

Evaluación de dos condiciones de almacenamiento refrigerado para el mantenimiento de la calidad fisiológica de semilla de soya de la variedad ‘FP90-6103’ por períodos prolongados

Manuel Avila*, Marbella Romero, Wiliam López, Nancy Clisanchez, Yenny Alejos y Adrian Espinoza

Fundación para la investigación Agrícola Danac, San Felipe, Yaracuy, Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos condiciones de almacenamiento sobre la calidad fisiológica de la semilla de soya variedad ‘FP90-6103’. Para ello, 100 kg de semilla se dividieron y almacenaron en dos condiciones de almacenamiento (CA). En la CA1 la semilla se colocó en un saco tejido de polipropileno a 1,6°C y 42,7 % de humedad relativa (HR); mientras que en la CA2 la semilla se colocó en un tambor con tapa junto con una porción de silica gel equivalente a 18,0 % del peso de la semilla quedando establecida en un ambiente de 3,6°C y 41% de HR. Las semillas se evaluaron a los 0, 107, 204, 302, 427, 570, 696, 897, 1176 días de almacenamiento (DA) para humedad, germinación, plántulas normales y semillas no germinadas (muertas y duras), de acuerdo a la metodología ISTA. Los resultados indicaron diferencias significativas de las CA y los DA ($P < 0,01$) para todas de las variables evaluadas a excepción de las semillas no germinadas. Las semillas de la CA1 presentaron mayores niveles de humedad y una germinación adecuada ($>75\%$) durante todos los días de almacenamiento. En las semillas de CA2 se encontraron menores niveles de humedad y mantuvieron una adecuada germinación ($>74\%$) hasta los 696 DA. Estos resultados indican que la reducción de la temperatura ambiental fue más determinante en el mantenimiento del poder germinativo en comparación con las reducciones de HR. Por ello es recomendable establecer una combinación de temperatura y humedad relativa adecuada de almacenamiento en virtud de mantener la calidad fisiológica de la semilla por períodos prolongados.

Palabras clave: *Glycine max*, humedad, germinación, silica gel, deterioro.

*Autor de correspondencia: Manuel Avila

E-mail: manuel.avila@danac.org.ve

Evaluation of two storage refrigerated conditions to maintenance the physiological quality of soybean variety 'FP90-6103' for long periods

ABSTRACT

The effect of two storage conditions on physiological quality of soybean variety 'FP90-6103' was evaluated. One hundred kilogram of seed were divided and stored in two storage conditions (CA). CA1 in seed tissue was placed in a polypropylene bag 1.6 ° C and 42.7% RH; while CA2 the seed was placed in a lidded drum with a portion of silica gel equivalent to 18.0% of seed weight being established in an environment of 3.6 ° C and 41% RH. The seeds were evaluated at 0, 107, 204, 302, 427, 570, 696, 897, 1176 days of storage (DA) for moisture, germination, normal seedlings and non-germinated seeds (dead and hard), according to the ISTA methodology. The results indicated significant differences in CA and DA ($p < 0.01$) for all of the variables evaluated except for non-germinated seeds. CA1 seeds had higher moisture levels and adequate germination (>75%) during all storage (≤ 1176 DA). CA2 seeds in lower levels of humidity were found and maintained adequate germination (>74%) to 696 DA. These results indicate that reducing environmental temperature appears to be more decisive in maintaining the germinating power compared to reductions of HR. It is therefore advisable to establish a suitable combination of temperature and relative humidity storage under maintain physiological seed quality for long periods.

Key words: *Glycine max*, moisture, germination, silica gel, deterioration

INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max* (L.) Merrill) es uno de los cultivos de mayor relevancia económica en el mundo, sus granos poseen un elevado valor nutricional con múltiples usos en la alimentación humana y animal (Ortíz *et al.*, 2004). Para aumentar la productividad de soya se requiere semilla de alta calidad fisiológica. Sin embargo, el elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados presente en su semilla causa una rápida disminución de la calidad fisiológica (Ferguson, 1995).

La primera señal de deterioro en la calidad fisiológica es la disminución del vigor, seguido por la reducción en el porcentaje de germinación y finalmente la muerte de la semilla (Ferguson, 1995). Para mantener el poder germinativo de la semilla por períodos prolongados se requiere almacenarlas en bajos niveles de temperatura y humedad relativa (HR) (Salinas *et al.*, 2001). Reducciones de 1% de humedad o 5°C de la temperatura en la semilla puede duplicar su potencial de almacenamiento y mantener su viabilidad (Cerovich y Miranda, 2004).

Además de la temperatura y humedad otras medidas complementarias pueden contribuir a mantener la calidad fisiológica. Ortiz *et al.* (2004), al evaluar

el efecto de condiciones de almacenamiento en semillas de soya durante períodos de seis a nueve meses encontraron que las mismas mantuvieron alto poder germinativo cuando se combinaron con bajas temperaturas de almacenamiento y el uso de barreras físicas como sacos de lienzo o envases herméticos. Por otra parte Li *et al.* (2002) emplearon sílica gel (gel de silicio) como un medio desecante de la semilla de soya y una de sus ventajas según Ye *et al.* (2008) es que se regenera rápidamente por calentamiento. Ávila *et al.* (2012), al evaluar la viabilidad de la semilla de la variedad de soya 'FP90-6103' almacenada con sílica gel durante 24 meses, encontraron que el nivel de germinación de la semilla fue elevado durante todo el almacenamiento (>94%).

Por lo anteriormente expuesto nos propusimos evaluar el efecto del tiempo y dos condiciones de almacenamiento a bajas temperatura y HR sobre la calidad fisiológica de la semilla de soya 'FP90-6103'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo empleando una cámara frigorífica (TECOVEN, Venezuela) diseñada durante el año 1990, ubicada en Fundación para la Investigación Agrícola Danac (San Felipe, Edo. Yaracuy, Venezuela). Los análisis de semilla se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Granos y Semillas de la misma Fundación.

Descripción del material

Un lote de 100 kg de la variedad de semilla de soya 'FP90-6103' con $12 \pm 1\%$ de humedad, 89,0% de germinación y adecuado vigor (Figura 1A) fue homogenizado y dividido en dos sub-lotes de 50 kg. Cada sub-lote fue sometido a las dos condiciones descritas en el diseño del experimento.

Diseño del experimento

Se estableció un diseño completamente aleatorizado con tres observaciones por tratamiento. Los tratamientos estuvieron definidos por la combinación de dos condiciones de almacenamiento (CA) descritas en el Cuadro 1 y nueve intervalos de almacenamiento (0, 107, 204, 302, 427, 570, 696, 897, 1176 DA). Los contenedores de almacenamiento empleados en el estudio se muestran en la Figura 1B. Las temperaturas y humedades relativas del ambiente para cada condición durante todo el almacenamiento fueron registradas con el uso de termohigrómetros digitales inalámbricos RTR-53A (TANDD, Japón).

Muestreo y análisis

Las semillas fueron muestreadas para los nueve intervalos de almacenamiento con el uso de un calador de bolsas. El muestreo consistió en tomar un kilogramo de semilla que fue homogenizado y dividido en dos sub-muestras de 500 g. Una



Figura 1. A. Aspecto del vigor de la semilla al inicio del ensayo. B. Condiciones de almacenamiento: saco de polipropileno y tambor sellado con silica gel. C. Disposición de la silica gel dentro del tambor

Cuadro 1. Descripción de las condiciones de almacenamiento

Condición de Almacenamiento	Características del contenedor	Temperatura	Humedad relativa
1	Saco tejido de polipropileno de 60 x 67 cm con capacidad de 50 kg el cual fue sellado con cuerda de polipropileno.	Promedio: 1,6°C; Rango: 1,1-2,2°C	Promedio: 42,7%; Rango: 42,0-44,0
2	Tambor TAU-240-ACR (Grupo Altec, Argentina) de 8 kg, con tapa a rosca, fondo plano y una capacidad de 254 litros, al cual se le colocó una cantidad de silica gel equivalente a 18,0 % del peso de soya (9 kg) dispuesta en 15 bolsas de liencillo cerrados a razón de 600,0 g de silica gel por bolsa (Figura 1-C). La silica gel previo al almacenamiento fue secada en estufa a 180°C por 16 horas y luego se dejó en reposo durante 12 horas.	Promedio: 3,6°C; Rango: 3,2-4,2°C	Promedio: 41,0%; Rango: 40,0-42,0%

sub-muestra fue destinada al análisis del contenido de humedad de la semilla, mediante el método de desecación por estufa (ISTA, 2013). La otra sub-muestra se mantuvo en reposo durante 24 horas a 22 °C, para equilibrar la temperatura y niveles de humedad. Finalmente se evaluaron para calidad fisiológica mediante el método descrito por las Reglas Internacionales de Análisis de Semillas ISTA (2013), donde se determinaron los porcentajes de plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas (muertas y duras).

Análisis estadístico de los datos

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza para conocer las diferencias estadísticas atribuidas a las fuentes de variación DA, CA y su interacción (DAxCA) para un nivel de significación de ($P \leq 0,01$). Por otra parte, se graficó el comportamiento de cada variable para cada condición y se aplicaron correlaciones de Pearson. Los análisis estadísticos fueron realizados por medio del programa estadístico JMP®, versión 7.0.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fuentes de variación CA y los DA afectaron significativamente ($P < 0,01$) a todas las variables evaluadas, salvo las semillas no germinadas que resultaron afectadas únicamente por la CA (Cuadro 2). La interacción CA x DA afectó significativamente los niveles de humedad de semilla y las plántulas anormales ($P < 0,01$), esto es indicativo de que cada condición de almacenamiento afecta de manera específica dichas variables para los diferentes DA. Para el resto de las variables no se detectaron efectos importantes atribuidos a la interacción CA x DA.

La humedad de semilla, de acuerdo a las condiciones estudiadas, se redujo con el transcurso de los DA (Figura 2) y varió de 3,5%, en los primeros DA, hasta 1,6% al finalizar el almacenamiento. La semilla en la CA1 presentó

Cuadro 2. Significación de los cuadrados medios de diferentes descriptores de semilla de soya variedad ‘FP90-6103’

Fuente de variación	Grados de libertad	Humedad	Germinación	Plántulas anormales	Semillas no germinadas
Condición de almacenamiento (CA)	1	3,484 *	136,250 *	19,506 *	111,319 *
Días de Almacenamiento (DA)	8	34,438 *	136,111 *	66,694 *	12,250 ns
CA x DA	8	1,193 *	19,986 ns	20,006 *	2,375 ns

*Significativo ($p < 0,01$)

ns: No significativo

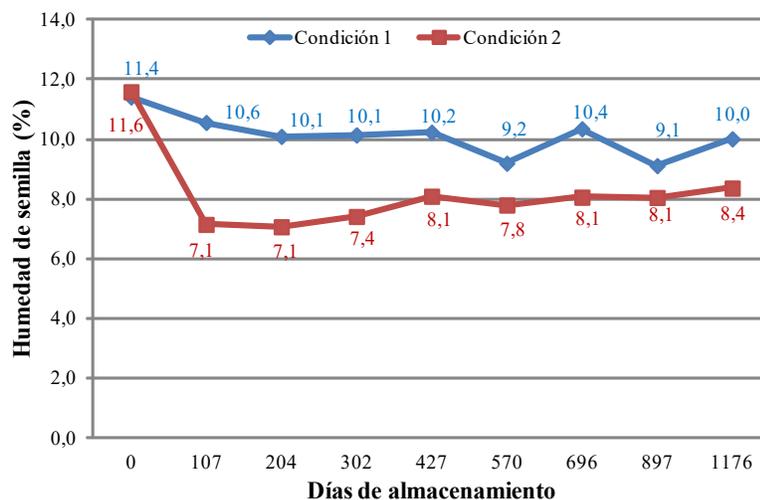


Figura 2. Comportamiento de la humedad de semilla de soya variedad ‘FP90-6103’ bajo dos condiciones de almacenamiento

mayores niveles de humedad con respecto a la CA2, y experimentó una reducción importante durante los primeros tres DA. A partir de los 302 DA hasta el final del almacenamiento se encontró una variación máxima de humedad de 1,3% (Figura 2). La semilla en la CA2 presentó una disminución de 4,5% humedad de 0 a 107 DA, luego experimentó un incremento de 1% hasta los 427 DA y a partir de este período hasta el final del almacenamiento se observaron variaciones no significativas de humedad (0,6%).

Las variaciones de humedad encontradas en ‘FP90-6103’ para las CA1 y CA2 durante un lapso de 696 DA (23,4 meses) resultaron superiores a las señaladas por Ávila *et al.* (2012), quienes al evaluar semillas de la misma variedad, almacenadas a 10°C en envases de 970 cc tapados y con una relación soya:silica de 1:1,18, encontraron, para un intervalo de almacenamiento de 24 meses, humedades comprendidas entre 5,6% y 6,6% (1%).

El cambio de la reducción de humedad con los DA en la CA2 se atribuye a que la silica gel seca al inicio del almacenamiento genera una condición de desequilibrio de humedad dentro del sistema (ambiente-silica-gel-semilla) que resulta en una rápida absorción de humedad del ambiente circundante y consecuentemente induce a una reducción de humedad de la semilla de soya. A medida que transcurrieron los DA, la semilla se acercó al punto de humedad de equilibrio con el sistema lo cual produjo una disminución en la pérdida de humedad de la semilla con respecto al tiempo. Esto también fue observado por Li *et al.* (2002), al evaluar la desecación de semilla de soya con silica gel. Por otra parte, la temperatura de almacenamiento superior en la CA2 fue el resultado del aislamiento de las paredes del tambor y probablemente esto produjo una mayor

pérdida de humedad de la semilla de soya con respecto a la CA1. Se ha indicado que el incremento de temperatura del ambiente en sistemas con desequilibrio de humedad produce aumentos en la velocidad de difusión y la capacidad de desorción de humedad en granos de frijol, sorgo, trigo, arroz (Bothelo *et al.*, 2013), maíz (Marques *et al.*, 2014; Bothelo *et al.*, 2013) y en semilla de soya almacenada con silica gel, los cuales han sido explicados por una aproximación del modelo de difusión de Arrhenius (Li *et al.*, 2002).

La germinación de la semilla de soya generalmente se redujo con los DA en ambas condiciones (Figura 3). La CA1 estuvo asociada con mayores valores de germinación frente a la CA2 y presentó una reducción uniforme con los DA, salvo el pico de germinación observado a los 696 DA. La CA2 presentó mayores fluctuaciones de germinación con el aumento de los DA. De 0 a 695 DA la germinación de la CA1 se redujo en 5,5%, mientras que para ese mismo intervalo de almacenamiento la germinación de la CA2 se redujo en 14%. La CA1 experimentó un cambio importante de la germinación de 10,5% y ocurrió entre 696 y 897 DA, mientras que en la CA2 la mayor reducción en germinación de 18,5% ocurrió entre los 570 y 897 DA. Al evaluar el comportamiento de la germinación mediante aproximación en un modelo de primer orden se observó que las constantes de reducción proporcional entre los DA fueron de 1,46 % y 2,50% para la CA1 y CA2 respectivamente, lo cual indica una la mayor velocidad de reducción de la germinación para la CA2 (Figura 3).

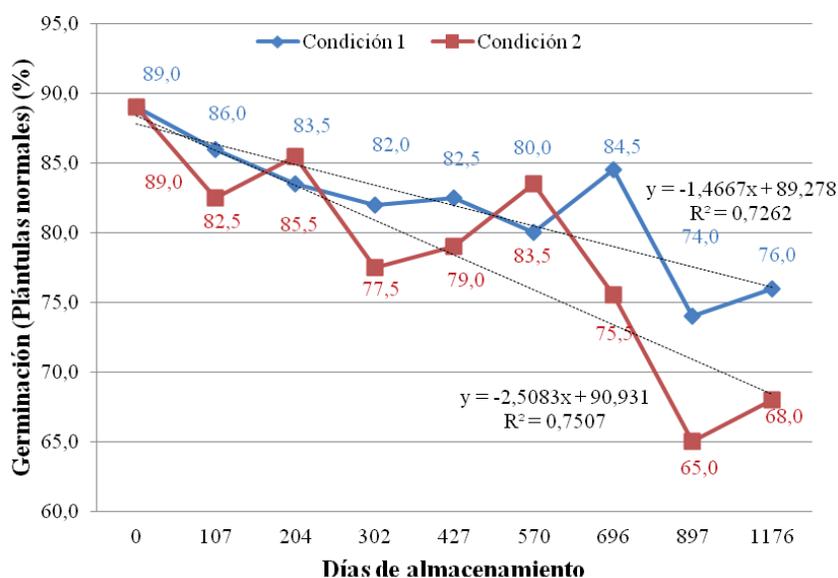


Figura 3. Comportamiento de la germinación de semilla de soya variedad ‘FP90-6103’ bajo dos condiciones de almacenamiento

Los promedios de plántulas anormales fueron inferiores en la CA1 con respecto a la CA2 en la mayor parte de los DA (Figura 4). El porcentaje de plántulas anormales en la CA1 fluctuó con el incremento de los DA atribuido a dos niveles máximos a los 204 y 570 DA y presentó una variación máxima de 9,5% durante todo el almacenamiento. En la CA2 los niveles de plántulas anormales presentaron una variación máxima de 4,0% en los primeros 427 DA, luego de este período experimentaron un incremento de 5% hasta los 696 DA, y mantuvieron los mayores niveles de plántulas anormales en los últimos períodos de almacenamiento. Al finalizar el almacenamiento los niveles de plántulas anormales en la CA1 y CA2 fueron de 8% y 16%, respectivamente.

Los niveles de semillas no germinadas (semillas muertas y duras) para las dos CA presentaron un comportamiento similar, aunque en la CA1 resultaron ligeramente inferiores comparados con los de CA2 en la mayor parte de los DA (Figura 5). Desde el inicio del almacenamiento hasta los 696 DA los niveles de semillas no germinadas para ambas condiciones no presentaron una tendencia clara en su comportamiento y exhibieron una variación máxima de 6% en la CA1 y de 9% en la CA2. A partir de los 696 DA hasta los 897 DA se observaron los mayores incrementos de semillas no germinadas para ambas condiciones y luego se mantuvieron hasta finalizar el almacenamiento con niveles comprendidos entre 16,0% y 19,5 %.

Los niveles de germinación de las semillas superaron el 75% en la CA1 durante todo el almacenamiento (1176 DA), y el 74% en la CA1 durante los primeros 696 DA de almacenamiento. Para los períodos antes mencionados de

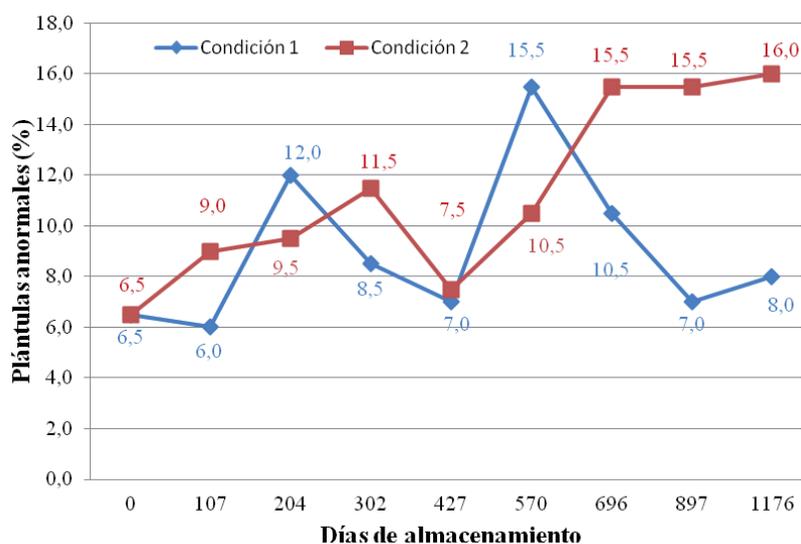


Figura 4. Comportamiento de las plántulas anormales de soja variedad 'FP90-6103' bajo dos condiciones de almacenamiento

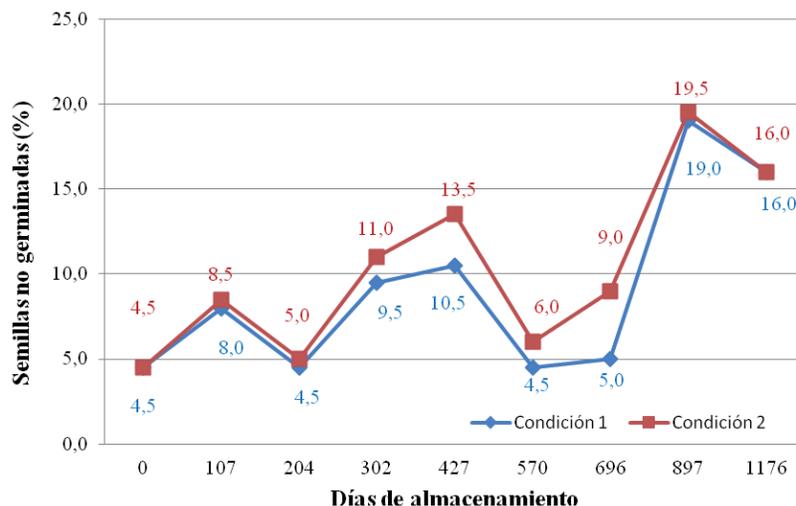


Figura 5. Comportamiento de las semillas no germinadas de soya variedad ‘FP90-6103’ bajo dos condiciones de almacenamiento

cada condición se cumplieron los requisitos mínimos exigidos de germinación para todas categorías de semilla comercial (>70%) de acuerdo a la normativa nacional vigente (INIA, 2009).

Las variaciones de germinación de ‘FP90-6103’ para las dos condiciones de almacenamiento durante un lapso de 696 DA (23,4 meses) superaron las germinaciones comprendidas entre 97,1% y 94,4% (2,7%) indicadas por Ávila *et al.* (2012) para misma variedad almacenadas a 10°C durante 24 meses. Por otra parte, las germinaciones fueron superiores y por períodos más prolongados a los encontrados por Ortíz *et al.* (2004), quienes al evaluar el efecto de almacenamiento en temperaturas de 19 y 22°C durante 12 meses, empleando contenedores de vidrio y bolsas de lienzo selladas con y sin la adición de medio absorbente de humedad (zeolita), para las variedades de soya CUBASOY-23 e INCASOY-32, encontraron que en ambos contenedores la germinación se mantuvo por encima de 70% durante los primeros 9 meses, pero a los 12 meses la germinación se redujo drásticamente hasta niveles cercanos a 30%. Adicionalmente, los mismos autores indicaron que los niveles de germinación no se vieron afectados por la variedad o el uso zeolita, pero destacaron que el envase sellado presenta una ligera disminución de la germinación con respecto a la bolsa de lienzo, lo cual resultó consistente con los encontrado en nuestro estudio.

Se encontró que las variables consideradas en el presente estudio presentaron diferentes grados de correlación positiva y negativa de acuerdo a la condición de almacenamiento aplicada (Cuadro 3). En la CA1, el aumento de los DA estuvo acompañado de disminuciones de humedad y germinación de la

Cuadro 3. Correlaciones de las variables de semilla de la variedad 'FP90-6103' para dos condiciones de almacenamiento

	DA	Humedad (%)	Germinación (%)	Plántulas anormales (%)
CA1				
Humedad (%)	-0,62			
Germinación (%)	-0,85	0,84		
Plántulas anormales (%)	0,11	-0,49	-0,11	
Semillas no germinadas (%)	0,69	-0,46	-0,81	-0,48
CA2				
Humedad (%)	-0,19			
Germinación (%)	-0,87	0,16		
Plántulas anormales (%)	0,79	0,06	-0,80	
Semillas no germinadas (%)	0,75	-0,25	-0,93	0,53

semilla y aumentos de los niveles de semillas no germinadas, por otra parte mostró una baja correlación con los niveles de plántulas anormales; los incrementos de humedad en la semilla estuvieron asociados con aumentos de la germinación y reducciones de las plántulas anormales y semillas no germinadas; la disminución de la germinación estuvo asociada con aumentos de las semillas no germinadas y presentaron poca correlación con los niveles de plántulas anormales. Finalmente, los niveles de plántulas normales en CA1 se asociaron negativamente con los niveles de semillas no germinadas.

En la CA2, el aumento de los DA estuvo asociado con reducciones de germinación y aumentos de los niveles plántulas anormales y semillas no germinadas; a su vez presentó poca correlación con los niveles de humedad de la semilla. Los niveles de humedad de semilla para la misma condición presentaron bajo grado de correlación con todas las variables fisiológicas evaluadas; mientras que la reducción de la germinación estuvo asociada con incrementos de los niveles de plántulas anormales y semillas no germinadas. Por otra parte, el incremento de los niveles de plántulas anormales en la CA1 estuvo asociado con un aumento de las semillas no germinadas (Cuadro 3).

La reducción de la calidad fisiológica con los DA para todas las CA evaluadas, se tradujo en un aumento en los niveles de semillas no germinadas en la CA1 y en aumentos, tanto de los niveles semillas no germinadas, como los de plántulas anormales en la CA2. En la CA2 se alcanzaron menores niveles de humedad con respecto a CA1 pero no estuvieron asociados con incrementos en germinación de la semilla. De hecho de las dos CA evaluadas, la CA1 fue la que presentó el menor deterioro de la calidad fisiológica con los DA. Se ha señalado el beneficio de las bajas temperatura y HR de almacenamiento sobre el mantenimiento de la viabilidad de la semilla y el poder germinativo (Cerovich y Miranda, 2004; Ponce *et al.*, 2002; Casini *et al.*, 1997).

Los rangos de HR y temperatura de las dos CA empleadas en nuestro estudio revelaron que la reducción de la temperatura, en comparación con las reducciones de HR del ambiente, fue más determinante en el mantenimiento del poder germinativo. Esto plantea la necesidad de combinar de manera adecuada los niveles de temperatura y humedad relativa del ambiente donde será almacenada la semilla y así reducir el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla por efecto del tiempo de almacenamiento.

CONCLUSIONES

Las CA y DA aplicados afectaron significativamente la calidad fisiológica de la semilla de soya de la variedad 'FP90-6103'. La germinación de la semilla para todas las CA evaluadas mantuvieron niveles adecuados en al menos 696 días de almacenamiento (23 meses) de conformidad con requisitos oficiales de semilla de soya en Venezuela. La semilla de 'FP90-6103' almacenada en sacos de polipropileno dentro de un ambiente de 1,6°C y 42,7% de HR (CA1) mantuvo niveles de germinación adecuados (>75%) durante 1176 días de almacenamiento. Al almacenar la semilla en contenedores de sellados con silica gel a 3,6°C y 41% de HR (CA2) se encontró una mayor velocidad de deterioro de la germinación y un menor poder germinativo.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, por el financiamiento del presente estudio a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Programa Plan Zamora Proyecto: PZ_ OLE_SOY2.

REFERENCIAS

- Ávila, M.; M. Romero; N. Clisanchez; Y. Alejos; W. López; F. Peñaloza. 2012. Conservación de la semilla de soya variedad FP90-6103. Resúmenes del V Congreso Venezolano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola (V CONVEME). Maracay.
- Botelho, F; P. Correa; M. Martins; S. Botelho; G. Oliveira. 2013. Effects of the mechanical damage on the water absorption process by corn kernel. Food Sci. Technol. Campinas. 33(2): 282-288.
- Casini, C.; R. M. Craviotto; S. M. Grancola. 1997. Calidad de la semilla. En: El cultivo de la soja en Argentina INTA.
- Cerovich, M.; F. Miranda, 2004. Almacenamiento de semillas: estrategia básica para la seguridad alimentaria. Ceniap Hoy. N° 4.

- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: Seed Vigour Testing Seminar, International Seed Testing Association, Copenhagen. pp. 1-9.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) 2009. Normas específicas de certificación de semillas de variedades de soya. Servicio Nacional de Semilla (SENASA). (*Glycine máx. L. Merrill*). Venezuela.
- ISTA. 2013. International Seed Testing Association. International Seed Testing Rules. Zurich, Switzerland.
- Marques, B.; L. Jorge; R. Jorge, 2014. Hydration kinetics, physicochemical composition, and textural changes of transgenic corn kernels of flint, semi-flint, and dent varieties. *FoodSci. Technol, Campinas*, 34(1): 88-93.
- Li, Z.; N. Kobayashi; F. Watanabe,; M. Hasatani. 2002. Sorption drying of soybean seeds with silical gel. *Drying Technology*. 20(1): 223-233.
- Ortiz, R.; C. De la Fé; M. Ponce. 2004. Evaluación de métodos de almacenaje de semilla de soya (*Glycine max. (L.) Merrill*) en condiciones de bajos insumos. *Cultivos Tropicales*, 25(3): 49-58.
- Ponce, M.; R. Ortiz; C. De la Fe; C. Moya. 2002. Estudio comparativo de nuevas variedades de soya (*Glycine max L. Merr*) para condiciones de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales*. 23(2): 55-58.
- Salinas, A.; A. Yoldjian; R. Craviotto; V. Bisaro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesq. agropec. bras.* Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200022>. [Consultado el: 12/04/16].
- Ye, J.; Q. Luo; X. Li; Q. Xu; Z. Li. 2008. Sorption drying of soybean seeds with silica gel in a fluidized bed dryer. *Int. J. Food Eng.* 4(6).