

Correspondence:

“Efecto de sustancias minerales altamente diluidas en variables morfométricas y rendimiento del cultivo de frijol cuarentón (*Phaseolus vulgaris L*)”

"Effect of highly diluted mineral substances on morphometric variables and yield of quarantine bean (*Phaseolus vulgaris L*) crop"

Resumen

Fernando Abasolo Pacheco

Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
fabasolo@uteq.edu.ec,
ORCID: 0000-0003-2268-7432

Viviana Lisseth Suarez Chichande

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
viviana.suarez2016@uteq.edu.ec,
ORCID: 0000-0001-9599-0833

García Gallirgos Víctor Jorge

victor.garcia2016@uteq.edu.ec, ORCID:
0000-0003-4547-6187

Marín Cuevas Victoria

cmarin@uteq.edu.ec,
ORCID: 0000-0002-8128-9170

Melgar Valdez Carolina

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
carolina.melgar@ujat.mx,
ORCID: 0000-0001-8449-6426

El uso de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) en plantas, representa una alternativa ecológica para la optimización de cultivos en la agricultura. El frijol es un cultivo de alto interés comercial debido a sus propiedades nutricionales. El objetivo fue evaluar los efectos de las SMADs en variables morfométricas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de invernadero. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos: T1: *Zincum phosphoricum-13CH*; T2: *Silicea terra-13CH*; T3: *Zincum phosphoricum-31CH*; T4: *Silicea terra-31CH* y T5: Control (agua purificada). Se evaluó el efecto en la tasa y porcentaje de germinación y emergencia. Para el desarrollo vegetativo se evaluó el crecimiento y peso (seco y fresco) de tallo y raíz, número de vainas, número de granos, peso de granos, floración y rendimiento. Con el tratamiento *Silicea terra* de 13CH se obtuvo un mayor porcentaje de germinación (97%) en comparación con el control (83%), con *Zincum phosphoricum* de 13CH y 31CH dio mejores resultados en el porcentaje de emergencia (100%). En la etapa del desarrollo vegetativo *Silicea terra* presentó diferencias significativas en la mayoría de variables, particularmente en longitud de tallo (52cm) y raíz (44cm), respecto al grupo control (40 y 20cm), mientras que *Zincum phosphoricum* presentó el mejor peso de raíz (46 g), respecto al control (22 g). En función de que las SMADs son inocuas, estas representan una alternativa ecológica para los agroecosistemas, con potencial para optimizar el cultivo de frijol bajo un sistema de producción orgánico.

Palabras claves: Homeopatía agrícola, agroecología, *Silicea terra*, rendimiento, sostenibilidad.

Abstract

The use of highly diluted mineral substances (HDMS) in plants represents an ecological alternative for crop optimization in agriculture. The bean is a crop of high commercial interest due to its nutritional properties. The present work aimed to evaluate the effect of SMADs on morphometric variables and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. The completely randomized design (CRD) with five treatments was used: T1: *Zincum phosphoricum*-13CH; T2: *Silicea terra*-13CH; T3: *Zincum phosphoricum*- 31CH; T4: *Silicea terra*-31CH and T5: Control (purified water). The effect on the rate and percentage of germination and emergence was evaluated. For vegetative development, growth and weight (dry and fresh) of stem and root, number of pods, number of grains, weight of grains, flowering and yield were evaluated. With the *Silicea terra* treatment of 13CH, a higher percentage of germination (97%) was obtained compared to the control (83%), with *Zincum phosphoricum* of 13CH and 31CH it gave better results in the percentage of emergence (100%). In the stage of vegetative development *Silicea terra* presented significant differences in most variables, particularly in stem length (52cm) and root (44cm), compared to the control group (40 and 20cm), while *Zincum phosphoricum* presented the best weight of root (46 g), compared to the control (22 g). Since SMADs are innocuous, they represent an ecological alternative for agroecosystems, with the potential to optimize bean cultivation under an organic production system.

Keywords Agricultural homeopathy, agroecology, *Silicea terra*, yield, sustainability.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es nativo de América, principalmente de México en donde se obtiene cerca del 35% de la producción mundial. Esta especie es sensible a la humedad ambiental, pues le afecta el frío y los cambios bruscos de temperatura; no es muy exigente en cuanto al suelo, es altamente susceptible a enfermedades, las mismas que limitan la productividad, especialmente en los trópicos (Ochoa, 2013). El cultivo tiene gran demanda en el mercado según (Matute, 2013). La superficie de frijol en Ecuador comprende 121 mil hectáreas, es un cultivo que aporta entre el 40 y 70% del ingreso familiar para el agricultor (Matute, 2013). La importancia de este producto también radica en que la comercialización se realiza a nivel de pequeños productores, lo que amplía el incentivo para el cultivo y mejora su calidad de vida (Martillo, *et al.*, 2017).

En el Ecuador principalmente en la región sierra, las leguminosas son componentes de los sistemas de producción, ya que son cultivadas en asociación intercaladas, en monocultivos o en rotación con otros cultivos debido a ello el cultivo juega un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación (Dumas, 2013). Sin embargo, este cultivo sufre una alta demanda de agroquímicos para optimizar la producción, lo que significa un problema de contaminación de suelos, acumulación de residuos tóxicos en los alimentos, y aumento en los costos de producción (Devine *et al.*, 2008).

El uso de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) constituye una nueva alternativa basada en el principio de la homeopatía agrícola (agrohomeopatía), contribuye a mejorar el estado de salud de las plantas, y con esto evidenciar un mejor rendimiento. La metodología es

de fácil aplicación, y de bajo costo, además que no generan resistencia como los productos químicos (Moreno, 2017). Las sustancias minerales altamente diluidas poseen una gran capacidad para mejorar el cultivo, mejorado la germinación, emergencia y las variables morfométricas en el desarrollo vegetativo de diferentes especies de plantas (Maldonado, *et al.*, 2015).

Se ha evaluado el efecto de diferentes sustancias en distintos cultivos con dinamizaciones de 7, 13 y 31 CH, regularmente (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019). Entre las especies evaluadas se incluye el frijol (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020b; García-Bernal *et al.*, 2020) y algunas especies de hortalizas (Jirón Giler, 2018; Guerra Fernández, 2019; Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020 a,b,c). Asimismo estas sustancias se han evaluado en sistemas hidropónicos (Morán Villacreses, 2021), consiguiendo resultados benéficos en plantas de lechuga, particularmente en la longitud de las hojas. En frijol se ha demostrado el efecto de *Manganum metallicum* 31CH y *Magnesium-manganum phosphoricum* 3CH. Los resultados revelaron un incremento significativo para la biomasa fresca de raíz y un incremento en la clorofila total y tasa fotosintética (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020b; García-Bernal *et al.*, 2020). En otra investigación se evidenció el uso de la sustancia *Natrum muriaticum* en plantas de frijol, observando un incremento a la tolerancia de la salinidad como factor abiótico. Además se vio mejorada la longitud de raíz, biomasa fresca de hoja y la tasa fotosintética (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020c) Por lo anterior expuesto, el objetivo de la investigación se enfocó en determinar el efecto del uso de las SMADs *Silicea terra* y *Zincum phosphoricum* en dinamizaciones de 13CH Y 31CH, en variables morfométricas y rendimiento del cultivo del frijol cuarentón (*Phaseolus vulgaris L*) bajo condiciones controladas en invernadero.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

La presente investigación se realizó en el invernadero del Campus “La María” extensión de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizado en el km 7 vía Quevedo, El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, en Ecuador.

Material genético

Se utilizaron semillas de frijol cuarentón (*P. vulgaris L*), obtenidas del canton Valencia. Las semillas fueron utilizadas durante todas las etapas evaluadas en los diferentes experimentos.

Sustancias minerales

Las sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) en el presente estudio fueron elaboradas a partir de sustancias homeopáticas de marca Similia con registro y autorización de la Secretaría de Salud de México, obtenidas de la Farmacia Homeopática Nacional (FHN, CDMX) en México. Las sustancias utilizadas fueron *Silicea terra* y *Zincum phosphoricum* en dinamizaciones de 13CH y 31CH. Y se elaboraron a partir de las dinamizaciones comerciales de FHN (6CH y 12CH; Similia, México) mediante dilución centesimal (1:99) y dinamización (2 min) con equipo vórtex, utilizando agua destilada y desionizada como vehículo de dilución/agitación. Lo anterior se hizo, con la aplicación de procedimientos estandarizados

(Mazón-Suástegui *et al.*, 2018, 2019; Ortiz-Cornejo *et al.*, 2017) y metodologías descritas en la Farmacopea Homeopática de los Estados Unidos Mexicanos (SSA, 2015).

Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial ($2A \times 2B$), siendo el factor A las dinimizaciones de las SMADs 13 CH y 31CH, y el factor B las sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) *Silicea terra (SiT)* y *Zincum phosphoricum (ZiP)*. Se manejaron cuatro tratamientos con SMADs y un tratamiento control, en tres repeticiones: T1: PhZ-13CH; T2: SiT-13CH; T3: PhZ-31CH; T4: SiT-31CH y T5: Control (Agua purificada).

Manejo del experimento

Germinación

Para esto se procedió a sumergir 30 semillas (10 por replica) en cada una de las SMADs más un control (semillas sumergidas en agua) durante 30 minutos luego se colocaron sobre papel absorbente en cajas Petri (unidades experimentales) en donde se observó la germinación durante 10 días, bajo condiciones de oscuridad. Se mantuvieron húmedos los diferentes tratamientos y el grupo control con la aplicación de las SMADs y agua pura respectivamente 2 veces al día. Se observó diariamente las unidades experimentales y se consideró una semilla germinada cuando a la misma se visualizó la plúmula a través de la cubierta de la semilla (ISTA, 2010).

Emergencia

Se sembraron 30 semillas de *P. vulgaris L.*, por tratamiento, en charolas germinadoras (10 por replica) en un sustrato humedecido (el cual estuvo conformado por el 30% del sustrato comercial BIOABOR BBO + 70% de tierra negra) con las SMADs más un grupo control (semillas sembrada en sustrato sin SMADs). Se tomaron los datos de manera diaria por un lapso de 10 días, se consideró plántula emergida aquella cuya plúmula sea visible por encima del sustrato.

Desarrollo vegetativo

En continuación de la etapa de emergencia, la evaluación del desarrollo vegetativo se realizó pequeñas macetas (fundas de nylon para vivero de 16 x 10 cm) las cuales contenían un sustrato de 30% del sustrato comercial BIOABOR BBO + 70% de tierra negra. Las unidades experimentales se distribuyeron aleatoriamente en un invernadero, según los tratamientos. Las semillas se curaron con Vitavax para evitar contaminación por hongos, luego se sumergieron por 30 minutos en los tratamientos. Para la siembra, se colocó una semilla por maceta y se realizó un raleo a los 15 dds (días después de la siembra), como parte del manejo agronómico. El control de maleza se realizó de forma manual, evitando el uso de químicos. Asimismo, se instalaron trampas monocromáticas para el control de la mosca blanca. Estas trampas fueron

elaboradas de forma casera utilizando plástico de color amarillo con medidas de 30 x 30 cm, y se colocaron en los alrededores del cultivo. El plástico fue tratado previamente con aceite vegetal (Chilig, 2017). Se aplicó el abono foliar Evergreen® ya que es un complejo nutricional sistémico y bioestimulante que ayuda a suplir la demanda nutricional del cultivo de *P. vulgaris* L esto se le aplicó cada 15 días a partir de los 8 dds. Las sustancias se aplicaron de manera edáfica mediante el riego. Brevemente, se preparó 12,5 litros de cada SMADs para 30 plantas y se suministraron de manera edáfica 0.45 litros a cada planta. Para el grupo control solo se incluye el agua purificada. Este procedimiento se realizaba dos veces por semana de forma manual mediante el riego.

Variables evaluadas

Para germinación y emergencia se evaluó el porcentaje y tasa, aplicando la fórmula propuesta por Maguire (1962), además en emergencia, se determinó la altura de la plántula y la longitud de raíz. Al finalizar el desarrollo vegetativo se tomaron 15 plantas y se evaluaron las siguientes variables: altura (desde la base del tallo hasta la yema apical de la planta), longitud de la radícula (desde la base radicular hasta el ápice de la raíz), peso fresco y seco de parte aérea (tallo y hojas) y radícula. El peso seco se realizó secando el material vegetativo en una estufa (Shel-Lab, modelo FX-5, serie 1000203, USA) a 60°C durante 48 horas según la metodología usada por Álvarez, *et al.*, 2007. Además se determinó la floración, número de vainas por planta, número de granos por vaina, número de granos por planta (desgrane de vainas por planta), peso de 100 granos, usando una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204, USA) y finalmente el rendimiento.

Análisis estadísticos

Todas las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza, determinando previamente los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para establecer la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey. Se estableció un nivel de significancia de 0.05. Se utilizó el software estadístico SPSS Ver.22 (IBM, Armonk, NY 2013).

Resultados

Porcentaje y tasa de germinación

Para el porcentaje de germinación no se observaron diferencias significativas ($p=0.46$). Sin embargo, se observa que el T2 obtuvo el porcentaje más alto, con un 97% de semillas germinadas, en comparación con el T5 que presentó un 83% (Figura 1). Para la tasa de germinación tampoco se presentaron diferencias significativas. Siendo el T3 en donde se obtuvo un mayor número de semillas germinadas por día (cinco semillas) en relación a los demás tratamientos, incluyendo el control (cuatro semillas por día).

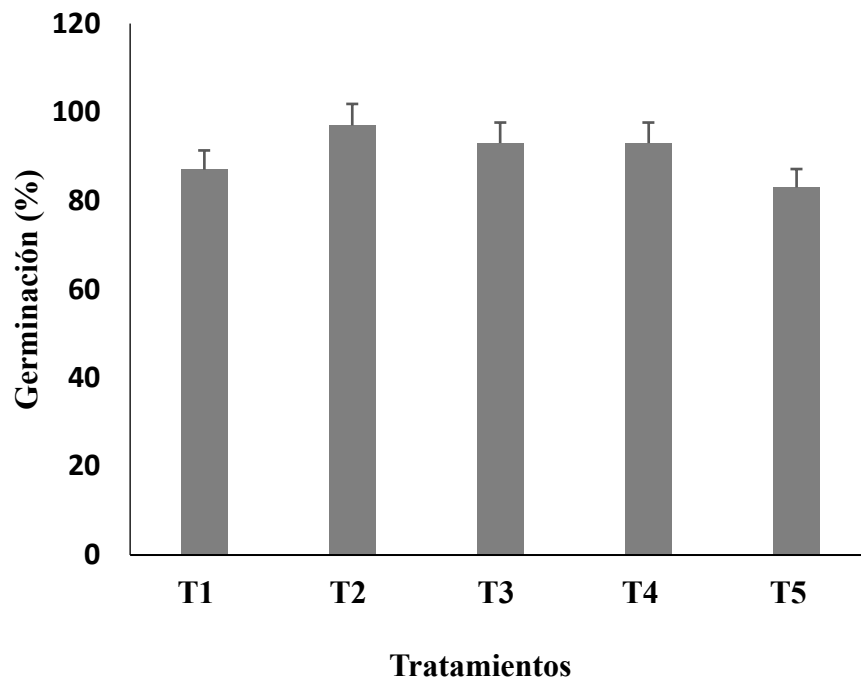


Figura 1. Efecto de las SMADs sobre el porcentaje de germinación de semillas de frijol. En donde T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control).

Porcentaje y tasa de emergencia

Para esta variable no se presentaron diferencias significativas ($p=0.42$), sin embargo, los tratamientos T1 y T3 se obtuvo el 100% de plántulas emergidas, evidenciándose el T5 (control) con el porcentaje más bajo (90%) (Figura 2). Asimismo, para la tasas de emergencia no se presentaron diferencias significativas. Se muestra que el T1, T2 y T3 presentaron un mayor número de plántulas emergidas por día (seis plántulas) mientras que los demás tratamientos con cinco semillas por día.

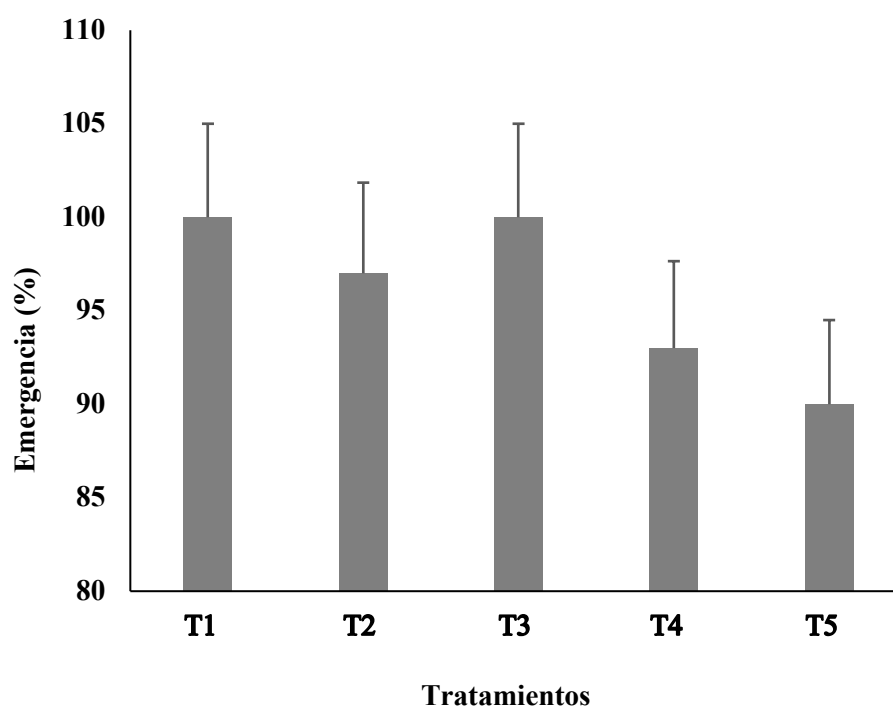


Figura 2. Efecto de las SMADs sobre el porcentaje de emergencia de semillas de frijol. En donde T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control).

Altura de la plántula y longitud de raíz en etapa de emergencia

Para la altura de la plantula y longitud de raíz en la etapa de emergencia (10dds), no se presentaron diferencias significativas. En el T3 se obtuvieron plántulas de mayor altura con 14.53 cm, difiriendo del T5 (control) que presentó un promedio de 12.61 cm. En cuanto a la raíz el T3 registró la mayor longitud radicular (7.23 cm) respecto al tratamiento control, que presentó un promedio de 4.6 cm.

Desarrollo vegetativo

Altura de planta

Para esta variable se encontraron diferencias significativas. Presentando los promedios más altos en el T4 y T2 con 52 y 51.75 cm respectivamente. Los menores promedios se dieron en T3 y T5 (Figura 3).

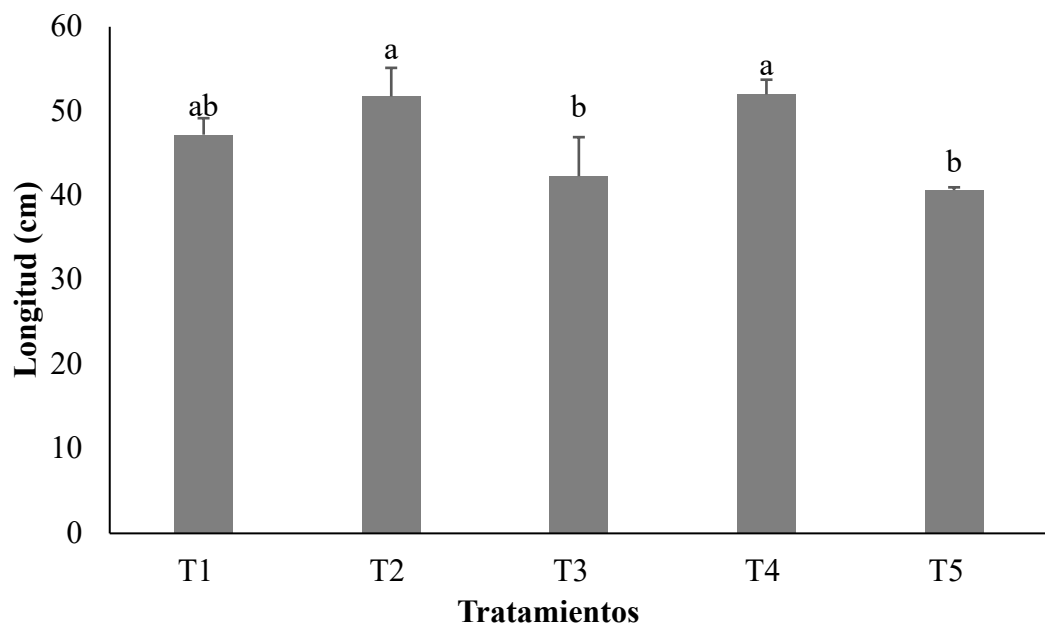


Figura 3. Efecto de las SMADs en la altura de la planta en la etapa de desarrollo vegetativo (64 dds) . Siendo T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Longitud de raíz

Para la longitud de raíz se presentaron diferencias significativas. Presentando el T2 el mayor promedio con 44 cm, respecto al grupo control (20 cm) y el resto de los tratamientos que presentaron los menores promedios (Figura 4).

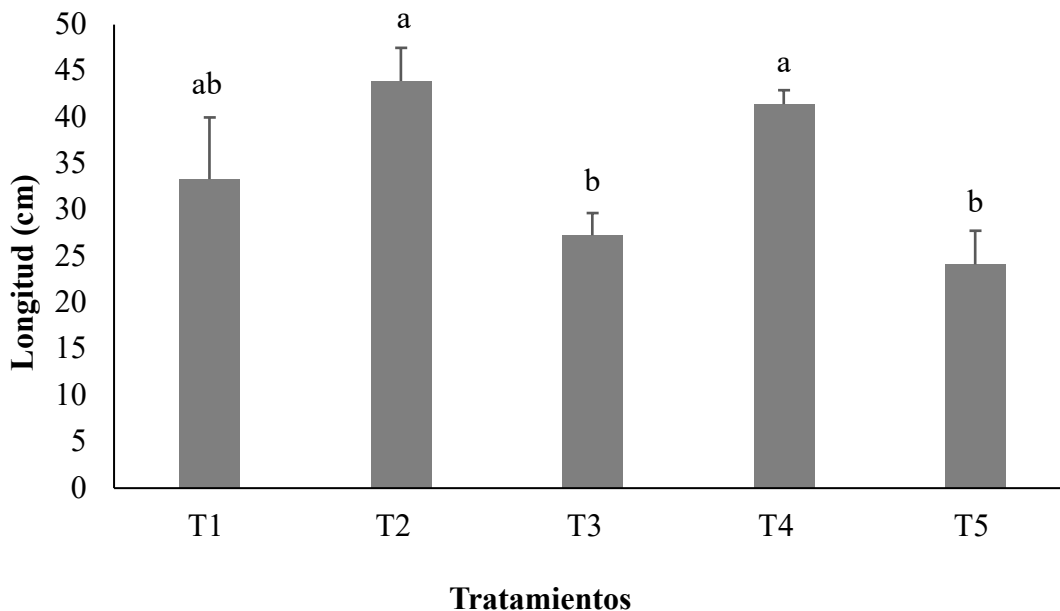


Figura 4. Efecto de las SMADs en la longitud de la raíz, en la etapa de desarrollo vegetativo (64 dds) . Siendo T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Peso fresco de la planta

Se presentaron diferencias significativas para el peso fresco de la planta. De acuerdo a los promedios obtenidos se muestra el mayor peso fresco de la planta en el T2 con 121.25 g, seguido por T1 con 99.33 g y el promedio más bajo respecto a los demás tratamientos lo presentó el T5 (control) con 53.14 g (Figura 5).

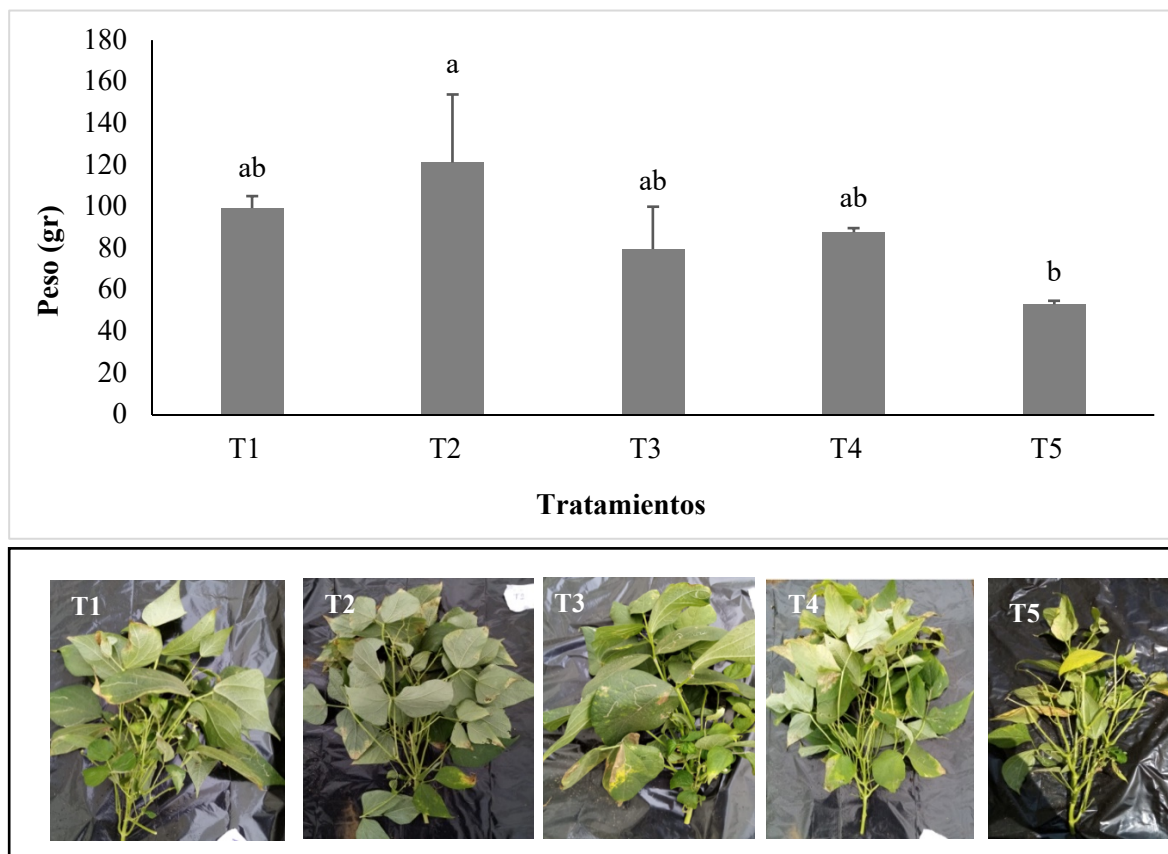


Figura 5. Efecto de las SMADs en el peso fresco de la planta. T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Peso fresco de la raíz

Para esta variable se observaron diferencias significativas. Según los promedios obtenidos se muestra el mayor peso fresco de raíz en el T1 con 46.56 g los T2, T3 y T4 presentaron promedios que oscilan entre 30 y 40.50 g y el menor promedio se evidenció en el T5 con 22.67 g (Figura 6).

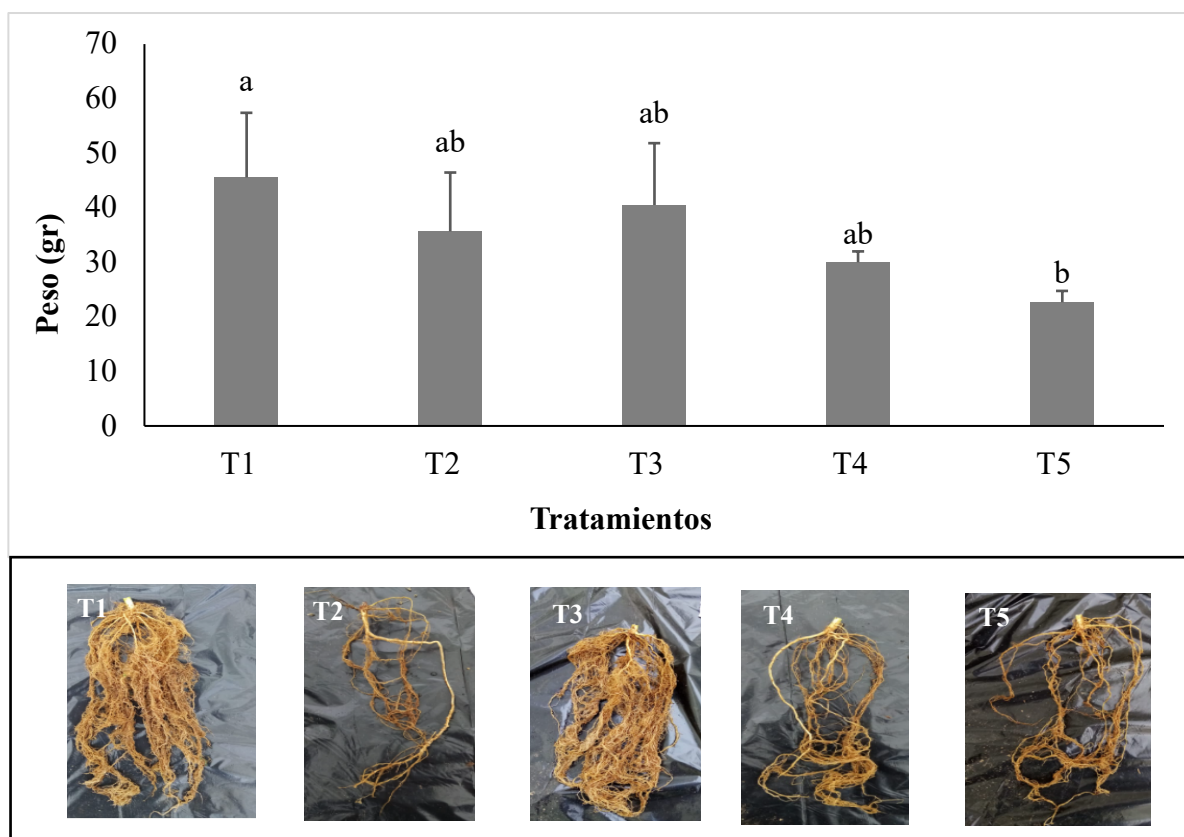


Figura 6. Efecto de las SMADs en el peso fresco de la raíz. T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Peso seco de la planta

De acuerdo a los promedios obtenidos se muestra diferencias significativas. El mayor peso seco de la planta se observó en el T2 con 35.25 g y el promedio más bajo en comparación con los demás tratamientos se mostró en el T5 con 19.69 g (Figura 7).

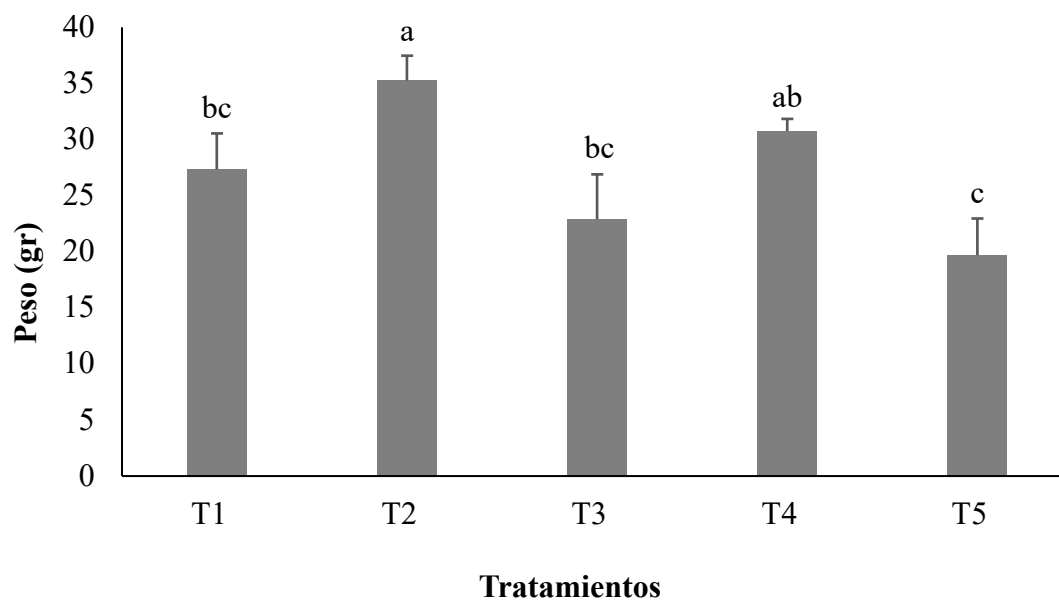


Figura 7. Efecto de las SMADs en el peso seco de la planta. T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Peso seco de la raíz

Para el peso seco de la raíz se encontraron diferencias significativas. La media mas alta se observó con T1 y T3 con valores de 11.22 y 11.14 g respectivamente y el tratamiento de menor promedio fue el T5 (control) con 5.72 g (Figura 8).

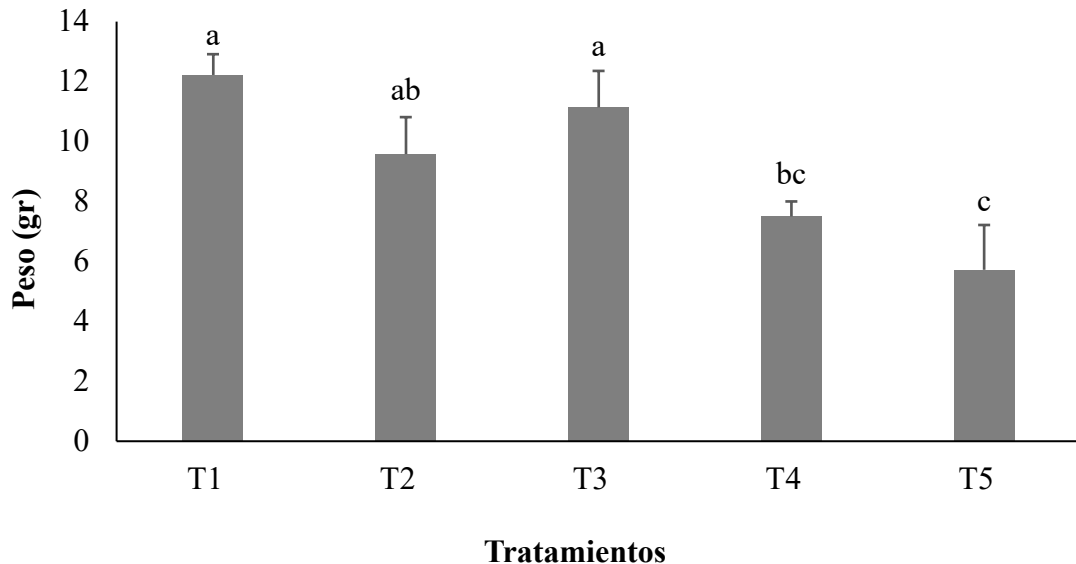


Figura 8. Efecto de las SMADs en el peso seco de la raíz. T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control). Las barras de error indican la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias con la prueba de Tukey.

Número de vainas

Se muestran los promedios obtenidos de la evaluación de las SMADs en cuanto al número de vainas por cada planta en los cuáles el T2 *Silicea terra* de 13CH mostró superioridad en comparación con los demás tratamientos con 35 vainas por planta, siendo T5 (control) el que presentó el menor promedio con 16 vainas por planta (Tabla 1).

Número de granos por planta

Se muestran los promedios obtenidos de la evaluación de las SMADs en cuanto al número de granos por planta en los cuáles el T2 *Silicea terra* de 13CH mostró superioridad en comparación con los demás tratamientos con 154 granos por planta y los promedios más bajos oscilan entre 53 y 63 granos por planta del T5 (control) y T3 *Zincum phosphoricum* de 31CH respectivamente (Tabla 1).

Floración

En la etapa de floración se evidenció que el T2 *Silicea terra* de 13 CH y el T4 *Silicea terra* de 31 CH cumplió con el 50% de floración a los 33 dds y los T1 *Zincum phosphoricum* de 13 CH y T3 *Zincum phosphoricum* de 31 CH se demoró 2 días más es decir que cumplió con el 50%

de la plantación florecida a los 35 dds siendo el T5 (control) el que más días demoró en florecer mostrando un promedio de 36 dds en los que cumplió con el 50% de floración (Tabla 1).

Peso de 100 granos (gr)

Se muestran los promedios obtenidos de la evaluación de las SMADs en cuanto al peso de granos por tratamiento en los cuáles el T2 *Silicea terra* de 13CH y el T4 *Silicea terra* de 31CH mostraron superioridad en comparación con los demás tratamientos con 59,25 y 58,33 gr respectivamente y el promedio más bajo lo presentó el T5 (control) con 45,42 gr (Tabla 1).

Rendimiento (kg)

En cuanto al rendimiento se evidenció que el T2 *Silicea terra* de 13CH mostró superioridad en comparación con los demás tratamientos con 1,50 kg y el tratamiento de menor promedio fue el T5 (control) con 0,65 kg (Tabla 1).

Tabla 1. Variables evaluadas durante el desarrollo vegetativo de plantas de frijol, tratadas con SMADs. T1 (*Zincum phosphoricum* 13CH), T2 (*Silicea terra* 13CH), T3 (*Zincum phosphoricum* 31CH), T4 (*Silicea terra* 31CH) y T5 (control).

TRATAMIENTO	ETAPA DE DESARROLLO VEGETATIVO				
	NV	NG	P100(g)	Rendimiento (Kg)	Floración (DDS)
T1	25 ± 3.5bc	88 ± 6.7bc	52.5 ± 1.6bc	0.8	35
T2	35 ± 3.6a	154 ± 8.5a	59.4 ± 6.4a	1.5	33
T3	18 ± 5cd	63 ± 15.3c	49.6 ± 1.4cd	0.7	35
T4	29 ± 3.5ab	118 ± 16.1ab	58.6 ± 4.9ab	1.4	33
T5	16 ± 3.3d	53 ± 4.2c	45.3 ± 1.4d	0.6	36
CV%	11.15%	19.34%	4.2%		

NV: número de vainas por planta; NG: número de granos por planta; P100: peso de 100 granos

CV: Coeficiente de Variación; DDS: Días después de la siembra

Valores representan la media ± DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas (Tukey).

Discusión

El uso de los diferentes tratamientos con soluciones minerales, mejoraron significativamente las variables de respuesta evaluadas en este trabajo. En este sentido podemos destacar que al aplicar *Silicea terra* en dinamizaciones de 13CH, la germinación presentó un porcentaje superior en relación al grupo control en donde se observó el menor porcentaje de germinación. En este sentido, algunos trabajos han demostrado el efecto positivo de este tratamiento, por ejemplo Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020a indican que con la aplicación de *Silicea terra*-7CH en semillas de nabo (*Brassica napus L.*) resultó el mayor porcentaje de germinación en comparación con los demás tratamientos lo cual coincide con los resultados de esta investigación. Asimismo, Moran, (2021) encontró que *Silicea terra*-13CH optimiza la germinación de la lechuga (*Lactuca sativa L.*). En este sentido, la respuesta favorable del tratamiento podría atribuirse a las propiedades del silicio. Este elemento presenta efectos benéficos en las plantas, por ejemplo participa en la defensa contra plagas y enfermedades, ayuda a disminuir el daño por estrés, tanto abiótico (salinidad, sequía) como biótico (plagas y enfermedades) (Perez *et al.*, 2013). Por ejemplo, se ha demostrado que el silicio soluble afecta positivamente la germinación de arroz en concentraciones de 250 μM , mientras que en otras especies como frijol (*Phaseolus vulgaris*) y la planta de Chan (*Hyptis suaveolens*) la cantidad para ese mismo efecto disminuye hasta 4 μM . Los autores mencionan que las variaciones de las concentraciones podrían también inhibir el proceso de germinación. Entre otras propiedades el silicio disminuye los efectos negativos de la salinidad en plantas (Carballo, 2019), disminuye los efectos de deficiencias o excesos de nutrientes como el manganeso y el aluminio, aumenta la intercepción de la luz (optimiza la tasa fotosintética) y reduce la susceptibilidad a enfermedades causada por hongos (Bélangier *et al.*, 1995; Hodson y Evans, 1995; Epstein, 1999).

En cuanto al porcentaje de emergencia *Zincum phosphoricum* fue el que mejores resultados presenta. Es importante mencionar que han sido pocos los trabajos que han demostrado este efecto, entre estos destaca el realizado por Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020b en donde observaron un efecto benéfico en el porcentaje y tasa de germinación y emergencia en plantas de tomate. Adicionalmente mencionan que se mejoró significativamente el crecimiento de la planta, sobre todo en longitud del tallo. El efecto positivo de *Zincum phosphoricum* también se ha observado en la inhibición del crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos, particularmente en *Fusarium oxysporum* (Alvarado-Mendoza *et al.*, 2017). Entre las propiedades de las sustancias basadas en fósforo, se tiene que controla deficiencias nutricionales y excesos de calcio, cobre, hierro, magnesio en plantas, y ayuda a controlar enfermedades causadas por hongos (Tichavsky, 2007). Los efectos de este tratamiento en plantas deben continuar investigándose, dada la escasa información que se tiene.

Respecto a las variables morfométricas que fueron evaluadas en la etapa de desarrollo vegetativo, la altura, el peso, número de vainas, número de granos y peso de granos de la planta presentaron mejores características en los tratamientos en los que se usó *Silicea terra*. En este sentido, en otros trabajos se ha observado el efecto positivo de este tratamiento en las plantas, incluyendo variables morfométricas. Por ejemplo, en pimiento y lechuga se encontró que las plantas tratadas con *Silicea terra* mejoraron la germinación y emergencia (Jirón, 2018; Guerra,

2019; Moran 2021). También en plantas de nabo y pepino se observó un crecimiento significativo en altura y peso de las plantas usando *Silicea terra* (Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020a,c). En otra investigación realizada por Almeida, (2002) registró un incremento en el peso fresco en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) luego de haber aplicado los preparados homeopáticos de *Silicea terra* de 30CH lo cual indica que esta sustancia definitivamente induce el aumento de peso en las plantas.

El efecto de el sílice o dióxido de silicio es una sustancia química extraída de la arena y que compone a *Silicea terra*. El silicio es un elemento benéfico para los cultivos al proveer resistencia a factores de estrés biótico y abiótico (Zhang *et al.*, 2019) y mejorar el proceso de la fotosíntesis. Adicionalmente Tichavsky (2007) indica que el tratamiento interviene directamente en la nutrición de las plantas, disminuye el raquitismo y fortalece en lo general los tejidos de la planta.

Sin embargo, en cuanto al peso seco y fresco de la raíz los mejores resultados se obtienen con *Zincum phosphoricum* en ambas dinamizaciones. Al respecto, Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020b indican que en plantas de tomate se mejoró el estado de salud de las plantas, evidenciándose en el incremento de algunas variables, como el diámetro del tallo y el peso seco y fresco de las plantas. El Zn cumple funciones importantes en la planta, participando en diversos procesos metabólicos, como la síntesis de auxinas y la germinación (Ratto y Miguez, 2006). El zinc, además ayuda al mantenimiento de las membranas celulares y aporta tolerancia a las plantas ante patógenos (Cakmak, 2015). Es importante mencionar que actualmente se han diseñado metodologías para optimizar el uso de fertilizantes en la agricultura, en este sentido, la homeopatía agrícola o el uso de sustancias minerales altamente diluidas han avanzado satisfactoriamente encontrando efectos benéficos en cuanto al desarrollo de diferentes cultivos de interés agrícola, que ya se ha evidenciado en este artículo. Relacionado a esta línea de trabajo, también se han evaluado nanopartículas de diferentes metales como Zn, Fe, Cu, Ag *etc.*, que presentan un gran potencial en la agricultura ya que pueden ser usadas como nanofertilizantes, nanoherbicidas y nanopesticidas (Méndez-Arguello *et al.*, 2016). Estos mismo autores evaluaron el efecto de nanopartículas de óxido de Zn en el crecimiento de chile (*Capsicum annuum*) y encontraron que las plantas tuvieron significativamente mayor crecimiento y producción de biomasa en comparación con las plantas del tratamiento control, sobre todo en la biomasa seca de la raíz, similares a los resultados encontrados en este trabajo. También se observó un incremento del índice de clorofila y número de hojas. Los autores señalan que el efecto promotor de crecimiento de las nanopartículas aplicadas podría atribuirse a la actividad del zinc como precursor de la producción de auxinas que promueven división y elongación celular; así como por su influencia en la reactividad del ácido indolacético, el cual actúa como fitoestimulante hormonal. También puede ser factible que las NPs estudiadas estén involucradas en la biosíntesis de citoquininas y giberelinas; así como en la inducción de mayor actividad de enzimas antioxidantes.

Respecto al rendimiento en kg/ha a pesar de que todas las SMADs dieron buenos resultados, se destacan los tratamientos con *Silicea terra* en ambas dinamizaciones, evidenciándose en los valores positivos de las variables evaluadas. Al respecto, Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020a indican

que *Silicea terra* mejoró el rendimiento en kg/ha del cultivo de nabo (*Brassica napus* L.) obteniendo 30 875 kg/ha, y además se compara con el rendimiento en kg/ha que normalmente tiene el fréjol sin aplicación de SMADs que es de 430 kg/ha, para lo cual se asume la buena aceptación que tiene *Silicea terra* por parte de las plantas en cuanto a rendimiento.

Finalmente es importante destacar que las diferentes dinamizaciones (dilución/sucusión) presentaron un efecto diferente, en dependencia de las variables evaluadas y de la sustancia utilizada. En la agricultura, lo más común es el uso de potencias bajas, entre 3 y 12 CH, tomando en cuenta el Limite de Avogrado (equivalente a una dilución 1×10^{-23}), en donde el solvente ya no contiene ninguna molécula química del soluto original existente en la solución concentrada inicial o tintura madre (Mazón-Suástegui et al., 2019).

Conclusiones

Las soluciones minerales altamente diluidas evaluadas en este trabajo, representan una alternativa viable para la agricultura, ya que optimiza el estado de salud general de la planta. Esto se evidenció por los resultados de la evaluación de las diferentes variables de respuesta. Para la germinación *Silicea terra* de 13CH dio mejores resultados, para la emergencia destacaron los tratamientos de *Zincum phosphoricum*. En la etapa del desarrollo vegetativo en todas las variables evaluadas, particularmente la longitud del tallo y raíz, se evidenció el efecto positivo de *Silicea terra* en ambas dinamizaciones. Sin embargo, el crecimiento en peso de la raíz se vio favorecida con la aplicación de *Zincum phosphoricum* en ambas dinamizaciones. En cuanto a rendimiento fue mejor *Silicea terra*. Estas evidencias experimentales confirman que las SMADs tienen un efecto real y medible, más allá del simple efecto placebo atribuido por sus detractores a la medicina homeopática, porque la sugestión y el efecto placebo no existen en organismos vegetales (Mazón-Suástegui et al. 2018, 2019). Es necesario continuar investigando el efecto de estas sustancias en plantas, principalmente introduciendo variables fisiológicas y moleculares para dilucidar el mecanismo de acción de las SMADs.

Referencias

- Abasolo-Pacheco, F., C. M. Ojeda-Silvera, J. E. Cervantes-Molina, E. Moran-Villacreses, D. Vera-Aviles, E. Ganchozo-Mendoza, y J. M. Mazón-Suástegui. 2020a. Respuesta agronómica del nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana* Número Especial 38-1: 67-82. DOI:<https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.667>.
- Abasolo-Pacheco, F., B. Bonilla-Montalv n, C. Bermeo-Toledo, Y. Ferrer-Sánchez, A. J. Ramírez-Castillo, E. Mesa-Zavala, L. Llerena-Ramos y J. M. Mazón-Suástegui. 2020b. Efecto de medicamentos homeopáticos en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana* Número Especial 38-1: 103-117.
- Abasolo-Pacheco, F., C. M. Ojeda-Silvera, V. García-Gallirgos, C. Melgar-Valdes, K. Nuñez-Cerezo y J. M. Mazón-Suástegui. 2020c. Efecto de medicamentos homeopáticos durante la etapa inicial y desarrollo vegetativo de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) *Terra Latinoamericana* Número Especial 38-1: 53-68. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.666>
- Almeida, A. (2002). Resposta do manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.) à aplicação de preparações homeopáticas. (tesis de maestría). Universidade Federal de Viçosa., Brasil.
- Alvarado-Mendoza, A. F., Jirón-Giler, J. I., Mazón-Suástegui, J. M., Granados-Rivas, Y. E., y Abasolo-Pacheco, F. 2017. EL MISIONERO DEL AGRO. *EL MISIONERO DEL AGRO*, 54.
- Bélangier, R. R., Bowen, P. A., Ehret, D. L., y Menzies, J. G. (1995). of Greenhouse Crops. *Plant disease*, 79(4), 329
- Barros-Bastidas, C., & Turpo, O. (2020). La formación en investigación y su incidencia en la producción científica del profesorado de educación de una universidad pública de Ecuador. *Publicaciones*, 50(2), 167–185. doi:10.30827/publicaciones.v50i2.13952

- Barros, C., & Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45).
- Carballo Méndez, F. D. J. (2019). *Efecto del silicio en plantas sometidas a estrés salino* (tesis doctoral), Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Cakmak, I. (2015). Zinc para la producción global sustentable de cultivos y mejores dietas nutricionales. In *Conferencia del Curso Internacional de Nutrición de Cultivos (México)*.
- Devine, G., D. Eza, E. Oigusuko y M. Furlong. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Rev. Per. Med. Salud Pública* 25: 74-100.
- Dumes, D. J. (2013). Evaluar las características agronómicas y fitosanitarias de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris* L), con cuatro dosis de humus de lombriz. (tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Ann. Rev. Plant Physiol and Plant Mol. Biol.* 50: 641-664.
- García-Bernal, M., Ojeda-Silvera, C. M., Batista-Sánchez, D., Abasolo-Pacheco, F., & Mazón-Suástegui, J. M. (2020). Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 137-147.
- Guerra, W. D. (2019). Efecto del uso de sustancias homeopáticas en variables morfométricas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo las condiciones controladas. (tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Hodson, M. L. y Evans, D.E. 1995. Aluminium/silicon interactions in higher plants. *J. Exp. Botany* 45: 161-171.
- IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2010. Rules proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. OM Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition.doc. Approved by ECOM Decision. No.498. Bassersdorf, Switzerland.
- Jirón, J. I. (2018). Evaluación del efecto de sustancias homeopáticas sobre la etapa inicial de crecimiento de plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) y el desarrollo *in vitro* de

Phytophthora capsici. (tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177. doi: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- Maldonado, G. A., Díaz, D. M., Rodríguez, H. C., Martínez, T. S., & Ruíz, E. F. (2015). Efecto de productos homeoáticos en el crecimiento y la floración de *Aphelandra suarrosa* var. snowflake (Acanthaceae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol 6 - N°6.
- Martillo, G. J., Martínez, C. T., Centenaro, Q. P., Morán, C. C., Martínez, A. F., & Macías, J. C. (2017). Efectos de la aplicación de *Trichoderma harzianum*, para el control de Roya *Uromyces phaseoli* en cinco distanciamientos de siembra del cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L. en la provincia del Guayas. *El misionero del agro*, 5.
- Matute, Z. C. (2013). Evaluación agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L), en la estación experimental del austro "Bullcay"; mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoques de género para la sierra del Ecuador.(tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca, Cuenca.
- Mazón Suástegui, J. M., Murillo Amador, B., Batista Sánchez, D., Agüero Fernández, Y., García Bernal, M., & Ojeda Silvera, C. M. (2018). Natrum muriaticum como atenuante de la salinidad (NaCl) en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Nova scientia*, 10(21), 120-136.
- Mazón-Suástegui JM., Silvera, C.M.O., Quevedo, M.A.A., Pacheco, F. A., Sanchez, D. B., Ramírez, D. T. y Amador, B.M. (2019). Agricultural Homoeopathy: A New Insight into Organics. *Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture*.
- Mazón-Suástegui J.M., Amador, B.M., Sánchez, D.B., Fernández, Y. A., Bernal, M R. G., & Silvera, C. M. O. (2020a). Natrum muriaticum atenúa el estrés por NaCl en *Capsicum annuum* L. var. glabriusculum. *Terra Latinoamerica*, vol.38 no.1.
- Mazón-Suástegui, J. M., Ojeda-Silvera, C. M., García-Bernal, M., Batista-Sánchez, D., Gurrola-Mesa, A. D., & Mesa-Zavala, E. (2020b). Efectos de medicamentos homeopáticos en indicadores fisiológicos y del desarrollo inicial del frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* L., Walp.). *Terra Latinoamericana*, 38(1), 125-135
- Mazón-Suástegui, J. M., C. M. Ojeda-Silvera, M. García-Bernal, D. Batista Sánchez y F. Abasolo-Pacheco. (2020c). La Homeopatía incrementa la tolerancia al estrés por NaCl

en plantas de frijol com n (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicín. *Terra Latinoamericana* Número Especial 38-1: 37-51. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.584>

- Méndez-Argüello, B., Vera-Reyes, I., Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L. A., Puente-Urbina, B. A., y Lira-Saldívar, R. H. (2016). Promoción del crecimiento en plantas de *Capsicum annuum* por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova scientia*, 8(17), 140-156.
- Morán, E. L. (2021). Efecto de sustancias minerales altamente diluidas (smads) en el cultivo hidropónico en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L). (tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Moreno, N. M. (2017). Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. *Revista Médica de Homeopatía*, 10(1), 9-13.
- Ochoa, T. E. (2013). Evaluación agronómica de 120 cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Taura, provincia del Guayas. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil - facultad de ciencias agrarias, Guayaquil.
- Ortiz-Cornejo, N. L., Tovar-Ramírez, D., Abasolo-Pacheco, F., y Mazón-Suástegui, J. M. (2017). Homeopatía, una alternativa para la acuicultura. *Revista Médica de Homeopatía*, 10(1), 18-24.
- Pérez, J.C.R., Mancilla, C.L.A., Prieto, J.C., Moreno, F.C., Rodríguez, J.G.G., y Pimentel, J.G.R. (2013). Efecto del silicio en la germinación de semillas de arroz (*Oriza sativa*), Frijol y Chan (*Hyptis suaveolens*). *ARTÍCULOS in extenso*, 102.
- Ratto, S. E., y Miguez, F. H. (2006). Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. *Informaciones agronómicas*, 63, 8-15
- SSA (Secretaría de Salud). 2015. Farmacopea homeopática de los Estados Unidos Mexicanos. FEUM-SSA. Biblioteca Nacional de México 615.532-scdd21. ISBN: 978-607-460-509-9.
- Tichavsky, R. M. (2007). Manual de agrohomeopatía. In *Manual de agrohomeopatía*. SEDOSOL.
- Turpo Gebera, O., Aguaded Gómez, I., & Barros Bastidas, C. (2022). Alfabetización mediática e informacional y formación docente en países en desarrollo: el caso de Perú. *Universidad Y Sociedad*, 14(2), 321-327. Recuperado a partir de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2710>

von Feigenblatt, Otto Federico (2007). *Japan and Human Security: 21st Century ODA Policy Apologetics and Discursive Co-optation* (2nd ed.). Delray Beach: Academic Research International.

von Feigenblatt, Otto Federico (2009a). Anomie, Racial Wage, and Critical Aesthetics: Understanding the Negative Externalities of Japanese and Thai Social Practices. *Journal of Asia Pacific Studies*, 1(1), 69-75.

Zhang, Y., Wang, C., Xue, Y. et al. (2019). Calcium-activated 14-3-3 proteins as a molecular switch in salt stress tolerance. *Nat Commun* 10, 1199.