



Pastos y Forrajes

ISSN: 0864-0394

ISSN: 2078-8452

Estación Experimental de Pastos y Forrajes ""Indio Hatuey""

Mederos-Ramírez, Alejandro; Ortiz-Pérez, Rodobaldo
Efecto estimulante de tratamientos termoterapéuticos en semillas de *Glycine max* L.
Pastos y Forrajes, vol. 45, e21, 2022, Enero-Diciembre
Estación Experimental de Pastos y Forrajes ""Indio Hatuey""

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269173684020>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Efecto estimulante de tratamientos termoterapéuticos en semillas de *Glycine max* L. Stimulating effect of thermotherapeutic treatments on seeds of *Glycine max* L.

Alejandro Mederos-Ramírez <https://orcid.org/0000-0001-5460-1627> y Rodobaldo Ortiz-Pérez <https://orcid.org/0000-0002-5607-0580>

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, CP 32700, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: mracle@inca.edu.cu, rodo2110@yahoo.com.mx

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de la estimulación de diversos tratamientos termoterapéuticos, basados en calor seco, en semillas de nueve cultivares de *Glycine max* L., a tres temperaturas y en tres tiempos de exposición.

Materiales y Métodos: El estudio se desarrolló en los laboratorios del Departamento de Genética y Mejoramiento de las Plantas, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Se determinó el efecto de la estimulación de diversos tratamientos termoterapéuticos en las variables poder germinativo, rapidez germinativa y longitud de las radículas a las 48, 72 y 96 h de colocadas a germinar las semillas. Posteriormente, se halló el efecto en la biomasa seca de 100 radículas/tratamiento a las 120 h. A las variables se les realizó análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan para la determinación de diferencias entre sus medias.

Resultados: El tratamiento termoterapéutico más efectivo para todas las variables fue el de cinco horas de exposición a 50 °C, que aumentó la rapidez y el poder germinativo de las semillas, la longitud de las radículas y la biomasa seca de 100 radículas con respecto al control. Los cultivares de mejor respuesta al tratamiento de 50 °C durante cinco horas, en cuanto a porcentaje de germinación, fueron INCASoy-24 e INCASoy-27. En cuanto a la longitud de la radícula y la masa de 100 radículas, el cultivar INCASoy-2 fue el mejor.

Conclusiones: El tratamiento termoterapéutico con calor seco, que fue más efectivo en cuanto a las variables rapidez y poder germinativo, y a sus cualidades relacionadas con el vigor, fue el de cinco horas de exposición a 50 °C, para los nueve cultivares utilizados en el estudio. En las variables longitud de la radícula y masa seca de 100 radículas, se evidenció el efecto positivo del tratamiento pregerminativo de cinco horas de exposición a 50 °C con respecto al control.

Palabras clave: calor, estimulantes, germinación

Abstract

Objective: To evaluate the effect of the stimulation of diverse thermotherapeutic treatments, based on dry heat, on seeds of nine cultivars of *Glycine max* L., at three temperatures and three exposure times.

Materials and Methods: The study was conducted in the laboratories of the Department of Plant Genetics and Breeding, of the National Institute of Agricultural Sciences. The effect of the stimulation of diverse thermotherapeutic treatments on the variables germination capacity, germination rate and radicle length was determined at 48, 72 and 96 h after the seeds were put to germinate. Then, the effect on the dry biomass of 100 radicles/treatment at 120 h was found. Variance analysis and Duncan's multiple range test were performed on the variables for determining differences among their means.

Results: The most effective thermotherapeutic treatment for all the variables was the one with five hours of exposure to 50 °C, which increased the germination rate and capacity, radicle length and dry biomass of 100 radicles compared with the control. The cultivars of the best response to the treatment of 50 °C during five hours, regarding germination percentage, were INCASoy-24 and INCASoy-27. Regarding radicle length and mass of 100 radicles, the cultivar INCASoy-2 was the best.

Conclusions: The thermotherapeutic treatment with dry heat, which was more effective regarding the variables germination rate and capacity, and their vigor-related qualities, was the one with five hours of exposure to 50 °C, for the nine cultivars used in the study. In the variables radicle length and dry mass of 100 radicles, the positive effect of the pregermination treatment of five hours of exposure to 50 °C with regards to the control was proven.

Keywords: heat, stimulants, germination

Introducción

Glycine max L. (soya) es la oleaginosa de mayor importancia en el mundo, y es uno de los diez cultivos más potenciados por su gran diversidad de usos.

Este valor es consecuencia también de inversiones en la investigación, especialmente para obtener información que aumente la productividad (Santos, 2016). Para un mayor rendimiento por área, es

Recibido: 04/03/2022

Aceptado: 07/07/2022

Como citar este artículo: Mederos-Ramírez, Alejandro & Ortiz-Pérez, Rodobaldo. Efecto estimulante de tratamientos termoterapéuticos en semillas de *Glycine max* L.). *Pastos y Forrajes*. 45:eE21, 2022

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

esencial, además de adecuadas técnicas culturales, el uso de semillas de alta calidad, lo que se expresa en los atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, que son capaces de influir en la capacidad de originar plantas de alta productividad (Medeiros *et al.*, 2019). Varios factores son responsables de la pérdida de la calidad de la semilla, principalmente factores bióticos y fisiológicos (Fernández-Mayer, 2018). En la actualidad, más del 25 % de los granos producidos en el mundo, se encuentran contaminados, por uno o varios hongos, o necesitan aumentar sus estímulos en el proceso germinativo (FAUBA, 2016).

Los investigadores de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de Buenos Aires, desarrollaron una tecnología innovadora en conjunto con la Facultad Regional Venado Tuerto, de la Universidad Tecnológica Nacional. A partir de un método físico, esta tecnología permitiría mejorar el poder germinativo y el vigor de semillas de soja y otros cultivos. Los expertos destacaron que esta herramienta es amigable con el medio ambiente, y adelantaron que se podría comenzar a implementar. Plantearon además, que a partir de un método físico se puede mejorar el poder germinativo y el vigor de las semillas de soja y otros cultivos (Schneider *et al.*, 2015).

La eliminación o reducción de microorganismos se ha logrado de manera eficiente mediante tratamientos químicos. Sin embargo, la búsqueda de métodos alternativos para estimular el desarrollo de semillas ha llamado la atención en el mundo, ya que causan menos daños al medio ambiente y a la salud humana, principalmente aquellos tratamientos basados en extractos de plantas, aceites esenciales, control biológico y tratamiento físico (Cóbar-Carranza *et al.*, 2015).

Se ha comprobado que la termoterapia es un método eficaz, libre de químicos y de fácil aplicación para lograr una estimulación en la germinación y desarrollo de la plántula. Teniendo en cuenta lo antes planteado, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la estimulación de diversos tratamientos termoterapéuticos, basados en calor seco, en semillas de nueve cultivares de *G. max*, a tres temperaturas diferentes, en tres tiempos de exposición.

Materiales y Métodos

Localización. Los ensayos experimentales se realizaron en los laboratorios del Departamento de Genética y Mejoramiento de Plantas en el Instituto

Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), entre marzo-abril de 2020.

Material vegetal. Se utilizaron semillas originales, certificadas, de nueve cultivares comerciales obtenidos y conservados en el INCA: INCASoy-1, INCASoy-2, INCASoy-24, INCASoy-27, INCASoy-35 y INCASoy-36. También se usaron semillas originales y certificadas de tres cultivares transgénicos, provenientes del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (variedades SCIGB L-1, Carolina RP-5 y CEB-2) y allí conservados.

Se utilizaron semillas que presentaron valores de 10 a 11 % de humedad, con una satisfactoria sanidad, relacionada con su categoría de original. Se analizaron previamente los granos, que expresaron una germinación satisfactoria y un desarrollo de plántulas normales, libres de hongos patógenos.

Diseño experimental y tratamientos. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. Se tomaron al azar muestras de 50 granos/tratamiento, con dos réplicas (100 granos/cultivar), para un total de 90 tratamientos (9 cultivares x 3 tiempos de exposición x 3 rangos de temperatura y el control con semillas no tratadas). Los tiempos de exposición fueron: 1, 5 y 10 h y temperaturas de 45, 47 y 50 °C (límite máximo permisible para la germinación de la semilla por desnaturalización de las proteínas).

Procedimiento experimental. Las semillas se colocaron en sobres de papel, identificados por el cultivar, el tiempo, la temperatura y la réplica, para exponer las semillas al calor en la estufa Boxun (diseño de nuevo tipo de horno de serie bgz II, fabricado y comercializado por Co.LTD, Shanghai). Con respecto a la estufa, la fuente de alimentación CA fue de 220 V $\pm$ 10 % / 50 Hz $\pm$ 2 %, el rango de temperatura + 5 ~ 250 °C, la circulación forzada y alta precisión en el control de la temperatura $\pm$ 0,5 °C, con poder de 1100W y cámara de trabajo 450 $\times$ 400 $\times$ 450 mm (L $\times$ D $\times$ H): .

Después de cada tratamiento térmico, se dejaron reposar las semillas 24 h, a temperatura ambiente. Se colocaron a germinar en bandejas de aluminio. Además del control no tratado, se cubrieron con hojas de papel de filtro y se mantuvo la humedad durante 72 h, con agua destilada.

Variables evaluadas. Se analizaron variables relacionadas con la germinación, como criterio principal para la evaluación del efecto de los tratamientos en las cualidades de la semilla y el vigor desarrollado inicialmente por las plántulas. Esto es: germinación de las semillas (%) a las 48, 72 y 96 h,

rapidez germinativa en horas (relación entre germinación y tiempo), longitud de la radícula (mm) a las 48, 72 y 96 h de colocadas las semillas a germinar. A las 120 h, se determinó el efecto en la masa seca de 100 radículas/tratamiento (secadas 24 h a 80 °C), medida en balanza analítica calibrada en mg.

Análisis estadístico. Las variables relacionadas con la germinación y la longitud de la radícula se sometieron a análisis factorial. Para el vigor expresado en rapidez germinativa, porcentaje de germinación y masa de 100 radículas, se realizó análisis ANOVA simple. Las medias de los tratamientos y el control se compararon por la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$) con el empleo del paquete estadístico IBM SPSS, Versión 22.

Antes de proceder con el análisis estadístico, se realizó el test de normalidad a todas las variables evaluadas con la ecuación $(j-0,5)/n = Z_j$, así como el de homogeneidad de la varianza mediante la prueba de Bartlett. Se demostró la normalidad de los datos, por lo que se realizaron los análisis sin transformar los valores.

Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra el efecto interactivo de los factores para la variable porcentaje de germinación a las 96 h. Los factores cultivar, temperatura y tiempo de exposición mostraron niveles altamente significativos y altas proporciones de la media cuadrática total corregida. Hubo interacción significativa entre ellos, pero con bajas proporciones de la media cuadrática total corregida.

En la figura 1 se muestran satisfactorios porcentajes de germinación en todos los cultivares. Los genotipos INCAsoy-35 e INCAsoy-1 mostraron los mayores porcentajes de germinación, con 91,4 y 88,4 %, respectivamente. La temperatura de 50 °C fue la más adecuada para estimular la germinación, mejorando en más del 11 % la germinación respecto al control. Altas temperaturas pueden influir positivamente en la germinación en algunas especies. Varés-Megino *et al.* (2009) encontraron que las altas temperaturas no presentaron efectos negativos en la germinación de *Pinus contorta* Douglas, pero sí en *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch.

En cuanto al tiempo de exposición, a las 5 h de exposición se presentó la mejor respuesta, con diferencias altamente significativas.

En la tabla 2 se presenta la germinación de las semillas de los cultivares de *G. max* a las 48, 72 y 96 h de colocadas a germinar, después que se sometieron a 50 °C y a tres tiempos de exposición.

Es evidente que el tratamiento de cinco h de exposición a 50 °C fue el más efectivo, a las 48, 72 y 96 h. A las 48 h, logró sobrepasar al control en 19,1 %, a las 72 h en 15,7 % y a las 96 h en 11,3 %. El tratamiento de 5 h a 50 °C presentó los valores medios de germinación de los nueve genotipos, superiores a los controles, en todos los momentos de evaluación.

Para cierto rango de temperaturas elevadas, la velocidad de absorción de agua y de las reacciones químicas es mayor, y las semillas germinan más rá-

Tabla 1. Análisis trifactorial para la variable porcentaje de germinación a las 96 h de puestas a germinar las semillas.

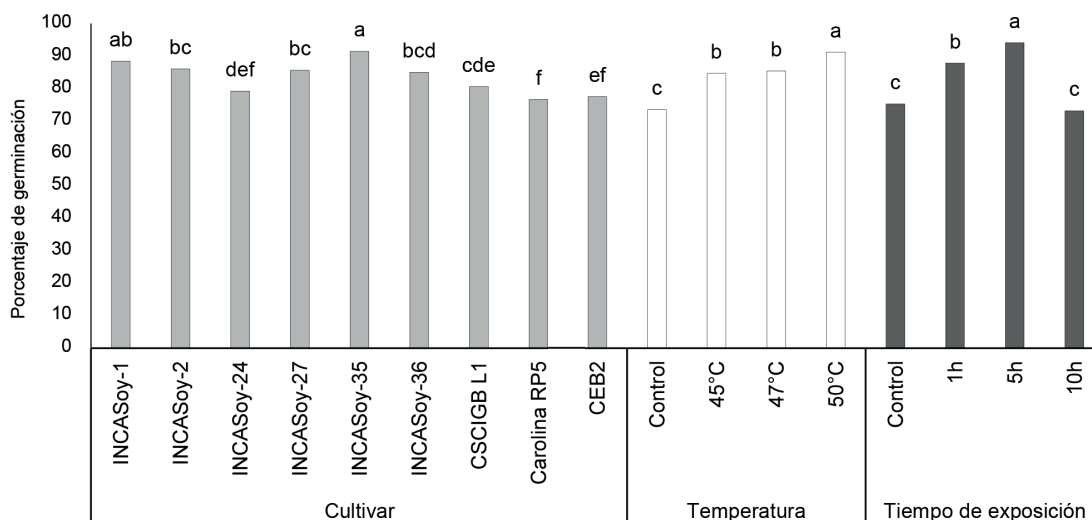
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Proporción MC factor/ MCTC
Modelo corregido	26 927,644 ^a	89	302,558	12,113	0,000	
Intersección	1 099 020,062	1	1 099 020,062	43 999,913	0,000	
Cultivar	3 128,769	8	391,096	15,658	0,000	2,399
Temperatura	1 164,494	2	582,247	23,311	0,000	3,572
Tiempo	12 800,346	2	6 400,173	256,235	0,000	39,267
Cultivar x temperatura	2 089,728	16	130,608	5,229	0,000	0,801
Cultivar x tiempo	2 229,877	16	139,367	5,580	0,000	0,855
Temperatura x tiempo	681,136	4	170,284	6,817	0,000	1,045
Cultivar x temperatura x tiempo	2 495,309	32	77,978	3,122	0,000	0,478
Error	2 248,000	90	24,978			
Total	1 297 912,000	180	7 219,62			
Total corregida	29 175,644	179	162,99			

$R^2 = 0,923$ y R^2 corregida = 0,847

Tabla 2. Germinación de las semillas (%) a las 48, 72 y 96 h de colocadas a germinar, después de someterlas a 50 °C y tres tiempos de exposición.

Cultivar	48 h				72 h				96 h			
	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C
INCASoy-1	39,0	57,0	82,0	40,0	53,0	80,0	94,0	61,0	77,0	87,0	98,0	84,0
INCASoy-2	46,0	55,0	91,0	15,0	58,0	69,0	95,0	41,0	77,0	93,0	99,0	72,0
INCASoy-24	56,0	62,0	83,0	69,0	72,0	84,0	89,0	77,0	78,0	90,0	100,0	84,0
INCASoy-27	62,0	68,0	95,0	25,0	70,0	84,0	100,0	51,0	79,0	95,0	100,0	80,0
INCASoy-35	47,0	53,0	87,0	70,0	64,0	70,0	93,0	81,0	81,0	78,0	94,0	87,0
INCASoy-36	42,0	67,0	81,0	47,0	61,0	88,0	98,0	66,0	73,0	93,0	100,0	88,0
CIGB L-1	51,0	71,0	86,0	60,0	60,0	88,0	95,0	74,0	70,0	93,0	98,0	79,0
Carolina RP-5	37,0	51,0	79,0	48,0	56,0	71,0	86,0	62,0	67,0	88,0	94,0	69,0
CEB-2	41,0	68,0	81,0	59,0	63,0	86,0	89,0	68,0	69,0	89,0	93,0	80,0
Valor medio	46,8 ^c	61,3 ^b	85,0 ^a	48,1 ^c	61,9 ^{cd}	80,0 ^b	93,2 ^a	64,6 ^c	74,6 ^d	89,6 ^b	97,3 ^a	80,3 ^c
CV %	14,30				2,95				1,99			
EE ±	0,2869				0,8691				0,8503			

Letras iguales en una misma fila no difieren significativamente, según prueba de Duncan para $p = 0,05$.



Barras con letras iguales en cada tratamiento no difieren significativamente, según prueba de Duncan para $p = 0,05$.

Figura 1. Efecto del cultivar, temperatura y tiempo de exposición en el porcentaje de germinación.

pido y sin dificultad (Roca, 2018). Estos resultados podrían responder también a las características propias de las semillas. Estudios similares, realizados en judías, con calor seco, a altas temperaturas, revelaron que dichos tratamientos tuvieron un efecto positivo en la germinación (Françoso y Barbedo, 2014).

El aumento de los tiempos de exposición a 10 h disminuyó el porcentaje de germinación. Resultados similares se obtuvieron en la especie *Vicia faba* L. Aquí,

los mayores tiempos de exposición a 55 °C tuvieron un efecto negativo en la germinación. Esto se debió a la inhibición de la actividad enzimática, el metabolismo respiratorio, el crecimiento y la división celular (Cavajal, 2012; Françoso y Barbedo, 2014).

El tratamiento de 5 h de exposición a 50 °C fue el de mejor promedio de germinación acumulada (figura 2) y superó al control y a los demás tratamientos en todos los momentos de evaluación. Estos

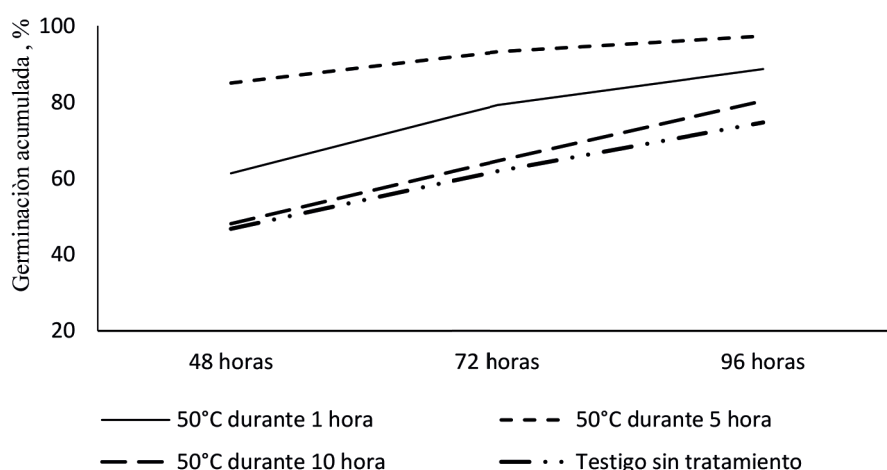


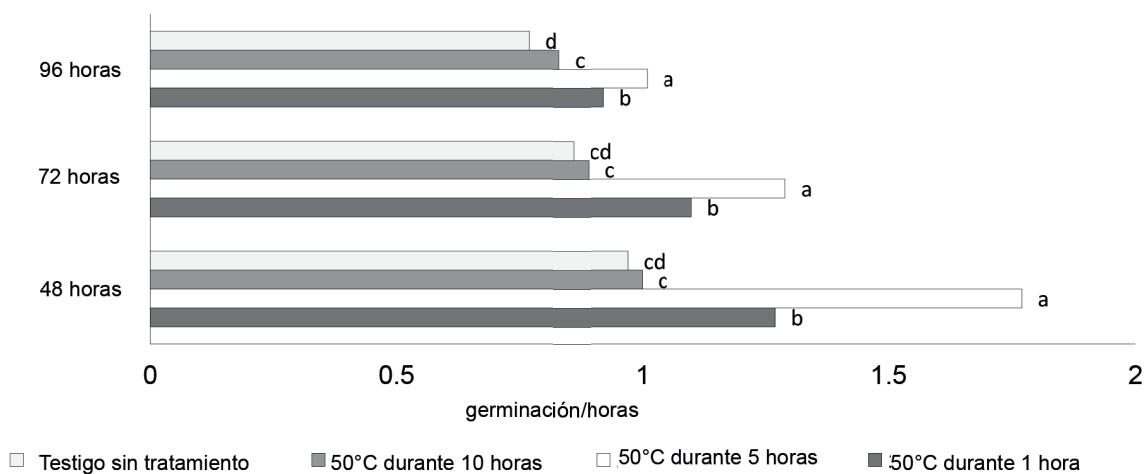
Figura 2. Germinación promedio acumulada de semillas por día para los diferentes tratamientos.

resultados son semejantes a los informados por Ramos-Rodríguez (2021), quien indicó mayor promedio acumulado de germinación de las semillas en la especie *Prosopis pallida*, sometidas a 60 °C.

En la figura 3 se muestra que el tratamiento de 5 h de exposición a 50 °C en las primeras 48 h casi duplicó la rapidez germinativa en comparación con el testigo, sin tratamiento. Este comportamiento, con menos magnitud, se mantuvo hasta las 96 h. Esto es: hubo influencia positiva en la rapidez germinativa, lo que significa mayor potencial para la adaptación a las condiciones del terreno. Resultados semejantes informaron Jurado y Westoby (1992) y Maguire (2020), quienes plantearon que la

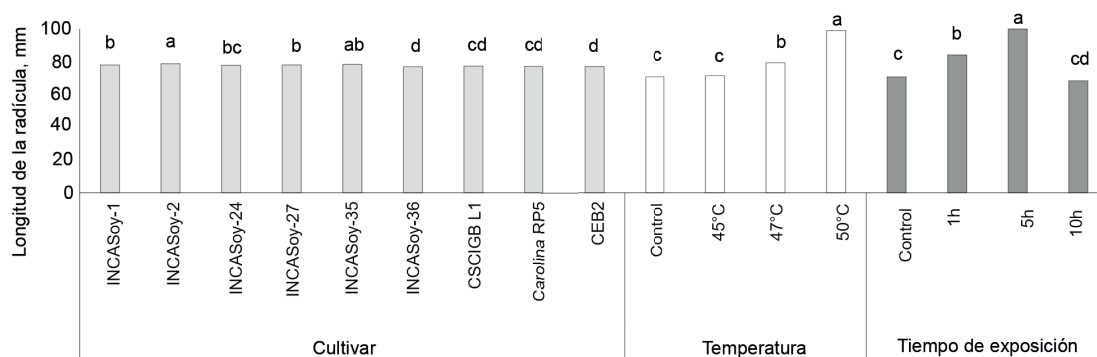
alta germinabilidad estuvo asociada a la rápida velocidad de germinación, mientras que la baja tuvo velocidades de germinación medias y bajas.

Los resultados relacionados con la longitud de la radícula fueron similares al análisis factorial realizado para el porcentaje de germinación (figura 4). Hubo diferencias significativas entre los factores y sus interacciones. Por los cultivares, se destacaron los genotipos INCASoy -2 e INCASoy-35. La temperatura de 50 °C mejoró la longitud de la raíz de los cultivares de *G. max* en 28 mm más que el control. De igual forma, el tiempo de exposición más adecuado para estimular la elongación de la radícula fue de 5 h, con resultados superiores al control.



Barras con letras iguales en cada tratamiento no difieren significativamente, según prueba de Duncan para $p = 0,05$.

Figura 3. Efecto de los tratamientos en la rapidez germinativa de las semillas.



Barras con letras iguales en cada tratamiento no difieren significativamente, según prueba de Duncan para $p = 0,05$.

Fig. 4. Efecto del cultivar, la temperatura y el tiempo de exposición en la longitud de la radícula.

Dicho tratamiento sobrepasó los controles en 37 % de germinación, lo que demostró mayor rapidez germinativa (1,90 veces).

Los tratamientos de 5 h de exposición a 50 °C mostraron valores superiores a los alcanzados por el control en los tres momentos de evaluación para todos los genotipos (tabla 3). Se destacó significativamente el tratamiento de 5 h a 50 °C, que registró una media de 33,6 mm de longitud de la radícula, que duplicó la longitud del control, y difirió de manera significativa del resto.

El mayor tiempo de exposición a que se sometieron las semillas (10 h) presentó valores iguales o inferiores al control. En esta respuesta pudo haber influido una disminución de los niveles endógenos

de reguladores del crecimiento, como citoquininas y auxinas, que propiciaron una disminución del crecimiento y, por consiguiente, una reducción en la longitud de la radícula. Tiempos de exposición prolongados a altas temperaturas influyen en el incremento del contenido de ácido abscísico (ABA), que es un inhibidor, y con él se activan los sistemas oxidativos que reducen el nivel de auxina libre y provocan disminución de la elongación de las células (Torres *et al.*, 2019). Además, el efecto pudo estar relacionado también con la deshidratación de los tejidos del embrión, que causan los tratamientos térmicos prolongados a la semilla, lo que afecta considerablemente la permeabilidad de las membranas celulares en la raíz (Zahra, 2011).

Tabla 3. Longitud de las radículas a las 48, 72 y 96 h de puestas a germinar, después de someterlas a 50 °C y tres tiempos de exposición.

Cultivar	48 h				72 h				96 h			
	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C
INCASoy-1	56,8	58,2	79,4	39,1	65,4	92,7	109,1	49,9	70,9	101,7	135,8	59,0
INCASoy-2	64,2	65,1	82,7	41,3	67,2	93,9	116,2	50,8	70,3	102,7	137,7	60,3
INCASoy-24	58,4	55,2	83,9	40,6	66,6	92,5	111,4	52,2	72,0	102,2	135,0	60,7
INCASoy-27	61,7	60,1	81,4	41,3	67,2	92,2	108,4	50,9	72,7	100,0	135,8	60,0
INCASoy-35	60,2	59,2	82,1	40,7	65,3	91,9	115,0	51,8	79,1	100,7	137,0	61,4
INCASoy-36	57,9	60,0	80,6	40,4	63,2	92,0	114,2	49,2	75,3	99,6	134,9	59,2
CIGB L-1	63,2	62,3	81,6	41,0	67,4	92,2	113,5	49,2	70,2	100,0	136,2	58,7
Carolina RP-5	61,4	57,2	83,2	38,8	68,2	91,6	114,7	49,9	77,4	100,7	135,4	60,3
CEB-2	56,1	62,1	80,5	38,7	64,2	91,5	111,1	50,7	81,4	99,1	135,3	60,4
Valor medio	60,5 ^b	59,7 ^b	81,7 ^a	40,4 ^c	66,3 ^c	92,3 ^b	112,8 ^a	50,5 ^d	74,3 ^c	100,9 ^b	136,0 ^a	59,9 ^d
CV %	0,53				0,67				1,85			
EE ±	0,9137				0,7533				0,6422			

Letras iguales en una misma fila no difieren significativamente, según prueba de Duncan para $p = 0,05$.

Otra cualidad relacionada con el vigor que se evaluó a las 120 h, después que las semillas se sometieron a tres tiempos de exposición a 50 °C, fue la masa seca (mg) de 100 radículas/tratamiento. En la tabla 4 se muestra que el tratamiento de 5 h de exposición a 50 °C fue la combinación de tiempo y temperatura más adecuada para fomentar el desarrollo radicular de las futuras plántulas de las semillas de los cultivares. Dicho procedimiento registró una masa seca promedio de 108 mg, resultados superiores a los del control, en el que se logró una masa promedio de 46 mg, es decir, sobrepasó en 62 mg en 100 radículas.

La masa seca de 100 radículas en el tiempo de exposición de 10 h a altas temperaturas mostró resultados inferiores a los del control, pues como se ha discutido estos indicadores pudieran estar afectados por la inhibición de los procesos metabólicos involucrados en la división y la elongación celular por la exposición de la semilla a altas temperaturas durante tiempos prolongados (Vázquez y Torres, 2006; Argente-Martínez *et al.*, 2017). Ello no ocurrió cuando la semilla se expuso a tiempos menores. En este caso, los procesos metabólicos se hallan estimulados por el aumento de la velocidad de absorción de agua, la respiración y las reacciones químicas que participan en el desarrollo celular, lo que facilita mayor enraizamiento de las plantas (Carvajal, 2018).

Los tratamientos termoterapéuticos son los que marcan la diferencia, si se trata de alcanzar una mejor producción de los cultivos (Alvarez y Ceballos, 2017).

Conclusiones

El tratamiento termoterapéutico con calor seco, más efectivo en cuanto a las variables de rapidez y poder germinativo, así como a las cualidades relacionadas con el vigor, fue el de 5 h de exposición a 50 °C para todos los cultivares.

Los cultivares de mejor respuesta al tratamiento de 50 °C durante 5 h, en cuanto a porcentaje de germinación, fueron INCASoy-24 e INCASoy-27. En la longitud de la radícula y la masa de 100 radículas, el cultivar INCASoy-2 fue el mejor.

Se recomienda evaluar en condiciones de campo el mejor tratamiento en diversos cultivares y en diferentes épocas de siembra del cultivo.

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto de Innovación Agropecuaria Local y a todo el equipo de Innovación Agropecuaria Local por facilitar la información, los medios y los equipos empleados en la investigación.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses entre los autores.

Contribución de los autores

- Alejandro Mederos-Ramírez. Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, validación, administración de los recursos del proyecto, redacción y revisión del manuscrito.
- Rodobaldo Ortiz-Pérez. Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de los

Tabla 4. Masa seca de 100 radículas (mg) a las 120 h de colocadas las semillas a germinar, sometidas a 50 °C durante tres tiempos.

Cultivar	120 h de colocadas a germinar			
	Control	1 h 50 °C	5 h 50 °C	10 h 50 °C
INCASoy-1	45,6	60,7	105,2	38
INCASoy-2	47,2	62,3	114,2	38,1
INCASoy-24	46,3	60,2	102,3	35,4
INCASoy-27	46,7	62,4	110,2	37,4
INCASoy-35	45,2	60,2	106	35,1
INCASoy-36	44,5	59,4	100,4	37,2
CIGB L-1	47,1	59,4	108,4	37,0
Carolina RP-5	46,6	61,3	108,6	36,0
CEB-2	46,0	60,4	107,8	35,4
Valor medio	46,1 ^c	60,7 ^b	107,0 ^a	36,6 ^d
CV %	5,63			
EE ±	0,4452			

recursos del proyecto, supervisión, validación, visualización, redacción y revisión del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Alvarez, Elizabeth; Ceballos, G.; Truke, Maria J.; Pardo, J. M.; Escobar, R. H.; Cuellar, W. J. *et al. Desarrollo de tecnologías innovadoras para el manejo integrado de las plagas y enfermedades limitantes de plátano y banano en el Valle del Cauca*. Colombia: CIAT, 2017.
- Argentel-Martínez, L.; Garatuza-Payán, J.; Armendáriz-Ontiveros, María M.; Yépez-González, E. A.; Arredondo-Moreno, J. T. & González-Aguilera, J. Estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*. 38 (1):57-67. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/3088>, 2017.
- Carvajal, B. Cámara de termoterapia, marcando la diferencia en la multiplicación. Colombia: CIAT, 2018.
- Carvajal-Nina, Brígida R. *Evaluación de la tolerancia térmica en semillas de haba (Vicia faba L.) y su influencia en la germinación*. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4406>, 2012.
- Cóbar-Carranza, Ana J.; García, R. A.; Pauchard, A. & Peña, E. Efecto de la alta temperatura en la germinación y supervivencia de semillas de la especie invasora *Pinus contorta* y dos especies nativas del sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*. 36 (1):53-60, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000100006>.
- FAUBA. *Lograron controlar el 100 % de los patógenos en semillas de soja*. Buenos Aires: The New Farm Company S.A. <https://www.agritotal.com/nota/25669-lograron-controlar-el-100-de-los-patogenos-en-semillas-de-soja/>, 2016.
- Fernández-Mayer, A. *Hongos que afectan al poroto de soja y otros cereales y su implicancia en la salud animal*. Argentina. <https://ruralnet.com.ar/2018/05/23/hongos-que-afectan-al-poroto-de-soja-y-otros-cereales-y-su-implicancia-en-la-salud-animal/>, 2018.
- Françoso, Cibelle F. & Barbedo, C. J. Tratamientos osmóticos e térmicos para controle de fungos em sementes de grumixameira (*Eugenia brasiliensis* Lam.) e pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). *Hoe-hnea*. 41 (4):541-552, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-30/2013>.
- Jurado, E. & Westoby, M. Germination biology of selected central Australian plants. *Aust. J. Ecol.* 17 (3):341-348, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00816.x>.
- Maguire, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2 (2):176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- Medeiros, J. G. F.; Fontes, I. C. G.; Silva, E. C. da; Santos, P. D. dos & Rodrigues, R. de M. Controle de fungos e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* L.) submetidas ao calor húmido. *Rev. Ciênc. Agrár.* 42 (2):464-471, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.17182>.
- Ramos-Rodríguez, M. P.; Ugalde-Párraga, J. L.; Medranda-Mendieta, Jenniffer A.; Estévez-Valdés, I. & Manríquez-Toala, T. O. Efecto de la temperatura en la germinación de las semillas de las especies *Prosopis pallidas* (Wild) Kunth y *Prosopis juliflora* (Sw) DC. *UNESUM-Ciencias*. 5 (6 esp. Ingenierías):21-32, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n6.2021.559>.
- Roca, Maria J. *Efecto del fuego en la germinación de cactáceas del centro de Argentina*. Tesina: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/12698/TESINA%20ROCA%2C%20Ma%20Julieta.pdf?sequence=2&isAllowed=y>, 2018.
- Santos, L. A.; Faria, Cacilda M. D. R.; Marek, Janaina; Duhatschek, E. & Martinichen, Deonisia. Radioterapia e termoterapia como tratamentos de sementes de soja. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*. 9 (2):37-44, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/PAETV9.N2.04>.
- Schneider, Cristina F.; Malavasi, Marlene de M.; Gusatto, Fabiane C.; Stangarlin, J. R. & Malavasi, U. C. Termoterapia na qualidade fisiológica e sanitária de sementes armazenadas de pinhão-mansão. *Semina: Ciências Agrárias*. 36 (1):47-56, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p47>.
- Torres, Damaris; García, Lourdes R.; Veitía, N.; Martirena-Ramírez, Amanda; Collado, R.; Rivero, L. *et al.* Efecto del tratamiento térmico a altas temperaturas sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Phaseolus vulgaris* cv. 'ICA Pijao'. *Biot. Veg.* 19 (3):215-223. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000300215&lng=es, 2019.
- Varés-Megino, L.; Correa-Hernando, Eva C.; Iglesias-Gonzalez, Concepcion & Palmero-Llamas, D. Influencia de la temperatura de termoterapia: el rendimiento del cultivo del ajo. *Terralia*. 74:32-34. <https://oa.upm.es/9975/>, 2009.
- Vazquez, E. & Torres, S. *Fisiología Vegetal*. Ciudad de La Habana: Editorial Félix Varela. Tomo II, 2006.
- Zahra, F. *Fungal microbiota and bean seed treatments: importance and health*. España: Universidad de Almería, 2011.