | Meses | 5 | 1.5 |
| Pomos de Cristal | Pendiente | a | Mes ⁻¹ | 0.078 | 0.081 |
| | Error de dispersión | δa | Mes ⁻¹ | 0.012 | 0.008 |
| | Coefficiente de determinación | R ² | - | 0.9915 | 0.9883 |
| | Intercepto de la recta | at ₀ | - | 4.6616 | 4.721 |
| | Tiempo de viabilidad media | t ₀ | Meses | 59.9 | 58.6 |
| | Error del tiempo de Viabilidad media | δt_0 | Meses | 1.4 | 0.6 |

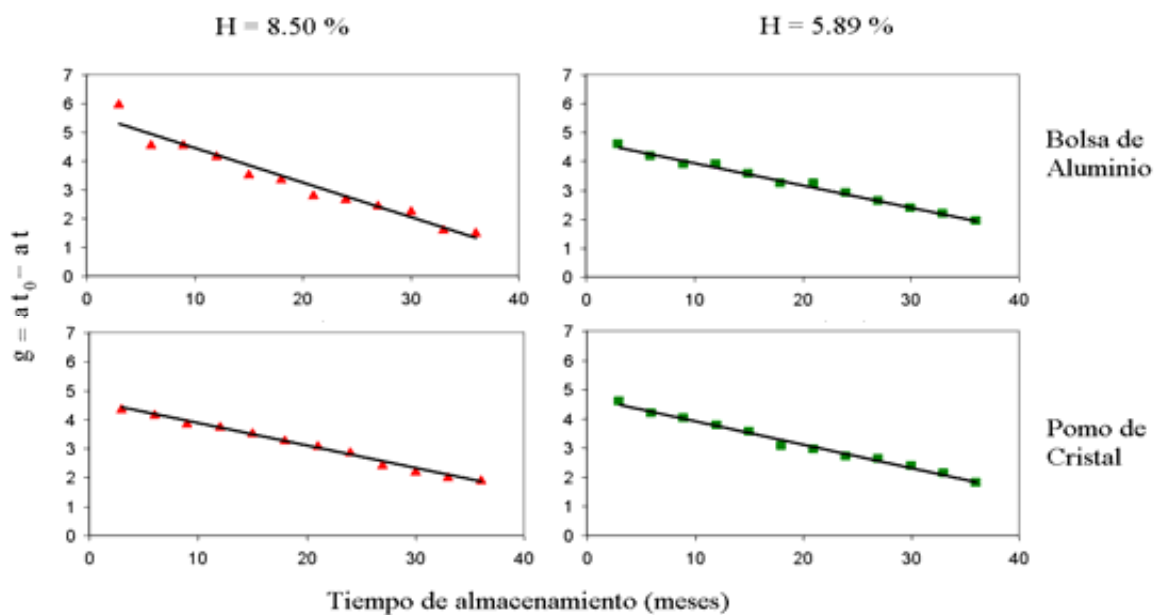


Figura 2. Ajuste lineal de los valores experimentales por medio de la ecuación 5. En la ordenada se representan los valores de g, mientras que en la abscisa se muestran los valores del tiempo de almacenamiento. Por las columnas se muestran las rectas correspondientes a cada valor de humedad, mientras que por las filas se representan los envases. Los valores del análisis de regresión se muestran en la tabla 1.

Las semillas almacenadas dentro de pomos de cristal, se encontraron dentro de un sistema hermético, lo que facilitó que las semillas pudieran establecer una atmósfera propia dentro de dicho envase, y que el contenido de humedad relativa en el interior de los pomos fuera similar. De esta forma la incidencia de la humedad relativa del medio exterior fuera prácticamente nula y la atmósfera interior sea la que determinó la viabilidad de las semillas. Esto no ocurrió así para las bolsas, ya que la influencia

de dos valores distintos de humedad relativa, en un tipo de envase que no es completamente impermeable, propició diferentes comportamientos en la longevidad. Se pudo comprobar además que a mayor valor de contenido de humedad de las semillas, existe mayor probabilidad de que la semilla disminuya su viabilidad ante incrementos del período de almacenamiento, tal y como sugiere el modelo de Ellis y Roberts (Ellis y Roberts, 1980 ; Ellis y col, 1989 ; Roberts y Ellis, 1989).

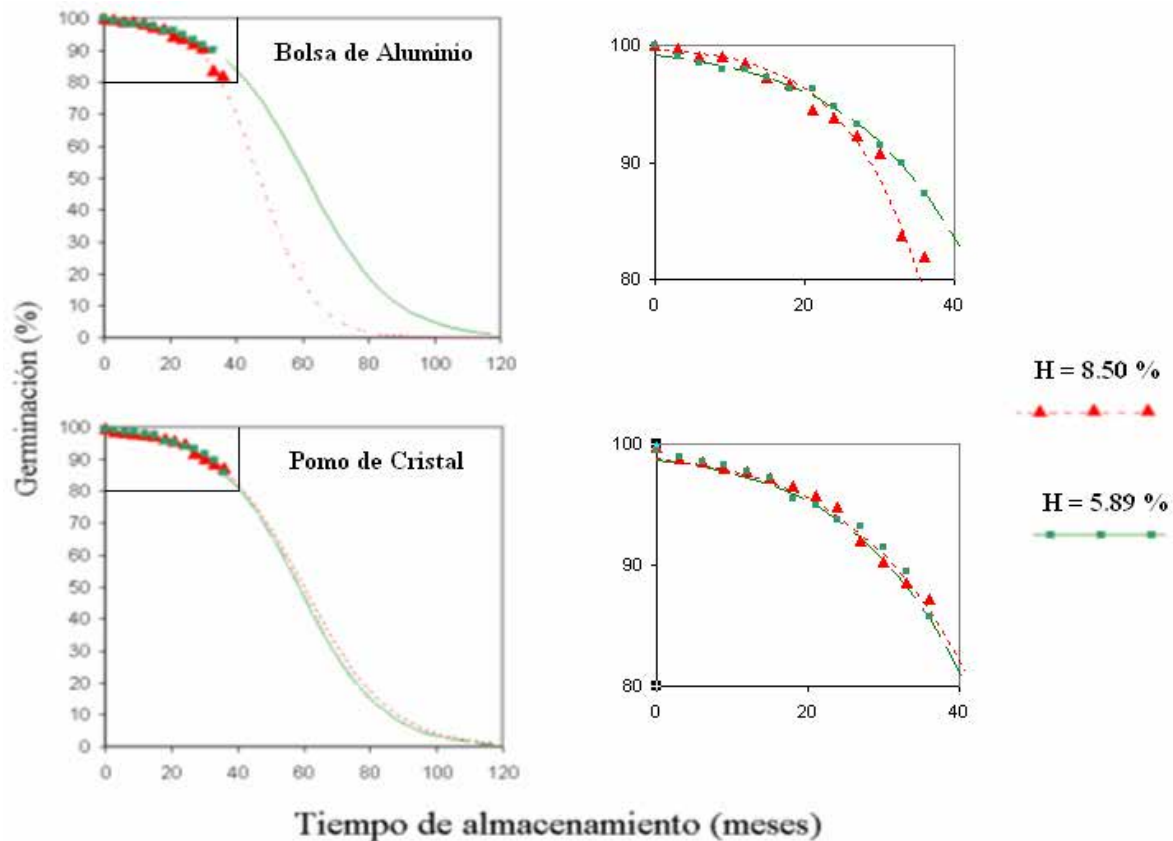


Figura 3. Curvas de viabilidad (ecuación 2) respecto al tiempo de almacenamiento. Los puntos experimentales solo llegan hasta los 36 meses (señalados dentro del rectángulo), pero la prolongación de la curva permite predecir el comportamiento de la viabilidad. A la derecha de cada gráfico se muestra una ampliación del rectángulo (0-40 meses, 80-100% de germinación).

Los resultados demuestran que para conservar semillas de kenaf por largos períodos de tiempo, se necesitan valores de humedad bajos, mientras que para valores de humedad altos, es recomendable el empleo de pomos de cristal, que limiten el intercambio higroscópico de las semillas con el aire circundante.

Utilizando los valores de los coeficientes t_0 para cada una de las variantes se obtuvieron las funciones caracterizadas por la ecuación (2), mostradas en la figura 3. El modelo seleccionado permite extrapolar los datos experimentales hasta los 120 meses, de modo que se puede predecir el comportamiento de la curva, una vez conocidos los parámetros “a” y “ t_0 ”. En la tabla 1 se recogen los coeficientes de determinación (todos por encima de 0.95), lo que demuestra que el ajuste empleado resultó adecuado.

CONCLUSIONES

El ajuste matemático del porcentaje de germinación respecto al tiempo de almacenamiento, permitió determinar el tiempo de viabilidad media para cada una de las variantes experimentales empleadas y de esta forma se pudo predecir el comportamiento de la viabilidad de un lote de semillas, a períodos de almacenamiento prolongados. Mediante la predicción del modelo se obtuvo que el almacenamiento a 5.89% de humedad, puede incrementar la longevidad de las semillas en 14 meses, con respecto a un valor de 8.50%, cuando se usan bolsas de aluminio como envase. En el caso de los pomos de cristal el comportamiento de la viabilidad para ambos valores de humedad resultó similar.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ Chai, J., Ma, R. and Du, Y. (1998). Optimum moisture contents of seeds stored at ambient temperatures. *Seed Science Research* 8, 23-28.
- ❖ Chappell, G.F., Herbert, D.A. and McNeill, S. (2001). *Seeds and Stored Grains. Part V.* pp 59-68. Virginia Cooperative Extension Agronomy Handbook.
- ❖ Clercx, E.J. M., Blankestijn-De Vries, H., Ruys, G.J., Groot, S.P.C., and Koornneef, M. (2003). Characterization of green seed, an Enhancer of *abi3-1* in *Arabidopsis* That Affects Seed Longevity. *Plant Physiology*. 132, 1077-1084.
- ❖ Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. (1989). A comparison of the low-moisture-content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. *Annals of Botany* 63, 601-611.
- ❖ Ellis, R.H. ; Hong, T.D. and Roberts, E.H. (1985). *Handbook of seed technology for genebanks.* International Board for Plant Genetic Resources. 1-Principles and Methodology. Rome. 667 pp.
- ❖ Ellis, R.H. and Roberts, E.H. (1980). Improved equation for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45, 13-30.
- ❖ Fischler, M. (1993). Bean germoplasm conservation based on seed drying with silicageland low moisture storage. *Occasional Publications Series* (10). 31 pp.
- ❖ Hu, C., Zhang, Y., Tao, M., Hu, X., and Jiang, C. (1998). The effect of low water content on seed longevity. *Seed Science Research* 8, 35-39.
- ❖ Portuondo, R. (1988). *Procesamiento de datos experimentales.* Univ. La Habana. Fac. Física. 325 pp.
- ❖ Roberts, E.H. and Ellis, R.H. (1989). Water and seed survival. *Annals of Botany* 63, 39-52
- ❖ Schmidt, L. (2000). *Seed Storage.* Extract from "Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed". Cap. 8. www.dfsc.dk.
- ❖ Socorro, A. y Fraga, N. (2005) *Aplicación del tratamiento magnético de semillas en la recuperación de la viabilidad.* Agrotecnia de Cuba. Número especial Dic-2005. On line www.inifat.co.cu
- ❖ Vinent, E. (2006). *Kenaf. Cultivo de alto valor ambiental y económico.* Memorias del Evento "5 Aniversario del IIH Liliana Dimítrova" ISBN: 959-7111-39-X
- ❖ Walters, C., Kameswara, N. and Xiaorong, H. (1998). Optimizing seed water content to improve longevity in ex situ genebanks. *Seed Science Research* 8, 12-22.