

La temperatura en germinación de dicotiledóneas: caso soya y frijol, en condiciones de laboratorio

Temperature in germination of dicotyledons: case of soybean and bean, under laboratory conditions

DOI: 10.53499/sfjeasv4n4-001

Received in: Aug 1st, 2024

Accepted in: Sep 30th, 2024

Santiago Ruiz-Ramírez

Maestría Profesional en Tecnología de granos y semillas
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP),
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Centro Altos
de Jalisco
Jalisco. México
Correo electrónico: ruiz.santiago@inifap.gob.mx

Rosendo Hernández-Martínez

Doctorado en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad - Genética
INIFAP, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Río Bravo
Tamaulipas. México
Correo electrónico: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, en las instalaciones del Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en condiciones de laboratorio en el año 2021, se utilizó semilla de soya (*Glycine max.*) y de frijol (*Phaseolus vulgaris*). El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes temperaturas en la calidad fisiológica (germinación), como atributo de calidad en la semilla. Se manejaron tres tratamientos (T= 20°C, T2= 25 °C y T3= 30 °C), bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones de 100 semillas por cada tratamiento. Se cuantificaron las siguientes variables en germinación estándar (plántulas normales “PN”, plántulas anormales “PA” y semillas sin germinar “SSG”). Se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se observó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en las variables PN, PA y SSG para el caso de soya, sin embargo en el cultivo de frijol no hubo significancia en PA, caso contrario en PA y SSG, que mostraron diferencias estadísticas significativas, así mismo, las pruebas de medias revelaron que el T2 (temperaturas de 25 °C), fue el mejor respecto a la germinación para ambos cultivos. Dichos resultados nos indican las temperaturas idóneas para su proceso de germinación en soya y frijol.

Palabras clave: *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, atributo de calidad.

ABSTRACT

The research work was carried out in Tepatitlán de Morelos, Jalisco, at the facilities of the Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco of the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP by its acronym in Spanish), Under laboratory conditions in 2021, soybean (*Glycine max.*) and bean (*Phaseolus vulgaris*)

seeds were used. The objective was to evaluate the effect of different temperatures on physiological quality (germination), as a quality attribute in the seed. Three treatments were managed ($T = 20$ °C, $T_2 = 25$ °C and $T_3 = 30$ °C), under a completely randomized design with four repetitions of 100 seeds for each treatment. The following variables were quantified in standard germination (normal seedlings "PN", abnormal seedlings "PA" and ungerminated seeds "SSG"). An analysis of variance and Tukey test were performed ($P \leq 0.05$). Statistically significant differences ($P \leq 0.05$) were observed in the variables PN, PA and SSG for soybean, however in the bean crop there was no significance in PA, on the contrary in PA and SSG, which showed significant statistical differences, likewise, the mean tests revealed that T_2 (temperatures of 25 °C), was the best with respect to germination for both crops. These results indicate the ideal temperatures for the germination process in soybeans and beans.

Keywords: *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, quality attribute.

1 INTRODUCCION

Existen varios factores que contribuyen a la perdida de calidad de la semilla de soya, los cuales están relacionados con las condiciones ambientales en producción, falta y exceso humedad en el desarrollo del cultivo, así mismo, afectado por las temperaturas superiores a los 30 °C durante el proceso de la madurez fisiológica a la cosecha, lo cual origina un deterioro de la semilla (Rossi y González, 2006). En cuanto al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) las temperaturas promedio oscilan de 15 a 27 °C, con una óptima de 25 °C. (Masaya y White, 1991). Al respecto, durante el crecimiento vegetativo el frijol responde a un intervalo de temperaturas críticas en función de los requerimientos de calor necesarios para el desarrollo, por lo tanto las altas temperaturas incrementan la producción de yemas y flores, pero también la abscisión de botones florales, flores y vainas (Monterroso y Wien, 1990).

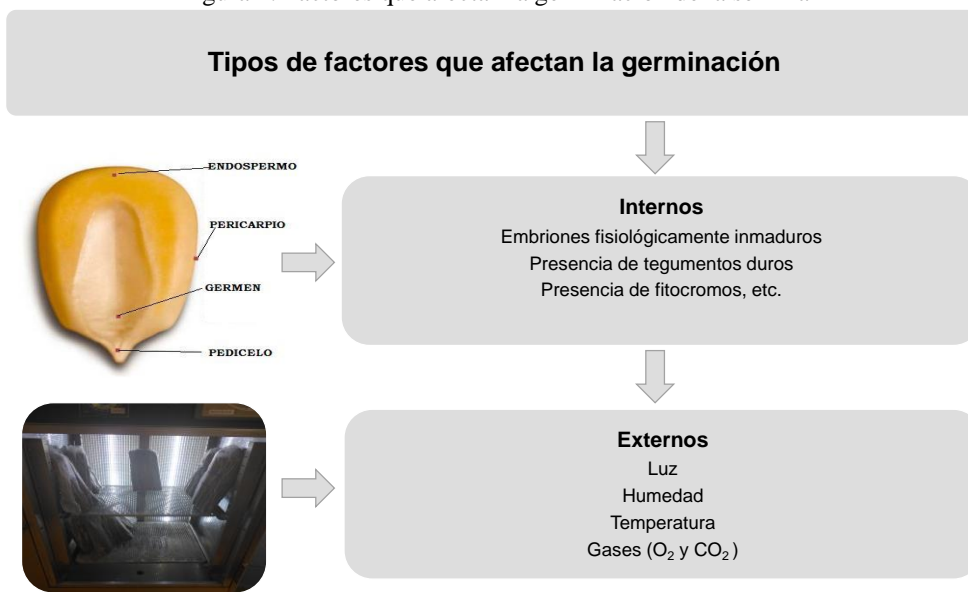
Por otro lado, existen efectos severos en prefloración como la caída de vainas pequeñas y reducción de semillas, sin embargo, no afectan su peso (Agtunong *et al.*, 1992). Con relación a la respuesta de los cultivares de frijol a condiciones ambientales diferentes, a consecuencia del clima, es un elemento importante para lograr la productividad ante los efectos del cambio climático (FAO, 2018).

En la germinación de las semillas se reúnen condiciones apropiadas de humedad, temperatura, oxigenación y sales minerales, lo anterior, acelera sus actividades fisiológicas (López, 2011). En ese sentido Castillejo (2014), menciona que la germinación de una semilla se divide en tres etapas; 1) Fase de hidratación, se lleva a cabo la absorción de agua, en distintos tejidos, aumentando la actividad respiratoria. 2) Fase de germinación

donde inicia el proceso de germinación e inicio de transformaciones metabólicas para el desarrollo de la plántula, sin embargo, es una etapa crítica debido a que se puede reducir considerablemente la absorción del agua o llegar a detenerse. 3) La fase de crecimiento, en esta etapa la absorción de agua y la actividad respiratoria, se presenta la emergencia de la radícula.

Así mismo, existen factores ambientales que influyen en la germinación de una semilla y la velocidad en la que ocurre estos son; humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono, entre otros (Probert, 2000). La humedad y temperatura son los más determinantes en el proceso de germinación, cuando la humedad no es limitante, la tasa y el porcentaje de germinación dependen de la temperatura (Hadas, 2004). En la figura 2, de forma gráfica, Ruiz & Hernández (2024), muestran los factores que afectan la germinación de las semillas y estos se encuentran divididos en dos tipos: factores internos y factores externos.

Figura 1. Factores que afectan la germinación de la semilla



(Ruiz & Hernández, 2024)

Fernández & Johnston (2006) mencionan que la temperatura óptima para la germinación es cuando las semillas alcanzan su máximo porcentaje de germinación en el periodo más corto de tiempo, sin embargo, en las temperatura mínima y máxima ocurre la germinación, pero en mayor tiempo.

Un factor decisivo en el proceso de germinación de las semillas es la temperatura, debido a que influye sobre las enzimas que regulan las reacciones bioquímicas después de la rehidratación, esta actividad enzimática tiene lugar entre un máximo y un mínimo u

óptimo de temperatura (Ramón & Mendoza, 2002). Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la temperatura en la calidad fisiológica (germinación) de la semilla, como atributo de calidad en soya (*Glycine max.*) y de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de laboratorio.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, en las instalaciones del Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en condiciones de laboratorio en el año 2021. Se utilizó semilla de soya (*Glycine max*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), previamente tratadas con fungicida (captan), para los cuales se trabajó de manera independiente con relación a los tratamientos, diseño y análisis estadístico, ya que sus comportamientos y manejo agronómico son diferentes en cada cultivo.

Se utilizaron tres tratamientos, correspondientes a temperaturas, las cuales están representadas como: tratamiento uno (T1) a 20 °C, tratamiento dos (T2) fue de 25 °C y el tratamiento tres (T3) a 30 °C, lo anterior, para ambos cultivos. El estudio se manejó mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones de 100 semillas. El material utilizado para la germinación de la semilla en ambos cultivos fue papel (marca anchor), los cuales las semillas se colocaron entre las hojas del papel dentro de una charola de germinación, posteriormente se procedió a enrollar el papel en forma de taco, que posteriormente se colocó en la cámara de germinación en posición vertical. La duración de la prueba fue dependiendo del cultivo (siete días), una vez transcurrido el tiempo se cuantificaron las siguientes variables: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), la germinación estándar fue tomada a los siete días después de la siembra considerando únicamente las PN. Por otro lado, los valores obtenidos de las variables en cada repetición se expresaron en porcentaje o de acuerdo a ISTA, (2019).

Para estudios prácticos en este trabajo de investigación y para la interpretación con relación a la germinación, se definió como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Para las lecturas de plántulas normales se consideró todas aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir plantas normales bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura. Una

plántula anormal fue aquella que presentó deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impidió su desarrollo normal bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura. Semillas sin germinar se observó bajo los siguientes criterios: semillas frescas, semillas duras, semillas muertas y semillas latentes, la expresión de las variables fue en porcentaje (%).

Análisis estadístico. La información obtenida de cada una de las variables estudiadas se analizó con el programa estadístico SAS 9.4, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones de 100 semillas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y en las variables respuesta, donde se observó diferencia estadística significativa se hizo una comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

3 RESULTADOS

Se determinó dividir en dos secciones, para el caso de **Soya** (*Glycine max*) y de **Frijol** (*Phaseolus vulgaris*), donde se muestran los resultados obtenidos con relación a los tratamientos utilizados, así como su respuesta a diferentes tratamientos o temperaturas ($T_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 25\text{ }^\circ\text{C}$ y $T_3 = 30\text{ }^\circ\text{C}$), lo anterior respecto a las variables estudiadas (PN, PA y SSG) y en la calidad fisiológica (germinación) de la semilla correspondiente a plántulas normales.

3.1 CASO DE LA SOYA (*Glycine max*)

En el cuadro 1, se observan los cuadrados medios de las variables en estudio con respecto a los tratamientos, donde se observa en el análisis de varianza que existen diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$), en los tratamientos con relación a plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), sin embargo, se observa que en las plántulas normales (PN) no hay significancia. En cuanto a los coeficientes de variación oscilaron entre 42.22 y 147.48 %, sin embargo, el grado de confiabilidad es específicamente en PN, debido a que representan el porcentaje de germinación estándar para el caso de soya. Es de aclarar que los valores del coeficientes de variación es alta debido que los datos o lecturas en las variables fueron expresadas en porcentaje.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del ANOVA para cada una de las variables en soya.

| FV | GL | PN | PA | SSG |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Tratamientos | 2 | 0.14 ns | 0.83* | 2.41* |
| E.E. | 6 | 19.44 | 419.55 | 12.33 |
| C.V. (%) | | 42.22 | 147.48 | 48.63 |

*: diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$), ns: no significativo, FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, E.E.: error experimental, C.V.: coeficiente de variación, PN: plántulas normales, PA: plántulas anormales, SSG: semillas sin germinar.

En el cuadro 2 se muestra la comparación de medias de las variables evaluadas respecto a los tratamientos. Se observa que, los mejores tratamientos para germinación estandar fueron los T1 y T2, con 20 y 25 °C respectivamente, con un total de germinación de 44.00 %, seguido del T3 que obtuvo 37.32 % con relación a PN. En cuanto a PA, el T1 fue el que obtuvo mayor porcentaje, y los T2 y T3 valores similares y sin diferencias significativas entre ellas. Estos resultados nos indica qque el origen utilizado de la semilla presenta bajo vigor. Por otro lado, en SSG el tratamiento con valores más altos (38.64 %) fue el T3 y valores bajos fue el T1 (16.00 %), lo anterior indica que al aumentar la temperatura en una prueba de germinación la taza de semilla sin germinar.

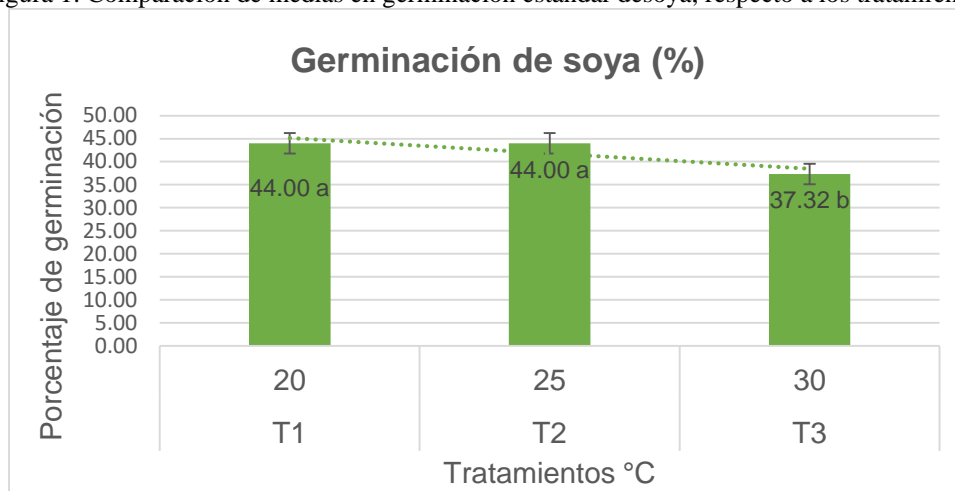
Cuadro 2. Comparación de medias de las variables en soya.

| Tratamientos (No.) | Temperatura (°C) | Variables de germinación en % | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------|------------|
| | | PN | PA | SSG |
| 1 | 20 | 44.00 a | 40.00 a | 16.00 b |
| 2 | 25 | 44.00 a | 21.32 b | 33.32 ab |
| 3 | 30 | 37.32 b | 24.00 b | 38.64 a |

°C: grados centígrados, PN: plántulas normales, PA: plántulas anormales, SSG: semillas sin germinar. Valores en la misma hilera para cada fuente de variación, seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$).

Al considerar las plántulas normales que representan el porcentaje de germinación en el tratamiento 1 y 2 se observo un 44.00 % de germinación de la semilla de soya, lo que estadísticamente representa una ventaja con relación al tratamiento 3 con un valor del 37.32 %, lo anterior, nos arroja una diferencia en porcentaje de germinación de 6.00 %, lo que implica un valor considerable para el establecimiento del cultivo. Por otro lado, se observa que a medida que aumentamos la temperatura a 30 °C (T3) observamos un comportamiento a la baja en la calidad fisiológica de la semilla, según la línea de tendencia (figura 1).

Figura 1. Comparación de medias en germinación estándar desoya, respecto a los tratamientos.



3.2 CASO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

En cuanto al caso del frijol, se encontraron en el análisis de varianza diferencias significativas ($P \leq 0,05$), con respecto a los tratamientos en las variables PN, PA y SSG. Los coeficientes de variación oscilaron de 24.00 a 300.00 %, los valores altos pueden atribuirse que los datos de cada variable fueron en términos de porcentajes.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia del ANOVA para cada una de las variables en frijol.

| FV | GL | PN | PA | SSG |
|--------------|----|-------|-------|--------|
| Tratamientos | 2 | 1.17* | 0.89* | 1.00* |
| E.E. | 6 | 14.33 | 16.55 | 0.11 |
| C.V. (%) | | 24.00 | 44.66 | 300.00 |

*: diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$), FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, E.E.: error experimental, C.V.: coeficiente de variación, PN: plántulas normales, PA: plántulas anormales, SSG: semillas sin germinar.

En el cuadro 4, se aprecia la comparación de medias de las variables evaluadas (PN, PA y SSG). Se observa que el mejor tratamiento para plántulas normales fué el T2, con un 73.32 %, lo anterior indica que dicho cultivo tolera la temperatura de 25 °C. Con relación al T1 se obtuvo PN de 61.32 %, seguido del T3 con un total de 54.64 % de germinación. Con relacion a plantas anormales el T3 obtuvo el mayor valor con 44.00 %, lo que nos indica que al aumentar la Temperatura la semilla del frijol tiende a presentar PA, característica no deseable en el establecimiento de un cultivo. En cuanto a SSG mostro un ligero incremento a temperatura de 30 °C con valor del 1.32, este resultado demuestra que existe un efecto negativo al incrementar la temperatura y por consecuencia se presentan semillas sin germinar.

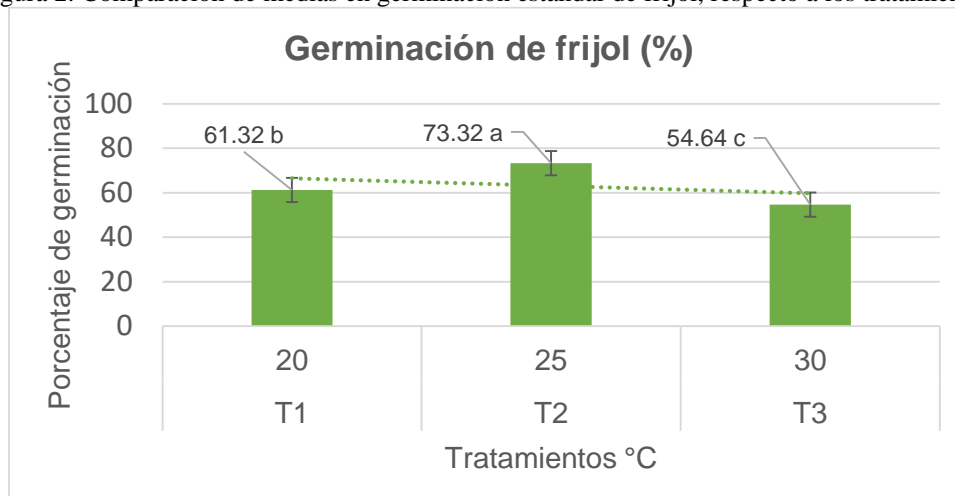
Cuadro 4. Comparación de medias de las variables en frijol.

| Tratamientos (T) | Temperatura (°C) | Variables de germinación en % | | |
|------------------|------------------|-------------------------------|----------|--------|
| | | PN | PA | SSG |
| 1 | 20 | 61.32 b | 38.64 ab | 0.00 b |
| 2 | 25 | 73.32 a | 26.64 c | 0.00 b |
| 3 | 30 | 54.64 c | 44.00 a | 1.32 a |

°C: grados centígrados, PN: plántulas normales, PA: plántulas anormales, SSG: semillas sin germinar. Valores en la misma hilera para cada fuente de variación, seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$).

Con relación al porcentaje de germinación o PN en semilla de frijol, se observa que el tratamiento 1 fue mejor con 73.32 %, seguido de los tratamientos 1 y 3 con 61.32 y 54.64 % de germinación respectivamente. La prueba de medias reveladiferencias estadísticas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), lo cual demuestra que existe una diferencia del 12 (T1) y 18 % (T3) en comparación con el tratamiento 2. Lo anterior nos indica que a medida que disminuimos o aumentamos considerablemente las temperaturas (20 a 30 °C), disminuye la calidad fisiológica de la semilla (figura 2).

Figura 2. Comparación de medias en germinación estándar de frijol, respecto a los tratamientos.



4 DISCUSIÓN

En esta sección se discutirán los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación, con lo publicado por diferentes autores en trabajos similares, debido a que algunos hacen referencia que cada cultivo tiene una temperatura óptima para la germinación, emergencia e incluso su establecimiento en campo, así mismo, mencionan que existen límites tanto en mínima y máxima, donde no se produce la germinación de la semilla, sin embargo, Ruiz & Hernández (2024), nos destacan que además de la temperatura existen otros factores que influyen en la germinación y no hay que

descartarlos, los cuales los clasifican en dos grupos: 1) condiciones intrínsecas (embriones fisiológicamente inmaduros, presencia de tegumentos duros, presencia de fitocromos, etc.) y 2) las condiciones extrínsecas (luz, humedad, Temperatura y gases).

Respaldando lo anterior Finch (2004), menciona que existe la temperatura base como el límite inferior sobre la cual se produce la germinación; por lo tanto, la germinación de una semilla se produce dentro de un rango determinado, donde es posible identificar: temperatura base, óptima y máxima de germinación, las que pueden ser determinadas experimentalmente, a medida que las temperaturas se acercan a su límite máximo donde se produce un daño irreversible a la semilla. Caso contrario a lo anterior y se asocia en esta investigación donde se presenta daño oxidativo a las membranas y muerte celular, por las bajas temperaturas, coincide con lo reportado (Revilla *et al.*, 2000). Adicionalmente, las bajas temperaturas provocan reducción de la germinación de la semilla (Gámez *et al.*, 2015).

Ruiz & Hernández (2024), en un trabajo similar, al evaluar especies monocotiledóneas (*Triticum aestivum* L. y *Zea mays* L.), en su metodología mencionan que los tratamientos con temperaturas entre 20 y 30 °C, e incluso en combinación con bajas temperaturas de 4 y 25 °C, el resultado arroja que existe una respuesta favorable a temperaturas entre 20 y 25 °C, por lo tanto, se logró los mejores resultados en cuanto a germinación (plántulas normales) con los tratamientos dos y tres, así mismo, detectaron algo similar en temperaturas extremas altas y bajas, lo que disminuyó considerablemente la germinación de la semilla.

Por su parte Maqueira *et al.* (2021) en sus estudios y resultados mencionan que las temperaturas superiores a 30 °C en diferentes cultivares de frijol, disminuye la velocidad de germinación, existiendo sensibilidad ante variación de las temperaturas, obteniendo los mejores resultados a 20 °C, lo anterior coincide con el presente trabajo, ya sus rangos en los tratamientos utilizados fueron de 20, 30 y 40 °C. Por otro lado, Lara *et al.* (2024) observaron efectos significativos con altas temperaturas en combinación con reguladores de crecimiento, logrando un impacto positivo en la germinación y vigor de la plántula en *Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*.

En otro estudio Grey *et al.* (2011) revelaron que las temperaturas sobre 32 °C pueden disminuir el índice de velocidad de germinación de las semillas independientemente del genotipo utilizado, así mismo, al aumentar hasta 38 °C disminuye significativamente la velocidad de germinación. Por su parte Vitoria *et al.* (2018) mencionan que es de gran interés seguir realizando estudios en cuanto a la problemática

que existe en la germinación de la semilla con temperaturas por arriba del 30 °C, adicionalmente reportaron que en investigaciones donde se utilizan índices de germinación de semillas, lo anterior, con la finalidad de seleccionar en etapas tempranas genótipos con tolerancia a resistencia genética a determinado estrés.

En semillas de *Lycopersicon esculentum* Mill, con temperaturas entre 15 y 25 °C la germinación no se afecta, sin embargo, se observó que la semilla presentó modificaciones, mostrando un adelanto en el momento de obtención de la máxima velocidad de germinación, a medida que aumentaron las temperaturas. Se destaca que a 35 °C, en los cultivos donde lograron germinar las semillas, el tiempo de germinación se prolongó a 144 horas aproximadamente (Torres, 1996). Adicionalmente Aguilar y García (2022), en su trabajo de investigación concluyen que la germinación de semillas del árbol de bálsamo resultan beneficiadas al combinar temperaturas entre 20 a 30 °C y 30°C, sin embargo, en líneas en cultivo de maní las temperaturas extremas (12 y 38 °C) altas y bajas, disminuyen y retardaron la germinación, afectando el porcentaje de índice de velocidad de germinación (Caroca *et al.*, 2016).

Independientemente de las germinaciones de inicio de los cultivos en estudio *Glycine max* y *Phaseolus vulgaris*, se utilizó el mismo origen de la semilla para cada cultivo, estandarizando de esta manera los resultados mostrados con relación a los tratamientos utilizados, esto nos indica que las diferencias en germinación solo están afectadas por la respuesta de las variables de PN, PA y SSG con relación a las temperaturas utilizadas (20 °C, 25 °C y 30 °C). Con base a lo anterior y a la revisión de los trabajos de investigación realizados y utilizados para la discusión en la presente sección, podemos mencionar que las temperaturas favorecen la germinación de la semilla en un rango promedio o afectan considerablemente al aumentar o disminuirla.

5 CONCLUSIONES

Para los cultivos estudiados, soya (*Glycine max*) y de frijol (*Phaseolus vulgaris*), El mejor tratamiento en cuanto a la germinación en el cultivo de soya fue el T1 y T2 en un rango de 20 ° y 25 °C, los cuales existió una respuesta favorable para producir mayor número de plantas anormales. Por otro lado, la temperatura a 25 °C (T2) fue que presentó mayor número de plantas normales en el cultivo del frijol, sin embargo a temperaturas altas (30 °C) y bajas (20 °C), tiene un efecto negativo en la germinación de la semilla.

La temperatura tiene un efecto (positivo o negativo) en las primeras etapas de la germinación, en diferentes especies agrícolas que impactan en la densidad de población y por ende en el rendimiento del cultivo.

REFERENCIAS

- Aguilar-Sandí, D. & García, Elmer G. (2022). La temperatura y la selección de frutos favorecen la germinación de semillas del árbol tropical *Myroxylon balsamum* (Fabaceae). *Cuadernos de Investigación UNED*, 14(2), 185-193. <https://dx.doi.org/10.22458/urj.v14i2.4091>
- Agtunong, T. P., Redden, R., Mangge-Nang, M. A., Searle, C., & Fukai, S. (1992). Genotypic variation in response to high temperature at flowering in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32(8), 1135-1140.
- Castillejo, P. (2014). Cámara germinadora de semillas. Tesis de Ingeniero Técnico Industrial Mecánico, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Comunicación, España, Pp. 26-73.
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 94-101.
- Fernández, G., & Johnston, M. (2006). Crecimiento y temperatura. *Squeo*, FA y *Cardemil*, L. Fisiología Vegetal. Chile: Ediciones Universidad de La Serena, 28.
- Finch-Savage, W. E. (2004). The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. Haworth Press, New York, USA, 51-96.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). El cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria.
- Gámez-Vázquez, A. J., Avila-Perches, M. A., Virgen-Vargas, J., Ruiz-Torres, N. A., Gámez-Vázquez, F. P., & Ascencio-Álvarez, A. (2015). Calidad fisiológica de semilla y desarrollo de plántulas de maíz a temperaturas bajas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1769-1779.
- Grey, T. L., Beasley Jr, J. P., Webster, T. M., & Chen, C. Y. (2011). Peanut seed vigor evaluation using a thermal gradient. *International Journal of Agronomy*, 2011(1), 202341.
- Hadas, A. (2004). Seedbed preparation: The soil physical environment of germinating seeds. *Handbook of seed physiology: Applications to Agriculture*.
- ISTA. International Seed Testing Association. (2019). International rules for seed testing. PO Box 308, 8303 Bassersdorf, CH-Switzerland. ISBN: 3-906549-38-0.
- Lara, P. U. H., Hernández, F. M., Linares, E. B. C., Hernández, E. R., Hernández, C. H., & López, D. R. R. (2024). Germinação de pimentão amashito (*Capsicum annum* l. Var. *Glabriusculum*) usando altas temperaturas e um regulador de crescimento de plantas: Germination of amashito chili (*Capsicum annum* l. Var. *Glabriusculum*) using high

temperatures and a plant growth regulator. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(1), 258-264. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n1-019>

López Perea, P. (2011). Efectos de microondas e infrarrojo en la calidad maltera de cebada (*Hordeum vulgare* L).

Maqueira-López, L. A., Roján-Herrera, O., Solano-Flores, J., & Milagros-Santana, I. (2021). Germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 42(2).

Masaya, P., & White, J. W. (1991). Adaptation to photoperiod and temperature. *Common beans: Research for crop improvement*, 445-500.

Monterroso, V. A., & Wien, H. C. (1990). Flower and pod abscission due to heat stress in beans. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(4), 631-634.

Probert, R. J. (2000). The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. p. 261–292. In M. Fenner. (Ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Ramón, M., & Mendoza, C. (2002). Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19(4), 264-272.

Revilla, P., Malvar, R. A., Carrea, M. E., Butrón, A., & Ordás, A. (2000). Inheritance of cold tolerance at emergence and during early season growth in maize. *Crop Science*, 40(6), 1579-1585.

Rossi, C., & González, S. (2006). Problemas en la calidad de semillas de soja. Unidad Técnica Semillas INIA. *Revista INIA*, 9, 34-36.

Ruiz-Ramírez, S., & Hernández-Martínez, R. (2024). Efecto de la temperatura en germinación de monocotiledóneas: caso maíz y trigo. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(3), e71234-e71234.

Torres, W. (1996). GERMINACION DE SEMILLAS DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* Mill.) A DIFERENTES i& BERATU RAS. *Cultivos Tropicales*, 17(1), 1619.

VITÓRIA, R. Z. D., OLIVEIRA, F. D. T. G. D., POSSE, S. C. P., ARANTES, S. D., SCHMILDT, O., VIANA, A., ... & BARROS, B. L. A. (2018). Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em função da maturação dos frutos sob diferentes temperaturas de germinação. *Nucleus* (16786602), 15(2).