



Osmoacondicionamiento de semillas de *Zea mays* con extractos vegetales para aumentar el vigor de establecimiento

Osmoconditioning of *Zea mays* Seeds with Plant Extracts to Increase Vigor in Establishment

José Gregorio Joya-Dávila^{1*}
Sandra Isabel Ramírez González²
Orlando López Báez³
Sara Azucena del Rosario Jiménez Núñez⁴
Álvaro Alvarado Gaona⁵
Saúl Espinosa-Zaragoza⁶



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.12019>

RESUMEN: Dada la importancia cultural y económica para México del cultivo del maíz, y los efectos sobre la germinación y el desarrollo inicial provocado por malezas, fitopatógenos y condiciones ambientales adversas, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del osmoacondicionamiento de semillas de maíz sobre la germinación y el desarrollo inicial. Se realizaron dos ensayos; en el primero se estudiaron los resultados de tres extractos vegetales: *Cinnamomum zeylanicum*, *Azadirachta indica* y *Zingiber officinale*; bicarbonato de sodio y el biofertilizante magro. El primero con once tratamientos en un diseño completamente al azar, en el cual se cuantificó la velocidad de emergencia y el porcentaje de germinación. En el segundo ensayo se estudiaron nueve tratamientos, los cuales consistieron en las concentraciones que permitieron la germinación en el primer ensayo; como variables se cuantificaron altura, peso de materia fresca y seca total, y volumen de raíz. Se utilizaron semillas locales de Chiapas, la siembra se realizó en vivero, utilizando arena de río estéril como sustrato. Las semillas que fueron tratadas con bicarbonato de sodio y *C. zeylanicum* 10 % (V:V) presentaron mayor velocidad de emergencia; el tratamiento bicarbonato de sodio (30 g/L) favoreció la germinación y junto a los tratamientos *C. zeylanicum* al 10 % (V:V) *A. indica* al 20 % (V:V) y *Z. officinale* al 30 % (V:V) registraron los valores más altos de peso fresco de raíz, peso fresco y seco de biomasa aérea, además estimularon el crecimiento aéreo en un 56 % con respecto al tratamiento control ($p < 0.05$). Los extractos vegetales de *C. zeylanicum*, *A. indica* y *Z. officinale* a concentraciones bajas estimulan el crecimiento radicular y aéreo, e inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos sobre las semillas y raíces al momento de la siembra, mientras que a concentraciones del 100 % inhiben la germinación de las semillas de *Z. mays*.

PALABRAS CLAVE: alelopatía, tasa de imbibición, extractos vegetales, germinación.

ABSTRACT: Given the cultural and economic importance for Mexico of maize cultivation, and the effects on germination and initial development caused by weeds, phytopathogens and adverse environmental conditions, the objective of this research was to evaluate the effect of osmoconditioning of maize seeds on germination and initial development. Two tests were carried out; in the first one, the effect of three plant extracts was studied: *Cinnamomum zeylanicum*, *Azadirachta indica* and *Zingiber officinale*; sodium bicarbonate and lean biofertilizer. The first with eleven treatments in a completely randomized design, in which the emergence speed and the germination percentage were quantified. In the second test, nine treatments were studied, which consisted of the concentrations that allowed germination in the first test; as variables, height, weight of total fresh and dry matter, and root volume were quantified. Local seeds from Chiapas were used. Sowing was carried out in a green house in sterile sand. The seeds treated with sodium bicarbonate and *C. zeylanicum* 10% (V:V) had higher emergence speed; the sodium bicarbonate treatment (30 g/L) favored germination and together with the treatments *C. zeylanicum* at 10% (V:V) *A. indica* at 20% (V:V) and *Z. officinale* at 30% (V:V) registered the highest values of fresh root weight, fresh and dry weight of aerial biomass, also stimulated aerial growth 56% with respect to the control treatment ($p < 0.05$). The plant extracts of *C. zeylanicum*, *A. indica* and *Z. officinale* at low concentrations stimulate root and aerial growth, and inhibit the growth of phytopathogenic fungi on seeds and roots when sowing, while at concentrations of 100% they inhibit the germination of *Z. mays* seeds.

KEYWORDS: allelopathy, imbibition rate, plant extracts, germination.

FECHA DE RECEPCIÓN: 03 de noviembre de 2020 **FECHA DE APROBACIÓN:** 30 de diciembre de 2020

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Joya-Dávila, J., Ramírez, S., López, O., Jiménez, S., Alvarado, Á & Espinosa-Zaragoza, S. (2021). Osmoacondicionamiento de semillas de *Zea mays* con extractos vegetales para aumentar el vigor de establecimiento. *Cien. Agri.* 18(1): 21-35. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.12019>

- 1 M.Sc. en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Universidad Autónoma de Chiapas. Tecnológico Nacional de México (México).
*Autor de correspondencia: jose.joya@ittuxtlagutierrez.edu.mx <https://orcid.org/0000-0001-6342-4212/print>
- 2 Ph.D. en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Universidad Autónoma de Chiapas. Cuerpo Académico en Agricultura Tropical Ecológica UNACH-CA-68. (México). sandra.ramirez@unach.mx <https://orcid.org/0000-0002-1563-1521/print>
- 3 Ph.D. en Biología, Agronomía especialidad en Biotecnología y Mejoramiento de Plantas. Cuerpo Académico en Agricultura Tropical Ecológica UNACH-CA-68. (México). olopez@unach.mx <https://orcid.org/0000-0003-4200-4547/print>
- 4 M.Sc. en Producción Agropecuaria Tropical, Universidad Autónoma de Chiapas (México). sara_azuze@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-48991945/print>
- 5 M.Sc. en Desarrollo Rural, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Colombia). alvaro.alvarado@uptc.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-7024-5594/print>
- 6 Ph.D. en Ciencias en Fisiología Vegetal. Cuerpo Académico en Agricultura Tropical Ecológica UNACH-CA-68 (México). saul.espinosa@unach.mx <https://orcid.org/0000-0001-7683-7382/print>

I. Introducción

El maíz es la gramínea más usada en la alimentación humana y animal. En México es cultivado a la par con otras especies, principalmente con calabaza y frijol, asociación que recibe el nombre de “milpa”, la cual es la base alimentaria de muchas familias rurales (Falkowski *et al.*, 2019). Las variedades locales de maíz se utilizan en ese país para elaborar, además de la tortilla, una diversidad de preparaciones culinarias tradicionales, lo que hace del maíz uno de los ingredientes fundamentales de la cocina nacional.

El tratamiento de semillas antes de la siembra es indispensable para aumentar la germinación, acelerar la emergencia y evitar que fitopatógenos ocasionen enfermedades; la imbibición también reduce el consumo de agua en campo y la competencia con arvenses (Valle *et al.*, 2017). En los tratamientos pregerminativos y en todas las etapas de desarrollo, por lo general se usan plaguicidas, los cuales aumentan los costos de producción, dejan residuos peligrosos en el ambiente y en granos que son utilizados para consumo (Fernández *et al.*, 2013).

La técnica de osmoacondicionamiento de semillas (imbibición controlada) con soluciones osmóticas o agua se ha utilizado principalmente con la finalidad de acelerar el proceso de germinación y controlar hongos presentes en el suelo (Valle *et al.*, 2017). Al respecto, Méndez *et al.* (2008) reportan el efecto de imbibir semillas de *Z. mays* en los pesticidas Carboxín + Thiram en diferentes tiempos de inmersión. Los resultados indican éxito en el control de hongos, pero una disminución del 20 % en la germinación en comparación con las semillas sumergidas en agua destilada estéril. Los tratamientos químicos en la producción agrícola han ocasionado intoxicaciones por el uso excesivo e inadecuado de plaguicidas. En el año 2010, en la república mexicana los casos que generaron problemas cancerígenos y genotóxicos en las personas expuestas ascendieron a 3068 (Gómez *et al.*, 2013).

Joya-Dávila *et al.* (2015) reportan que los extractos vegetales pueden ser una alternativa en el manejo de fitopatógenos; entre ellos, el extracto de *Z. officinale* tiene un efecto inhibitorio en el crecimiento de hongos; caso similar fue reportado por Ochoa (2014) para las soluciones minerales como el polisulfuro de calcio y bicarbonato de sodio, pues estos fungicidas no presentan un riesgo biológico en la agricultura.

No existen reportes en México del efecto osmoacondicionador de semillas de maíz en soluciones orgánicas antes de la siembra, por lo cual el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de imbibir semillas en extractos de *C. zeylanicum*, *A. indica* y *Z. officinale* y soluciones minerales, sobre la germinación, el crecimiento inicial de maíz y el control de hongos presentes en la germinación.

II. Materiales y Métodos

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Agrotecnologías y el vivero de propagación de planta, de la Agencia Universitaria para el Desarrollo (AUDES) Cacao-Chocolate de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), ubicada en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Las semillas de maíz fueron colectadas en la localidad de Yashanal, Tenejapa, Chiapas, comunidad indígena *Tzolzil* situada a 1642 m s.n.m. (16°83'31.77''N, 92°45'62.57''W) con temperatura promedio anual de 19 °C.

A. Elaboración de extractos vegetales y preparados minerales

Para la obtención de los extractos vegetales se utilizó la metodología descrita por Ramírez *et al.* (2016). Se empleó un destilador, en el cual el material vegetal se sometió a presión y temperatura constantes, y mediante destilación y condensación en un refrigerante se obtuvieron los hidrolatos de *C. zeylanicum* (canela), *A. indica* (neem) y *Z. officinale* (jengibre). La solución mineral de bicarbonato de sodio se preparó en laboratorio, siguiendo la metodología de Ochoa (2014), y el biofertilizante mineral fue elaborado según metodología de López *et al.* (2015).

Las concentraciones evaluadas se observan en la Tabla 1. Se tomó en cuenta la concentración total de preparación (100 %) y la mínima inhibitoria de fitopatógenos reportada por Tamayo *et al.* (2016), Ramírez *et al.* (2016), Joya-Dávila *et al.* (2015), Ramírez (2013) y Ramírez (2008).

B. Determinación de la tasa de imbibición

Para calcular la tasa de imbibición se utilizó la metodología adaptada de Méndez *et al.* (2008), se pesaron 100 semillas del mismo tamaño y se registró su peso inicial. Se evaluaron 12 periodos de imbibición (cada dos horas), para lo cual las semillas fueron sumergidas en agua destilada estéril y se pesaron cada dos horas hasta por 24 horas posteriores al inicio del proceso.

Después se realizó una prueba de germinación en caja Petri con semillas seleccionadas de la prueba de flotación (n=100); se evaluaron tres periodos de imbibición (16, 18 y 20 horas) y se contabilizó el número de semillas germinadas.

C. Efecto del osmocondicionamiento de semillas de maíz sobre germinación, emergencia y desarrollo inicial

Para evaluar el efecto del osmocondicionamiento en semillas de maíz, se realizaron dos ensayos. En el primero se evaluó la germinación y la velocidad

de emergencia y en el segundo el efecto de los tratamientos en el crecimiento inicial del maíz.

1. Experimento uno. Germinación y emergencia de *Z. mays*

Se evaluó el efecto de bicarbonato de sodio, el biofertilizante mineral magro y los extractos de *Z. officinale*, *C. zeylanicum* y *A. indica*; como tratamiento control se utilizó agua destilada estéril, para un total de 11 tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tomando en cuenta los resultados de la determinación de la tasa de imbibición y la prueba de germinación, las semillas se sumergieron durante 18 horas en cada tratamiento por separado utilizando vasos de precipitado previamente esterilizados; pasado el tiempo establecido se llevaron al vivero para la siembra de las semillas según tratamiento. Fueron sembradas en bandejas de poliestireno expandido con sustrato arena de río lavada, la cual fue previamente esterilizada en autoclave a 20 PSI durante 20 minutos. Cada día se hizo riego. Los tratamientos estuvieron distribuidos en un diseño completamente al azar con seis repeticiones cada uno, cada repetición con cinco semillas (66 UE).

Variables evaluadas

- *Porcentaje de germinación.* Se calculó el porcentaje teniendo en cuenta el número de plantas germinadas al día 15, sobre el total de semillas sembradas.
- *Índice de velocidad de emergencia (IVE).* Se hicieron evaluaciones diarias del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquel en que se observó la primera plántula emergida; el final de la evaluación fue a los 10 días después del establecimiento del experimento. El IVE se calculó con la siguiente fórmula (1), donde: n_i es el número de semillas emergidas en el intervalo de tiempo t_i (Ranal & Santana, 2006).

$$IVE = \sum \left[\frac{n_i}{t_i} \right] \quad (1)$$

TABLA 1. Composición de los tratamientos y dosis de imbibición

Tratamiento		Dosis elaboración (g/L)‡	Equivalente en porcentaje de solución (V:V)
1	Bicarbonato de sodio	15	100
2	Bicarbonato de sodio	30	100
3	Biofertilizante mineral	*	10
4	Biofertilizante mineral	*	1
5	<i>Zingiber officinale</i>	300	30
6	<i>Zingiber officinale</i>	300	100
7	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	45	10
8	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	45	100
9	<i>Azadirachta indica</i>	300	20
10	<i>Azadirachta indica</i>	300	100
11	Control: agua destilada, estéril	NA	NA

‡ Solvente: agua destilada estéril. NA: no aplica.

*Metodología de López *et al.* (2015).

- *Porcentaje de contaminación por hongos.* Se calculó teniendo en cuenta el número de semillas con presencia de micelio, sobre el total de semillas sembradas.
- Las plantas infectadas fueron colocadas en cámara húmeda, el micelio que generó esporas se colocó en portaobjetos. Las estructuras reproductivas fueron observadas con microscopio óptico siguiendo la metodología de Carr *et al.* (2003).

2. Experimento dos. Evaluación del desarrollo inicial de plantas de maíz

Una vez establecidos los tratamientos que permitieron la germinación de las semillas, se realizó el seguimiento del desarrollo de las plantas de maíz evaluando nueve tratamientos (presentados en la Tabla 2). Se empleó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, cada repetición con tres plantas, para un total de 54 UE.

Variables evaluadas

- *Altura.* Se registró la distancia entre la base y la parte apical de la última hoja formada.
- *Volumen de raíz.* En una probeta milimétrica con un volumen estándar de agua se registró el volumen desplazado generado al sumergir la raíz (Tucuch *et al.*, 2016).
- *Peso fresco y seco.* Fueron tomados en balanza analítica, se registraron por separado parte foliar y raíz. Para los pesos secos las muestras se colocaron por separado en papel estraza, fueron secadas en una mufla en

tres ciclos de 54 °C de siete horas cada uno, tiempo en el cual los pesos individuales fueron constantes.

TABLA 2. Tratamientos evaluados en el desarrollo inicial de plántulas de maíz

Tratamientos		Dosis de imbibición [‡]
1	Bicarbonato de sodio	15 g/L
2	Bicarbonato de sodio	30 g/L
3	Biofertilizante magro	1% (V:V)
4	Biofertilizante magro	10% (V:V)
5	<i>Z. officinale</i>	30% (V:V)
6	<i>C. zeylanicum</i>	10% (V:V)
7	<i>C. zeylanicum</i>	100% (V:V)
8	<i>A. indica</i>	20% (V:V)
9	Control: agua destilada, estéril	NA

[‡] Solvente: agua destilada estéril. NA: no aplica.

D. Análisis estadísticos

Los datos obtenidos en porcentaje fueron transformados con arco seno de raíz cuadrada. Se realizó un análisis de varianza, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 %, usando el paquete estadístico SAS®.

III. Resultados y Discusión

A. Determinación de la tasa de imbibición

En la Figura 1 se observa la tasa de imbibición registrada para semillas de maíz, teniendo como referencia el aumento de peso. Se aprecia que las semillas absorben agua hasta la hora ocho, momento en el cual disminuye por cuatro horas y vuelve a incrementar hasta la hora 16, cuando se mantiene constante y culmina el proceso de imbibición. En la prueba de germinación *in vitro*, el 100 % de las semillas germinaron en los tres tiempos de imbibición evaluados. Se registró mayor velocidad de germinación a las 18 horas, resultado que se tomó como tiempo de imbibición.

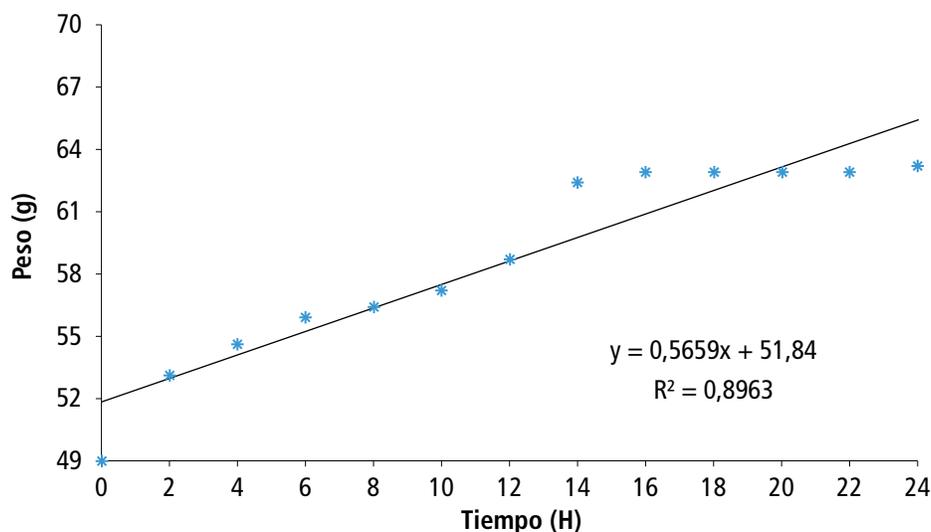


FIGURA 1. Tasa de imbibición de semillas de maíz sumergidas en agua destilada estéril.

B. Efecto del osmocondicionamiento sobre la germinación y la velocidad de emergencia

El porcentaje de germinación presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos. Los extractos de *Z. officinale* y *A. indica* al 100 % inhibieron totalmente la germinación, el extracto de *C. zeylanicum* al 100 % y 15 g/L de bicarbonato de sodio registraron una disminución del 33 % y 20 % respectivamente, comparados con el tratamiento control. La dosis de 30 g/L de bicarbonato de sodio fue el único tratamiento con el 100 % de las semillas germinadas (Tabla 3).

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la velocidad de germinación se pudo establecer el día 2 como el inicio y el día 10 el final, con un comportamiento similar entre tratamientos (los resultados de esta variable se presentan en Tabla 3). Los tratamientos bicarbonato de sodio 30 g/L y *C. zeylanicum* 10 % registraron los mayores valores, pues emergieron con mayor rapidez que las plántulas del tratamiento control.

El porcentaje contaminación por hongos al momento de la emergencia presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$). Todos los tratamientos inhibieron el crecimiento de estructuras reproductivas de hongos sobre las semillas y raíces de maíz, a excepción del control agua destilada, que presentó 33 % de plantas con micelio de color blanco (Tabla 3). En la Figura 2 se notan los signos del hongo en semillas y raíces de maíz, las observaciones al microscopio confirmaron que las estructuras visualizadas pertenecen al hongo *Paezilomyces* sp.

TABLA 3. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación e índice de velocidad de emergencia (IVE) de *Zea mays*

Tratamiento	Germinación (%)	IVE	Micelio en semillas (%)
Bicarbonato de sodio 15 g/L	67 ^{BC*}	3.1 ^{A*}	0 ^{B*}
Bicarbonato de sodio 30 g/L	100 ^A	3.1 ^A	0 ^B
Biofertilizante magro al 1 % (V:V)	93 ^A	2.8 ^{AB}	0 ^B
Biofertilizante magro al 10 % (V:V)	93 ^A	2.6 ^{AB}	0 ^B
<i>Z. officinale</i> 30 % (V:V)	90 ^{AB}	2.6 ^{AB}	0 ^B
<i>Z. officinale</i> 100 % (V:V)	0 ^D	0 ^C	0 ^B
<i>C. zeylanicum</i> 10 % (V:V)	93 ^A	3.1 ^A	0 ^B
<i>C. zeylanicum</i> 100 % (V:V)	53 ^C	0.7 ^C	0 ^B
<i>A. indica</i> 20 % (V:V)	86 ^{AB}	2.3 ^B	0 ^B
<i>A. indica</i> 100 % (V:V)	0 ^D	0 ^C	0 ^B
Control: agua destilada, estéril	86 ^{AB}	2.9 ^{AB}	33 ^A
Error estándar de la media	0.092	0.137	9.696

*Tratamientos seguidos de letras distintas entre la misma columna presentan diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

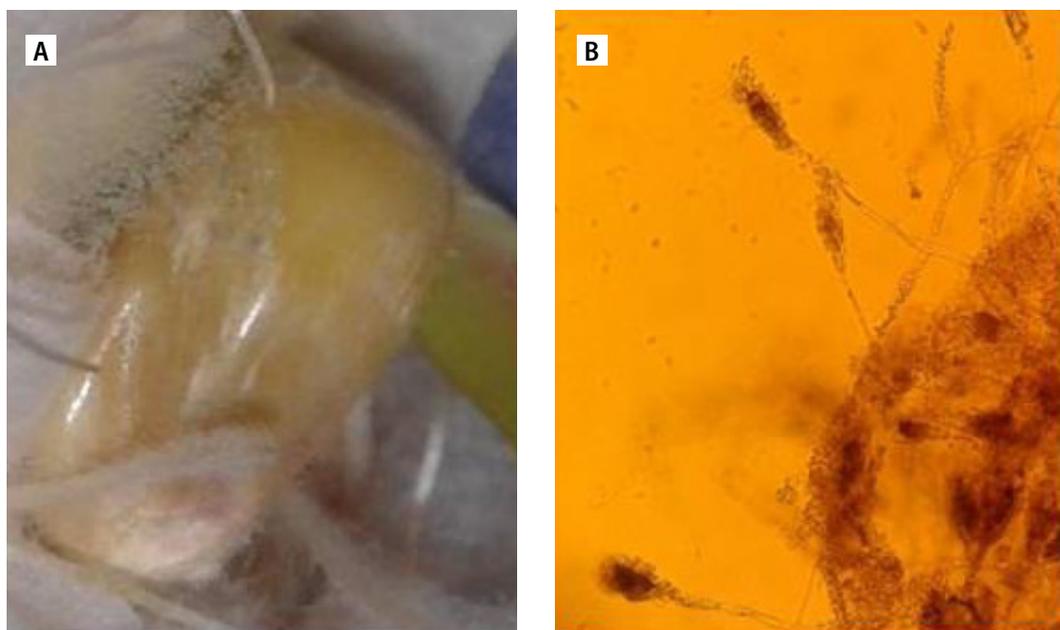


FIGURA 2. A) Micelio en semillas y raíces de maíz. B) Estructura reproductiva de *Paecilomyces* sp.

C. Evaluación del desarrollo inicial de plantas de maíz osmocondicionadas

Se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones del crecimiento de plantas de maíz al día 5, 10 y 15 (Figura 3). Se observa que al día cinco los tratamientos biofertilizante magro 1 % y bicarbonato de sodio 15 g/L, registraron los mayores valores de crecimiento con respecto a los demás tratamientos, incluido el tratamiento control.

Para el día 10, los 2 tratamientos con bicarbonato de sodio fueron los únicos que presentaron diferencias significativas con el control, al aumentar el crecimiento de las plántulas. El día 15 se presentó la mayor significancia entre tratamientos, cuando bicarbonato de sodio 30 g/L, *C. zeylanicum* 10 %, *A. indica* 20 % y *Z. officinale* 30 %, fueron los mejores al aumentar la altura a más del 50 % con respecto al tratamiento control; para el caso de los demás tratamientos, estadísticamente no presentaron diferencias significativas, pero cabe resaltar que a partir del día 10 todos (excepto los extractos al 100 %) presentaron valores superiores al tratamiento control.

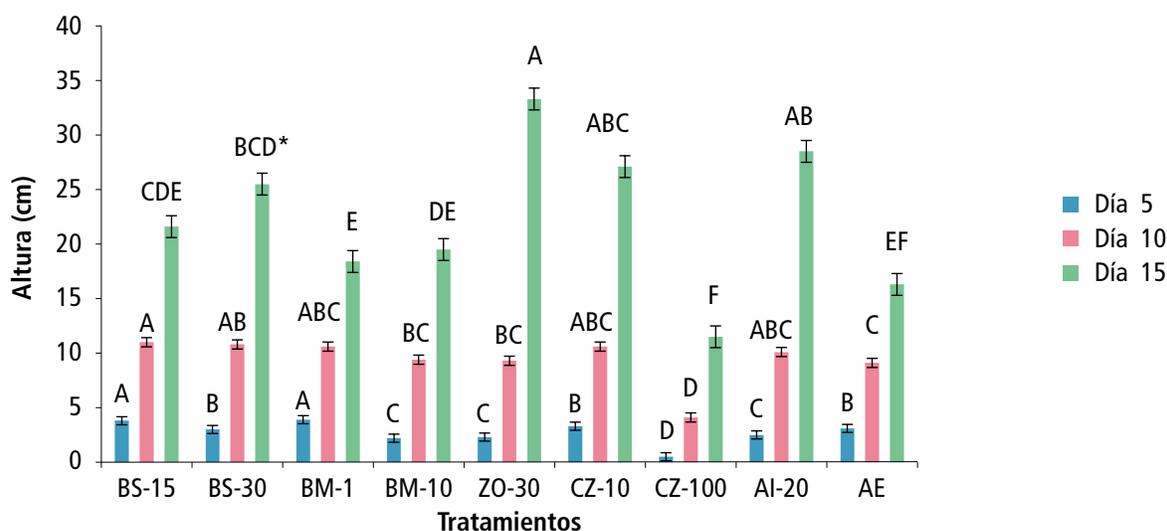


FIGURA 3. Efecto del osmocondicionamiento de semillas en la altura inicial de plantas de *Z. mays*.

*Tratamientos seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). **BS-15:** bicarbonato de sodio 15 g/L. **BS-30:** bicarbonato de sodio 30 g/L. **BM-1:** biofertilizante magro 1 % (V:V). **BM-10:** biofertilizante magro 10 % (V:V). **ZO-30:** *Z. officinale* 30% (V:V). **CZ-10:** *C. zeylanicum* 10% (V:V). **CZ-100:** *C. zeylanicum* 100% (V:V). **AI-20:** *A. indica* 20% (V:V). **AE:** control: agua destilada, estéril.

15 días después de la siembra, las variables volumen de raíz, peso fresco y seco aéreo y raíz, presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 4). Solo el tratamiento *C. zeylanicum* 100 % fue inferior al control en las variables de estudio. Los tratamientos bicarbonato de sodio 30 g/L, *Z. officinale* 30 %, *C. zeylanicum* 10 % y *A. indica* 20 % obtuvieron valores superiores al tratamiento control en todas las variables de estudio. No se presentaron diferencias estadísticas para el peso seco de raíz; sin embargo, el tratamiento control presentó un peso seco de raíz de $0,12 \pm 0,002$ g, mientras que los demás tratamientos (exceptuando los extractos al 100 %) mostraron valores entre $0,17 \pm 0,01$ g y $0,21 \pm 0,001$ g.

En cuanto al volumen de raíz, este no registró diferencias entre el tratamiento control y el extracto de *C. zeylanicum* al 100 %, pero sí con los demás tratamientos, los cuales superaron el valor presentado por el control agua destilada estéril, y los tratamientos bicarbonato de sodio 30 g/L, el extracto de *C. zeylanicum* al 10 % y el biofertilizante magro 10 % fueron los que presentaron los mayores valores.

TABLA 4. Influencia de los tratamientos en el peso fresco, seco y volumen de raíz en *Z. mays*

Tratamiento	Peso fresco (g)		Peso seco (g)		VR (mm)
	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo	
Bicarbonato de sodio 15 g/L	1.0 ^{CD}	1.2 ^B	0.21 ^A	0.14 ^{AB}	1.3 ^B
Bicarbonato de sodio 30 g/L	1.4 ^{A*}	1.5 ^A	0.20 ^A	0.16 ^A	1.6 ^A
Biofertilizante magro 1 % (V:V)	1.0 ^{CD}	1.2 ^B	0.17 ^A	0.13 ^{BC}	1.5 ^{AB}
Biofertilizante magro 10 % (V:V)	1.1 ^{BC}	0.9 ^C	0.19 ^A	0.12 ^{BC}	1.2 ^B
<i>Z. officinale</i> 30 % (V:V)	1.3 ^{AB}	1.6 ^A	0.17 ^A	0.16 ^A	1.4 ^{AB}
<i>C. zeylanicum</i> 10 % (V:V)	1.3 ^{AB}	1.6 ^A	0.18 ^A	0.16 ^A	1.6 ^{AB}
<i>C. zeylanicum</i> 100 % (V:V)	0.8 ^D	0.5 ^D	0.05 ^B	0.06 ^D	0.6 ^C
<i>A. indica</i> 20 % (V:V)	1.4 ^A	1.6 ^A	0.18 ^A	0.16 ^A	1.4 ^{AB}
Control: agua destilada, estéril	1.0 ^{CD}	0.9 ^{BC}	0.12 ^{AB}	0.11 ^C	0.6 ^C
Error estándar de la media	0.02	0.001	0.016	0.002	0.01

*Tratamientos seguidos de letras distintas entre la misma columna presentan diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); **VR**: volumen de raíz.

Los extractos de *C. zeylanicum* 10 %, *Z. officinale* 30 %, evaluados, incrementaron el porcentaje de germinación de manera similar a lo reportado por Guedes *et al.* (2002), quienes al imbibir semillas de lechuga en soluciones con 1 y 2 % del extracto de *C. rotundus*, encontraron que el porcentaje de germinación aumenta y disminuye con el incremento de las dosis del extracto. Estos resultados, a su vez, son similares a los documentados por Laynez y Méndez (2007) en el osmocondicionamiento de semillas de maíz con este mismo extracto.

Can-Chulim *et al.* (2017) reportan que el NaHCO_3 en concentraciones menores a 5 g/L disminuyó el porcentaje de germinación (33 %) de todas las variedades de frijol evaluadas. Estos resultados contrastan con los obtenidos en esta investigación, pues indican que esta sal interviene negativamente en la movilidad osmótica del agua y el metabolismo interno pregerminativo de diferente manera en poáceas y leguminosas, con mayor efecto en las semillas con dos cotiledones.

En cuanto al IVE, Solís *et al.* (2010) documentan que la escala medida en este parámetro es de utilidad para diferenciar genotipos de maíz según su vigor, donde índices superiores a 3 indican vigor de intermedio a alto; los resultados de esta investigación muestran que la semilla utilizada tiene un vigor intermedio (2.9), además, que el uso de bicarbonato de sodio 30 g/L y *C. zeylanicum* 10 % aumenta el vigor (3.1) al momento de la emergencia.

Martínez *et al.* (2010) evaluaron la velocidad de emergencia en maíz (sin realizar imbibición), donde los resultados estuvieron en un intervalo de 6 a 15 días; en contraste, el osmocondicionamiento de semillas realizado disminuye el tiempo de emergencia en campo, en comparación con semillas sin

tratamiento. Por otra parte, la imbibición proporciona uniformidad y ventaja comparativa (espacio, luz, nutrientes, entre otras) frente a las malezas, premisa apoyada por Santana *et al.* (2020) y Labrada *et al.* (1996). Esto se atribuye a que con la imbibición, la semilla reactiva su metabolismo (enzimas) y la síntesis de proteínas a partir de moléculas de mRNA almacenadas durante el secado de la semilla y posteriormente, este reinicio de los procesos dará lugar al desarrollo de la nueva planta (Sánchez & Juárez, 2019). Los metabolitos secundarios presentes en los extractos con el incremento de las dosis podrían actuar como precursor o inhibidor metabólico.

Se observó que las concentraciones altas de los extractos inhiben o retrasan el crecimiento de las plántulas de maíz, pero concentraciones bajas lo estimulan. Resultados similares fueron encontrados por Laynez y Méndez (2007), donde hubo un efecto positivo sobre el crecimiento de plantas de maíz y negativo con el incremento de las concentraciones del extracto de *C. rotundus*; lo cual indica que en suelos donde la población de esta maleza es alta, la germinación y el desarrollo inicial pueden verse afectados por un efecto alelopático negativo ocasionado por concentraciones altas de metabolitos secundarios en la solución del suelo.

Las plantas producen metabolitos secundarios que no participan directamente en el desarrollo vegetal, pero sí en la activación de mecanismos de defensa ante estímulos externos, entre ellos están terpenoides, fenoles, taninos y alcaloides, sustancias que presentan un efecto aleloquímico (Tunqui *et al.*, 2018). Con respecto a lo anterior, An (2005) indica que un aleloquímico tiene dos atributos complementarios: estimulación e inhibición. Los resultados de este ensayo sugieren que los aleloquímicos presentes en los extractos a bajas concentraciones produjeron el estímulo del crecimiento y un efecto inhibitorio a concentraciones altas.

Al analizar los pesos frescos y secos se observa que los tratamientos estimularon una rápida y masiva expansión celular (materia seca), además de mayor capacidad para acumular agua en ellas (peso fresco), lo que proporciona una condición favorable en momentos de sequía. Aschan y Pfanzen (2003) indican que el crecimiento de las plantas es el resultado directo de una expansión de las células jóvenes producidas por las divisiones meristemáticas; no obstante, la expansión celular, tanto de la raíz como del área foliar, puede ser inhibida o estimulada por agentes externos que están en contacto especialmente con las raíces, y provocar modificaciones en su morfología (membranas celulares, pared celular y el citosol, principalmente). Lo observado muestra un efecto de estimulación de crecimiento y expansión celular en la raíz, que está correlacionado con una mayor acumulación de agua en el citosol (Aschan & Pfanzen, 2003); esto puede atribuirse a los componentes orgánicos y minerales presentes en el caso particular del biofertilizante magro y metabolitos secundarios para los extractos, que inducen dichas respuestas fisiológicas.

Los resultados de esta investigación indican un efecto positivo de los tratamientos en el incremento del volumen radicular, similar a lo reportado por Tucuch *et al.* (2016) al aplicar ácido salicílico 0.1 μM , que incrementó en un 24.7 % el volumen radicular con respecto a las plantas control, con lo cual aumentó la capacidad de exploración de la raíz en el suelo. Las plantas con mayor volumen de raíz pueden superar con mayor facilidad el estrés de trasplante, presentar mayor potencial de crecimiento radical y mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes (Córdoba *et al.*, 2011; Alzugaray *et al.*, 2004). En cultivos de maíz, el volumen de raíz es un buen predictor del comportamiento de las plantas en el terreno, pues las plantas con un mayor volumen de raíz tienen mejor adaptabilidad a condiciones de déficit hídrico y mayor capacidad competitiva frente a ryegrass (*Lolium perenne* L.) en condiciones de cultivo (Blanco *et al.*, 2015).

A los 15 días posteriores a la siembra, se identificó la presencia de *Paecilomyces* sp; en esta investigación se reporta la presencia pero no su patogenicidad. Resultados similares fueron reportados por Pimentel *et al.* (2016), los cuales confirman la presencia de *Paecilomyces* sp., en plantas con 20 días de cultivo. Los respectivos aislamientos en diferentes tejidos vegetales lo clasifican como un hongo endófito de maíz, sin especificar su rol en la interacción con la planta.

V. Conclusiones

El osmoacondicionamiento de semillas de maíz por 18 horas en los extractos de *Z. officinale* 30 %, *C. zeylanicum* 10 % y *A. indica* 20 % y en bicarbonato de sodio 30 g/L, favorece la germinación y acelera la emergencia de plántulas, lo que proporciona ventajas competitivas durante el proceso de germinación. En todas las variables evaluadas, las concentraciones altas de hidrolatos mostraron un efecto inhibitorio en el crecimiento de plántulas de maíz; pero se observó que aplicados a bajas concentraciones estimulan la germinación.

Referencias

- Alzugaray, D. y Rose, R. (2004). Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) producidas con el método 1+1. *Bosque*, 25 (1):17-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002004000200003>
- An, M. (2005). Modelado matemático de la relación dosis-respuesta (Hormesis) en la alelopatía y su aplicación. *Nonlinearity in Biology, Toxicología y Medicina*, 3 (1): 153-172. DOI: <https://doi.org/10.2201/nonlin.003.02.001>
- Aschan, G. y Pfan, H. (2003). Non-foliar photosynthesis- a strategy of additional carbon acquisition. *Flora*, 198 (2): 81-97. DOI: <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00080>
- Blanco, Y., Afifi, M y Swanton, C. (2015). Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*, 36 (2): 62-71. En: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200009
- Can-Chulim, E., Cruz, H., Ortega, E., Sánchez, A., Madueño, J y Mancilla, O. (2017). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a la salinidad generada por NaCl, Na₂SO₄ y NaHCO₃. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (6): 1287-1300. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.294>
- Carr, A., Elósegui, O y Vel, N. (2003). Aislamiento, caracterización morfológica y fisiológica del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Broum y Smith. *Fitosanidad*, 7 (3): 1-7. En: <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/784>
- Córdoba, D., Vargas, J., López, J. y Muñoz, Abel. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinceana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. *Agrociencia*, 45 (4): 493-506. En: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n4/v45n4a8.pdf>
- Falkowski, T., Chankin, A., Diemont, S. y Pedian, R. (2019). Más que solo maíz y calorías: una evaluación integral del rendimiento y el contenido nutricional de una milpa maya lacandona tradicional. *Seguridad alimentaria*, 11 (1): 389 - 404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00901-6>
- Fernández, R., Morales, L. y Gálvez, M. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista mexicana de fitotecnia*, 36 (3-A): 275 – 283. En: <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/286/260>
- Gómez, S., Martínez, Carmen., Carbajal, Y., Martínez, A., Calderón, M., Villalobos, M y Waliszewski, S. (2013). Riesgo genotóxico por la exposición ocupacional a plaguicidas en américa latina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (1): 159-180. En: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/42197>
- Guedes, C., Melo De Souza, C., De Moraes, V., Alves De Carvalho, G., De Paiva, F (2002). Efeitos de extratos aquosos de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. *Ceres*. 49 (1): 1-11. En: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/2785/645>

- Joya-Dávila, G.; Ramírez S.; López O y Alvarado A. (2015). Efecto antifúngico de hidrodestilados de *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Moniliophthora roreri* (Cif&Par). *Ciencia y Agricultura*, 12 (2): 21-29. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.4350>
- Labrada, R., Caseley, J. y Parker, C. (1996). Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120). Capítulo 3 Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. ISSN 1014-1227. En: <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s07.htm#>
- Layne, J. y Mendez, J. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista peruana de biología*, 14 (1): 511-517. En: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v14n1/v14n01a13.pdf>
- López, O., Ramírez, S., Espinosa, S., Moreno, J., Ruiz, C., Fuentes, J y Ruíz, J. (2015). Manejo Agroecológico de la nutrición en el cultivo del cacao. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 128p. En: https://espacioimasd.unach.mx/libro/num7/Manejo_agroecologico_de_la_nutricion_en_el_cultivo_del_cacao.pdf
- Martínez, J., Virgen, J., Peña, M y Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1 (3): 289-304. En: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120630002>
- Méndez, J., Merazo, J y Montaña, N. (2008). Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill). *Revista UDO Agrícola*, 8 (1): 61-66. En: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3094834>
- Ochoa, L. (2014). Preparados minerales en el manejo orgánico de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al.) de *Theobroma cacao* L. En el municipio de Tecpatán, Chiapas - México (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas- México. 69 pp
- Pimentel, I., Juárez, G., Gracia, C., Andressa, S. y De Azevedo, J. (2016). Incidencia de hongos endofíticos y ocurrencia de *Beauveria* y *Paecilomyces* en maíz (*Zea mays* L.) Bajo condiciones de campo e invernadero. *Revista asiática de microbiología, biotecnología y medio ambiente*, 18 (1): 47-53.
- Ramírez, S. (2013). Efectividad de extractos vegetales para el manejo de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*). (Tesis Doctorado). Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia, Alajuela - Costa Rica.
- Ramírez, S. (2008). Extractos vegetales para el manejo orgánico de la mancha negra (*Phytophthora palmivora*) del cacao (*Theobroma cacao*). (Tesis Maestría). Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas- México.
- Ramírez, S., López, O., Espinosa, S y Wong, A. (2016). Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (8): 1879-1891. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.99>
- Ranal, M y Santana, D. (2006). How and why to measure the germination process. *Revista brasileña de botánica*, 29 (1): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

- Sánchez, V y Juárez, J. (2019). El ciclo celular durante la germinación. En: Un viaje alrededor de la semilla. Prensas de Ciencias, pp. 153.
- Santana, F., Trueba, S., Villafuerte, A., Vera, W., Bravo, C. y Bravo, R. (2020). Evaluación de la selectividad del herbicida pledge, en mezcla con preemergentes en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). *Revista Ciencia e Investigación*, 5 (1): 75-89. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3608176>
- Tamayo, L., Ramírez, S., López, O., Quiroga, R y Espinosa, S. (2016). Extractos por destilación de *Origanum vulgare*, *Tradescantia spathacea* y *Zingiber officinale* para el manejo de *Moniliophthora roreri* de *Theobroma cacao*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (5): 1065-1076. En: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/232/193>
- Tucuch, C., Alcántar, G., Volke, V., Salinas, Y., Trejo, L. y Larqué, A. (2016). Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento de raíz de plántulas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (3): 709-716. En: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/329/248>
- Tunqui, Clesez., Figueroa, A., Tejada, G. y Cjuro, Ivette. (2018). Evaluación de las características del destilado alcohólico de anís verde (*Pimpinella anisum* L.) obtenido por destilación simple. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84 (4): 415-427. En: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n4/a03v84n4.pdf>
- Valle, R., Covarrubias, Jorge., Ramírez, J., Aguirre, C., Iturriaga, G. y Raya, J. (2017). Osmocondicionamiento de semilla de maíz pigmentado (*Zea mays* L.) Bofo y Celaya. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (5): 1073-1086. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.109>