

## Respuesta fisiológica de semillas de chile ancho (*Capsicum annum* L.) a reguladores de crecimiento

Pilar Espitia-Hernández<sup>1§</sup>  
Norma Angélica Ruíz-Torres<sup>1</sup>  
Mario Ernesto Vázquez-Badillo<sup>1</sup>  
David Sánchez-Aspeytia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro núm. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. Tel. 01(844) 4110200, ext. 2377. (n-nruiz@hotmail.com; marioe.vazquez@hotmail.com). <sup>2</sup>Campo Experimental Saltillo-INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119, núm. 9515, Hacienda de Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. Tel. 01(55) 38718700. (aspeytia.david@inifap.gob.mx).

Autora para correspondencia: pilar.espitia1@gmail.com.

### Resumen

Los atributos fisiológicos de las semillas de chile se reducen desde su desarrollo en la planta madre o como resultado de mecanismos fisiológicos que aminoran la germinación y causan pérdida de vigor y viabilidad. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto sobre la germinación de semillas de chile ancho imbibidas en los siguientes tratamientos: KNO<sub>3</sub> al 2%, 4% y 6%, promotor I a 0.5%, 1% y 1.5%, promotor II a 1%, 2% y 3% y el testigo en agua destilada. Se pesaron 120 semillas para someterlas a cada tratamiento por 48 h y obtener las curvas de imbibición. Para el ensayo de germinación en el laboratorio, las semillas acondicionadas se sembraron entre papel anchor y la evaluación se hizo a los 21 días. El análisis estadístico de datos se realizó en un diseño completamente al azar, y las medias se compararon con la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados mostraron que la solución de los tratamientos no influyó en el proceso de imbibición de la semilla. El mayor porcentaje de germinación se obtuvo con semillas imbibidas en promotor I al 1.5% que alcanzaron 90% de germinación, 56% más en comparación con el testigo que fue 34%. El promotor I por su contenido de aminoácidos, vitaminas, macro y micronutrientes, actuó como un estimulador de la germinación.

**Palabras clave:** germinación, imbibición, promotor.

Recibido: marzo de 2019

Aceptado: junio de 2019

## Introducción

A nivel internacional, México ocupa el octavo lugar en producción mundial de chile seco, con 119 958 toneladas anuales y una superficie cosechada de 68 860 ha (SIAP, 2017). Guanajuato es el estado que contribuye con 60% de la producción de chile ancho del país, el cual destina alrededor de 5 700 ha para la producción de chile, de las cuales alrededor de 4 000 ha son de chile ancho (Cortez *et al.*, 2011).

La producción de plántulas en almácigos es una práctica muy común entre los productores, se realiza con la finalidad de proteger las plántulas del frío y disponer de ellas una vez concluida la temporada de heladas, por lo que se hace necesario el uso de tecnologías e invernaderos para la producción de plántulas de calidad, lo cual genera un costo para los agricultores (Reveles *et al.*, 2012). La plántula debe cumplir con los siguientes atributos de calidad: buena sanidad, sistema radicular bien desarrollado, color verde oscuro en el follaje y apariencia vigorosa (Jasso y Martínez, 2003). Con respecto a las especies hortícolas, la prueba de vigor se realiza en su fase inicial en comparación con otros cultivos de interés económico.

El indicador más empleado en semillas de hortalizas para evaluar el vigor es el primer conteo en la prueba de germinación (Barros y Minami, 2000). El concepto de germinación es definido como la emergencia y desarrollo de estructuras esenciales provenientes del embrión, las cuales manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996). El proceso de germinación inicia con la imbibición y termina con la emergencia. La imbibición es una fase de absorción de agua por parte de la semilla y la emergencia se refiere al proceso mediante el cual el eje embrionario o radícula crece y traspasa las estructuras que lo rodean (Azcón y Talón, 2008). Una vez que la radícula comienza a elongarse fuera de la testa el proceso de germinación ha concluido (Carranza *et al.*, 2016).

Existe en el mercado productos comerciales recomendados para promover el desarrollo de las plantas, el promotor I utilizado en esta investigación, contiene fitohormonas de los tres principales grupos: giberelinas (ácido giberélico, 20 ppm), auxinas (ácido indol acético, 63 ppm), citoquininas (zeatina, 210 ppm), así como también: carbohidratos (glucosa y fructosa, 0.7%), vitaminas (niacina 0.0006% e inositol 0.43%), nitrógeno (1%), fósforo (0.5%), potasio (4.5%), manganeso (0.12%), hierro (0.49%) y zinc (0.37%), además de sugerirse como sinérgico de la actividad de auxinas y citoquininas, con efectos en el aumento de biomasa aérea y radicular; en hortalizas de fruto se recomienda de 1 a 2 L ha<sup>-1</sup> (Arysta, 2015a).

El promotor II posee extractos de origen vegetal, es empleado como fitorregulador hormonal en cuya composición contiene tres fitohormonas: citoquininas (zeatina, 94 ppm), giberelinas (36 ppm), auxinas (36 ppm); otros compuestos que incluye son: magnesio (2.53 g L<sup>-1</sup>), azufre (6 g L<sup>-1</sup>), boro (3.3 g L<sup>-1</sup>), hierro (5.39 g L<sup>-1</sup>), manganeso (1.32 g L<sup>-1</sup>), zinc (4.07 g L<sup>-1</sup>), dentro de sus funciones se encuentra el de estimular diversos procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, tales como: la división y diferenciación celular, translocación de sustancias, síntesis de clorofila y diferenciación de yemas, entre otros, la dosis recomendada para chile es de 450 a 500 mL ha<sup>-1</sup> (Arysta, 2015b).

Con respecto al  $\text{KNO}_3$ , una de sus funciones principales es que favorece la reparación metabólica de tejidos y el incremento de la respiración; por lo tanto, mejora la tasa de crecimiento y la germinación (Shim *et al.*, 2008). Este último y el contenido de los dos primeros productos se han empleado en el acondicionamiento a las semillas, con la finalidad de revigorizar, acelerar y uniformar la germinación de las semillas del género *Capsicum* (Garruña *et al.*, 2014). Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisiológica de semillas de chile ancho imbibidas en diferentes soluciones de reguladores de crecimiento.

## **Materiales y métodos**

### **Material genético**

Semillas de chile ancho variedad San Luis, envasado el 16 de febrero de 2017.

### **Tratamientos**

Se emplearon tres productos:  $\text{KNO}_3 \geq 99.6\%$  (2, 4 y 6% p/v), promotor I (0.5, 1 y 1% v/v), promotor II (1, 2 y 3% v/v) y como testigo agua destilada para imbibición de las semillas. Todos los productos se diluyeron en agua destilada.

### **Localización**

Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fisiología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 02' longitud oeste y a una altitud de 1 742 m.

## **El experimento se realizó en dos etapas**

### **Etapas I. Curvas de imbibición**

Para determinar la curva de imbibición, se tomó el peso de 120 semillas, en una balanza analítica marca Ohaus con precisión de 310 g x 0.001 g, enseguida se sumergieron en 20 mL de agua destilada para los testigos y 20 ml en solución de cada tratamiento, para ello se utilizaron vasos de precipitado de 40 mL. Durante las primeras 12 h, cada 2 h, se escurrieron las semillas en coladores de plástico, se secaron con toallas de papel absorbente y se pesaron nuevamente; esta actividad se repitió cada 12 h hasta finalizar el proceso a las 48 h (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 h). El volumen imbibido (mL) de los tratamientos por las semillas, se determinó con la diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, se calculó la imbibición de las unidades de peso, transformándolas a unidades de volumen (con base en que 1 g de peso aumentado = 1mL imbibido).

### **Etapas II. Ensayos de germinación entre papel**

Transcurridas las 48 h, las semillas se sembraron entre papel anchor humedecido con agua destilada, 4 repeticiones por tratamiento de 25 semillas cada una, se enrollaron en forma de taco y se colocaron en posición vertical en bolsas de plástico dentro de una cámara bioclimática Thermo

Cientific (Precision) a una temperatura controlada de  $25 \pm 2$  °C y fotoperiodo de 16 h luz/8 h de oscuridad (ISTA, 2016). La germinación se evaluó a los 21 días al cuantificar porcentaje de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), además de las longitudes de plúmula (LP) y radícula (LR), que se midieron con una plantilla de papel milimétrico y se determinó la media por repetición de cada tratamiento.

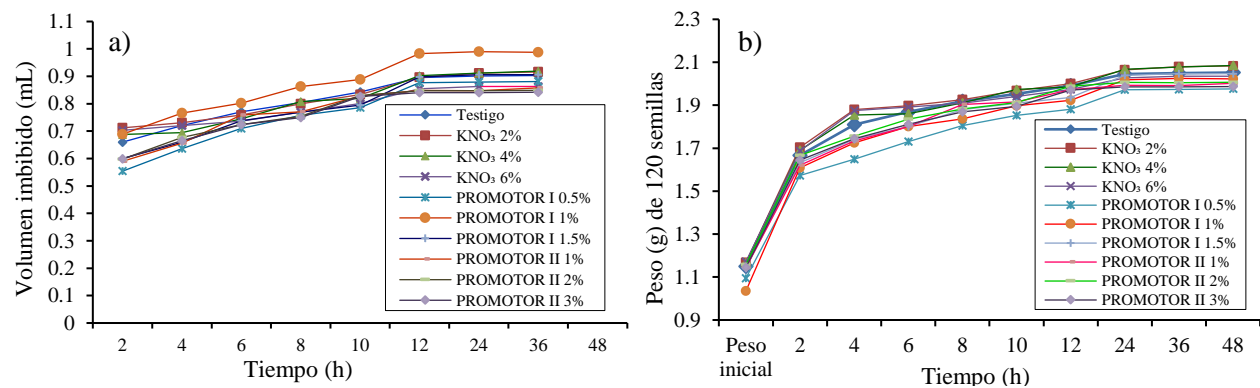
El porcentaje de plántulas normales (PN) se consideró como el total de aquellas cuyas estructuras esenciales se encontraban bien desarrolladas bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura (Moreno, 1996), se contabilizaron y se dividieron entre el total de semillas sembradas entre papel, de igual forma se obtuvo el porcentaje de plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG).

Para el estudio de las variables se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 (SAS Institute, 2002), con los datos se realizó un análisis de varianza (Andeva). Los valores medios, se sometieron a la Prueba de Tukey  $p \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

### Etapas I. Curvas de imbibición

Para la primera fase del proceso de germinación, se observó entre las semillas, que la mayor velocidad de imbibición ocurrió durante las primeras 2 h (Figura 1a y 1b), al elevar hasta 46% su peso seco inicial; después de las 2 h, el incremento en peso fue más lento a medida que transcurrió el tiempo. Al llegar las 24 h se alcanzó la segunda fase del proceso de germinación, al registrar un incremento de 78% con respecto a su peso seco (Figura 1b). En esta segunda etapa de la germinación, se observó un comportamiento constante en la hidratación de las semillas, no hubo emergencia de radícula en ninguno de los tratamientos evaluados, es decir no se llegó a la fase III.



**Figura 1. a) volumen imbibido (mL) de 120 semillas de chile ancho durante 48 h, en nueve tratamientos; b) peso imbibido (g) de 120 semillas de chile ancho durante 48 h, en nueve tratamientos.**

Esto se atribuye a que las capacidades hídricas de la semilla y de la solución entran en equilibrio, por lo que se detienen los procesos metabólicos al dejar de ingresar líquido al interior de la semilla (Akers y Holley, 1986), lo que evita que no ocurra la emergencia de radícula. Sousa *et al* (2006), refirieron que durante el proceso de imbibición de semillas de *Swietenia macrophylla*, el aumento

en el peso de la semilla fue mayor, con respecto al volumen, el cual fue discreto. En este experimento se observó el mismo comportamiento en las curvas de imbibición para las dos primeras fases del proceso de germinación; es decir, la primera de absorción rápida de humedad y la segunda fase estacionaria que se caracterizó al final, por la ausencia de absorción de solución de los tratamientos (Figuras 1a y 1b), sin llegar a la fase III.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ), para el incremento en gramos de peso en las semillas y el volumen imbibido (mL) de solución entre los tratamientos (Cuadro 1); lo anterior, se debe a que los ritmos de absorción de solución en las semillas expuestas a los diferentes tratamientos fueron uniformes, lo cual indica que el tipo de solución acondicionadora de los tratamientos no influyó en la disposición de agua por la semilla.

**Cuadro 1. Cuadrados medios para peso y volumen de solución imbibida por semillas de chile ancho.**

FV	GL	Peso imbibido (g)	GL	Volumen imbibido (mL)
Tratamientos	9	0.015 NS	9	0.0104 NS
Error	90	0.02	80	0.017
Total	99	0.07	89	
CV	14.89%		17.25%	

FV= fuentes de variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; NS= no significativo a  $p \leq 0.01$ .

## Etapa II. Ensayos de germinación entre papel germinación

De acuerdo con el análisis de varianza, en todas las variables: porcentajes de plántulas normales (% PN), plántulas anormales (% PA), semillas sin germinar (% SSG), longitud de plúmula (LP) y longitud de radícula (LR) se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 2).

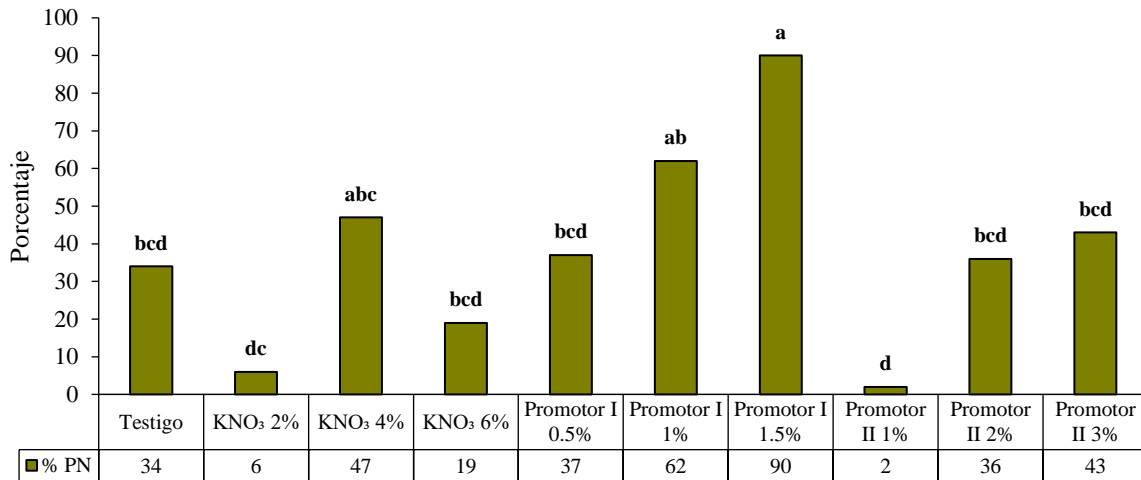
**Cuadro 2. Cuadrados medios para porcentaje de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG) longitud de plúmula (LP) y longitud de radícula (LR).**

FV	GL	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	GL	LP (cm)	LR (cm)
Tratamientos	9	2705.07**	1724.67**	2291.96**	9	8.13**	107.98**
Error	30	322.13	292.40	111.33	369	0.61	4.83
Total	39				378		
CV		47.73%	43.29%	46.08%		29.38%	20.42%

\*\*= significativo a  $p \leq 0.01$ ; FV= fuentes de variación; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación.

Es importante mencionar que debido al posible deterioro que presentaron las semillas, el porcentaje de plántulas normales tuvo respuestas variables que se confirma al observar el resultado del testigo (34%), con respecto a los tratamientos  $\text{KNO}_3$  al 2 y 6% y al promotor II al 1%. El tratamiento con el promotor I al 1.5%, mostró mejor porcentaje de plántulas normales (Figura 2), con 90%, el cual expresó un incremento de 56% con respecto al testigo. Este resultado se atribuye a las concentraciones de fitohormonas y microelementos, cuyo efecto positivo se expresa con el incremento del porcentaje de germinación, lo cual concuerda con el ácido giberélico que pudo

haber estimulado en las semillas, la síntesis del almidón para su desdoblamiento en azúcares más simples como la glucosa, los cuales estuvieron disponibles como fuente de energía para las células del embrión durante el proceso de germinación; así mismo posiblemente la concentración de auxinas y citoquininas (zeatina) tuvieron efectos estimulantes sobre el crecimiento de tallos y raíces y en general en la formación de plántulas, ya que promueven el alargamiento celular.



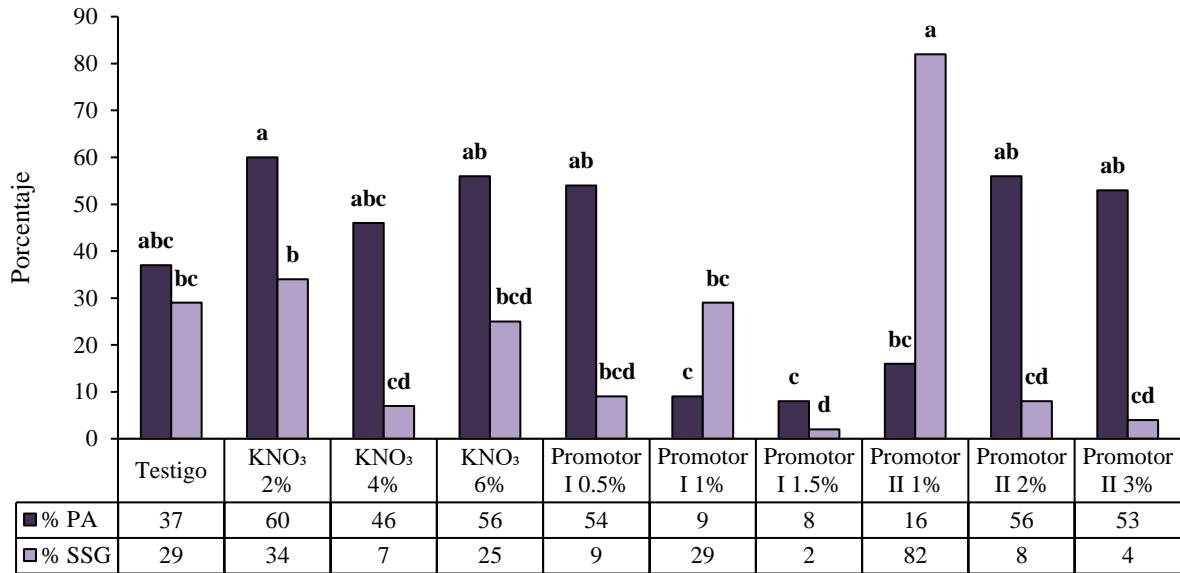
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Figura 2. Comparación de medias en porcentaje de plántulas normales (%PN).**

Con el KNO<sub>3</sub> al 4% (47% de PN) se obtuvo un mayor número de plantas normales con respecto a las concentraciones de 2% (6 % de PN) y 6% (19% de PN), lo que coincide con lo reportado con Garruña *et al.* (2014) quienes evaluaron el efecto de una concentración cercana al 3%, sobre el acondicionamiento de semillas de chile habanero y obtuvieron un efecto positivo en la emergencia de plántulas (91% de PN) superando al testigo (72% de PN).

Las semillas imbibidas con KNO<sub>3</sub> al 2% obtuvieron el más alto porcentaje en plántulas anormales con 60% (Figura 3), este resultado pudo deberse a la concentración del tratamiento, además de que aún se desconocen los efectos del nitrato de potasio sobre el proceso de germinación en semillas de chile (Andrade y Laurentin, 2015). El tratamiento con mayor porcentaje en semillas sin germinar se obtuvo con el promotor II al 1% con 82% (Figura 3), este resultado puede atribuirse a la concentración, ya que en plántulas normales al 2 y 3% numéricamente superaron al testigo, este aumento concuerda con los resultados obtenidos por González *et al.* (2015) quienes con el mismo promotor a 1.6% y durante 24 h de inmersión de semilla de chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*), elevaron significativamente la germinación hasta 86%.

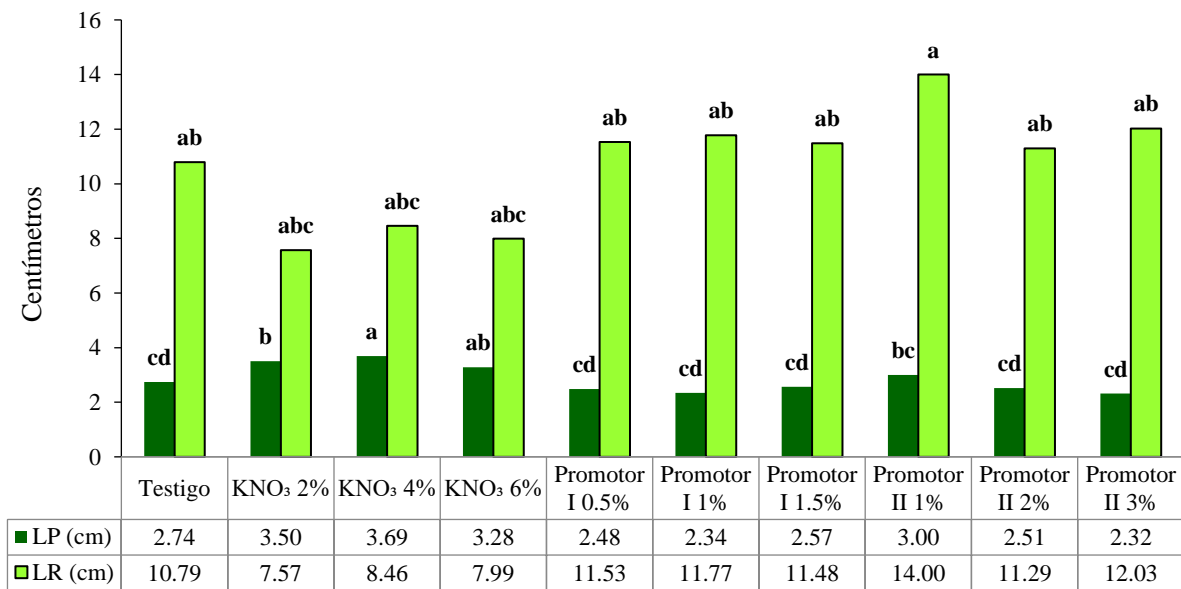
En relación a longitud de plúmula (LP), de acuerdo con Tukey, se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), en la Figura 4 se observa que el tratamiento KNO<sub>3</sub> al 4% fue estadísticamente mejor con 3.69 cm, lo anterior coincide con lo expuesto por Shim *et al.* (2008), mencionan que este producto favorece la reparación metabólica de tejidos y el incremento de la respiración, por lo que mejora la tasa de crecimiento y germinación. Le siguieron los tratamientos: KNO<sub>3</sub> al 2% con 3.50 cm, KNO<sub>3</sub> al 6% con 3.28 cm, el promotor II al 1% con 3 cm, en comparación con el testigo que fue de 2.74 cm. Para la variable longitud de radícula (LR) en la Figura 4 se aprecia que el promotor II al 1% resultó estadísticamente mejor con 14 cm.



Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Figura 3. Comparación de medias en porcentaje de plántulas anormales (% PA) y semillas sin germinar (% SSG).**

Aunque estadísticamente fueron iguales al testigo, numéricamente lo superaron, los tratamientos: Promotor II al 3% con 12.03 cm, Promotor I al 1% con 11.77 cm, al 0.5% con 11.53 cm, al 1.5% con 11.48 cm y el promotor II al 2% con 11.29 cm. Es importante señalar, aunque este último al 1%, resultó estadísticamente similar al testigo, este tratamiento obtuvo el menor porcentaje de plántulas normales (2%) (Figura 4).



Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Figura 4. Comparación de medias en longitud de plúmula (LP) y Longitud de radícula (LR).**



## Conclusiones

De acuerdo con los resultados la velocidad de imbibición de todos los tratamientos fue la misma en la semilla de chile de la variedad San Luis. Se concluye que el promotor I a una concentración de 1.5% (v/v) y 1% (v/v), tienen un efecto positivo en el incremento de la germinación en relación a plántulas normales (90% y 60%, respectivamente) de chile ancho, así como el buen desarrollo de la radícula, la cual es importante para el establecimiento de las plantas en campo.

En relación a la longitud de plúmula, el mejor tratamiento fue KNO<sub>3</sub> a 4%, el cual también fue uno de los tratamientos que superó al testigo en cuanto a porcentaje de plántulas normales.

## Agradecimientos

Al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Campo Experimental Saltillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por el apoyo en la realización del proyecto: respuesta a la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas de bajo vigor, desarrollo y establecimiento de plantas de chile ancho y chile serrano (*Capsicum annuum* L.). En este artículo se presentan una parte de los resultados de la primera fase del experimento.

## Literatura citada

- Akers, S. and Holley, K. 1986. SPS: A system for priming seed using aerated polyethylene glycol of salt solutions. HortSci. 21:529-531.
- Andrade, S. y Laurentin, H. 2015. Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Unellez de Ciencia y Tecnología 33:25-29.
- Arysta LifeScience. 2015a. Bioestimulante Fitobolic®. <http://arysta.cl/arystahome/wp-content/uploads/2018/08/ft-fitobolic-v011-21-08-2018-1.pdf>.
- Arysta LifeScience. 2015b. Biozyme TF, extractos de origen vegetal 78.87 % L.
- Azcón, B. J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. Edición. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona España. 656 p.
- Barros, T. S. y Minami, K. 2000. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão. Scientia Agrícola 57(1):109-112.
- Carranza, C.; Castellanos, G.; Deaza, D. y Miranda, D. 2016. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 10(2):284-291.
- Cortez, E.; Rivera, J. G.; Andrio, E.; Guevara, R. G.; Guevara, L.; Cervantes, F. y Mendoza, M. 2011. Osmocondicionamiento de la semilla de chile ancho y su efecto en el vigor. Universidad y Ciencia. 27(3):345-349.
- Garruña, H. R.; Latournerie, M. L.; Ayala, G. O.; Santamaría, J. M. y Pinzón, L. L. 2014. Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia. 48(4):413-423.
- González, C. N.; Jiménez, V. R.; Guerra, B. E. C.; Silos, E. H. y Pairo C. E. 2015. Germinación del chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*) en el sureste mexicano. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 11:2211-2218.



- ISTA. 2016. International Seed Testing Association. Introducción a las reglas ISTA capítulos 1-7, 9. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. The International Seed Testing Association. Bassersdorf, Suiza. 192 p.
- Jasso, Ch. C. y Martínez, G. M. A. 2003. Guía para la producción de chile ancho con fertirriego y acolchado plástico en el altiplano de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). San Luis Potosí, México. Folleto para productores núm. 38.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª (Ed.) Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 393 p.
- Reveles, H. M.; Huchín, A. S. y Velásquez, V. R. 2012. Producción de plántula de chile en invernadero: manual para el productor. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas. Folleto para productores núm. 37. 38 p.
- SAS Institute. 2002. SAS User's Guide. Version 9.0, SAS Institute. Inc. Cary, NC. USA.
- Shim, S. I.; Moon, J. C.; Jang, C. S.; Raymer, P. and Kim, W. 2008. Effect of potassium nitrate priming on seed germination of seashore paspalum. HortSci. 43:2259-2262.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos abiertos estadística de producción agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Sousa, P. E. A.; Lemos, F. J. P. and Trombert, O. D. M. 2006. Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) seeds: the role of stomata. Ann. Bot. 98(1):213-217.