

Efecto de diferentes temperaturas sobre la calidad fisiológica de semillas de sésamo

Effect of different temperatures on physiological quality of sesame seeds

Claudia Pérez Mendoza^{1*}, Leticia Tavitas Fuentes², Líder Ayala Aguilera³ y Rosa María Oviedo de Cristaldo³

¹ Programa de Recursos Genéticos Agrícolas, Centro Nacional de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), hasta enero del 2014. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Actualmente, estudiante de posgrado del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

² Programa de Recursos Genéticos Agrícolas, Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Morelos, México.

³ Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA, UNA). San Lorenzo, Paraguay.

* Autor para correspondencia (claudiatlaxcala@yahoo.com.mx)

Recibido: 03/09/2015; Aceptado: 20/11/2015.

<http://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2015.diciembre.122-128>

RESUMEN

En el proceso de germinación de las semillas, éstas pueden ser afectadas principalmente por la disponibilidad de agua, temperatura y luz, que influyen en la germinación. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad fisiológica de semillas de cinco genotipos de sésamo sometidos a diferentes temperaturas. Se utilizaron cinco genotipos de semillas de sésamo producidas en Paraguay. El trabajo tuvo dos fases: en la primera, se evaluó la calidad física y en la segunda, la calidad fisiológica. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo bifactorial donde el factor A fueron los genotipos (Kemasem, SH1, Escoba, Negro Paraguay y Dorado) y el factor B las temperaturas (cuatro niveles: 20°C, 25°C, 30°C y 35°C) con cuatro repeticiones, totalizando 80 unidades experimentales. Los resultados indicaron que el peso de mil semillas mostró un rango de 2,29 a 2,92 g siendo Kemasem el más sobresaliente; en la calidad fisiológica los genotipos Negro Paraguay, Kemasem y Escoba registraron mayor germinación tanto en el primer conteo y conteo final. Se observó que en las temperaturas de 25 y 30°C las semillas presentaron mejor desempeño germinativo en comparación, a las temperaturas 20 y 35°C que registraron germinaciones inferiores. Se concluye que la expresión de la germinación y el peso seco de la plántula total dependió más del genotipo utilizado; las temperaturas de 25 y 30°C son las que propician un mejor desempeño germinativo en los genotipos de sésamo del Paraguay; los genotipos de sésamo que registraron la mejor calidad física y fisiológica fueron: Negro Paraguay y Kemasem.

Palabras clave: *Sesamum indicum* L., calidad física, calidad fisiológica.

ABSTRACT

During seeds germination process, they may mainly be affected by the availability of water, temperature and light, which all influence germination. The objective of the study was to evaluate physiological quality of five sesame seeds genotypes subjected to different temperatures. The study was carried out using five sesame seeds genotypes produced in Paraguay. The research had two phases: in the first phase, seeds physical quality was evaluated and in the second one, seeds physiological quality. The experimental design was a completely randomized bifactorial arrangement with four replications, totaling 80 experimental units. The variables evaluated were seeds genotype, called factor A (Kemasem, SH1, Escoba, Negro Paraguay and Dorado) and temperature, called Factor B (four levels: 20°C, 25°C, 30°C and 35°C) Results showed that one thousand seeds yielded between 2.29 to 2.92 g weight being Kemasem the most outstanding genotype; Regarding physiological quality, Negro Paraguay, Kemasem and Escoba genotypes had the highest germination rate, both on the first and the last counting. As for the effect of temperature, it was observed that germination was better under temperatures of 25°C and 30°C compared to temperatures of 20°C and 35°C. It is concluded that germination rate and seedlings total dry weight depended more on seed genotype. Temperatures of 25°C to 30°C are the best one for highest germination rate of Paraguayan sesame seed genotypes; The best physical as well as physiological quality were achieved by Negro Paraguay and Kemasem genotypes.

Key words: *Sesamum indicum*, physical quality, physiological quality.

INTRODUCCIÓN

Las semillas son el punto de partida para mejorar la producción y es indispensable, que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento (Doria 2010) y en el caso del sésamo, no es la excepción (Ayala et al. 2011). Indiscutiblemente, la semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad.

La calidad de semillas es un concepto basado en la valorización de diferentes características físicas y fisiológicas como la germinación, viabilidad y peso seco de plántula (Pérez et al. 2006), así como también las características genéticas y sanitarias. Por tal motivo, es de gran interés científico realizar trabajos encaminados a estimular la germinación de las semillas con el fin, de poder elevar la productividad de los cultivos de forma sustentable y así, enfrentar los cambios en el entorno de manera más apropiada (Doria 2010).

La germinación de las semillas es un proceso complejo que comprende diversas fases, siendo afectadas principalmente por factores ambientales tales como la disponibilidad de agua, temperatura, luz, oxígeno y dióxido de carbono entre otros, que influyen tanto sobre el porcentaje como sobre la velocidad de germinación de las semillas siendo muchos de ellos más o menos específicos para cada especie (Bewley y Black 1994). De entre estos factores la humedad y la temperatura son los más determinantes en el proceso germinativo (Aráoz et al. 2004, Funes et al. 2009). Según Bewley y Black (1994) la temperatura actúa también, sobre las enzimas que intervienen en el proceso de germinación de las semillas, afectando tanto la tasa como el porcentaje final de germinación (Martínez et al. 2012).

Por lo tanto, es de interés fisiológico determinar las temperaturas de germinación mínima, óptima y máxima. Las temperaturas máximas aumentan la velocidad de germinación pero solamente las semillas más vigorosas germinan, generando así un bajo porcentaje de germinación. En las temperaturas mínimas, reducen la velocidad de germinación y alteran la uniformidad de emergencia (Carvalho y Nakagawa 2000) mientras, que en la temperatura óptima propicia un máximo porcentaje de germinación en menor espacio de tiempo (Mayer y Poljakoff-Mayber 1989).

Las temperaturas óptimas de germinación generalmente son muy variables entre especies e incluso, entre cultivares de una misma especie (Aráoz et al. 2004). En el caso de la temperatura de germinación de semillas de sésamo *Sesamum indicum* L., Moreno (1996) afirma que la temperatura óptima para efectuar una prueba de germinación oscila de 20-30°C, mientras, que Bioversity (antes IBPGR) menciona que para el género *Sesamum* se debe alternar diferentes temperaturas que oscilen entre 20 a 40°C durante la prueba de germinación y dependiendo de la especie de *Sesamum* (Ellis et al. 1985) aplicar tratamientos pre-germinativos para eliminar la latencia en las semillas de sésamo; ya las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas indican para utilizar temperaturas alternas de 20/30°C en *Sesamum indicum* L. (ISTA 2012).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad fisiológica de semillas de cinco genotipos de sésamo sometidos a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el segundo semestre del año 2012 en el Laboratorio de Semillas Ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

Se utilizaron cinco genotipos de semillas fiscalizadas de sésamo originarios del Paraguay (Kemasem, SH1, Escoba, Negro Paraguay y Dorado). El trabajo se realizó en dos fases: en la primera, se evaluó la calidad física a través del peso de mil semillas y en la segunda, se evaluó la calidad fisiológica de acuerdo a las normas internacionales de análisis de semillas (ISTA 2012).

Así, la calidad física se determinó a través del peso de mil semillas (P1000S) de cada genotipo de sésamo, que se obtuvo contando y pesando ocho repeticiones de 100 semillas por cada genotipo, cuya media aritmética fue multiplicada por diez (ISTA 2012). Esta variable se evaluó en cuatro repeticiones.

Para la evaluación de la calidad fisiológica, el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo bi-factorial donde el factor A fueron los genotipos (Kemasem, SH1, Escoba, Negro Paraguay y Dorado) y el factor B las temperaturas (cuatro niveles: 20°C, 25°C, 30°C y 35°C), totalizando 20 tratamientos, con cuatro repeticiones.

La calidad fisiológica fue evaluada mediante la prueba de germinación, utilizándose el método “sobre papel” (ISTA 2012) el cual, consistió en utilizar cajas Petri, colocando dentro dos capas de papel filtro previamente humedecidas con agua destilada y sobre ellas, se colocaron por cada genotipo de sésamo cuatro repeticiones de 25 semillas distribuidas en cinco columnas o hileras; posteriormente se cubrieron con la tapa de la caja y se distribuyeron al azar en las cámaras de ambiente controlado considerando cuatro niveles de temperaturas (20°C, 25°C, 30°C y 35°C), totalizando ochenta unidades experimentales.

Los caracteres evaluados fueron: primer conteo de germinación en porcentaje (PCG), germinación final en porcentaje (PG), y peso seco de plántulas totales (PSPT) expresado en gramos después de secadas en una estufa a 75°C durante 72 h (ISTA 2012).

Para el análisis de las variables se evaluaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos que no presentaron normalidad en los residuales fueron transformados con la función $\sqrt{X/100}$, usualmente utilizada en estudios de germinación de semillas. Posteriormente, se realizaron los análisis de varianza respectivos mediante el procedimiento de modelos generalizados (GLM) y para las variables que resultaron significativas se efectuó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey $\alpha = 0,05$ (SAS 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0,01$) en todos los genotipos para el P1000S. El coeficiente de variación (CV) para esta variable fue de 4,06%, el cual cumple con lo establecido por la ISTA (2012), de modo que, para que el resultado de la prueba sea aceptado debe tener un CV que no exceda de 6,0% para semillas brozosas y de 4,0% para otras.

La prueba de Tukey para el P1000S mostró un rango de 2,92 g a 2,29 g, siendo Kemasem (2,92 g) el genotipo más sobresaliente seguido por Escoba (2,69 g), mientras que Negro Paraguay fue el que registró el menor P1000S con 2,29 g (Figura 1). Estos resultados coinciden a lo reportado por Ayala et al. (2011) quienes reportan peso de mil semillas para el genotipo Escoba un rango entre 2,6 a 3,6 g. Van Humbeek y Oviedo de Cristaldo (2012) mencionan también, que el peso de 1000 semillas es una característica varietal y es el componente de rendimiento que menos modificaciones tiene por efecto del ambiente;

por lo tanto, esta variable debe ser tomada en cuenta para estudios de caracterización física en semillas.

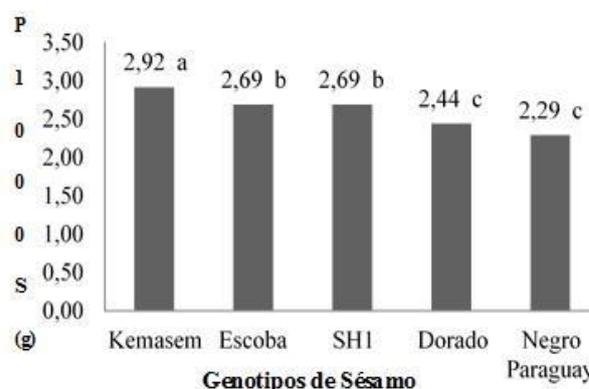


Figura 1. Peso de mil semillas (P1000S) de los diferentes genotipos de sésamo del Paraguay. Valores con la misma letra en la figura son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0,05$).

En la Tabla 1 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica, en donde se observa que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,01$) para los genotipos y temperaturas en PCG, PG y PSPT. En la interacción de genotipo por temperatura (GxT), esta resultó significativa ($P \leq 0,01$) en PCG y PG, así como también fue significativa ($P \leq 0,05$) para PSPT.

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de calidad fisiológica, evaluadas en los diferentes genotipos de semillas de sésamo y temperaturas.

Factor de variación	Variables [†]		
	PCG	PG	PSPT
Genotipo (G)	11624,69**	6817,31**	0,003**
Temperaturas (T)	1845,37**	923,90**	0,0004**
Interacción GxT	162,71**	100,40**	0,0009*
CV (%)	6,82	4,03	13,06

PCG= Primer conteo de germinación; PG = Germinación final en porcentaje; PSPT= Peso seco de la plántula total; **, * = significancia estadística al 0,01 y 0,05 nivel de probabilidad, respectivamente; CV = Coeficiente de variación.

Por otra parte, la prueba de Tukey estableció diferencias entre los genotipos de sésamo evaluados en la calidad fisiológica (Tabla 2). El valor promedio de PCG para los genotipos de sésamo como Negro Paraguay (92,5% y 94,8%) y Kemasem (85,0% y 87,5%) fueron altos y se mantuvieron constantes hasta la prueba de PG a los seis días, mientras que los genotipos SH1 (23,3 y 42,8%) y Dorado (10,3 y 28,4%) fueron los de menor PCG y PG, respectivamente. Este resultado se podría atribuir a que el vigor de germinación de los genotipos de sésamo

evaluados presentaron diferencias por su constitución genética, por el tipo de progenitores y el desarrollo de la planta madre. Al respecto, De Paula et al. (2010) realizaron un estudio sobre la calidad fisiológica de las semillas de sésamo de distintos colores y en el cual, el cultivar de sésamo negro registró mayor porcentaje de germinación con 99,0% en comparación, a los cultivares de sésamo con color de semilla blanca y crema que obtuvieron 91,0 y 97,0%, respectivamente.

En la Tabla 2, se presenta los resultados para los pesos secos de plántulas totales (PSPT) entre los genotipos de sésamo, en donde se observa como Dorado y SH1 registraron los menores PSPT en comparación a Negro Paraguay, Kemasem y Escoba que fueron sobresalientes en esta variable de vigor evaluada en laboratorio.

Tabla 2. Comparación de medias para las variables de calidad fisiológica evaluadas en los diferentes genotipos de semillas de sésamo del Paraguay.

Genotipos	Variables*		
	PCG (%)	PG (%)	PSPT (g)
Kemasem	85,0 b*	87,5 b	0,056 b
SH1	23,3 d	42,8 c	0,047 c
Escoba	77,1 c	85,0 b	0,054 b
Negro Paraguay	92,5 a	94,8 a	0,064 a
Dorado	10,3 e	28,4 d	0,029 d
Media	57,08	67,40	0,840
DMSH (Tukey $\alpha = 0,05$)	4,38	2,66	0,007

PCG= Primer conteo de germinación; PG = Germinación final en porcentaje; PSPT= Peso seco de la plántula total; DMSH = Diferencia Mínima Significativa Honesta (Tukey $\alpha = 0,05$). *Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

En cuanto al comportamiento de las temperaturas se observó que hubo respuestas diferenciadas para cada temperatura evaluada. En ese contexto, los porcentajes de germinación en el primer conteo de germinación (PCG) evaluado al tercer día y germinación final (PG) evaluado al sexto día fueron ligeramente mayores a 25°C seguido, por la temperatura de 30°C (Figura 2), habiendo una diferencia porcentual que oscila de 2,6 a 3,6%, pudiéndose considerar estas temperaturas como óptimas para propiciar un mejor desempeño germinativo en los genotipos de sésamo del Paraguay, esto, si se toma en cuenta que Mayer y Poljakoff-Mayber (1989) consideran que la temperatura óptima de germinación es aquella en la

que se obtiene el más alto porcentaje de germinación en el menor tiempo (Martínez et al. 2012).

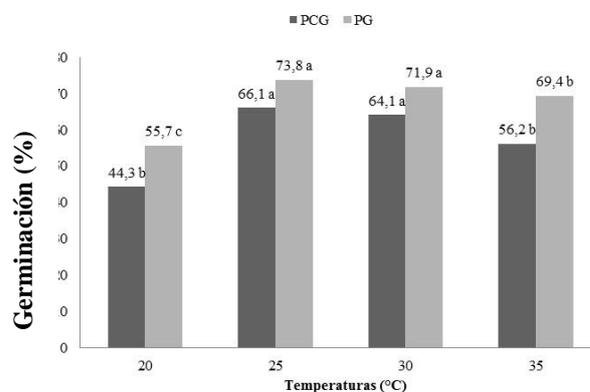


Figura 2. Primer conteo de germinación (PCG) y germinación final (PG) con base en las temperaturas. Valores con la misma letra en la figura no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0,05$).

Para las temperaturas de 20 y 35°C los PCG y PG mostraron un efecto menor sobre la expresión de la germinación en las semillas de sésamo (Figura 2). Según Carvalho y Nakagawa (2000) las temperaturas por debajo de la óptima tienden a reducir la velocidad del proceso germinativo, exponiendo a las plántulas por mayor periodo a factores adversos, lo cual lleva a una reducción total de la germinación. Bewley y Black (1994) mencionan que temperaturas fluctuantes han demostrado que la germinación se dificulta por diversos factores como la presencia de temperaturas máximas y mínimas, y la duración de la tasa de calentamiento y enfriamiento de las semillas a esas fluctuaciones.

Por otro lado, al evaluar el efecto de las temperaturas a través del PSPT, las temperaturas de 20 a 30°C registraron pesos secos de plántula total similares en comparación, a la temperatura de 35°C que se registró una disminución en el PSPT en relación con las demás temperaturas estudiadas (Figura 3). Al respecto, Barros et al. (2009) evaluaron tres niveles de temperaturas (20, 25 y 30°C) de germinación en semillas de sésamo y reportaron, pesos de materia seca de plántula para genotipos de sésamo que oscilaron de 110 a 150 mg pero no observaron diferencias significativas en pesos secos de materia seca de plántula para los diferentes niveles de temperaturas.

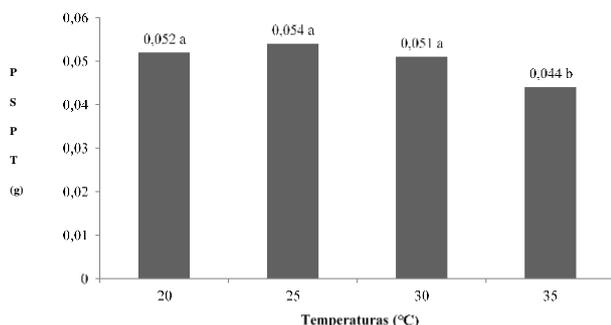


Figura 3. Peso seco (g) de plántula total evaluada en las diferentes temperaturas. Valores con la misma letra en la figura son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0,05$).

En cuanto a la interacción entre genotipos y temperaturas esta resultó significativa ($P \leq 0,01$) en PCG y PG (Figuras 4a y 4b), en el que se observa comportamiento diferencial entre los distintos genotipos de sésamo y las temperaturas evaluadas en esta investigación (Tukey $\alpha = 0,05$), donde Negro Paraguay, Kemasem y Escoba registraron los

valores más altos en los PCG y PG con la temperatura de 25°C en comparación, con los genotipos SH1 y Dorado que obtuvieron los menores porcentajes de germinación en las dos variables de calidad fisiológica. Este resultado indica, que están dentro del estándar del porcentaje de germinación establecido por la ISTA (2012) y por el Servicio de Sanidad y Calidad Vegetal y de Semillas del Paraguay (SENAVE 2014) que es del 80%, respectivamente. Es importante señalar, que los genotipos de sésamo evaluados a la temperatura de 30°C la germinación fue 2% menor en contraste, a la temperatura de 25°C.

Al respecto, Hahm et al. (2009), registraron las mayores tasas de germinación en semillas de sésamo a 35°C y el cuál atribuyeron en parte a que la temperatura elevada (35°C) cae dentro de la temperatura óptima de germinación para semillas de sésamo (Carvalho et al. 2001) difiriendo con los resultados que se obtuvieron en este estudio. En cambio, estos resultados coinciden a los reportados por Kyauk et al. (1995) quienes recomiendan utilizar temperaturas que vayan de 25 a 30°C para evaluar la germinación del sésamo.

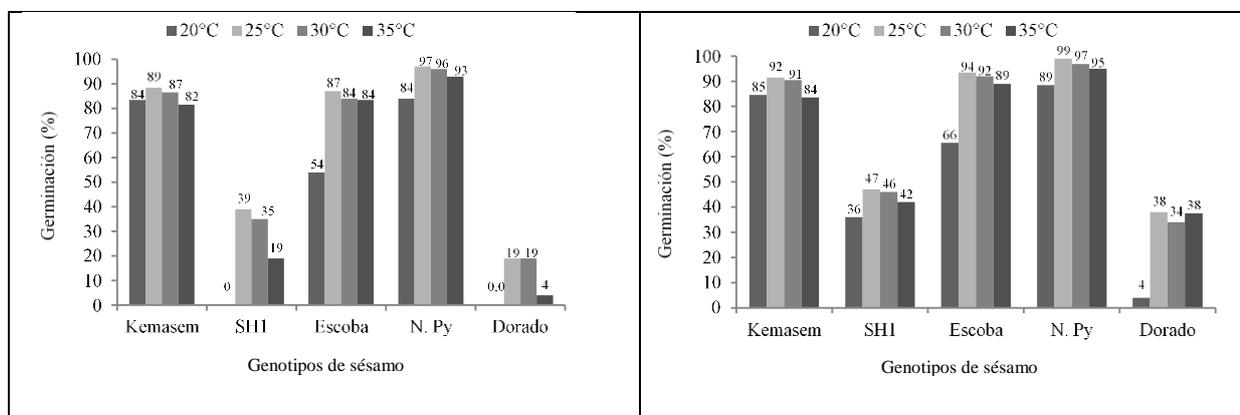


Figura 4. Efecto de las temperaturas sobre los genotipos de sésamo del Paraguay: a) Primer conteo de germinación (PCG); b) Germinación final (PG) en porcentaje.

El peso seco de las plántulas totales (PSPT) resultó significativa ($P \leq 0,05$) en la interacción de los dos factores de estudio (GxT). En la Figura 5 se observa en los diferentes genotipos de sésamo que las temperaturas de 20<=>30°C promovieron la acumulación de materia seca en las plántulas.

Finalmente es importante resaltar que en el presente estudio, el efecto de las diferentes temperaturas evaluadas sobre la germinación de semillas de sésamo permitió identificar a las temperaturas 25 y 30°C como las temperaturas con mejor PCG, PG y PSPT.

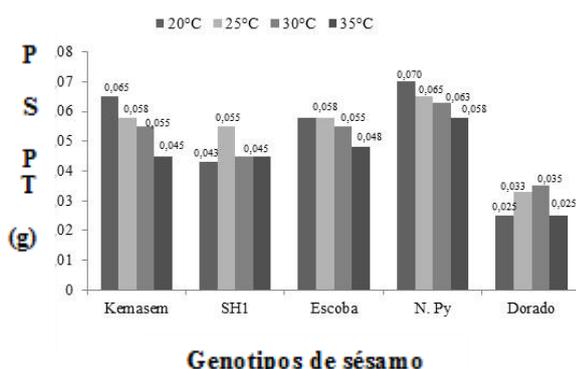


Figura 5. Comportamiento de la acumulación del peso seco de plántula total (PSPT) de los diferentes genotipos de sésamo del Paraguay evaluados a diferentes temperaturas.

Además, dichos parámetros fueron los más confiables para determinar y comparar los niveles de la calidad de las semillas entre los diferentes genotipos de sésamo evaluados, tal y como lo señala Moreno (1996) quien hace referencia que la prueba de germinación de semillas agrícolas en condiciones controladas de laboratorio (humedad, oxígeno, temperatura, luz, duración de la prueba) permite establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

CONCLUSIONES

Se observa efecto de la temperatura sobre la calidad fisiológica de las semillas de diferentes genotipos de sésamo. La germinación de semillas y el peso seco de plántula total de sésamo dependen de la temperatura a la que es sometida y del genotipo utilizado.

Las temperaturas de 25 y 30°C son las que propician un mejor desempeño germinativo en los genotipos de sésamo del Paraguay.

Los genotipos de sésamo que registran la mejor calidad son: física y fisiológica de las semillas Negro Paraguay y Kemasem. La germinación de las semillas de la variedad Escoba se ve negativamente influenciada por temperaturas inferiores a 25°C.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Secretaria de Relaciones Exteriores (SRE) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción del

Paraguay por las facilidades dadas a los autores y a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) por el apoyo económico a través del proyecto titulado “Mejoramiento de la Producción de Semillas de Sésamo para los Pequeños Agricultores” en el marco del programa conjunto de Cooperación México-Japón hacia Paraguay. Agradecemos también, a los dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios a este escrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aráoz, S; Del Longo, O; Karlin, O. 2004. Germinación de semillas de *Zizyphus mistol* Grisebach II: respuestas a diferentes temperaturas y luz. *Multequina* 13:45-50.
- Ayala, L; Oviedo de Cristaldo, RM; Pérez, C. 2011. Producción de semillas de sésamo en pequeñas propiedades. San Lorenzo, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Asunción. Agencia de Cooperación Internacional del Japón. 32 p.
- Ayala M; González, D; Oviedo de Cristaldo, RM; Ayala, L. 2011. Características de la variedad Escoba Blanca. In: Proyecto: mejoramiento de la producción de semillas de sésamo para los pequeños productores. San Lorenzo, Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Secretaria de Relaciones Exteriores. Desplegable. 3 p.
- Barros, S; de Medeiros, MA; da Silva, M; de Menezes, GM. 2009. Teste de conductividade elétrica em sementes de gergelim. *Rev Bras Sem* 31(3):070-077.
- Bewley, JD; Black, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. New York, NY, Plenum Press. 367 p.
- Carvalho, E; Borghetti, F; Buckeridge, MS; Morhy, L; Filho, EXF. 2001. Temperature-dependent germination and endo-b-mannanase activity in sesame seeds. *Rev Bras Fisiol Veg* 13(2):139-148.
- Carvalho, N; Nakagawa, J. 2000. *Sementes: ciencia, tecnologia e producao*. Jaboticabal, Brasil, Funep. 424 p.
- De Paula, V; Gonçalves, F; Vieira, K; Bacalhau, WJ; Ferreira, J; Nóbrega, A. 2010. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. *Rev Agro@mbiente On-line* 4(1):27-33.

- Doria, J. 2010. Revisión bibliográfica: generalidades sobre las semillas, su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31(1):74-85.
- Ellis, H; Hong TD; y Roberts EH. 1985. Handbook of seed technology for genebanks (Vol. II.) Compendium of specific germination information and test recommendations. Int Board for Plant Genetic Resources p: 543-544.
- Funes, G; Díaz, S; Vernier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecol Aus* 19:129-138.
- Hahm, TS; Sung-Jin Park, SJ; Martin, Y. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Bioresource Tech* 100:1643-1647.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2012. International rules for seed testing. *Seed Sci Tech* 24 (suppl): 243 p.
- Kyauk, H; Hopper, NW; Brigham, RD. 1995. Effects of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Environ Exp Bot* 35(3):345-351.
- Martínez, FE; Miranda, D; Magnitsky, S. 2012. Temperatura de germinación de semillas de anón (*Annona squamosa* L.). *Rev Colomb Cienc Hortíc* 6 (2):129-139.
- Mayer, AM; Poljakoff-Mayber, A. 1989. The germination of seeds. Fourth Edition. Oxford, Pergamon Press. 270 p.
- Moreno, E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ra. ed. México, D. F., UNAM. 393 p.
- Pérez, C; Hernández, A; González, FV; García, G; Carballo, A; Vásquez, TR; Tovar, MR. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agríc Téc Méx* 32(3):341-352.
- SAS (Statistical Analysis System Institute). 2000. SAS guide for personal computers. Version 9.00 Edition. Cary, NC. USA. 1028 p.
- SENAVE (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Vegetal y de Semillas). 2014. Normas específicas para la producción y comercialización de semillas certificadas y fiscalizadas. Asunción, SENAVE. 397 p.
- Van Humbeeck, MA; Oviedo de Cristaldo, RM. 2012. Población de plantas y su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimiento del sésamo (*Sesamum indicum* L.) variedad Escoba. *Investig Agrar* 14(1):25-30.