

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de Micronutrientes Sobre la Calidad Fisiológica de
Semillas y Plántulas de Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:

JUAN ANGEL MONTES ROSALES

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Micronutrientes Sobre la Calidad Fisiológica de
Semillas y Plántulas de Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:

JUAN ANGEL MONTES ROSALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Asesor Principal



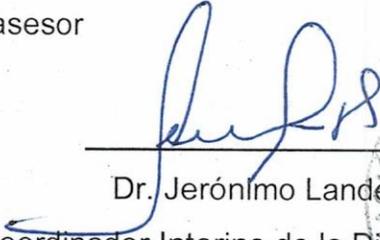
Dr. Arturo Mancera Rico

Coasesor



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentar como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar materia digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción editorial o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante:



JUAN ANGEL MONTES ROSALES

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por estar conmigo en todo momento, fueran buenos o malos en el transcurso de mi carrera universitaria y por permitirme llegar tan lejos y adquirir nuevas experiencias en mi vida.

A mi Alma Terra Mater

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas, por el apoyo que me brindó al darme la oportunidad de formarme profesionalmente, por convertirse en mi segunda casa durante el trayecto de mi carrera, por dejarme decir orgullosamente que soy buitre egresado de mi querida UAAAN.

A mi familia

A mis padres Javier Montes Jaimes y Rosa María Rosales Juárez, por confiar en mí, y por su apoyo sentimental y económico, y por brindarme las bases para ser una mejor persona. A mis hermanos que no me permitieron rendirme.

A mi asesor

Al Dr. Neymar Camposeco Montejo, por haberme brindado la oportunidad de ser partícipe en este proyecto, por las atenciones, por su paciencia, por sus consejos y, sobre todo, por darme la oportunidad de adquirir de su conocimiento dentro y fuera de las aulas de estudio siendo un gran ejemplo a seguir.

A mis amigos

Gracias por haberme acompañado, algunos los conozco desde inicios de la carrera a otros en el transcurso, pero a todos les agradezco, por aquellas aventuras que sin su compañía no serían lo mismo; Gloria Angélica Prieto, Eymar Tovar, Carmen Uriel Moreno, Sergio Daniel Gonzales, Adán Ortiz, Fabián Tadeo Bermudes, Rosemberg Hernández, Yair Natanael Roblero, Iván Rodríguez. Gracias.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Rosa María Rosales Juárez, madre de familia, ama de casa, mujer que no conoce el significado de dos palabras: debilidad y derrota, que daría su vida por su familia. Gracias por ser mi madre.

Javier Montes Jaimes, Hombre que desde niño tuvo que aprender a trabajar, que da todo de él para poder sacar a su familia adelante, que junto a mi madre son las personas más importantes para mis hermanos y para mí. Eternamente agradecido de tenerlos como mis padres.

A MIS HERMANOS

Cruz Javier, Israel y Maricela, gracias por el apoyo, consejos y por ser mi familia.

A MIS ABUELOS

María del Carmen Juárez Arellano y Nicolás Rosales Rodríguez, ya que gracias a ellos obtuve conocimiento y el amor por el campo, siempre apoyándome y decentándome lo mejor. Gracias por todo.

Audelia Jaimes Rincón y José Montes Cruz, por confiar en y estar siempre al pendiente de mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Origen del cultivo	4
4.2. Taxonomía.....	5
4.3. Importancia mundial	5
4.3.1. Importancia en México	6
4.4. Germinación	8
4.4.1. Germinación del tomatillo.....	8
4.5. Nutrientes en la germinación	9
4.6. Micronutrientes en la germinación	9
V. MATERIALES Y METODOS.....	12
5.1. Ubicación y localización.....	12
5.2. Material genético	12
5.3. Descripción de experimento	12
5.4. Establecimiento de los tratamientos	13
5.5. Riego	13
5.6. Variables agronómicas evaluadas	13
5.6.1. Longitud de plúmula	14
5.6.2. Longitud de radícula	14
5.6.3. Germinación	14
5.6.4. Semillas sin germinar.....	14
5.6.5. Vigor de germinación	15
5.6.6. Peso fresco de la plántula.....	15

5.6.7. Peso seco de la plántula.....	15
5.6.8. Conservación del peso	15
5.7. Diseño experimental y análisis estadístico	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
6.1. Longitud de plúmula	18
6.2. Longitud de radícula	19
6.3. Germinación	20
6.4. Semilla sin germinar	21
6.5. Vigor de germinación	22
6.6. Peso fresco de plántula	23
6.7. Peso seco de plántula.....	24
6.8. Conservación de peso	25
VII. CONCLUSIÓN	26
VIII. LITERATURA CITADA.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadísticas de producción de <i>Physalis ixocarpa</i> en México, en un periodo de 10 años.	7
Cuadro 2. Sales fertilizantes con contenido de micronutrientes importantes. ..	11
Cuadro 3. Contenido nutrimental de Micromix® utilizado para el tratamiento de las semillas de tomatillo.	13
Cuadro 4. Cuadrados medios de análisis de varianza, de variables de calidad fisiológica de semilla y plántulas de tomatillo.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud de plúmula en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	18
Figura 2. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud de radícula en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	19
Figura 3. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de germinación de las semillas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	20
Figura 4. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de semillas sin germinar en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	21
Figura 5. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del vigor de germinación de semillas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	22
Figura 6. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso fresco de plántulas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	23
Figura 7. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso seco de plántulas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	24
Figura 8. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) conservación de peso en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.	25

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de ensayo de semillas del Departamento de Fitomejoramiento, con el objetivo de evaluar el efecto de micronutrientes sobre la calidad fisiológica de las semillas y plántulas de tomatillo. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde se probaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, contando con 25 semillas por cada repetición. Los tratamientos utilizados se describen a continuación y fue con una fuente de microelementos (Micromix®), (Tratamiento 1= 0 g, Tratamiento 2= 0.015 g, Tratamiento 3= 0.03 g, Tratamiento 4= 0.045 g, Tratamiento 5= 0.06 g en 20 g de semilla). El análisis estadístico ANOVA ($p \leq 0.05$) se realizó en el Software INFOSTAT Ver.2020, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para todas las variables evaluadas. Los resultados indicaron diferencias significativas en los efectos ocasionados por los tratamientos en las variables: longitud de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula, donde aplicando 0.03 g en 20 gramos de semillas se obtuvieron mejores resultados, aunque similares estadísticamente al control. En el resto de las variables se observó una tendencia de respuesta similar en todos los tratamientos aplicados. Por lo tanto, los micronutrientes como tratamiento a la semilla ejercen un efecto similar sobre la mayoría de las variables fisiológicas de semillas y plántulas evaluadas.

Palabras clave: Pregerminativos, *Physalis ixocarpa* Brot., germinación, radícula.

I. INTRODUCCIÓN

De las hortalizas en México, el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), en cuanto a superficie cultivada, se encuentra dentro de los primeros lugares a nivel nacional. El estado de Sinaloa es considerado como el principal productor de tomate verde con una producción anual de 161 mil toneladas, y de esto el estado de Sinaloa aporta el 28.5% de la producción nacional, dejando en segundo y tercero los estados de Jalisco y Zacatecas con una aportación del 12.5% y 6.6% respectivamente. (SIAP, 2020).

Para una buena producción, la calidad de las semillas es de gran importancia, ya que, es el punto de inicio para la producción y es importante que refleje una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca excelente plántula, vigorosas y fuertes para alcanzar el máximo rendimiento (Doria, 2010). Por su parte, Zocco (1999), menciona que, desde un punto de vista sustentable, es imposible llegar a producir una buena cosecha si no se parte de semilla de alta calidad, tomando en cuenta que el cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella.

Según Filipek-Mazur et al. (2019) los microelementos como Fe, Zn y Cu son importantes para la planta ya que son cofactores enzimáticos, que participan en la síntesis de antioxidantes. Estos contribuyen a la eliminación de radicales libres, ante el daño oxidativo presente, las células han desarrollado mecanismos enzimáticos y no enzimáticos para disminuir los efectos dañinos, en el mecanismo enzimático incluye actividades de SOD, CAT, POD, APX, glutatión reductasa (GR) y glutatión peroxidasa (GPX) (Shi et al., 2017; Da Costa y Sharma, 2016). Por otra parte, los micronutrientes u oligoelementos, que pueden ser aquellos que se absorben en porciones más pequeñas como lo son los miligramos o microgramos por litro de respuesta nutritiva; desempeñan un papel vital que se debe específicamente a que su presencia es necesaria para que se produzcan determinadas reacciones bioquímicas. Los

microelementos más importantes son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el boro (B) y el molibdeno (Mo). (Intagri, 2021).

Los tomates verdes, tomatillo, tomate de cascara o miltomate se caracterizan por su uso alimenticio tradicional muy arraigado en las diferentes regiones del país, estos forman parte de la dieta diaria de los mexicanos. Su uso es esencial en la preparación de salsas e ingredientes de diversos platillos. Su utilidad como fuente de alimento y de alto valor nutrimental se infiere, mediante al análisis de los alimentos nutritivos (Tardío et al., 2011). Los criollos de tomate de cáscara o tomatillo cultivados en México, han estado evolucionando de acuerdo a los diferentes gustos y preferencias de consumo en las diferentes regiones del país, por lo que se encuentra una amplia variabilidad en colores y tamaños, la cual ha sido necesario agruparla en ocho razas (Peña y Santiaguillo, 1999). Las variedades locales se han adaptado a las condiciones particulares y prácticas culturales propias de cada zona productora, a su vez se ven influenciadas por el clima y otros factores ambientales de la zona. Reflejado este nivel de adaptación, las variedades nativas son capaces de soportar condiciones adversas muy a menudo, las cuales afectarían significativamente a variedades que no son de la zona, lo que se significa un mayor equilibrio de la producción (Santiaguillo et al., 2010). Tomando en cuenta lo ya mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de evaluar el efecto que induce al usar una fuente de microelementos (Micromix®) sobre calidad fisiológica de semillas y plántulas de tomatillo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la cualidad fisiológica de semillas y de plántulas de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.), tratadas con diferentes dosis de micronutrientes.

2.2. Objetivos específicos

Determinar la calidad de semillas y de plántulas de tomatillo tratadas con diferentes dosis de micronutrientes.

Determinar la dosis más adecuada de micronutrientes para la obtención de mejor calidad de plántulas.

III. HIPÓTESIS

Al menos una de las dosis de micronutrientes inducirá una mejor respuesta en la calidad fisiológicas de semillas y de plántulas de tomatillo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del cultivo

El tomatillo, tomate verde, tomate de cáscara o tomate (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem), es una especie originaria de México, este pertenece a la familia de las Solanáceas. La especie es originaria de Mesoamérica, donde su nombre original en náhuatl es “tomatl” que su significado es “agua gorda” y pasó al español con el nombre de “tomate”. Otro nombre común como es conocido por muchos, es tomate de cáscara, el hombre mismo la ha venido manejando desde su antigüedad. Numerosos hallazgos arqueológicos han probado que su ingestión y su uso de forma medicinal en la quinta población de México se remontan a tiempos precolombinos (Ramírez-Loya y Saray-Meza, 1977; Pérez-Grajales, 1998).

El género *Physalis* tiene incorporado alrededor de 90 especies en el mundo (D`arcy, 1991) que se agrupan provisionalmente en cuatro subgéneros, las cuales la mayoría son localizadas en América, de estas, 70 se encuentran limitadas a México, por otro lado, en EUA y América central se amplían más de 17 y en Guatemala otras tres (Martinez,1993; Knapp et al., 2007). El género *Physalis* tiene las especies que se dispersan en casi todo el territorio mexicano y se desarrollan en ambientes templados, tropicales, subtropicales, áridos semiáridos, subhúmedo, húmedo, fríos, semicálidas y cálido, que se agrupa a una gran diversidad geológica, edáfica y de varios tipos de vegetación (Santiaguillo et al., 2013), a estas especies se les puede encontrar desde cero hasta los 3,570 m s. n. m. (Magaña y Peña, 2016).

4.2. Taxonomía

Toboada y Oliver, (2004) presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Clase: Dicoliledonea

Orden: Tubiflorae

Familia: Solanaceae

Género: *Physalis*

Especie: *ixocarpa*

4.3. Importancia mundial

Aunque se encuentre alta diversidad genética comprendida en el género *Physalis* sólo *P. alkekengi*, *P. grisea*, *P. peruviana* y *P. ixocarpa* son reconocidas como de importancia económica. En el continente de Europa *P. alkekengi* es cultivada como uso ornamental, por el colorido de su cáliz que es muy fascinante a la vista del ojo humano (Menzel, 1951; Martínez, 1993) y su fruto es considerado para uso alimenticio. En el continente de América se cultivan tres especies de *Physalis*, *P. grisea*, *P. peruviana* y *P. ixocarpa*. Dentro del género, *P. grisea* esta es cultivada en EUA y las semillas son puestas a la venta por medio de catálogo. La primera, es originaria de Perú y Chile donde sus frutos se consumen ocasionalmente, pero no es considerado como un cultivo importante en la región; sin embargo, esta especie ha sido ampliamente introducida como cultivo en zonas de Australia, Sudáfrica, India y Nueva Zelanda. *P. ixocarpa* es considerada nativa de México, donde ha sido domesticada y cultivada desde hace varios siglos. La evidencia antigua muestra que su aprovechamiento y ser cultivada por los mesoamericanos, tiene una antigüedad al menos de 900 a 200 A.C. (Callen, 1965).

4.3.1. Importancia en México

La importancia cultural, económica y biológica es alta en México para el género *Physalis*. Este género ha estado presente desde tiempos precolombinos en la dieta de los mexicanos y su uso perdura hasta nuestros días actuales. Su consumo es principalmente en fresco, aunque también se industrializa, tanto para el mercado nacional como para exportación. Algunas especies de este género tienen usos medicinales y ornamentales, que son poco conocidos y su aprovechamiento también lo es (Santiaguillo-Hernández & Blas-Yáñez, 2009). En particular, el tomate de cáscara mayormente cultivado en México es *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm. (Santiaguillo-Hernández, Cedillo-Portugal, & Cuevas-Sánchez, 2010).

En México y el mundo entero, el tomatillo o tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot) al igual que cualquier otro cultivo, es afectado por diferentes factores abióticos y bióticos que causan grandes pérdidas económicas en el cultivo. Entre estos últimos, resalta el estrés biótico que es causado por hongos, bacterias, virus, nematodos y fitoplasmas. De esta forma, las enfermedades que son causadas por patógenos representan uno de los factores de mayor riesgo para la producción de diversos cultivos. Es necesario y de suma importancia realizar actividades para su protección del ataque de fitopatógenos, ya que durante los últimos años se ha observado que las enfermedades virales y bacterianas han ocasionado grandes pérdidas económicas en la producción de diferentes cultivos (Pérez-Moreno et al., 2004).

El tomatillo o tomate de cascara se puede cultivar tanto en riego como temporal, es un cultivo que se puede sembrar prácticamente todo el año (ciclo primavera-verano y otoño-invierno). El tomatillo o tomate se cultiva en condiciones climáticas diversas, lo que sugiere gran adaptabilidad de la especie (Peña-Lomelí & Santiaguillo-Hernández, 1999; Santiaguillo-Hernández et al., 2010). En el año 2010 se encontraban establecidos en México 48,475.17 ha con el cultivo de tomate de cascara, de lo anterior el 73.39 % de ello es bajo riego, con el promedio de 16.94 t/ha de rendimiento y con un valor de la producción de \$1,

950, 449,840; el resto de la superficie de ha se estableció en condiciones de temporal, con rendimiento promedio de 11.88 t/ ha y valor de la producción de \$582, 014,420 (OEIDRUS-JALISCO, 2012).

El SIAP (2020), Menciona que, entre las hortalizas en México, el tomate de cáscara, en cuanto a superficie cultivada, ocupa uno de los primeros lugares a nivel nacional. El estado de Sinaloa (es considerado como el principal productor de tomate verde con una producción anual de 161 mil toneladas, de lo anterior mencionado el estado de Sinaloa aporta el 28.5% de la producción nacional, seguido de los estados de Jalisco y Zacatecas con una aportación del 12.5% y 6.6% respectivamente. En los últimos 10 años, la hortaliza de tomate de cascara ha tenido una propensión creciente en la producción (Tabla 1). Durante el año 2019 se tuvo un aumento de 6.7% con respecto al año 2018.

Cuadro 1. Estadísticas de producción de *Physalis ixocarpa* en México, en un periodo de 10 años.

Año	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosecha (ha)	Producción (t)	Rendimiento promedio (t/ha)	Precio Medio Rural (\$/t)	Valor de Producción (miles de pesos)
2021	42,673.00	42,365.30	824,977.58	19.47	5,119.75	4,223,681.05
2020	40,116.97	39,757.97	766,515.20	19.28	5,495.90	4,212,690.52
2019	42,464.41	41,660.11	830,274.23	19.93	5,242.09	4,352,369.78
2018	41,317.56	41,113.56	778,425.22	18.93	4,916.99	3,827,505.42
2017	43,172.56	42,767.56	773,351.13	18.08	4,545.52	3,515,285.14
2016	42,882.43	42,076.43	698,016.56	16.59	4,306.63	3,006,099.93
2015	43,833.21	42,286.06	683,984.96	16.18	4,424.94	3,026,594.52
2014	46,524.59	44,243.90	661,141.11	14.94	3,637.57	2,404,944.16
2013	44,522.36	40,065.61	588,224.94	14.68	4,069.06	2,393,522.67
2012	43,505.33	41,413.78	595,197.39	14.37	4,100.64	2,440,693.15

Fuente: SIAP (2023).

4.4. Germinación

Sin importar la semilla de cualquier especie de que se trate, esta presenta un nivel más alto de vigor y potencial germinativo en la madurez fisiológica y etapas posteriores, por la cual se inicia un proceso que no se puede detener una vez activadas las enzimas encargadas de degradar las sustancias de reserva y es irreversible de deterioro hasta el grado de perder su capacidad de poder germinar cuando sea requerido (Delouche, 2002).

En la agricultura actual, las nuevas variedades de mayor rendimiento exigen las mejores condiciones de cultivo y altos niveles de fertilización, como consecuencia resulta en un deterioro ambiental que puede sobrepasar el beneficio económico, social y ambiental. De ahí, proviene la importancia de entender los efectos o mecanismos de los microorganismos que viven de manera asociada con las plantas. Los microorganismos muestran un efecto benéfico sobre la germinación, desarrollo y control de otros microorganismos patógenos (Franco-Correa, 2009; Rueda et al.,2009).

4.4.1. Germinación del tomatillo

Entre los diversos factores que pueden afectar la calidad de la semilla, se encuentran las condiciones climáticas, también nutricionales, durante el desarrollo y formación de las semillas, los métodos utilizados para su cosecha, contenido de humedad y condiciones de almacenamiento (Harrington, 1973), todos ellos constituyen un proceso considerado por el cual disminuye la germinación, también afecta la velocidad con la que crecen las plantas y su tolerancia a las condiciones adversas. A los síntomas presentes en la semilla deteriorada se suman otros tales como el crecimiento anormal, daños en las estructuras principales de las plántulas, pérdida de compuestos solubles (debido a excesiva permeabilidad de la membrana), reducción de la actividad enzimática, daño oxidativo al ADN y proteínas, y producción de sustancias tóxicas (Bradford, 2004).

Las semillas son el método más simple para su propagación; sin embargo, la gran variabilidad genética no garantiza un rendimiento constante. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la propagación por semilla es limitada por su baja viabilidad (Ramírez et al., 2013) y su baja tasa de germinación. Al respecto se debe tomar en cuenta, incrementar la emergencia de las semillas de tetraploides utilizando una de las diferentes técnicas que favorecen e incrementan la sincronización de la emergencia, la velocidad y porcentaje de germinación en las semillas, además generan resistencia a factores bióticos y abióticos. Estas técnicas incluyen la imbibición de la semilla en osmoreguladores, soluciones salinas y reguladores de crecimiento (Dahal et al., 1990). Según Arroyo-Medina et al. (2008) mencionan que la aplicación en ácidos orgánicos en semillas de interés hortícola tuvo efecto favorable en la germinación de semilla, peso seco y longitud de tallo y radícula de la misma.

4.5. Nutrientes en la germinación

Durante el proceso de desarrollo de la planta se manifiestan cambios en la composición química, en particular de algunos nutrimentos con relación a la materia seca producida principalmente en las hojas. Los niveles de N, P y K muestran una tendencia a disminuir durante el ciclo vegetativo, mientras que Ca^{2+} y Mg^{2+} tienden a incrementar (Valenzuela et al., 1993).

4.6. Micronutrientes en la germinación

Con excepción de Cl y B, los micronutrientes se encuentran asociados a enzimas que regulan distintos procesos metabólicos, principalmente la respiración (Cu, Fe, Mn, Zn), la fotosíntesis (Cu, Mn) y la síntesis de clorofila (Cu, Fe, Zn). El Fe, Mn, Cu y Mo forman parte de grupos prostéticos que catalizan reacciones de óxido-reducción, el Fe y Zn forman complejos enzima-sustrato. El Zn actúa como estabilizador de la molécula de clorofila y es un constituyente de más de 80 sistemas enzimáticos (Römheld, Marschner, 1986). El Mn tiene como función intervenir en la liberación del O_2 en la fotólisis del agua durante la fotosíntesis, el proceso de regulación enzimático y la

permeabilidad de la membrana. El Mo es un componente de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa, influyendo en el rendimiento y velocidad de fijación del N atmosférico. Junto con el Zn interviene en la síntesis de proteínas. El Cl está involucrado en el transporte de cationes, regulando, junto con el potasio, el mecanismo de apertura y cierre de las estomas, mientras que el B se asocia al metabolismo de azúcares, a la división y crecimiento celular, germinación y regulación hormonal (Römheld, Marschner, 1986).

Los nutrientes requieren una atención y cuidado especial ya que hay un margen estrecho entre el exceso y la deficiencia en las necesidades de microelementos de las plantas. Los micronutrientes son solo necesarios en pequeñas cantidades. Si se aplica una gran cantidad de un microelemento como por ejemplo boro, este puede tener un efecto dañino en el cultivo aplicado y/o también en cultivo subsiguiente. Además, los fertilizantes compuestos especiales pueden ser preparados conteniendo micronutrientes conjuntamente con los grados NPK para suelos y cultivos en los cuales las deficiencias existentes son conocidas. En la mayoría de los casos, la falta de presencia de los microelementos son causadas a través del pH del suelo o ya sea demasiado bajo como lo es en el caso de ser ácido, o más aún, demasiado alto (de neutral a alcalino), de esta forma un cambio en el pH del suelo puede pasar a los microelementos en una forma disponible para las plantas. Una dosis para la aplicación más exacta y normalmente también muestre una eficiencia mayor es posible a través del uso de pulverización o de tratamientos de semillas con micronutrientes. Con el complejo de componentes orgánicos de hierro, zinc, manganeso y cobre quelatados, que aumentarían significativamente la eficiencia de los micronutrientes aplicados, particularmente del hierro, que es difícilmente absorbido en forma no quelatada (FAO e IFA, 2002).

Cuadro 2. Sales fertilizantes con contenido de micronutrientes importantes.

Portador de micronutrientes	(Fórmula)	Micronutrientes
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Hierro (Fe)
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cobre (Cu)
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zinc (Zn)
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Manganeso (Mn)
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Boro (B)
Molibdato de sodio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Molibdeno (Mo)

Fuente: FAO e IFA, (2002).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación y localización

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Su localización geográficamente se encuentra en las coordenadas 25°21'15" latitud Norte y 101°02'03" longitud Oeste, a una altura de 1774 msnm, con una temperatura promedio de 16.4 °C.

5.2. Material genético

Para el presente estudio se utilizaron semillas de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.), a las cuales se le aplicaron diferentes tratamientos de micronutrientes por tratamiento.

5.3. Descripción de experimento

Se utilizaron 500 semillas de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot), estas fueron utilizadas en cinco tratamientos en el cual 100 semillas fueron destinadas para cada tratamiento, cada tratamiento se dividió en cuatro repeticiones de 25 semillas. Las semillas fueron tratadas con diferentes dosis de micronutrientes las cuales constan de 0.0, 0.015, 0.03, 0.045 y 0.06 gramos de Micromix® (Tabla 3) en 20 gramos de semilla, de estas semillas tratadas se tomaron las 100 semillas de cada tratamiento.

Cuadro 3. Contenido nutrimental de Micromix® utilizado para el tratamiento de las semillas de tomatillo.

Nutriente	Contenido (%)
Hierro	7.5
Manganeso	3.7
Boro	0.4
Zinc	0.6
Cobre	0.3
Molibdeno	0.2

5.4. Establecimiento de los tratamientos

La siembra de los tratamientos se realizó el tres de mayo del 2022, las semillas se sembraron en bandejas plásticas de germinación de 200 cavidades cada una con sustrato Peat Moss y perlita en proporción 70/30. Se utilizaron bandejas para dos tratamientos cada una dividiéndolas por la mitad, posteriormente marcarlas debidamente para la identificación de los tratamientos. Se colocaron en un invernadero a un costado del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN envueltas en bolsas plásticas negras para promover su germinación, estas permanecieron bajo esta condición por 72 horas, posteriormente las charolas fueron sacadas y colocadas dentro del invernadero para su crecimiento y desarrollo.

5.5. Riego

El riego se hizo diario desde la siembra hasta el último día de conteo de plantas germinadas para mantener una humedad constante o a capacidad de campo.

5.6. Variables agronómicas evaluadas

Las variables dependientes que fueron cuantificadas y medidas se describen a continuación.

5.6.1. Longitud de plúmula

La toma de medidas de longitud de plúmula se realizó con una regla convencional graduada en centímetros. Con los datos recabados se sacó un promedio por cada repetición para determinar el efecto en el desarrollo de la plántula en cada uno de los tratamientos.

5.6.2. Longitud de radícula

La toma de medidas de radícula fue de la misma forma que en plúmula (regla convencional graduada en centímetros), la medida fue desde el inicio del tallo hacia la raíz más larga.

5.6.3. Germinación

Para obtener el dato de semillas germinadas, este fue recabado a los 9 días después de la siembra y se contabilizó únicamente aquellas semillas que habían emergido por encima del sustrato. Tomándose en cuenta si los micronutrientes tuvieron un efecto significativo en la germinación. Para esta variable se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{No. semillas germinadas}}{\# \text{ de semillas totales}} \times 100$$

5.6.4. Semillas sin germinar

El dato de semillas no germinadas o semillas sin germinar, fue recabado a los 9 días después de la siembra, y se obtuvo por diferencia entre el total de las semillas sembradas menos las semillas germinadas. Para esta variable se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{No. semillas sin germinar}}{\# \text{ de semillas totales}} \times 100$$

5.6.5. Vigor de germinación

Este valor, fue recabado a los cinco días después de la siembra, y se contabilizo únicamente aquellas semillas que habían emergido por arriba del sustrato con esa fuerza y vigor que la caracteriza.

5.6.6. Peso fresco de la plántula

La variable de la toma del peso fresco es usada para determinar el contenido de agua debido a sus funciones de intercambio de gases, fotosíntesis, transporte de minerales y nutrientes; esto constituye en la mayor parte del peso fresco del material vegetativo. Las plántulas se sacaron con cuidado de cada cavidad de las bandejas de plástico para su evaluación, una vez divididas nuevamente en tratamientos y repeticiones se procedió a tomar el peso fresco de las repeticiones de cada tratamiento en una balanza analítica de precisión. (Valab VE-204).

5.6.7. Peso seco de la plántula

Obtenidos los datos de longitud de plúmula, radícula y peso fresco de la plántula, se procedió a llevar las muestras a la estufa de secado y posteriormente poder tomar el peso seco. Se introdujeron las muestras a la estufa de secado a una temperatura de 60 C° durante un tiempo de 48 h, después del tiempo transcurrido se procedió a tomar el peso de cada repetición en una balanza analítica. (Valab VE-204).

5.6.8. Conservación del peso

Esta variable se obtuvo por diferencia entre el peso fresco de la plántula con el peso seco de la plántula, se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$\%CP = \frac{\text{peso seco de plántulas}}{\text{peso fresco de plántulas}} \times 100$$

5.7. Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento fue evaluado bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, cada repetición conto con 25 semillas. Los datos se analizaron con un ANOVA $p \leq 0.05$, y fue en el SOFTWARE INFOSTAT Ver.2020; para la comprobación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para las variables evaluadas utilizando el modelo lineal general (GLM) mostrado a continuación.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta de la variable de la ij -ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto de i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto de error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las variables longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR), germinación (G), semilla sin germinar (SSG), vigor de germinación (VG), peso fresco de plántula (PF), peso seco de plántula (PS), conservación de peso (CP) se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cuadrados medios de análisis de varianza, de variables de calidad fisiológica de semilla y plántulas de tomatillo.

Fuentes de variación	G L	LP	LR	G	SSG	VG	PFP	PSP	CP
Tratamiento	4	1.81	1.80	484.8	484.8	200.0	14202.6	43.5	3.36
Error	15	0.30	0.08	63.1	62.1	99.4	874.0	2.6	0.32
Total	19								
ANOVA $p \leq 0.05$		0.25 2 NS	0.006 *	0.154 NS	0.154 NS	0.734 NS	0.019*	0.019 *	0.076 NS
C.V.(%)		7.13	5.85	10.18	34.88	16.35	9.32	7.79	8.50

GL= Grados de libertad, CV= Coeficiente de variación, LP= Longitud de plúmula, LR= Longitud de radícula, G= Germinación, SSG= Semillas sin germinar, VG= Vigor de germinación, PFP= Peso fresco de planta, PSP= Peso seco de planta, CP= Conservación del peso.

6.1. Longitud de plúmula

El análisis estadístico sobre la variable longitud de plúmula, no mostró alguna diferencia estadística significativa (Figura 1), por lo tanto, el efecto de los micronutrientes fue similar sobre la variable en cuestión.

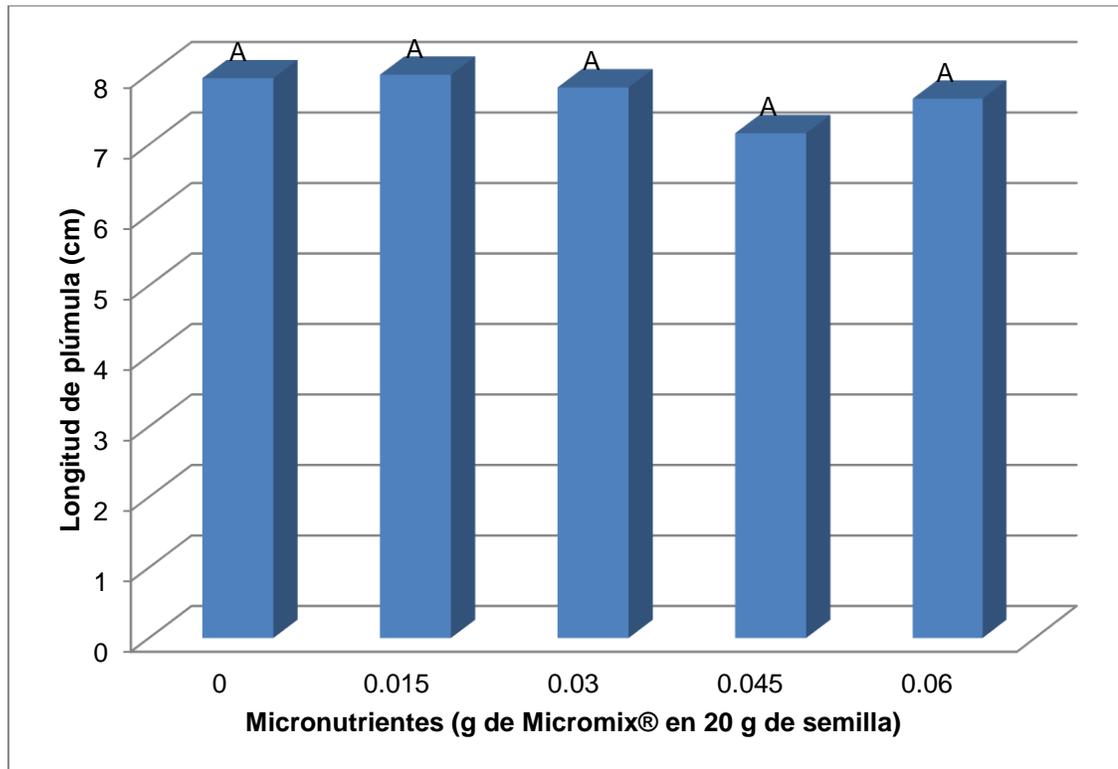


Figura 1. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud de plúmula en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.2. Longitud de radícula

El análisis estadístico sobre la variable longitud de radícula, mostró diferencia estadística significativa $p \leq 0.05$ (Cuadro 4). El tratamiento que resultó mejor fue el de 0.03 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, seguido de 0.015 y el control (Figura 2), por otra parte, los tratamientos 0.045 y 0.06 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, ejercen un efecto de disminución en la longitud de radícula, probablemente por exceso en la concentración de estos.

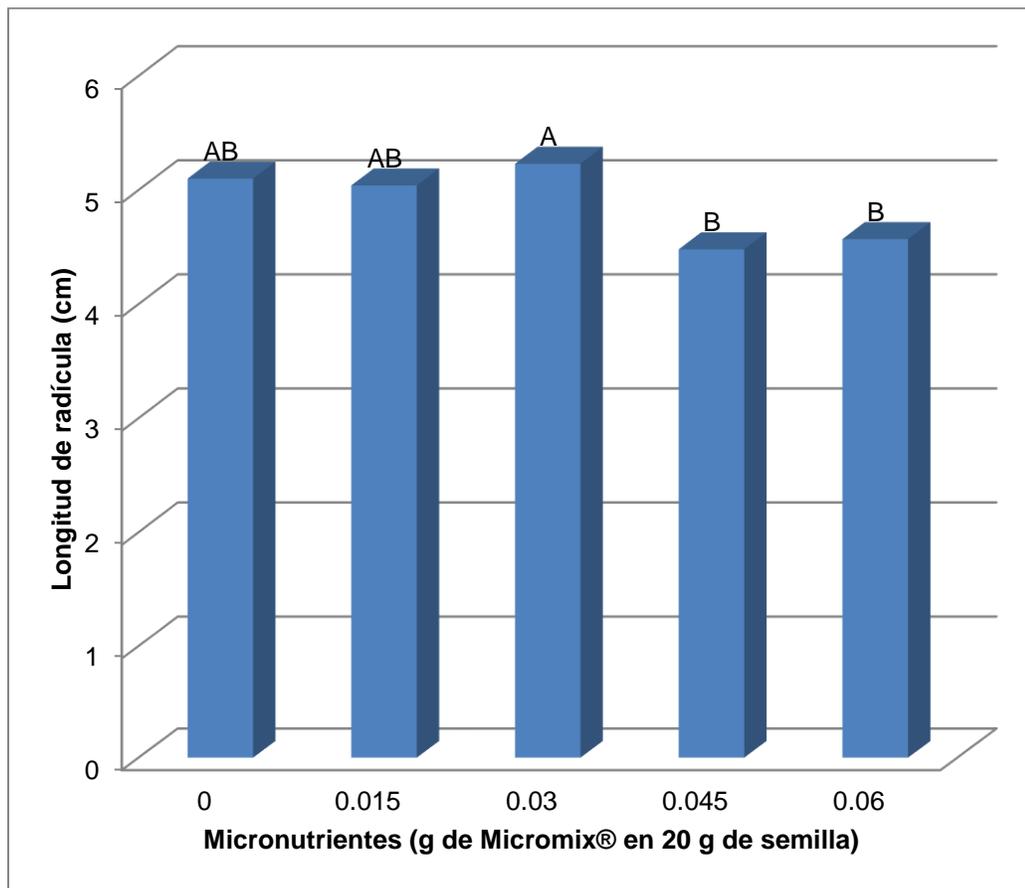


Figura 2. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud de radícula en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.3. Germinación

Mediante el análisis de varianza ANOVA ($p \leq 0.05$), no se detectó diferencia significativa en los cinco tratamientos y su efecto sobre la variable germinación (%), aunque, es importante mencionar que se observa una tendencia, en la que a medida que aumenta la dosis a partir de 0.03 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, el porcentaje de semillas germinadas también aumenta, tal como se muestra en la Figura 3, siendo el tratamiento con 0.06 g de Micromix® en 20 gramos de semilla el de mejor respuesta con un 84% de germinación de semillas.

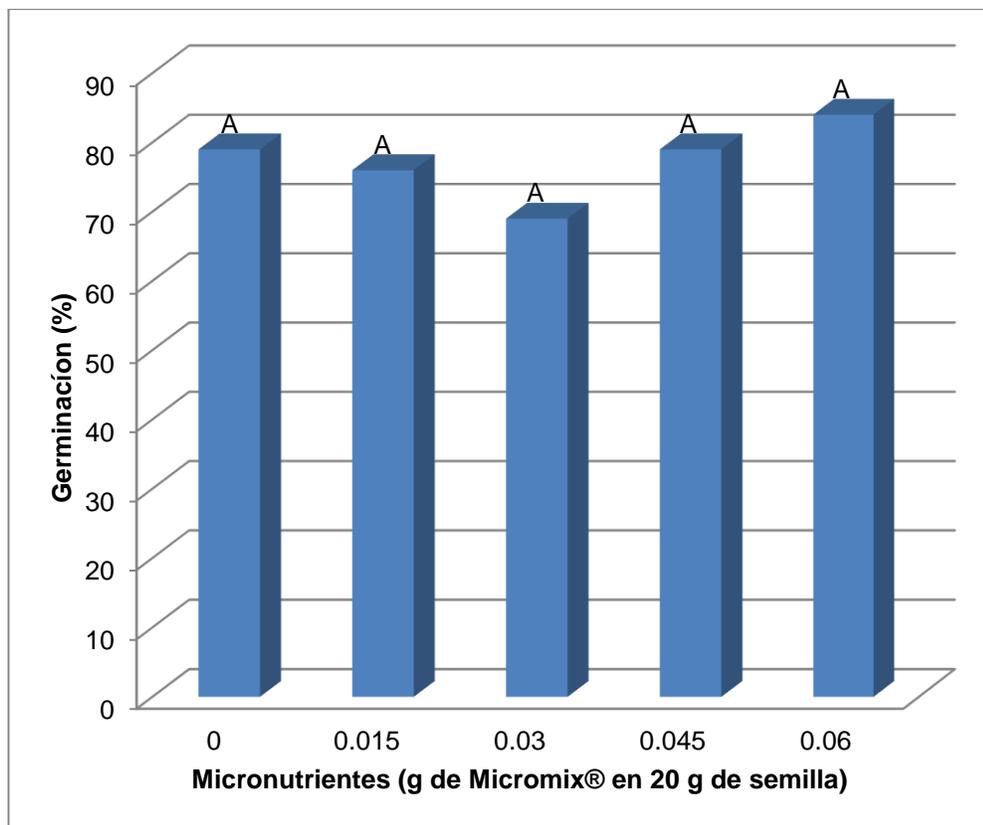


Figura 3. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de germinación de las semillas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.4. Semilla sin germinar

Mediante el análisis de varianza ANOVA ($p \leq 0.05$) no se encontró diferencia estadística significativa entre los cinco tratamientos en la variable de semillas sin germinar (SSG), no obstante, si es importante mencionar que, a medida que se incrementa la dosis (Figura 4), se tiene menor porcentaje de germinación, es decir, una respuesta invertida al porcentaje de germinación, y es el tratamiento con 0.06 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, el que muestra menor cantidad de semillas sin germinar.

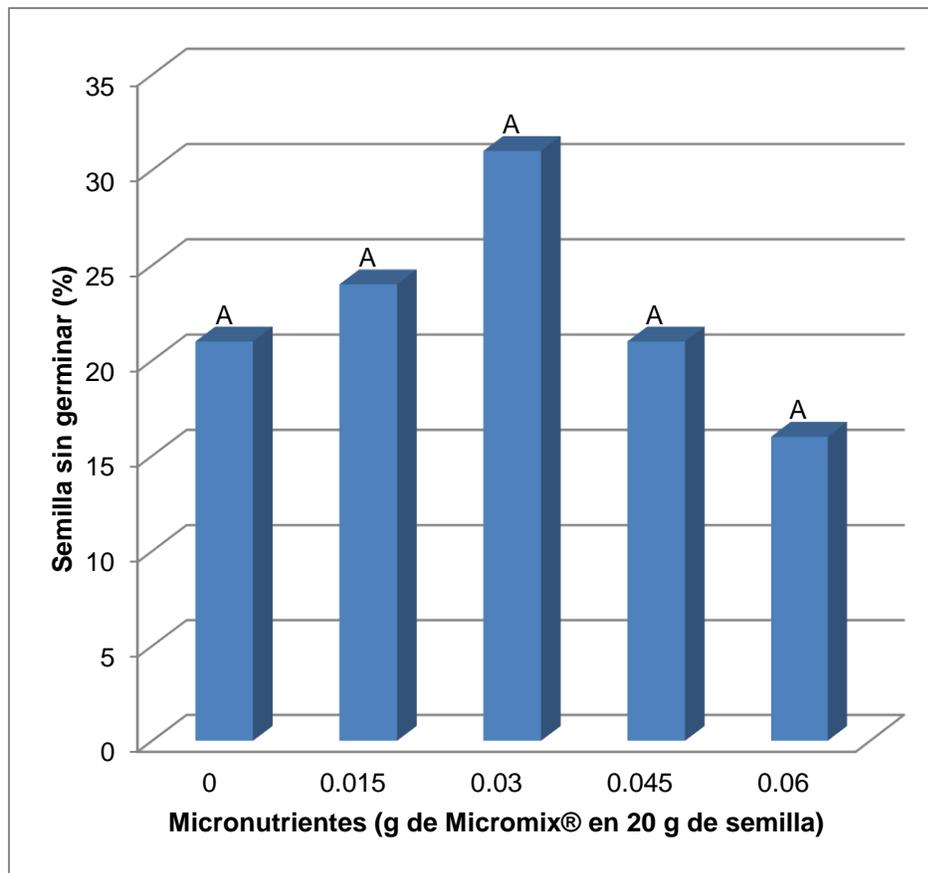


Figura 4. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de semillas sin germinar en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.5. Vigor de germinación

Mediante el análisis estadístico y comparación de medias, se puede observar que el vigor de germinación de las semillas, no mostró significancia estadística (ANOVA $p \leq 0.05$), sin embargo, se detectó una tendencia en la que a medida que se incrementa la dosis el vigor de germinación tiende a ser mayor (Figura 5), reflejando al tratamiento 0.06 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, con mejor porcentaje en el vigor de germinación entre los tratamientos, superando al control en más de 8%.

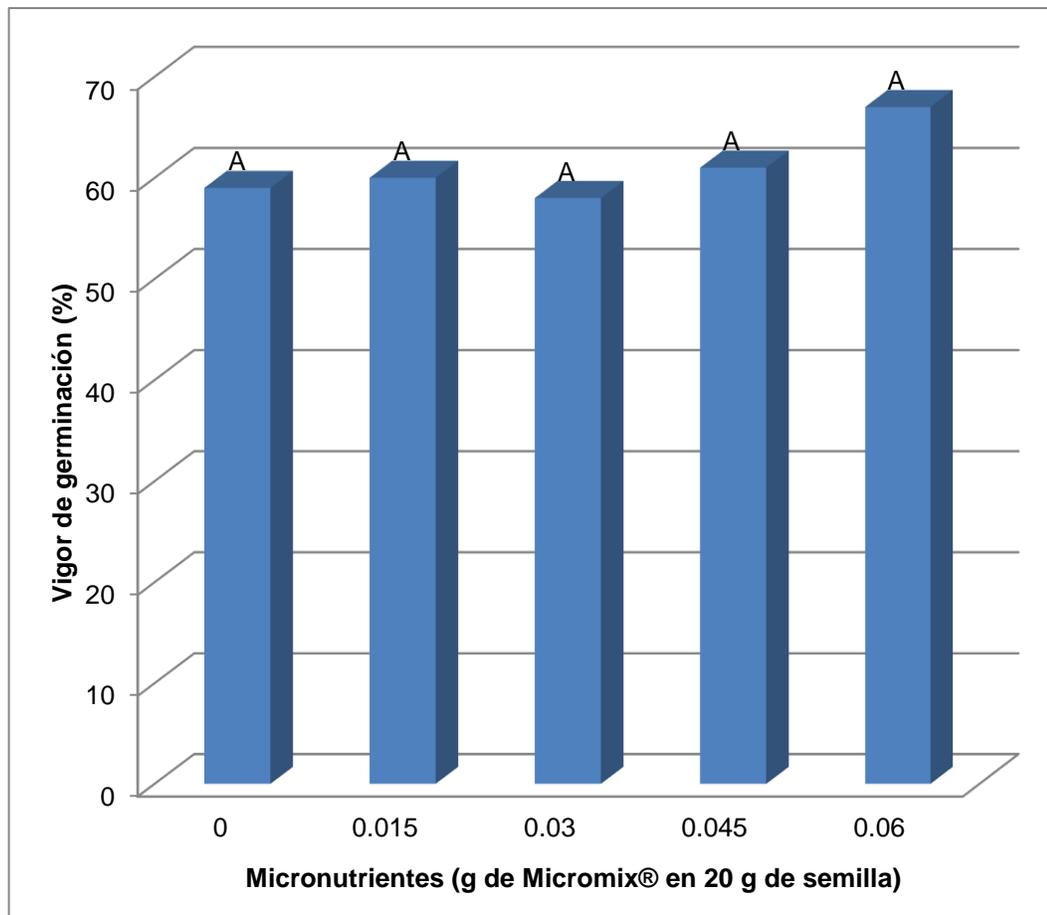


Figura 5. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del vigor de germinación de semillas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.6. Peso fresco de plántula

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para peso fresco de plántula, mostraron una respuesta estadística significativa (Cuadro 4), en la cual, se puede observar que, la mayoría de los tratamientos tienen una respuesta similar a excepción del tratamiento con 0.045 g de Micromix® en 20 gramos de semilla, que fue el que acumulo menor cantidad de materia fresca (Figura 6).

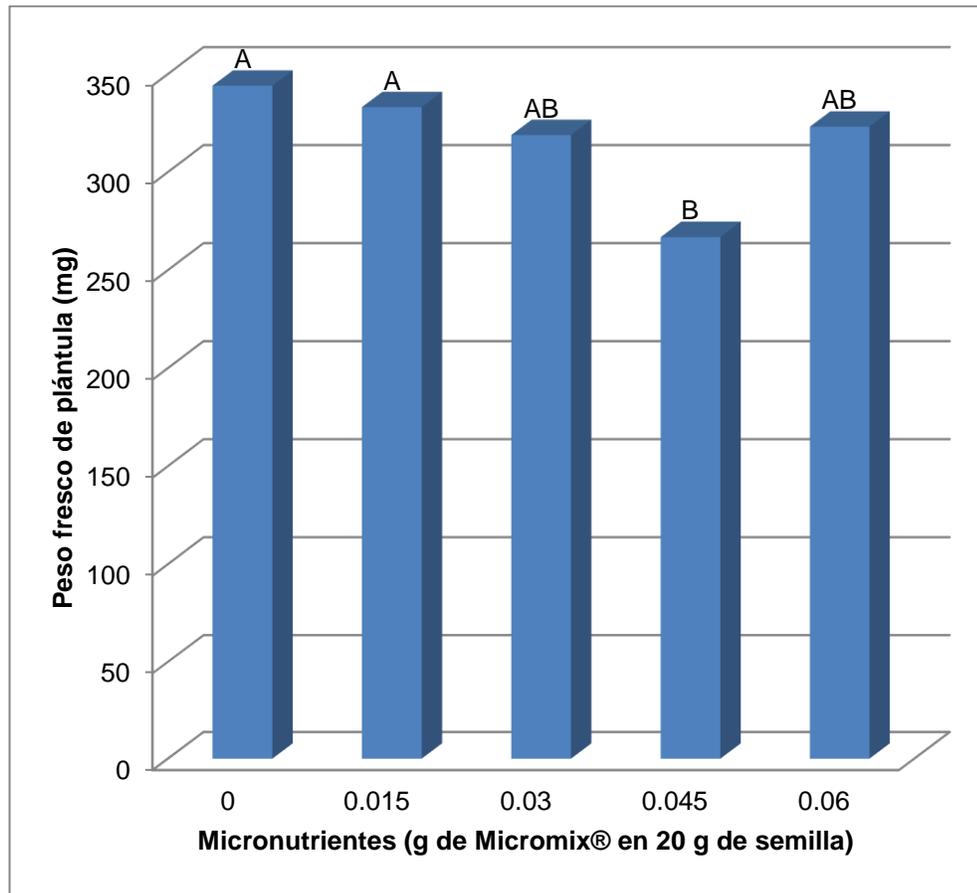


Figura 6. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso fresco de plántulas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.7. Peso seco de plántula

En la variable de peso seco de plántula se detectaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4), se puede observar una tendencia similar a la observada en el peso fresco de plántula (Figura 7), en el que la mayoría de los tratamientos se encuentran en el mismo grupo estadístico a excepción del tratamiento con 0.045 g de Micromix® en 20 gramos de semilla.

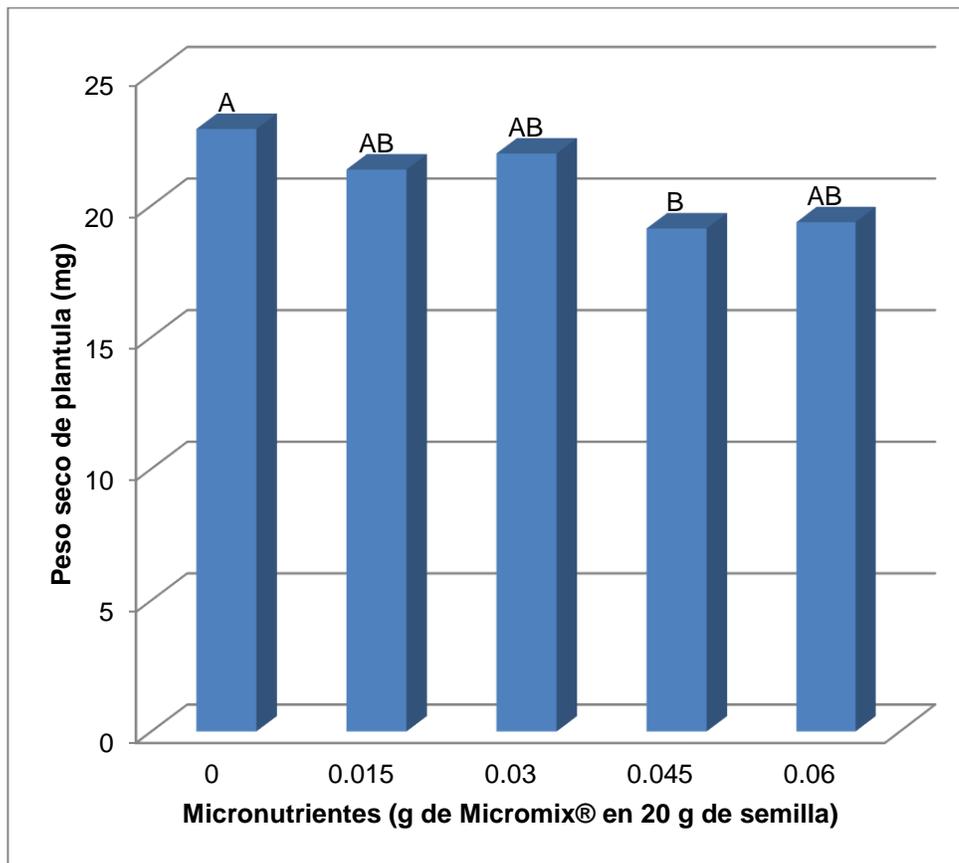


Figura 7. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso seco de plántulas en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

6.8. Conservación de peso

La variable de conservación de peso de plántula (resultado del diferencial entre el peso fresco y el peso seco) no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, no obstante, se observa una tendencia de incremento en la conservación del peso a medida que incrementa la dosis de micronutrientes, hasta llegar a la dosis de 0.045 g g de Micromix® en 20 gramos de semilla (Figura 8), lo cual es una respuesta común al aplicar mayor cantidad de nutrientes a las semillas o cultivos.

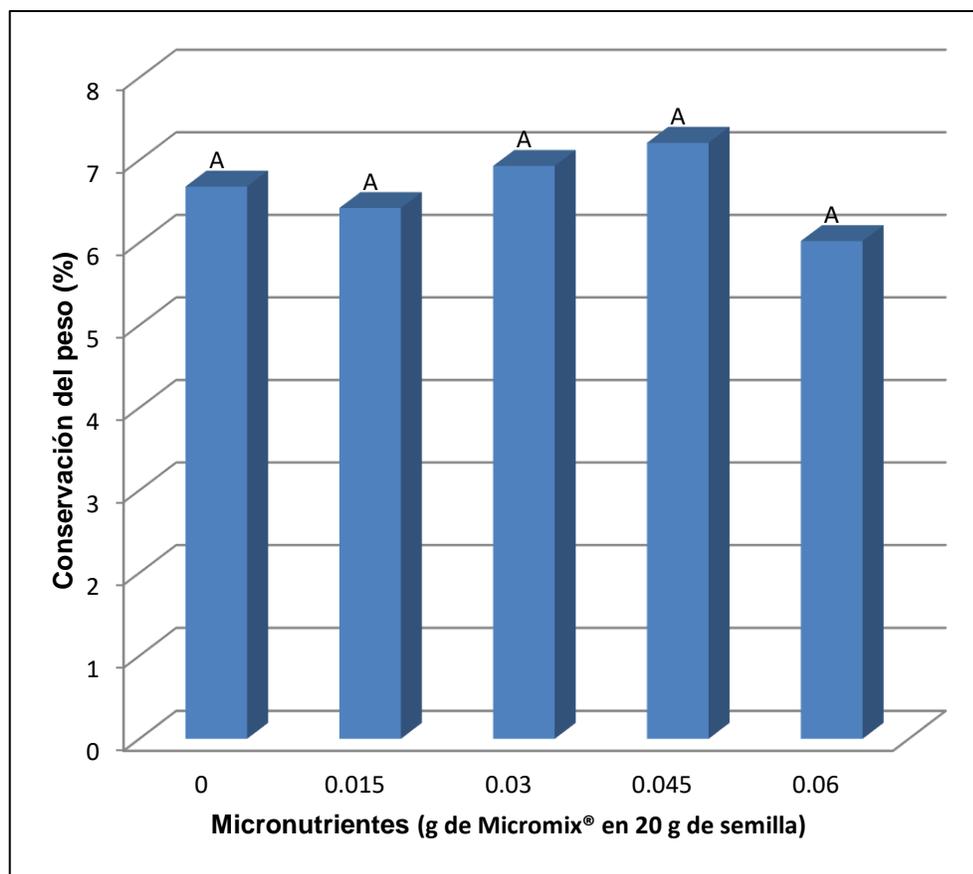


Figura 8. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) conservación de peso en respuesta a cinco tratamientos pregerminativos a base de micronutrientes en tomatillo.

VII. CONCLUSIÓN

Los micronutrientes como tratamiento a la semilla ejercen un efecto similar sobre la mayoría de las variables fisiológicas de semillas y plántulas evaluadas. No obstante, se observaron beneficios ligeramente positivos al promover el vigor y la germinación de las semillas de tomatillo.

Se recomienda realizar pruebas con dosis más altas y en otras especies, a fin de encontrar resultados contundentes de los posibles beneficios o daños a la calidad fisiológica de semillas y plántulas con el uso de micronutrientes.

VIII. LITERATURA CITADA

- Arroyo-Medina, C.; Benavides-Mendoza, A.; Ramírez, R. H. y Ruiz Torres, N. A. (2008). Efecto de ácidos orgánicos sobre la germinación de semillas de hortalizas. Libro Científico Anual de Ganadería y Ciencia Forestal, UAAAN. 107-115.
- Bradford K J (2004). Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. Davis CA, USA. 134 p. [[Links](#)]
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000300007
- Callen, (1965). Analyses of the Tehuacan corpolites, 261-289 pp. En: D.S. Byer (ed.) The prehistory of the Tehuacan Valley, 1. Enviroment and subsistence. University of Texas Press. Austin, Texas
- Dahal, P. and Bradford, K. J. (1990). Effects of priming and endosperm integrity on seed-germination rates of tomato genotypes. 2. Germination at reduced water potential. J. Exp. Bot. 41(11):1441-1453.
<https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/41/11/1441/459232>
- Da Costa M, Sharma P (2016). Effect of copper oxide nanoparticles on growth, morphology, photosynthesis, and antioxidant response in *Oryza sativa*. *Photosynthetica* 54:110–119.
- D'Arcy, W. G. (1991). The *Solanaceae* since 1976, with Rewiew of its Biogeography. In: J. G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña. Pp. 75-138
- Delouche, J.C. (2002). Germinación deterioro y vigor de semillas. *Seed News*. 6:6
<http://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3484/IAF1EFE01301.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre la semilla; su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales* vol. 31, no. 1, p 74 85.
- FAO e IFA. (2002). Los fertilizantes y su uso. Obtenido de https://www.google.com.mx/books/edition/Los_Fertilizantes_y_Su_USO_una_Guia_de/B/9HtOrqp5josC?hl=es-419&gbpv=1
- Filipek-Mazur, B., Tabak, M., Koncewicz-Baran, M., & Bobowiec, A. (2019). Mineral fertilizers with iron influence spring rape, maize and soil properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*.
- Franco-Correa, M. (2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Rev. Per. Biol.* 16(2): 239-242.

- Harrington, J.F. (1973). Biochemical basis of seed longevity. *Seed Science and Technology* 1(2):453-461.
<http://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3484/IAF1EFE01301.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Intagri. (2021). Manejo de Fertilizantes de con Micronutrientes (en línea). Consultado el 15 de marzo. 2022. Disponible en:
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/manejo-de-fertilizantescon-micronutrientes>
- Knapp, S., Stanfford, M. y Martínez, M. (2007). A checklist of the Solanaceae of Guatemala. En: *Biodiversidad de Guatemala*. 1: 259-282.
- Magaña, L. N., Peña, L. A., Sánchez, M., Caro, V. F., Grimaldo, J. O., Vargas, P. O. y Santiaguillo, H. J. F. (2016). Perfil Diagnostico del Tomate de Cascara. Universidad Autónoma Chapingo. P.49. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/283492117_Diagnostico_del_Tomate_de_Cascara
- Martínez, M. (1993). Systematics of *Physalis* Section Epeteiorhiza. Tesis Doctoral. Universidad de Texas, Austin.
- Menzel, Y.M. (1951). The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. *Proc. Amer. Phil. Soc.* 95: 132-183.
- OEIDRUS-JALISCO. (2010). <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/>. Consultada en marzo de 2023.
- Pérez-Moreno, L., Rico-Jaramillo, E., Sánchez-Pale, J.R., Ascenciolbáñez, J.T., Díaz-Plaza, R., Rivera-Bustamante, R.F., (2004). Identificación de virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22.
- Pérez-Grajales, M., (1998). Mejoramiento genético de hortalizas. Mundi Prensa
- Peña-Lomelí, A., & Sanatiaguillo-Hernández, F. (1999). Variabilidad genética de tomate de cáscara. México: Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Ramírez- Godina, F.; Robledo-Torres, V.; Foroughbakhch-Pournavab, R.; Benavides-Mendoza, A. y Alvarado-Vázquez, M. A. (2013). Viabilidad de polen, densidad estomática y tamaño de estomas en autotetraploides y diploides en *Physalis ixocarpa*. *Bot. Sci.* 91(1):11-18.
- Ramírez-Loya, J., Saray-Meza, C., (1977). El Cultivo del Tomate de Cáscara en el Estado de Morelos.
- ROMHELD, V. and H. MARSCHNER. (1981). Iron deficiency stress induced morphological changes. *Physiol. Plant.* 53: 354-360.

- Rueda, P. E.; Barrón, H. J. y Hallman, J. (2009). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. 1ª (Ed.). Plaza y Valdés. México. 141p.
- Santiaguillo, H. J. F., Magaña, L. N., Grimaldo, O. J. y Vargas, P. O. (2013). Conservación y uso de *Physalis* spp. en México. In Congreso Nacional SINAREFI. Pp. 443-449.
- Santiaguillo-Hernández, J. F., & Blas-Yáñez, S. (2009). Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. Revista de Geografía Agrícola, 43, 81-86. Retrieved from <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1418.pdf>
- Santiaguillo-Hernández, J. F., Cedillo-Portugal, E., & Cuevas-Sánchez, J. A. (2010). Distribución Geográfica de *Physalis* spp. en México. México: Universidad Autónoma Chapingo-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Consultado: febrero 2023. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>
- Shi, P., Li, B., Chen, H., Song, C., Meng, J., Xi, Z., & Zhang, Z. (2017). Iron supply affects anthocyanin content and related gene expression in berries of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. *Molecules*, 22(2), 283.
- SIAP (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado: abril 2023. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.
- Taboada, M.S. y R. Oliver G. (2004). Cultivos alternativos en México. Primera Edición Editorial AGT Editor, S.A. México, D.F. 169 P
- Tardío, J., Molina, M., Aceituno, L., Pardo, M., Morales, R., Fernández, V., Morales, P., García, P., Cámara, M. y Sánchez, M. C. (2011). *Montia fontana* L. (Portulacaceae), una interesante hortaliza silvestre tradicionalmente consumida en la Península Ibérica. Recursos genéticos y evolución de los cultivos. 58: 1105-1118.
- Valenzuela, J.L., M. Guzmán, A. Sánchez, A. del Río y L. Romero. (1993). Relationship between biochemical indicators and physiological parameters of nitrogen and physiological plant age. pp: 215-257. In: M.A.C. Frago y M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Zocco, J. L. (1999). Producción artesanal de semilla de variedades de maíz. Boletín Informativo DANAC 5 (2): 2.