



¿PUEDE EL PORTAINJERTO INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN?

Muñoz-Márquez Ezequiel¹; Sánchez-Chávez Esteban^{1*}; Flores-Córdova, María Antonia¹; Sida-Arreola, Juan Pedro¹.

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor responsable:esteban@ciad.mx; Ave. 4ª sur, Núm. 3820, Col. Vencedores del desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. CP 33089; Tel. +52(693)-474-8400

Resumen

El cultivo de plantas injertadas se ha incrementado en muchos países del mundo, diversas investigaciones muestran que los portainjertos inducen importantes cambios en la planta. Para el pimiento morrón, que tiene altos costos de producción, es de vital importancia la calidad, sanidad y rendimiento del cultivo. Para lograr este objetivo se emplean diferentes técnicas de producción, de las cuales, el uso de portainjertos es de particular importancia. Por ello, en el presente estudio se evaluaron cinco variedades de pimiento morrón (Sweet, Fascinato, Janette, Orangela y Robusto) injertadas con los portainjertos Terrano y Robusto. Las plantas fueron cultivadas en casa sombra y con fertilización constante de macro y micronutrientes mediante fertirriego. Se evaluó el contenido de nitrógeno total foliar, altura de planta y rendimiento. Los resultados mostraron que los tratamientos presentan diferencia significativa en rendimiento, contenido de nitrógeno foliar y altura de planta. Por tal motivo, el uso de los portainjertos Terrano y Robusto es una alternativa efectiva para incrementar la productividad de las variedades de chile pimiento morrón.

Palabras clave

Capsicum annum L., producción, nitrógeno, altura,

Introducción

El mayor porcentaje de las más de 5,800 hectáreas de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) producidas en el campo mexicano e invernaderos del país se destina a la exportación. Siendo los principales destinos comerciales Estados Unidos y Canadá, registrando hasta 240,000 toneladas en un año (Castellanos y Borbón, 2009).

La producción de pimiento morrón tienen un costo elevado, pero la inversión se justifica cuando el rendimiento por unidad de superficie y/o el precio del producto en el mercado son altos. En general, el pimiento morrón producido en agricultura protegida puede alcanzar un precio cinco veces mayor que el que proviene de cielo abierto, siempre y cuando cumpla con la calidad y sanidad establecida por la normatividad vigente, sobre todo si se comercializa cuando el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, amarillo, anaranjado, etc.) (Jovicich *et al.*, 2004).

Pensando en mejorar las características de este cultivo, se ha empleado el uso de injertos, ésta práctica ha tomado importancia en muchos países del mundo (Lee and Oda, 2003) ya que su efectividad se ha demostrado en importantes cultivos como tomate, pepino, melón, sandía entre otros, incrementando resistencia a enfermedades del suelo (Davis *et al.*, 2008), tolerancia



a la salinidad (Abdelmageed and Gruda, 2009, mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes (Santa-Cruz *et al.*, 2002) y la producción y calidad del fruto (Colla *et al.*, 2006). El cultivo de plantas injertadas ha crecido grandemente, debido principalmente al descubrimiento que una misma variedad puede ser injertada con diferentes portainjertos y ser trasplantadas en campo abierto o en invernadero (Rivero *et al.*, 2003). Diversas investigaciones muestran que los portainjertos inducen cambios en la nutrición de la planta (Tagliavini *et al.*, 1992). En trabajos realizados por Ruiz *et al.*, (1997) un cambio en el portainjerto altera el contenido foliar de ciertos elementos esenciales para las plantas, principalmente el nitrógeno.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar cinco variedades de pimiento morrón injertadas y el efecto de dos portainjertos sobre el contenido de N foliar y rendimiento del cultivo.

Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

Para el experimento, se evaluaron las siguientes variedades comerciales de pimiento morrón: Janette/Terrano (amarillo), Sweet/Robusto (verde), Fascinato/Robusto (rojo), Orangela/Terrano (anaranjado) y Fascianto/Terrano (rojo). Los portainjertos y las variedades fueron sembradas en diciembre de 2012 y enero del 2013 respectivamente, llevando a cabo el injerto 31 días después de la siembra del portainjerto. Cinco semanas después, las plántulas fueron trasplantadas a casa sombra en el suroeste de Delicias, Chih.

En la casa sombra, la textura del suelo consistió en franco arcillo arenosa con 29.84% de arcilla, 12.08 de limo y 57.36% de arena, además de las siguientes características: N inorgánico (50.17 ppm), P (64.14 ppm), CIC (32.5 me•100g), conductividad eléctrica (0.84 ds•m), MO (1.68%), pH (7.72). El diseño experimental correspondió a un diseño de bloques completos al azar.

El programa de fertilización se llevó a cabo en las siguientes formas y dosis: NH_4NO_3 (92.2 $\text{g}\cdot\text{m}^2$), urea (0.8 $\text{g}\cdot\text{m}^2$), 5-30-00 (49.5 $\text{mL}\cdot\text{m}^2$), KNO_3 (26.3 $\text{g}\cdot\text{m}^2$), Ca (NO_3)₂ (46.8 $\text{g}\cdot\text{m}^2$), K_2SO_4 (25.2 $\text{g}\cdot\text{m}^2$) y Mg SO_4 (85.6 $\text{g}\cdot\text{m}^2$). Suplementando con los productos comerciales: super K (14.2 $\text{mL}\cdot\text{m}^2$), Flusing 8-24(33.5 $\text{mL}\cdot\text{m}^2$).

El tutorado se efectuó con cordones de rafia y cada rama presentó su propia línea de tutor. La altura de la planta (AP) se midió en centímetros (cm), considerada de la base del tallo al extremo distal.

Muestreo y análisis vegetal

Se tomaron muestras foliares en plantas con hojas completamente desarrolladas. Las muestras fueron enjuagadas con agua desionizada y se pusieron a secar en un horno de aire forzado a 70°C por 24h. Posteriormente, se molieron en una licuadora de vaso pequeño y el material seco se transfirió a bolsas de plástico para su posterior análisis nutricional.

Se realizó el análisis para determinar la concentración de nitrógeno total foliar a través de la técnica convencional de Micro-Kjeldahl (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011). El rendimiento fue expresado por la media de la producción por planta. El corte se realizó al momento que los frutos presentaron las características deseables y aceptables en color y calibre, designando el valor comercial de la producción. Los resultados fueron expresados en Kg/hectárea.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. La diferencia de la prueba de separación de medias de acuerdo a la prueba LSD (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; NS, No Significativo).

Resultados y Discusión

Los resultados mostraron que existe diferencia significativa entre tratamientos (Figura 1). La variedad Robusto con el portainjerto Terrano obtuvo el mejor rendimiento, superando en 5.53% a la variedad Sweet con portainjerto Robusto la cual fue la segunda más productiva. El menor rendimiento lo registró la variedad Orangela con portainjerto Terrano con un 38.11% menos en comparación con la variedad más productiva. La efectividad de los portainjertos se vio reflejada con los resultados obtenidos, ya que la baja en la producción se debió a las características particulares de la variedad Orangela. En 1997, Romero, *et al.*, obtuvieron resultados similares al comparar diferentes portainjertos en cultivo de melón.

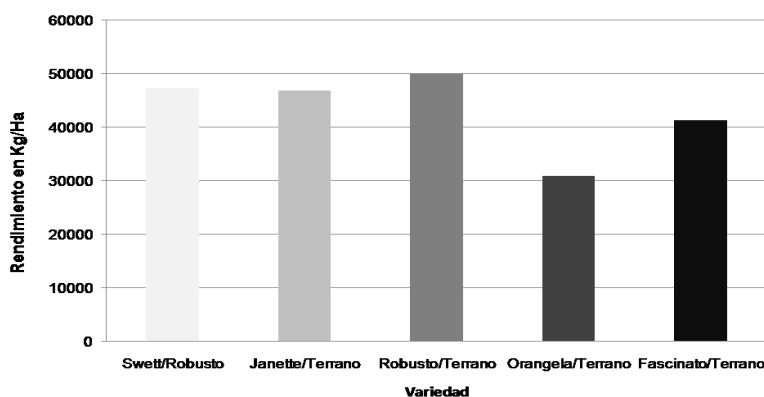


Figura 1. Rendimiento de fruto en plantas de chile pimiento Morrón.

Analizando el contenido de nitrógeno total foliar, se observó que los tratamientos Janette/Terrano con 3.08% y Orangela/Terrano con 2.99% tuvieron los niveles más altos de éste macronutriente (Figura 2). En contraste con producción, el contenido de N de la variedad Orangela no garantizó mayor rendimiento. Ruíz *et al.* (1997), evaluaron dos portainjertos y su efecto sobre el N en hojas de melón, encontrando que éste elemento fue influenciado por el genotipo del portainjerto, midiendo el contenido de nitratos en comparación con plantas no injertadas.

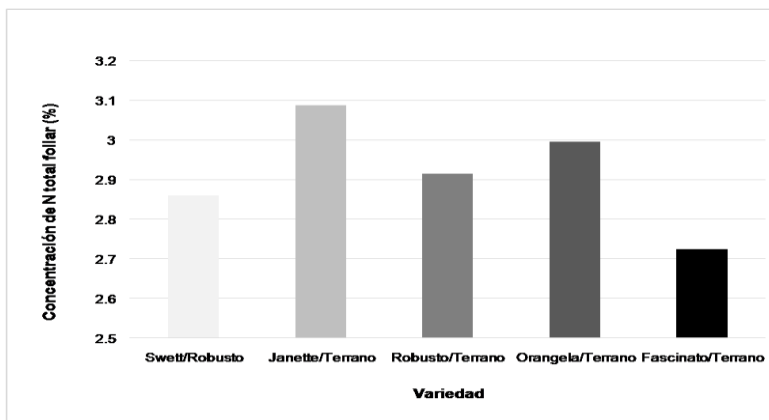


Figura 2. Concentración de nitrógeno total foliar en plantas de chile pimiento Morrón.

Se midió también la altura de las plantas, y se observó que la variedad Orangela presentó mayor altura durante los tres meses de medición, superando con un promedio de 22 cm a la variedad Sweet/Robusto y por encima de 30 cm a las demás variedades (Figura 3). Sin embargo, el aumento en la altura de las plantas no garantizó mayor producción, ya que las demás variedades evaluadas superaron en gran cantidad el rendimiento de la variedad Orangela. En 1996, Davenport reporta que elevadas concentraciones de nitrógeno en la planta pueden inducir mayor crecimiento vegetativo y menor fructificación.

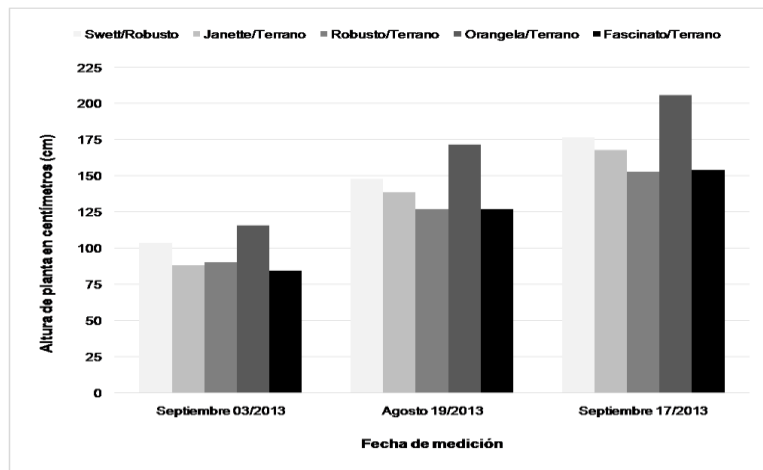


Figura 3. Altura de plantas de chile pimienta morrón

Conclusiones

El uso de los portainjertos Terrano y Robusto es una alternativa natural y efectiva para mejorar productividad de las variedades de pimienta morrón. Así mismo, en base en los resultados obtenidos, puede suponerse que dichos portainjertos promueven la asimilación del nitrógeno, controlando el crecimiento vegetativo y produciendo más frutos por planta.

Bibliografía

- Abdelmageed, A. H. A.; N. Grud. 2009. Influence of grafting on growth, development and some physiological parameters of tomatoes under controlled heat stress conditions. *Eur. J. Hortic. Sci.* 74, 16–20.
- Castellanos, J.Z.; C.M. Borbón. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México, pp. 1-18. *In: Manual de producción de tomate en invernadero.* Castellanos, J.Z. (ed.) Intagri. Guanajuato, México.
- Colla, G., Y. Roupael; M. Cardarelli; D. Massa; A. Salerno; E. Rea. 2006. Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 81, 146–152.
- Davis, A.R., P. Perkins-Veazie; Y. Sakata; S. López-Galarza; J.V. Maroto; S.G. Lee; Y.C. Huh; Z. Sun; A. Miguel; S.R. King; R. Cohen; J.M. Lee. 2008. Cucurbit grafting. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27, 50–74.
- Jovicich, E.; D.J. Cantliffe; J.J. Vansickle. 2004. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of pepper in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81-85.
- Lee, J.M.; M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hortic. Rev.* 28, 61–124.
- Legaz, F.; M.D Serna; E. Primo-Millo, 1995. Mobilization of the reserve N in citrus. *Plant and Soil* 173:205-210.
- Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Sánchez, E., Romero, L., 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress condition. *Food, Agriculture and Environment* Vol. 1 (1): 70-74.



DIVISIÓN II

- Romero, L.; A. Belakbir; L. Ragala and J.M. Ruiz. 1997. Response of plant yield and leaf pigment to saline conditions: Effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo*L.). *Soil Sci. Plant Nutr.* 43 (2) 855-862.
- Ruiz, J.M.; A. Belakbir; I. López-Cantarero and L. Romero. 1998. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants: a model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Sci. Hortic.* 71, 227-234.
- Ruiz, J.M.; M. Baghour; G. Bretones; A. Belakbir and L. Romero. 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): Role of boron as a possible regulatory factor. *Int. J. PlantSci.* 159, 121-126.
- Sánchez-Chávez, E.; E. Muñoz-Márquez; M.L. García-Bañuelos y A. Guevara-Aguilar. 2011. Eficiencia de uso del Nitrógeno en nogal pecanero bajo un sistema de Fertirrigación. ISBN: 978-84-89720-16-9. Granada, España.
- Santa-Cruz, A.; M.M. Martínez-Rodríguez; F. Pérez-Alfocea; R. Romero-Aranda; M.C. Bolarin. 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response dependson the shoot genotype. *Plant Sci.* 162, 825–831.



CONCENTRACIÓN DE N, P Y K EN *Zantedeschia elliotiana* EN FUNCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN CON N Y K

Torres-Flores, N.1*; Trejo-Téllez, L.1; Trejo-Téllez, B.2; Gómez-Merino, F. C.3

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México. México.

²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.

*Autor responsable: nadia.torres@colpos.mx; Carretera México-Texcoco km 36.5, Col. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-9520200.

Resumen

La presente investigación evaluó el efecto de tres dosis de N (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y tres dosis de K (4, 6 y 8 g planta⁻¹) en etapa reproductiva, en la concentración nutrimental de NPK, en espata, tallo y hojas al corte, en *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare. Para lo anterior se condujo un experimento completamente al azar evaluando nueve tratamientos, resultado de la combinación las dosis de N y K antes referidas. Las mayores concentraciones nutrimentales de N en espatas, tallos y hojas se obtuvo con la aplicación de la dosis más alta de N y las dosis baja de K (2.5 y 4 g planta⁻¹, respectivamente). La concentración nutrimental de P en espatas, no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En tallos, la mayor concentración de P se tuvo con la aplicación de 1.5 g N planta⁻¹ y 6 g K planta⁻¹; mientras que, la mayor concentración de P en hojas se obtuvo con las dosis de 2.5 g N planta⁻¹ y 8 g K planta⁻¹. El K en espata tuvo la mayor concentración con la aplicación de 0.5 g N planta⁻¹ y 6 g K planta⁻¹; mientras que en tallos, las dosis de 1.5 g N planta⁻¹ y 6 g K planta⁻¹ incrementan significativamente la concentración de K. En hojas, la concentración de K se incrementa con las dosis más altas evaluadas de N y K en esta investigación.

Palabras clave

Zantedeschia elliotiana; concentración nutrimental

Introducción

En nuestro país el cultivo de alcatraz de color (*Zantedeschia* spp), no está difundido a pesar de la gran aceptación que hay por lo consumidores finales; debido a que ofrecen una amplia diversidad de uso para la industria ornamental como flor de corte, en maceta y en jardín. El tiempo de explotación es reciente, aunque en los últimos años se ha logrado incrementar por el gran potencial que tiene este cultivo (García, 1996). La disponibilidad de nutrientes es uno de los factores determinantes en el desarrollo sano, vigoroso y equilibrado de las plantas de alcatraz (Domínguez, 1989). De acuerdo con Clark y Bolding (1991), el N y K son los nutrientes que más se requieren durante las semanas 6 a 12 del ciclo del cultivo; por ejemplo, existe una absorción neta de 403 kg K ha⁻¹, durante el ciclo de producción.



DIVISIÓN II

Segeren (2010), encontró que en el cv. Black Magic la mayor demanda de nutrimentos se presentó entre los 42 y los 56 días después de la plantación, mientras que para el cultivar Chianti se dio de los 42 a los 70 días después de la plantación.

El N se encuentra en la planta en forma orgánica lo que favorece el proceso fotosintético y la producción de follaje (Favela *et al.*, 2006). El K por su parte es necesario para que la planta desarrolle la parte vegetativa, además de promover la brotación de yemas apicales (Gómez, 2009); es el nutrimento que más se acumula en raíces y que está distribuido en toda la planta, constituye aproximadamente el 10% del peso seco de las plantas (Marschner, 2005).

En el contexto anterior, este trabajo plantea como objetivo la evaluación en *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare la absorción de NPK en los tallos florales para determinar el máximo potencial en el rendimiento en función de la nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y de la nutrición potásica en etapa reproductiva.

Materiales y Métodos

Para esta investigación se utilizaron rizomas de la especie *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare. Para evitar problemas con enfermedades fungosas los rizomas fueron desinfectados con una solución de Mancozeb® + Tecto® 60 a razón de 2 g L⁻¹ de agua durante 15 min. Con la finalidad de favorecer la floración; inmediatamente después de ser desinfectados se sumergieron en una solución de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico, por 15 min. Posterior a la desinfección, los rizomas fueron plantados en bolsas de polietileno negro 25 x 25 cm, siendo éstas las unidades experimentales. El sustrato usado fue una mezcla de tezontle de 3 mm + Agrolita® (60/40, v/v). Se evaluaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) durante la etapa vegetativa y de tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g planta⁻¹) en la etapa reproductiva. Se utilizó un experimento completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Los niveles de N y K evaluados fueron suministrados de manera fraccionada durante las etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente, en la solución nutritiva de Steiner al 100% (Steiner, 1984), sin modificación en el resto de los nutrimentos que la constituyen. La aplicación de tratamientos se inició 15 días después de la plantación, suministrando 250 mL por maceta dos veces por semana.

Durante la fase de senescencia se evaluaron las concentraciones nutrimentales de N, P y K en espata, tallos y hojas. La concentración de N total se determinó empleando el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965); y las determinaciones de P y K, se realizaron mediante digestión húmeda del material seco (Alcántar y Sandoval, 1999). La lectura de los extractos obtenidos después de la digestión y filtrado se determinaron en el equipo Optical Emission Spectrometer (ICP), modelo Varian 725-ES.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

La concentración nutrimental en especies bulbosas, representa una competencia entre los tejidos vegetativos y los órganos de reserva que es alterada por factores ambientales (Gómez, 2009). En *Z. elliotiana*, la concentración de N en espatas se favorece a medida que la dosis de

DIVISIÓN II

este elemento se incrementó; por el contrario, mayores dosis de K reducen la concentración de este elemento en flores. En la concentración de N en tallos se observa incremento con la aplicación de las dosis de más alta de N ($2.5 \text{ g planta}^{-1}$) y la dosis media y alta de K ($6 \text{ y } 8 \text{ g planta}^{-1}$). En hojas, las mayores concentraciones de N se registraron en plantas tratadas con la dosis más alta de este elemento en la etapa vegetativa y no se observaron efectos de los tratamientos con K (**Figura 1**).

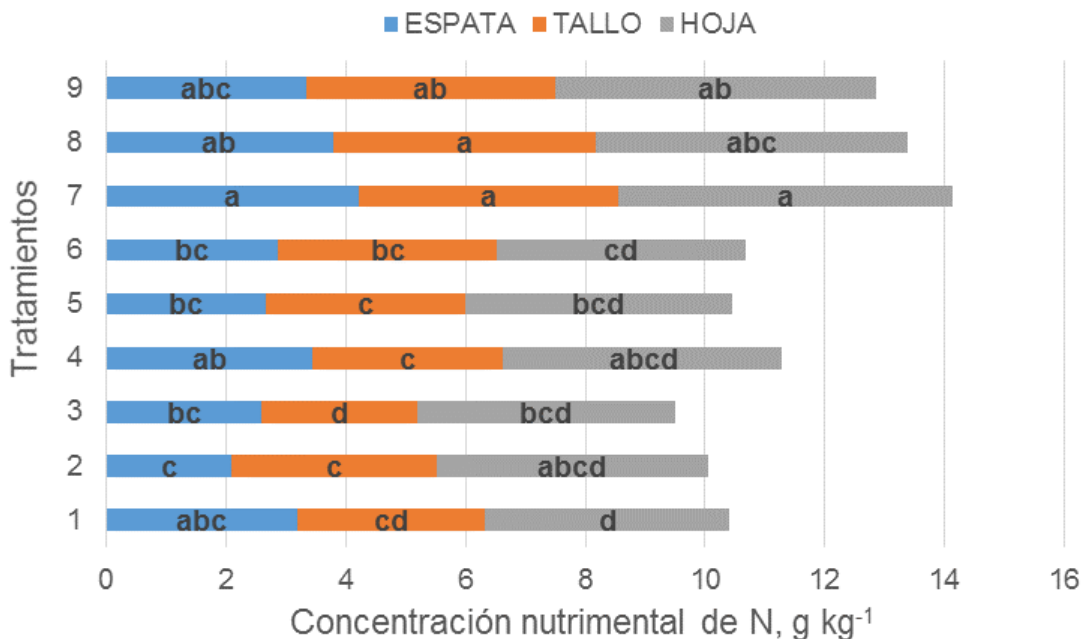


Figura 1. Concentración nutrimental de N, en espatas, tallos y hojas de alcatraz *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos. Tratamientos: 1=0.5 y 4 g de N y K por planta; 2=0.5 y 6 g de N y K por planta; 3=0.5 y 8 g de N y K por planta; 4=1.5 y 4 g de N y K por planta; 5=1.5 y 6 g de N y K por planta; 6=1.5 y 8 g de N y K por planta; 7=2.5 y 4 g de N y K por planta; 8=2.5 y 6 g de N y K por planta; 9=2.5 y 8 g de N y K por planta; respectivamente.

En la concentración nutrimental de P en espatas, no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. La concentración nutrimental de P en tallos presentó, la mayor concentración con la aplicación de $1.5 \text{ g planta}^{-1}$ de N y 6 g planta^{-1} de K; es decir, con las dosis medias de cada elemento; la concentración foliar de P, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, donde las mayores concentraciones de este elemento se obtienen en el tratamiento consistente en las dosis más altas de N en etapa vegetativa y K en etapa reproductiva (**Figura 2**).

La mayor concentración de K en espatas se obtuvo con la aplicación de $0.5 \text{ g N planta}^{-1}$ y $6 \text{ g K planta}^{-1}$, observándose que la concentración de K en espata, disminuye a medida que la dosis de K en la solución nutritiva se incrementa. La mayor concentración nutrimental de K en tallos se obtiene con el suministro de $1.5 \text{ g N planta}^{-1}$ y de $6 \text{ g K planta}^{-1}$ de K, observando que no hay una tendencia clara sobre los efectos de las dosis aplicadas. De la misma manera, la mayor concentración nutrimental de K en hojas se obtiene con las dosis más altas evaluadas de cada elemento (**Figura 3**).

DIVISIÓN II

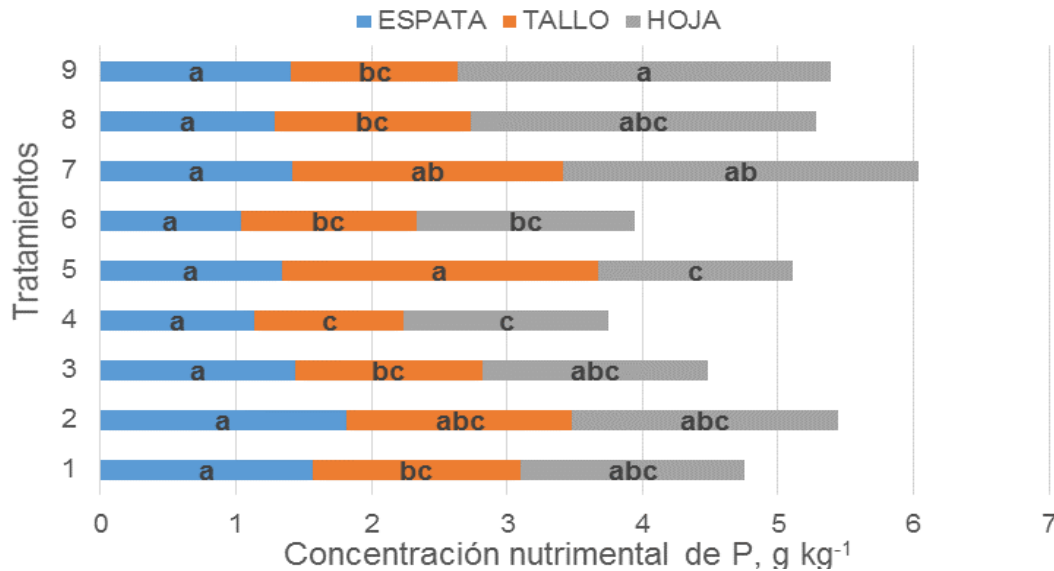


Figura 2. Concentración nutrimental de P, en espatas, tallos y hojas de alcatraz *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos. Tratamientos: 1=0.5 y 4 g de N y K por planta; 2=0.5 y 6 g de N y K por planta; 3=0.5 y 8 g de N y K por planta; 4=1.5 y 4 g de N y K por planta; 5=1.5 y 6 g de N y K por planta; 6=1.5 y 8 g de N y K por planta; 7=2.5 y 4 g de N y K por planta; 8=2.5 y 6 g de N y K por planta; 9=2.5 y 8 g de N y K por planta; respectivamente.

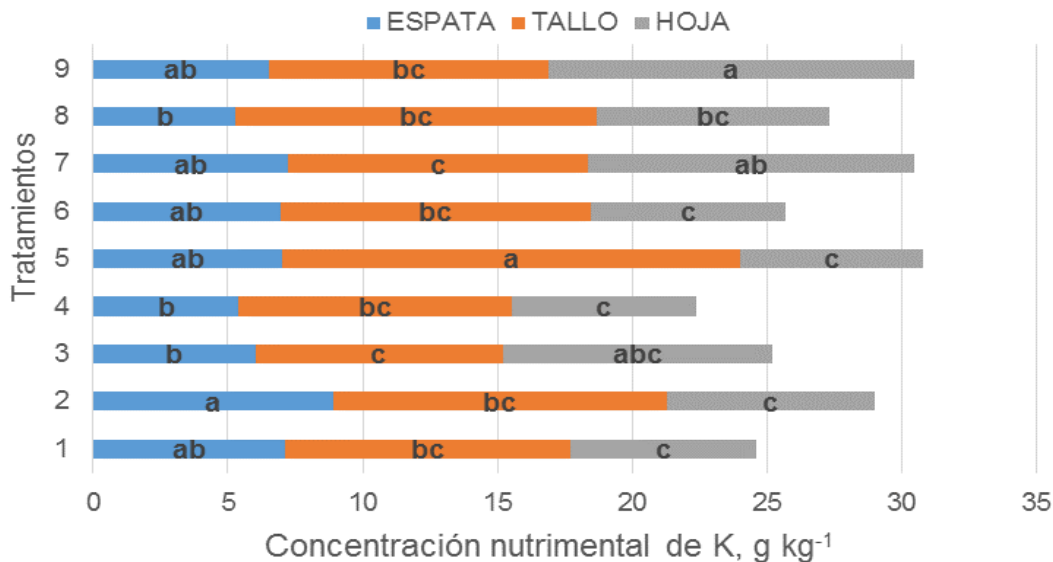


Figura 3. Concentración nutrimental de K, en espatas, tallos y hojas de alcatraz *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos. Tratamientos: 1=0.5 y 4 g de N y K por planta; 2=0.5 y 6 g de N y K por planta; 3=0.5 y 8 g de N y K por planta; 4=1.5 y 4 g de N y K por planta; 5=1.5 y 6 g de N y K por planta; 6=1.5 y 8 g de N y K por planta; 7=2.5 y 4 g de N y K por planta; 8=2.5 y 6 g de N y K por planta; 9=2.5 y 8 g de N y K por planta; respectivamente.



Conclusiones

Se concluye que *Z. elliotiana* presenta sus mayores concentraciones nutrimentales de N, P y K en espata, tallo y hojas con la aplicación de una dosis 2.5 g N planta⁻¹ en etapa vegetativa y 4 g K planta⁻¹ de K; lo que indica que es una especie con alta demanda de N en etapa vegetativa y baja demanda de K en etapa reproductiva.

Bibliografía

- Clark, C. J. and H. L. Bolding. 1991. Biomass and mineral nutrient partitioning in relation to seasonal growth of *Zantedeschia*. *Scientia Horticulturae* 47: 125-135 pp.
- Favela C. E., R, P. Preciado y M. A. Benavides. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. 148 pp.
- Marschner, H. 2005. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, London. 98 pp
- Bremner, M.J. 1965. Total nitrogen. *In: Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (ed.). 1149-1178 pp.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In: ISOSC Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. The Netherlands. 633-649 pp.
- Domínguez, V.A. 1989. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 601p.
- García R. A. 1996. Aspectos de la producción comercial de alcatraz (*Zantedeschia* spp.) una alternativa de cultivo en México. Tesis de Licenciatura. Ing. Agr. Esp. Fitotecnia UACH. Chapingo, México. 60 pp.
- Alcántar, G. G. y Sandoval V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., Chapingo, México.
- Gómez, P. S. 2009. Absorción de nutrientes de *Zantedeschia elliotiana* (calla lily) en diferentes estados fenológicos como punto de partida para la determinación de requerimientos nutricionales del cultivo en condiciones del eje cafetero colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. 181 pp.
- Segeren, F. A. 2010. Absorção de nutrientes em duas cultivares de copo-de-leite colorido (*Zantedeschia* sp.) sob fertirrigação. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". San Paulo, Brasil. 74 p.
- SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652p. SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652 pp.



ACUMULACIÓN NUTRIMENTAL EN BULBOS DE ALCATRAZ EN RESPUESTA A UNA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA

Torres-Flores, N.^{1*}; Trejo-Téllez, L.¹; Trejo-Téllez, B.²; Gómez-Merino, F. C.³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México. México.

²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.

*Autora responsable: nadia.torres@colpos.mx; Carretera México-Texcoco km 36.5, Col. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-9520200.

Resumen

Se evaluó el efecto de tres dosis de nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y tres dosis de nutrición potásica en rizomas de *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, al momento de la cosecha en la concentración nutrimental de los rizomas. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar evaluando nueve tratamientos, resultado de la combinación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g planta⁻¹) en etapa reproductiva. Las mayores concentraciones nutrimentales de N y P se registraron con dosis de 1.5 g N planta⁻¹ y de 8 g K planta⁻¹. Las mayores concentraciones de K, Ca, Mg, Fe, Cu y B se obtuvieron al aplicar 0.5 g N planta⁻¹ y 4 g K planta⁻¹; es decir, las dosis más bajas de cada elemento. Por otra parte, las mayores concentraciones de Zn y Mn se registraron con dosis de 0.5 g N planta⁻¹ y de 6 y 8 g K planta⁻¹, respectivamente. Las concentraciones iniciales en los rizomas fueron inferiores a las finales en N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe y Cu; pero para Mn y B las concentraciones fueron mayores al final del ciclo del cultivo.

Palabras clave

Zantedeschia elliotiana; nutrición nitrogenada; nutrición potásica

Introducción

La horticultura ornamental es de gran importancia en México debido a que tiene características favorables para su producción, aproximadamente 21, 970 ha se destinan a la producción de cultivos ornamentales, de las cuales el 52% (11, 424 ha) son cultivadas para producción de flores y follajes (García *et al.*, 2008). El alcatraz es una planta herbácea nativa del sur de África, la cual es producida y comercializada como flor de corte, planta de jardín y como plantas para floración en maceta (Corr y Widmer, 1991). El cultivo de *Zantedeschia elliotiana* Engler, es relativamente nuevo a nivel mundial, con una expansión en el mercado internacional para flores de corte y en la comercialización del rizoma (Schnettler *et al.*, 2006).

La fertilización del cultivo influye directamente sobre la concentración de nutrientes en los rizomas al final del ciclo del cultivo, factor importante en las plantas propagadas por rizomas, situación que se refleja en la cantidad y calidad de la flor de los ciclos siguientes (Clemens *et al.*, 1998). Los nutrientes almacenados serán el soporte del crecimiento para el siguiente ciclo de producción, dependiendo de las condiciones climáticas, éste periodo tiene una duración entre 6 y 8 semanas. Durante cada ciclo de cultivo completo los bulbos se reproducen entre un



30 y un 50% mediante el proceso de tuberización, dependiendo de las condiciones iniciales de los bulbos plantados y del manejo agronómico (Gómez, 2009).

En el contexto anterior, esta investigación plantea como objetivo la evaluación en *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare la acumulación nutrimental de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B) en los rizomas para determinar el máximo rendimiento en función de la nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y de la nutrición potásica en etapa reproductiva.

Materiales y Métodos

Se evaluaron nueve tratamientos producto de la combinación de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) durante la etapa vegetativa y de tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g planta⁻¹) en la etapa reproductiva. Esta investigación se realizó bajo condiciones de invernadero, los rizomas utilizados fueron de la especie *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare; los cuales fueron desinfectados para evitar problemas con enfermedades fungosas en una solución de Mancozeb® + Tecto® 60 a razón de 2 g L⁻¹ de agua durante 15 min; posterior a la desinfección se sumergieron en una solución de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico, por 15 min con la finalidad de favorecer la floración. Los rizomas fueron plantados en bolsas de polietileno negro 25 x 25 cm, utilizando como sustrato una mezcla de tezontle de 3 mm + Agrolita® (60/40, v/v), plantando un rizoma por bolsa, considerando las bolsas como las unidades experimentales. Se utilizó un experimento completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Los niveles de N y K fueron suministrados de manera fraccionada durante las etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente, en la solución nutritiva de Steiner al 100% (Steiner, 1984), sin modificación en el resto de los nutrimentos que la constituyen. La aplicación de tratamientos se inició 15 días después de la plantación, aplicando 500 mL en dos riegos por semana.

Las determinaciones se realizaron al inicio de la plantación y al momento de la cosecha; se evaluaron las concentraciones nutrimentales de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B en bulbos de las dos especies evaluadas; la concentración de N total se determinó empleando el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965); y las determinaciones de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B, se realizaron mediante digestión húmeda del material seco (Alcántar y Sandoval, 1999). La lectura de los extractos obtenidos después de la digestión y filtrado se determinaron en el equipo Optical Emission Spectrometer (ICP), modelo Varian 725-ES.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

Pinochet (1999), menciona que la demanda de N en plantas bulbosas, usualmente no es cubierta por el órgano de reserva, por tanto, es necesaria la aplicación de este nutrimento de acuerdo a los requerimientos de cada especie.

En rizomas de *Z. elliotiana*, la mayor concentración de N y P se registró en plantas tratadas con 1.5 g N planta⁻¹ y 8 g K planta⁻¹ de K, donde se observa que a medida que se aumentaron las dosis de N y K, se va disminuyendo la concentración de P en rizoma. La concentración de K más alta se obtuvo aplicando 0.5 g N planta⁻¹ y 4 g K planta⁻¹ de K; es decir, las dosis más bajas de cada elemento. Comparando los valores iniciales de NPK en los rizomas, se observa que en los tres elementos las concentraciones finales fueron superiores a las iniciales (**Figura 1**). Rees (1992) menciona que el NPK se movilizan desde el órgano de reserva hacia la parte aérea en los primeros días de crecimiento; una vez teniendo los botones florales, las flores se convierten

DIVISIÓN II

en el órgano de mayor demanda, en el caso de las flores de maceta, estos nutrientes son trasladados al órgano de reserva, para favorecer la producción del ciclo siguiente.

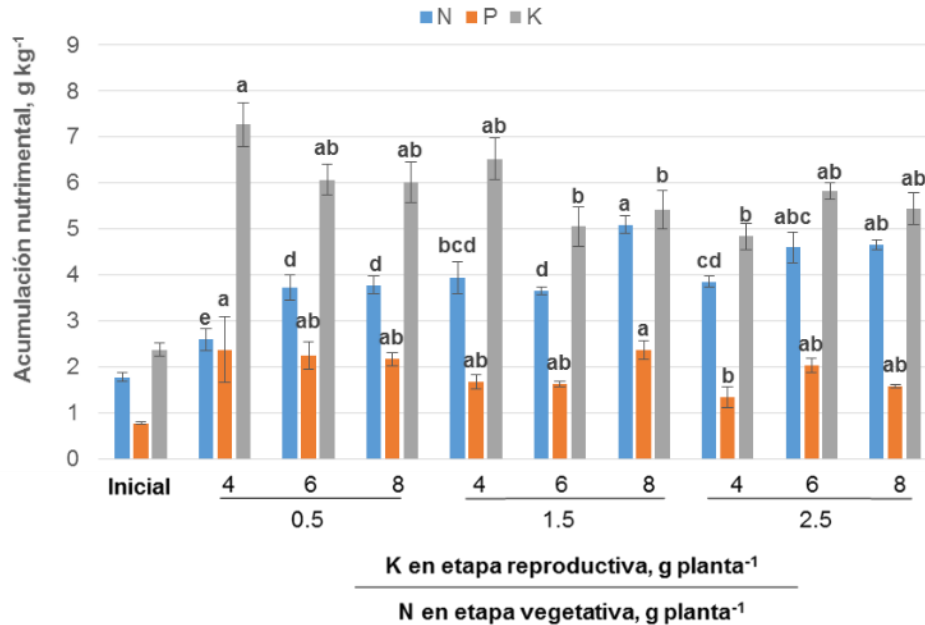


Figura 1. Concentración nutrimental de N, P, K, en rizomas de alcatraz *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En rizomas de *Z. elliotiana*, las mayores concentraciones de Ca, Mg y Zn se obtuvieron al aplicar 0.5 g N planta⁻¹ y 4 g K planta⁻¹, a excepción del Zn que requiere de la dosis media de K (6 g planta⁻¹); en general se observa que existe una disminución de las concentraciones de estos elementos a medida que se aumentaron los niveles de N y K en la solución nutritiva. Comparando los valores iniciales de Ca, Mg y Zn en los rizomas, se observa que en los tres elementos las concentraciones finales fueron superiores a las iniciales (**Figura 2**).

En esta especie, la mayor concentración de Fe se obtuvo aplicando 0.5 g N planta⁻¹ y 8 g K planta⁻¹; para incrementar concentraciones de Cu se requirió de las dosis más bajas de cada nutriente. Existió una tendencia de aumento en la concentración de Mn a medida que se incrementaron los niveles tanto de N como de K, aunque la mayor concentración de este micronutriente se observó con 0.5 g N planta⁻¹ y 8 g K planta⁻¹. Por otra parte, las dosis de 0.5 g N planta⁻¹ y 4 g K planta⁻¹ produjeron la mayor concentración de B en rizoma. (**Figura 3**).

DIVISIÓN II

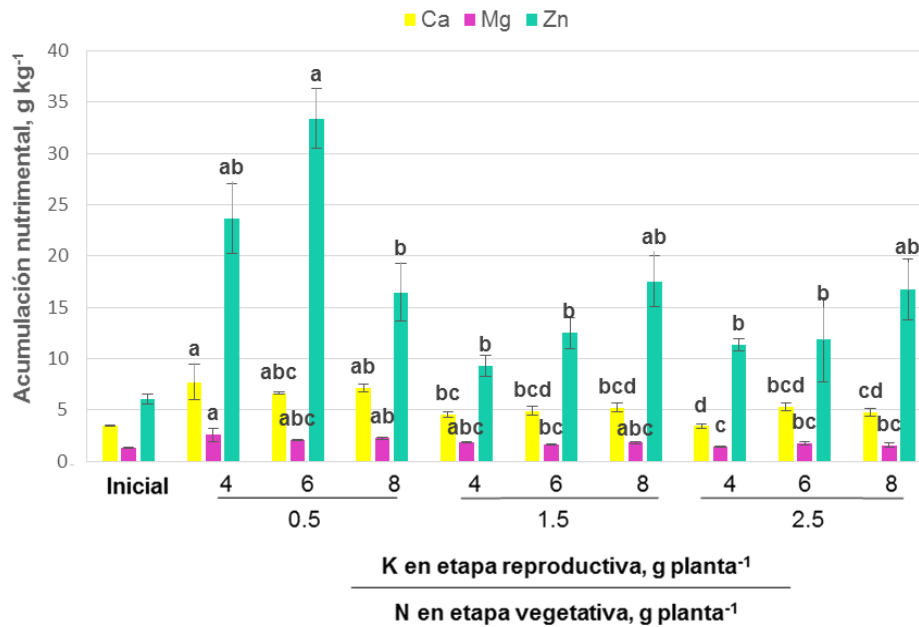


Figura 2. Concentración nutrimental de Ca, Mg, Zn en rizomas de alcatraz *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

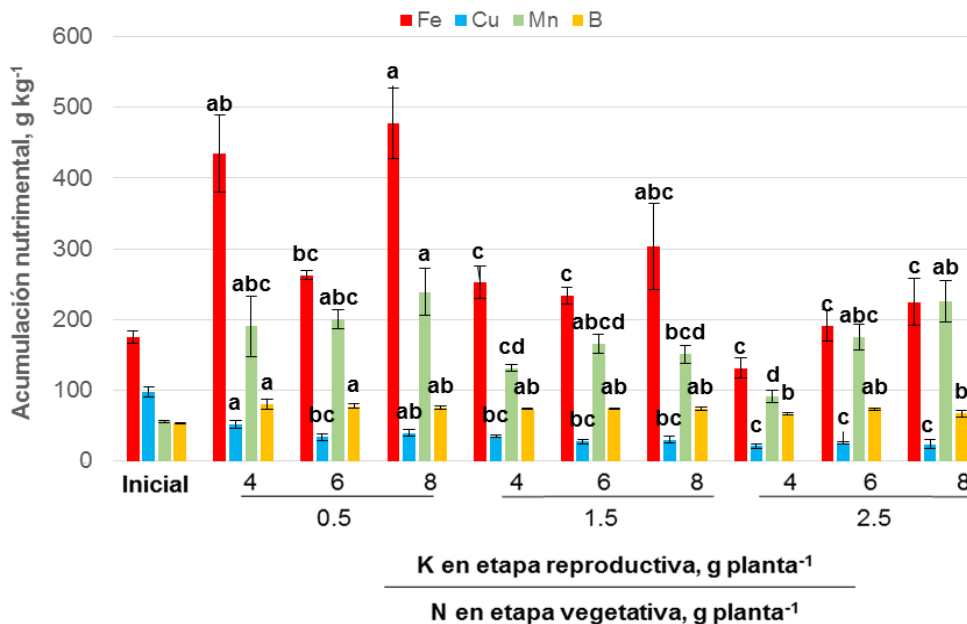


Figura 3. Concentración nutrimental de Fe, Cu, Mn y B en rizomas de alcatraz *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.



Conclusión

En *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare, la mayor concentración de N en rizomas se obtuvo con una dosis de 1.5 g N planta⁻¹ en etapa vegetativa y 8 g K planta⁻¹ en etapa reproductiva; mientras que, para el resto de los nutrimentos se obtuvo con la dosis bajas de cada nutrimento (0.5 g N planta⁻¹ en etapa vegetativa y 4 g K planta⁻¹ en etapa reproductiva). Lo anterior permite concluir que esta especie presenta baja demanda de estos elementos esenciales para el buen desarrollo del cultivo.

Bibliografía

- Alcántar, G. G. y Sandoval V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., Chapingo, México.
- Bremner, M.J. 1965. Total nitrogen. *In*: Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (ed.). 1149- 1178 pp.
- Clemens, J., D. Dennis. R. Butler., M. Thomas., A. Ingle., y T. Welsh. 1998. Mineral nutrition of *Zantedeschia* plants affects plant survival, tuber yield, and flowering upon replanting. *Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology* 73(6): 755-762 pp.
- Corr B. E. and R. E. Widmer. 1991. Paclobutrazol, Giberellic Acid, and Rhizome Size Affect Growth and Flowering of *Zantedeschia*. University of Minnesota, St. Paul. *HortScience* 26(2): 133-135.
- García D. J. J., M. H. Chalate y H. R. San Juan. 2008. Identificación y Priorización de la Megacadena Ornamental en el estado de Veracruz. Fundación Produce. Tepetates, Veracruz.
- Gómez, P. S. 2009. Absorción de nutrientes de *Zantedeschia elliotiana* (calla lily) en diferentes estados fenológicos como punto de partida para la determinación de requerimientos nutricionales del cultivo en condiciones del eje cafetero colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. 181 pp.
- Pinochet, D. 1999. Fertilización de plantas bulbosas. *In*: Cultivo y manejo de plantas bulbosas ornamentales.
- Rees, A. R. 1992. Ornamental bulbs, corms and tubers. Wallingford, England. 210 pp.
- SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652p. SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652pp.
- Schnettler M. B., S. A. Mera. y S. R. Pihan. 2006. Evaluación técnico económica de la producción de calas de color en la región de la Araucanía, Chile. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 24(1): 17-24 pp.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: ISOSC Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. 633-649 pp.



SUPERFICIES DE RESPUESTA PARA MODELAR EL ESPACIO POROSO TOTAL EN SUSTRATOS

Ávila-Ayala, R.¹; Ordaz-Chaparro, V. M.^{2*}; Etchevers-Barra, J. D.³; Aldrete, A.⁴

^{1,2*,3}Edafología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

⁴Forestal. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

*Víctor Manuel Ordaz Chaparro: ordaz@colpos.mx; Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco Edo de México. C. P. 56230.

Resumen

Diversos materiales se utilizan como sustratos, pero separados no reúnen todas las características óptimas para la planta; por esto se formulan mezclas en proporciones diferentes. El propósito de este estudio fue evaluar mezclas de materiales y su relación con la porosidad total del sustrato. Se utilizó el diseño experimental "San Cristóbal", el cual es una metodología de superficie de respuesta que modeló el comportamiento del tezontle, el aserrín y el compost en 11 mezclas a través de regresión multilínea. El modelo de mayor ajuste para el espacio poroso total obtuvo un coeficiente de determinación de 0.96 y el cuadrado medio del error de 0.67. El aserrín ejerció efecto lineal positivo mientras que la influencia del tezontle fue negativa. El diseño "San Cristóbal" permitió identificar la influencia de los materiales en la porosidad y redujo el tiempo de los ensayos para la optimización de mezclas.

Palabras clave

Diseño "San Cristóbal"; mezcla; aserrín.

Introducción

Existen materiales diversos aptos para sustrato, aunque raramente reúnen por sí solos las características físicas adecuadas de porosidad. En la mayoría de los casos será necesario mezclarlos con uno o más materiales, para ajustarlos a las condiciones apropiadas que las plantas requieren (Abad *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2010). Generalmente, las proporciones para preparar las mezclas se establecen arbitrariamente y la mezcla mejor se selecciona en dependencia de la respuesta del cultivo (acierto y error); es decir, actualmente no se realiza una optimización previa de las mezclas (Zamora *et al.*, 2005). Con este enfoque se han realizado diversos estudios (Melgar y Pascual, 2010; Aklibasinda *et al.*, 2011; Gungor y Yildirim, 2013); y en otros se han propuesto metodologías estadísticas: en arreglos factoriales (González *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2012), programación lineal (Zamora *et al.*, 2005; Vargas *et al.*, 2008; Cruz *et al.*, 2010), regresión no lineal (Díaz y Requejo, 2012) y modelos logarítmicos (Terés *et al.*, 2007). Otras técnicas de optimización como los métodos de superficie de respuesta (MSR), no se han reportado para evaluar sustratos. Esta metodología permite que el investigador inspeccione, de manera visual, la respuesta para cierta zona de niveles de los factores de interés y evaluar la sensibilidad a los factores de tratamiento y la ecuación de respuesta estimada permitirá localizar un punto estacionario que quizá sea un máximo, un mínimo o una deflexión en la superficie (Kuehl, 2001). Existen varios MSR, entre ellos el compuesto central modificado por Rojas (1962) (diseño "San Cristóbal"), que reduce el número



DIVISIÓN II

de tratamientos del arreglo factorial con tres o más factores y, además, permite una representación multidimensional de las combinaciones de factores. La presente investigación tuvo como objetivo utilizar el diseño “San Cristóbal” para modelar el comportamiento de mezclas de tezontle, aserrín y compost en relación a la porosidad total.

Materiales y Métodos

Se utilizó tezontle, aserrín y compost en cuatro proporciones cada uno y se realizaron mezclas mediante la matriz de distribución de tratamientos “San Cristóbal” (Rojas, 1962; Martínez, 1988). Los materiales se transformaron a proporciones de volumen (%) para el análisis estadístico (Cuadro 1). De las mezclas resultantes se determinó el espacio poroso total (EPT) a través de su análisis físico con la metodología propuesta por De Boodt *et al.* (1974) y Ansorena (1994).

Cuadro 1. Diseño de tratamientos de las mezclas de materiales con la matriz “San Cristóbal”.

Tratamientos	Material (L)			Volumen (%)		
	T§	A	C	T	A	C
1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
2	1	1	2	0.25	0.25	0.50
3	1	1	3	0.20	0.20	0.60
4	1	2	1	0.25	0.50	0.25
5	1	3	1	0.20	0.60	0.20
6	1	3	3	0.14	0.43	0.43
7	2	1	1	0.50	0.25	0.25
8	3	1	1	0.60	0.20	0.20
9	3	1	3	0.43	0.14	0.43
10	3	3	1	0.43	0.43	0.14
11	1	1	0	0.50	0.50	0.00

§T = tezontle; A = aserrín; C = compost.

Los factores representados en los ejes fueron: en el eje “x”, tezontle (T); en el eje “y”, aserrín (A); y en el eje “z”, compost (C). Cada punto correspondió a la conjunción de tres de los cuatro niveles de factores incluidos en el diseño (0, 1, 2 y 3). Las combinaciones elegidas entre todas las posibles fueron: 1) un factorial completo del tipo 2p, donde se ubicaron los niveles 1 y 3 de cada factor (T, A y C); 2) el punto central (nivel 1 de los tres factores) y los p puntos axiales 3:1:1, 1:3:1 y, 1:1:3 (Cuadro 1).

El modelo matemático del diseño San Cristóbal es una función de regresión que obedece a un arreglo factorial fraccionado.

$$Y = b_0 + b_1T + b_2A + b_3C + b_4T^2 + b_5A^2 + b_6C^2 + b_7TA + b_8TC + b_9AC$$

donde:

Y = característica que se desea estimar, en función de tezontle, aserrín y compost (T, A y C)

b₀ = intercepto al origen; la estimación de Y debida al nivel 0 de cada factor (T = A = C = 0)

b₁, b₂, y b₃, estimadores de los efectos lineales de T, A y C, respectivamente

b₄, b₅, y b₆, estimadores de los efectos cuadráticos respectivos

b₇, b₈, y b₉, estimadores de las interacciones de primer orden entre los factores

En este modelo no existen interacciones de segundo orden.



DIVISIÓN II

Para el análisis estadístico, se utilizó el modelo general de regresión descrito arriba. Para crear distintas funciones de respuesta, se utilizó el procedimiento REG del paquete Statistical Analysis System SAS 9.0 (SAS Institute Inc., 2002), y una vez especificado el modelo inicial, se examinó si todos los términos o variables que formaban parte del mismo y se ajustó por el procedimiento BACKWARD en un nivel $\alpha \leq 0.1$. Asimismo, con los paquetes estadísticos Design-Expert 9 (Stat-Ease, 2013) y Sigma Plot 10.0 (Systat Software, 2006) en superficies de respuesta se modeló la variación tridimensional de la porosidad total.

Resultados y Discusión

El análisis físico en las diferentes mezclas con el tezontle, el aserrín y el compost se muestra en el Cuadro 2. La porosidad total (EPT) en el sustrato se favoreció con el alto contenido del aserrín, siempre y cuando el nivel de tezontle sea bajo (mezcla 5 y 6). Asimismo, no se aprecia el efecto del compost sobre el EPT.

Cuadro 2. Porosidad total de las mezclas optimizadas con el diseño "San Cristóbal".

Mezcla	T: A: C (L)	Porosidad Total (%)
1	1:1:1	70.7
2	1:1:2	71.9
3	1:1:3	70.6
4	1:2:1	71.5
5	1:3:1	75.4
6	1:3:3	74.9
7	2:1:1	66.7
8	3:1:1	63.5
9	3:1:3	68.5
10	3:3:1	68.5
11	1:1:0	66.4

T= tezontle; A = aserrín; C = compost.

Con la metodología propuesta se redujo el número de combinaciones de 64 a solo 11 (17 % de posibilidades). Este dato es superior al 7 % que se obtiene a través de programación lineal (Zamora *et al.*, 2005), pero inferior a 31.2 % cuando se utiliza regresión no lineal, propuesto por Díaz y Requejo (2012).

El análisis de varianza para el EPT mostró significancia del modelo general (p-value < 0.001). El coeficiente de determinación explicó 96.4 % ($R^2 = 0.96$) de la variabilidad en el EPT, asimismo, el CME resultó bajo (0.67). Sobre el EPT no se detectó efecto cuadrático ni lineal del compost. El modelo de regresión fue el siguiente:

$$EPT (\%) = 68.09 - 19.25T + 15.48A + 33.79TC$$

En la ecuación anterior se explica como el EPT disminuyó 19.25 % en forma lineal por cada unidad de tezontle incorporada en la mezcla, y de forma inversa, el aserrín favoreció al EPT en similar porcentaje (15.48 %). Se observó efecto positivo en la interacción del tezontle con el compost, que indicó que el efecto positivo vino del compost, es decir, a mayor cantidad del compost respecto al tezontle, el EPT se incrementó.

La representación gráfica que explica el modelo de regresión se muestra en la Figura 1. Los materiales con efecto significativo en la explicación de la variabilidad del EPT fueron el tezontle

DIVISIÓN II

y el aserrín (Figura 1A y 1B), además la interacción del tezontle con el compost (Figura 1C). La superficie de respuesta tridimensional de factores principales se muestra en la Figura 1D.

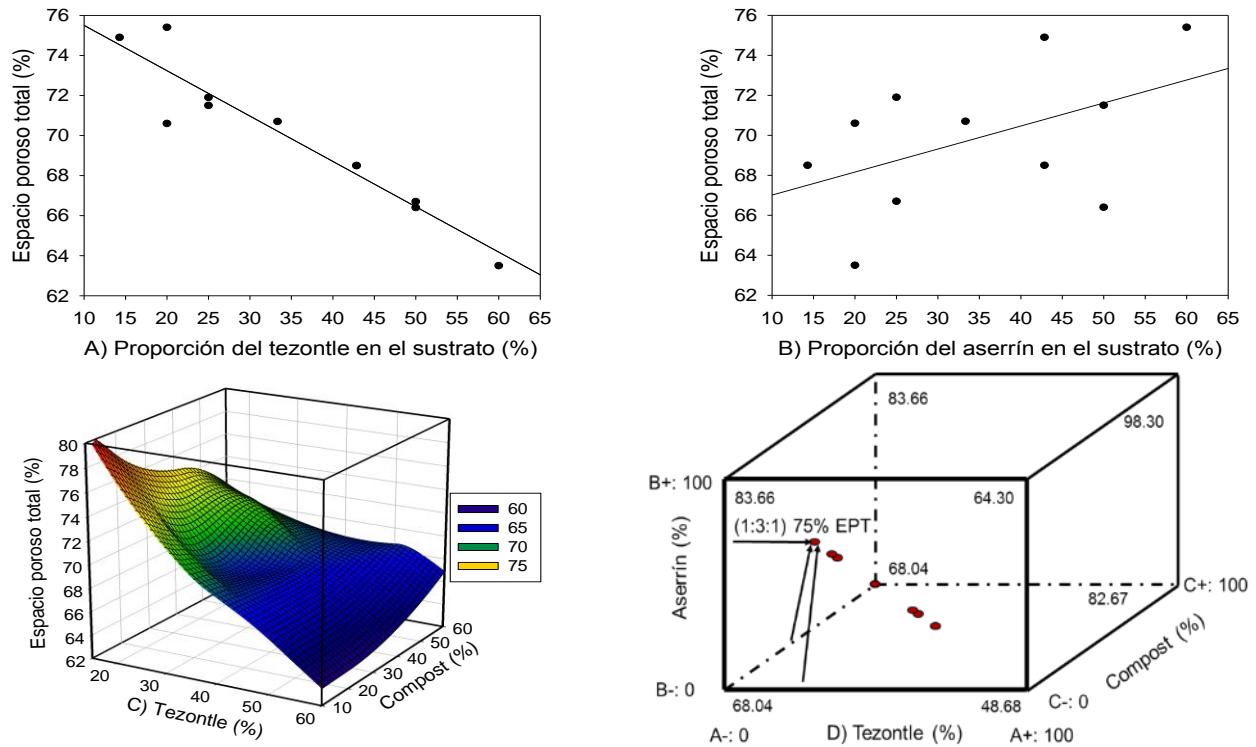


Figura 1. Efecto lineal del tezontle y del aserrín (A y B), interacción del tezontle con el compost (C) y de los factores principales (D) sobre el espacio poroso total del sustrato.

El EPT disminuyó cuando la proporción del tezontle aumentó de 14 a 60 % en el sustrato (Figura 1A) y en forma inversa si la proporción del aserrín se incrementó en la mezcla (Figura 1B). El EPT aumentó si tanto el tezontle como el compost en la mezcla son bajas y de similar cantidad (Figura 1C); el mayor EPT se obtuvo cuando estos dos materiales estuvieron en proporciones de 20 % cada uno en la mezcla. Varios autores reportan que el EPT disminuyó cuando el tezontle predomina respecto a otro material en la mezcla, por ejemplo con el aserrín (Pineda *et al.*, 2012), la perlita (Zamora *et al.*, 2005; Díaz y Requejo, 2012) y el compost (Cruz *et al.*, 2012).

El efecto principal de cada material sobre el EPT (Figura 1D) en el tezontle fue de 48.68 %, en el aserrín de 83.66 % y 68.04 % en el compost, valores similares reportaron Díaz y Requejo (2012); Pineda *et al.* (2012) y Zamora *et al.* (2005), respectivamente.

Conclusiones

La metodología de superficie de respuesta ofrece un panorama amplio de los efectos de los materiales sobre la porosidad total del sustrato; además permite identificar las interacciones que modifican el comportamiento lineal cuando aumentan o disminuyen los componentes. El aserrín favoreció el incremento del espacio poroso total y se vio afectado cuando aumentó el contenido de tezontle. El diseño "San Cristóbal" permitió identificar la influencia de los materiales en la porosidad total.



Bibliografía

- Abad B., M., P. Noguera M. y C. Carrión B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Urrestarazu G., M. (ed). Tratado de cultivo sin suelo. Mundi-Prensa. Almería, España. pp. 113 – 158.
- Aklibasinda, M., T. Tunc, Y. Bulut and U. Sahim. 2011. Effect of different growing media on Scotch pine (*Pinus sylvestris*) production. *J. Anim. Plant. Sci.* 21: 535 – 541.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. 171 p.
- Cruz C., E., M. Sandoval V., V. Volke H., V. Ordaz C., J. L. Tirado T. y J. Sánchez E. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoamericana* 28: 219 – 229.
- Cruz C., E., M. Sandoval V., V. Volke H., A. Can C. y J. Sánchez E. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1361 – 1373.
- De Boodt, M., O. Verdonk, and I. Cappaert. 1974. Method for measuring the wáter release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054 – 2062.
- Díaz G., J. A. and R. Requejo L. 2012. Use of nonlinear regression and nonlinear mathematical programming in the formulation of substrate mixtures for soil-less culture –a review-. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12: 87 – 97.
- González C., A., G. N. Grenón C., L. M. Vázquez G., A. González N. y A. Pérez H. 2011. Desarrollo de estacas de *Prunus salicina* injertadas en diferentes sustratos con lombrihumus. *Agronomía Mesoamericana* 22: 329 – 337.
- Gungor, F. and E. Yildirim. 2013. Effect of different growing media on quality, growth and yield of pepper (*Capsicum annum* L.) under greenhouse conditions. *Pak. J. Bot.* 45: 1605 – 1608.
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos. Thompson Learning. Segunda edición. México, D. F. 666 p.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Trillas. México, D. F. Pp. 329 – 404.
- Melgar R., R. and M. I. Pascual A. 2010. Characterization and use of a vegetable waste vermicompost as an alternative component in substrates for horticultural seedbeds. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8: 1174 – 1182.
- Pineda P., J., F. Sánchez del C., A. Ramírez A., A. M. Castillo G., L. A. Valdés A. y E. C. Moreno P. 2012. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 18: 95 – 111.
- Rojas B., A. 1962. The San Cristobal design for fertilizer. *Proceedings of the 11th Congress of the International Society for Sugar Cane Technology* 11: 197 – 203. <http://www.issct.org/proceedings/1962.html> Citado el 3 de junio de 2015.
- SAS Institute Inc. 2002. Statistical Analysis System. User's guide Statistics. Version 9.0. Cary, NC. USA. 595 p.
- Stat-Ease Inc. 2013. Design–Expert 9 user's guide. Multifactor RSM Tutorial. 53 p.
- Systat Software. 2006. User's guide Sigma Plot version 10.0. Sigma Plot for Windows. Washington, D. C. USA. 900 p.
- Terés T., V., B. Abad M., E. Sáenz de la M. y M. Lezaum. 2007. Curva de retención de agua en sustratos de cultivo. Modelo de porosidad logarítmico normal. *Actas de Horticultura* 47: 21–26.
- Vargas T., P., J. Z. Castellanos R., J. J. Muñoz R., P. Sánchez G., L. Tijerina C., R.M. López R., C. Martínez S. y J. L. Ojodeagua A. 2008. Efecto del tamaño de partículas sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34: 323 – 331.
- Zamora M., B. P., P. Sánchez G., V. H. Volke H., D. Espinosa V. y A. Galvis S. 2005. Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. *Interciencia* 30: 365 – 369.



ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE DOS VARIETADES DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.), EN SUSTRATO PERLITA, APLICANDO EL MÉTODO DEL ELEMENTO FALTANTE

Espinoza-Orozco, L. E.^{1*}; Carranza-de la Rosa, R.²; Olivares-Sáenz, E.²; Vázquez-Alvarado, R. E.²

^{1*}Alumno de la Maestría en Ciencias en Producción Agrícola.

²Profesor investigador, de la Facultad de Agronomía de la UANL.

*Autor responsable: Lenrique.espinoza.orozco@gmail.com; Calle: Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex Hacienda el Canadá, Gral. Escobedo, Nuevo León, México. CP. 66050. Tel. (81) 83-29-40-00. Ext. 3532, 3533 y 3571.

Resumen

Moringa (Moringa oleifera Lam.), se ha convertido en un medio importante en numerosos estudios científicos, debido a los compuestos fitoquímicos, orgánicos e inorgánicos que posee, siendo fuente natural con alto potencial para su aprovechamiento en diferentes usos, sobre todo en beneficio de la alimentación animal y humana. En México se está adoptando como nuevo cultivo; sin embargo, no existe información sobre la caracterización de síntomas y comportamiento agronómico ante deficiencia nutrimental. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue describir los síntomas por deficiencia y su relación con: longitud de tallo. Los tratamientos consistieron en soluciones nutritivas tipo elemento faltante: (T1) Solución completa, (T2: sin N, T3: sin P, T4: sin K, T5: sin Ca y T6: sin Mg), aplicadas manualmente sobre sustrato perlita. La expresión sintomática fue diferente en N, P, K, y Mg. La comparación de medias entre tratamientos mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$), para la variable evaluada. El análisis de varianza para variedades no mostro diferencia significativa entre tratamientos

Palabras clave

Deficiencias, Macronutrientes, Soluciones nutritivas.

Introducción

Moringa oleifera Lam. Es conocida con diferentes nombres populares comentados por varios autores (Falasca y Bernabe, 2008), el más común es "Moringa" (Olson y Fahey, 2011). Esta especie está clasificada como árbol perenne, perteneciente a la familia: *Moringaceae*, orden *Capparidales* y clase *magnoleopsida*, es nativo del sur de los valles del Himalaya, India, con un amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Liñán, 2010). Posee características agronómicas que le permiten crecer y desarrollarse en condiciones de escasez de agua. Tolerancia precipitaciones anuales de 500 a 1500 mm, suelos con pH (4.5 y 8), sensible a suelos arcillosos y saturados (Reyes, 2006). Soporta temperaturas de -1 a 48 °C, Godino *et al.*, (2013) mencionan que cambios bruscos en la temperatura durante periodos



DIVISIÓN II

cortos de tiempo, es una de las principales causas de mortalidad de las plantas. El árbol es de crecimiento rápido, con una longevidad de 20 años (Foidl *et al.*, 2001). Alcanza alturas de 7 a 12 m, con un diámetro de tallo de 20-40 cm referenciado a un metro de altura, la copa tiene forma de sombrilla, sus ramas son extendidas y crecen en diferentes áreas y direcciones sobre el tallo, con hojas compuestas de 20 a 70 cm de largo, Liñan (2010) señala que las flores son bisexuales, con pétalos blancos y estambres amarillos, las cuales generan un fruto capsular, lineal, 3-angular, pendular, de 20 - 45 cm de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, donde se pueden encontrar entre 12 y 35 semillas, redondas con un casco semi-permeable parduzco, con tres alas blancas que le permiten una mayor anemocoria.

El efecto en la divulgación de las propiedades de moringa, ha generado que productores mexicanos implementen siembras para su aprovechamiento, ya que puede utilizarse para que las comunidades en México y otras partes de América Latina mejoren su dieta alimenticia (Olson y Fahey, 2011). Las hojas de la moringa brindan proteínas, vitaminas, minerales y 100% de los aminoácidos esenciales para la vida humana, además de propiedades medicinales y aplicaciones industriales (Martin *et al.*, 2013; Liñan, 2010).

El cultivo de Moringa es una opción más, para generar ingresos, al comercializarla como complemento alimenticio. La Moringa, se está concibiendo como un recurso de primer orden y agroeconómicamente aprovechable. La información científica sobre el cultivo, usos y propiedades de la moringa es abundante; sin embargo, no hay información disponible sobre la caracterización de los síntomas de deficiencia de nutrimentos de la planta, por lo que el objetivo del presente trabajo fue describir los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como la relación de la deficiencia de estos elementos con el crecimiento de la planta medidos a través de longitud de tallo, ya que están estrictamente relacionado con la producción de materia seca y la concentración de nutrientes y metabolitos benéficos para la nutrición de personas y animales.

Materiales y Métodos

El proyecto se desarrolló en condiciones de invernadero en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus Ciencias Agropecuarias, Ex Hacienda el Canadá, Gral. Escobedo, Nuevo León, de ubicación geográfica 25° 47' Latitud Norte, 100° 17' Longitud Oeste, con altitud de 500 m.s.n.m., precipitación pluvial anual de 400 - 600 mm y temperatura media anual de 18 a 24 °C.

Se empleó un diseño completamente al azar que incluyó 6 tratamientos con 3 repeticiones por variedad. Tratamientos: (T1: Solución completa, T2: sin N, T3: sin P, T4: sin K, T5: sin Ca y T6: sin Mg).

La siembra se realizó el 13 de marzo de 2015, utilizando semillas seleccionadas por color y un peso en el rango de 0.30 a 0.40 g semilla⁻¹, para las dos variedades, vaina larga (VL) y vaina corta (VC), se sembraron en charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato PeatMoss Mezcla-3 (Sunshine®), previamente humedecido a razón de 1:1 kg sustrato: L agua, se ubicaron en condiciones de invernadero, el periodo de emergencia fue de 10 días. El trasplante se realizó a los 24 días después de siembra (dds), para esto se seleccionaron plántulas de 17 cm de longitud de tallo, que posteriormente se trasplantaron en macetas, a razón de tres plántulas maceta⁻¹, cada maceta contiene 14 L de sustrato perlita, donde



DIVISIÓN II

primeramente se aplicaron 3 L de agua destilada maceta⁻¹, finalizado el trasplante, se inició con el suministro de soluciones nutritivas específicas para cada tratamiento, (Cuadro 1).

La aplicación de riegos se efectuó como sigue: de 0-17 días después de trasplante (ddt) se utilizó 160 ml de solución planta⁻¹ día⁻¹, en 4 pulsos de riego, dirigida al cepellón de la plántula; de 17-25 ddt, se aplicaron 280 ml de solución planta⁻¹ día⁻¹, en 4 pulsos de riego, dirigida al cepellón de la plántula; de 25-40 ddt se incrementó el volumen a razón de 500 ml de solución planta⁻¹ día⁻¹, en 4 pulsos de riego, dirigida al cepellón de la plántula, solo para los tratamientos T1, T4, T5 y T6; de 40 ddt en adelante, se incrementó el volumen de riego en T1, T5 y T6, a 2000 ml de solución maceta⁻¹ día⁻¹, en 2 pulsos de riego día⁻¹, distribuido en la superficie del sustrato maceta⁻¹, todos los riegos se han efectuado de manera manual.

El análisis de varianza (ANVA) para la variable agronómica evaluada, se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21, encontrando diferencia significativa entre tratamientos para las diferentes variables y nulo para variedades, la comparación de medias se realizó en el paquete estadístico de la FAUANL.

Cuadro 1. Fertilizantes utilizado para cada tratamiento para macronutrientes g L⁻¹

FORMULAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
K ₂ SO ₄	0.3400	0.3190	0.3580			0.3400
MgSO ₄ • 7H ₂ O	0.5200	0.5200	0.5200	0.5200	0.5200	
NH ₄ NO ₃			0.0300	0.0050	0.1950	
(NH ₄)H ₂ PO ₄	0.1200			0.1877	0.1890	0.1200
KH ₂ PO ₄	0.0800	0.2200				0.0800
KNO ₃	0.0800		0.1200		0.5250	0.0800
Ca(NO ₃) ₂	0.8100		0.8100	0.8100		0.8100
CaSO ₄ •2H ₂ O		0.6800				

Para el complejo de micronutrientes se utilizó un producto constituido de: Fe-EDTA 7.5%, Mn-EDTA 3.7%, B 0.007%, Zn-EDTA 0.006%, Cu 0.003% y Mo 0.002%, en dosis de 0.02 g L⁻¹, en los diferentes tratamientos.

Resultados y Discusión

Nitrógeno

La expresión sintomática ocurrió a los 6 días después de trasplante (ddt), inicio con una decoloración general de la planta, se visualizó un amarillamiento de las nervaduras y posteriormente una decoloración en forma de V invertida, que avanza a partir del ápice hasta la base de los folíolos, ocurriendo después una necrosis y caída (Figura 1), este fenómeno inicio a partir de las hojas más senescentes de la planta, el periodo comprendido desde el inicio de síntomas y caída de folíolos fue de 18 días, el efecto en las variables evaluadas fue significativo con respecto al testigo.

Fósforo

La deficiencia de este elemento fue evidente a los 19 ddt, causando una coloración verde intenso de la planta, posteriormente, a los 21 ddt ocurrió un enrollamiento de las hojas jóvenes, efecto que duro 3 días, cumplidos 25 ddt, se observó una decoloración amarillo intenso de las nervaduras, avanzando posteriormente en una decoloración intervenal que inició desde el ápice del foliolo, hasta generalizarse, pero con pequeños puntos intervenales de color verde (Figura 2), el periodo comprendido desde el inicio de síntomas hasta la caída de foliolos con síntomas iniciales fue de 16 días.

Potasio

Al ser este elemento uno de los móviles en la planta, por lo general la expresiones sintomáticas visuales se esperan en las hojas más viejas (Alcantar y Trejo-Téllez, 2007); sin embargo, en la moringa se mostraron en las hojas intermedias, transcurridos 34 ddt, iniciando con pequeños puntos sobre el borde del foliolo de tonalidad amarillo-blanquecino, avanzando hacia su interior de manera intervenal, hasta generalizar un amarillamiento intervenal y nervaduras, llegando a un color blanco de los foliolos y su caída (Figura 3). El periodo comprendido desde el inicio de síntomas hasta la caída de foliolos con síntomas iniciales fue de 17 días.

Calcio

Las deficiencias de este elemento generalmente se manifiestan en el crecimiento apical de las plantas, ya que es un elemento considerado inmóvil dentro de la planta, en el experimento no se registraron efectos visibles de la ausencia de calcio.

Magnesio

Los síntomas de deficiencia iniciaron a los 32 ddt, manifestando una decoloración verde alimonada sobre la superficie del foliolo, la cual se tornó de color amarillo con pequeñas manchas verdes y áreas necróticas de color rosado, el interior del foliolo cambió de color verde a un amarillo claro, pasando de esta tonalidad a un amarillo naranja y posteriormente la muerte y caída de foliolos (Figura 4). El periodo comprendido desde el inicio de síntomas hasta la caída de foliolos con síntomas iniciales fue de 19 días.



Figura 1. Evolución sintomática por deficiencia de Nitrógeno.

DIVISIÓN II



Figura 2. Evolución sintomática por deficiencia de Fosforo.



Figura 3. Evolución sintomática por deficiencia de Potasio.



Figura 4. Evolución sintomática por deficiencia de Magnesio.

DIVISIÓN II

La variable evaluada (longitud del tallo), registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, obteniendo una menor altura de tallo el tratamiento con deficiencia de nitrógeno (N) en cada fecha evaluada (15, 22, 29, 36 y 43 días transcurridos después del trasplante), a los 22 días de transcurrido el experimento, el segundo tratamiento limitante en el crecimiento de la planta fue el de P, seguido en tercer lugar de K, de los 29 a 43 días después de trasplante el crecimiento en T2 y T3 fue reducido, en el T4 se muestra incremento, pero menor en comparación con el testigo, los tratamientos T1, T5 y T6 no difieren significativamente a partir de los 22 ddt. (Figura 5).

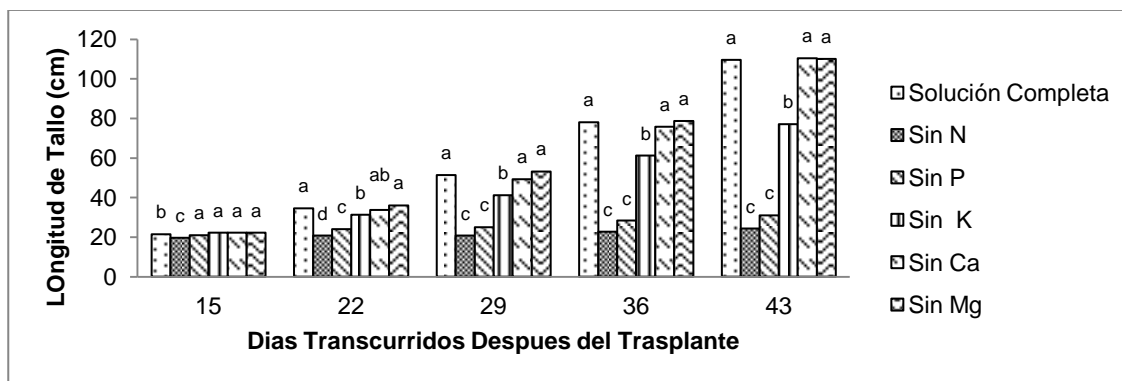


Figura 5. Comparación de medias respecto al diámetro de tallo, letras iguales entre una misma fecha representan no significancia, letras diferentes manifiestan diferencia significativa DMS ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

La ausencia inducida de calcio no mostró síntomas visibles de deficiencia y nula diferencia significativa en la variable evaluada, respecto al testigo, es necesaria la identificación de este elemento mediante análisis de tejido y solución, con el fin de corroborar su contenido.

De acuerdo con los análisis obtenidos de las tres variables evaluadas, el elemento que más limitó el crecimiento y desarrollo de la planta fue el nitrógeno, posteriormente el fósforo y potasio.

El magnesio manifestó síntomas visibles por deficiencia, sin embargo no difiere significativamente respecto a la longitud de tallo con respecto al testigo a los 43 ddt.

De acuerdo a los datos obtenidos, la moringa demanda una gran cantidad de nitrógeno y fósforo y potasio al inicio de su crecimiento por lo que es importante el suministro de estos elementos en su etapa inicial.

Agradecimientos

Al Centro de Agricultura Protegida por permitir el área para el establecimiento y desarrollo del trabajo y su apoyo como fuente de financiamiento a través del proyecto moringa, CONACYT, Facultad de Agronomía y la Universidad Autónoma de Nuevo León.



Bibliografía

- Alcántar G, G., y Trejo-Téllez, L.I. (2007). Nutrición de Cultivos. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. Colegio de Postgraduados. ISBN-10: 968-7462-48-5, ISBN-13: 978-968-7462-48-6.
- Falasca, S., y Bernabe, M. A. (2008) Potenciales Usos y Delimitación del Área de Cultivo de Moringa oleífera en Argentina.
- Foidl, N., Makkar, H. P. S., y Becker, K. (2001) The Potential of Moringa oleifera for Agricultural and Industrial Uses.
- Godino, M., Vázquez, T., Izquierdo, M. I., y Pérez, C. (2013). Estudio de la Incidencia de los Factores Ecológicos Abióticos (Temperatura y Humedad) en la Germinación y Desarrollo de la *Moringa oleifera* Lam. Sociedad Española de Ciencias Forestales. doi: 978-84-937964-9-5.
- Liñan, T. F. (2010) *Moringa oleifera* El Árbol de la Nutrición. Ciencia y Salud, Vol. 2 No. pp. 130-138.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., y Puls, J. (2013). Potenciales Aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión Crítica. *Pastos y Forrajes*, Vol. 36, No. 2, 137-149.
- Olson M. E., y Fahey J. W. (2011) *Moringa oleifera*: Un Árbol Multiusos para las Zonas Tropicales Secas. *Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1071-1082.
- Reyes, N. (2006) *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: Potential Fodder Species for Ruminants in Nicaragua (Doctoral thesis). Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. Department of Animal Nutrition and Management. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.



CARACTERIZACIÓN MINERAL DEL SUBPRODUCTO CÁSCARA DE NUEZ PECANERA COMO FUENTE DE ABONO ORGÁNICO

Flores-Córdova M. A.^{1*}; Sánchez Chávez E.¹; Muñoz Marquez E.¹; Sida Arreola J.P.¹

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. 1 Cd. Delicias, Chihuahua, México.

* Autor responsable: mariflor_556@hotmail.com; Calle Av. 4ª Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua, México, CP. 33089. Tel/fax +52(639)-4748400 Ext 102.

Resumen

La cáscara de nuez (*Carya illionensis*) es un residuo sin aprovechamiento en producción, sin embargo, cuenta con importantes elementos nutritivos para ser aprovechado en beneficio del suelo. El presente trabajo evaluó la caracterización mineral de la cáscara de nuez pecanera de la variedad Western Schley, cosechada en los ciclos de producción 2013 y 2014. Los resultados obtenidos mostraron que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades Western ciclo 2013 y Western ciclo 2014, en la concentración de los elementos minerales K, Ca, Zn, Fe, Mn, Na, P y Ni. Mientras que para los elementos de Cu y Mg, no existieron diferencias significativas, esta diferencia esta probablemente relacionada a las diferencias del ciclo de cultivo más productivo, siendo la variedad Western ciclo 2013 la que presentó la mayor concentración de los elementos minerales. En conclusión, el subproducto cáscara de nuez pecanera indica que es una excelente fuente de elementos minerales, por lo cual podría considerarse como materia prima para abono orgánico.

Palabras clave

Carya illionensis, composición mineral, subproducto, abono orgánico.

Introducción

México cuenta con una de las principales zonas de producción de nuez pecanera en el mundo. La superficie cosechada de nogal pecanero se localiza en el norte del país, en su mayor parte en cinco estados: Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León y Durango. La superficie promedio es de 34,464 ha (SAGARPA SIAP, 2009). La cual genera una cantidad considerable de desechos producidos al año. Se ha reportado que la nuez pecanera, ocasiona un alto volumen del 50 % del subproducto industrial de color rojizo, que puede constituir una alternativa orgánica de compuestos minerales (Phinheiro do Prado *et al.*, 2009 y Trevizol *et al.*, 2011). Por lo que un porcentaje de la cáscara de nuez pecanera es utilizada como composta, ya que cuenta con características que ayudan a regenerar la tierra de cultivo, además de ser utilizado también como material de relleno para la construcción (López *et al.*, 2004). Sin embargo, solo se utiliza el 20 % para estas prácticas dejando un 80 % de cáscaras de nuez sin aplicación (Carrillo, 2010). Además, se han realizado investigaciones de las propiedades de la cáscara de nuez, con el fin de buscar alternativas y encontrar nuevos usos importantes a los que se le llaman desechos o residuos. De igual manera, Romero-Arenas *et al.* (2007) han



DIVISIÓN II

reportado que la cáscara de nuez, contiene ciertos compuestos minerales como Cu, Zn, Mg y Fe de gran importancia para el desarrollo de las plantas.

Por lo tanto, es importante aprovechar los desechos orgánicos al convertirlos en materia nutritiva, los cuales aportan los nutrientes necesarios de forma natural a la tierra para que pueda utilizarse en los campos agrícolas y jardines y reducir la acumulación de basura y contaminación, propiciando la sustentabilidad.

Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la caracterización de compuestos minerales en la cáscara de nuez pecanera en la variedad Western Schley ciclo de producción 2013 y 2014.

Materiales y Métodos

Material Vegetal

El material vegetal fue proporcionado por productores del municipio de Delicias Chihuahua, México, la variedad Western Schley, fue cosechada en el ciclo de producción 2013 y 2014, y posteriormente transportadas al Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Delicias, en donde fueron mecánicamente descascaradas y separadas las cáscaras de la parte comestible, posteriormente fueron molidas en un procesador de alimentos y almacenadas en bolsas de plástico a -4°C , hasta su uso. Para su análisis posterior, las muestras fueron secadas en un horno de aire marca Felisa a 40°C .

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones y se evaluaron la variable cáscara de nuez pecanera ciclo de producción 2013 y 2014.

Análisis Mineral

Cuantificación de la concentración de Na, Cu, Fe, Mn, Zn y Ni.

Se determinó por el método de Uvalle-Bueno (1995), usando la mezcla digestora y espectrofotometría de absorción atómica. Se colocó un gramo de muestra y 25 ml de mezcla triácida (1000 ml HNO_3 concentrado, 100 ml HCl concentrado, 25 ml H_2SO_4 concentrado) en vasos de precipitado de 100 ml, posteriormente se colocaron en la parrilla digestora de la campana de extracción de humos hasta tomar un color blanco lechoso, se filtraron en matraces volumétricos de 50 ml (solución madre), se aforó y se agitó, después se colocó la solución en tubos de ensaye (25 ml) para posteriormente ser leídos en el espectrofotómetro de absorción atómica Falcon Thermo Scientific ICE-300 AA spectofotometer. Posteriormente se realizó el cálculo de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \% \text{ Na} &= \text{Lectura del aparato en ppm} * 0.005 \\ \text{ppm Cu, Fe, Mg, Zn y Ni} &= \text{Lectura del aparato en ppm} * 50 \end{aligned}$$

Cuantificación de la concentración de Ca, K, Mg

Se determinó por el método de la mezcla digestora y espectrofotometría de absorción atómica (Uvalle-Bueno, 1995). Se tomó 1 ml de la solución madre obtenida y se aforó a 50 ml, se agitó y se procedió a leer en espectrofotometría de absorción atómica. Se realizaron los cálculos de la siguiente manera:

$$\% \text{ Ca, Mg, K} = \text{Lectura del aparato en ppm} * 0.5$$



Cuantificación de la concentración de fósforo (P)

Método de la mezcla triácida y metavanadato molibdato de amonio y colorimetría, se tomó una alícuota de 0.5 ml, de la solución madre antes descrita, se colocó en un tubo de ensayo de 10 ml, se le agregó 1 ml de solución de nitro-vanadato-molibdato de amonio previamente preparado y 3.5 ml de agua desionizada y se agitó. Se dejó reposar por 1 hora y se procedió a leer en el espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 10S UV Vis a 430 nm de absorbancia frente a una curva estándar (0-100 ppm de P), simultáneamente se preparó un blanco. El cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\% P = (\text{Concentración de la muestra en ppm} * 50) / (10,000 * \text{peso de la muestra (g)})$$

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) mediante programa estadístico SAS® (Statistical Analysis System) ver. 9.0 (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

La composición mineral de la cáscara de nuez pecanera se presenta en la Tabla 1. Incluye macro nutrientes como (P, K,) y micro nutrientes (Cu, Zn, Mn, Ca, Mg, Fe, Na, Ni) de gran importancia para el desarrollo de las plantas. Existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las dos variedades evaluadas Western 2013 y 2014, la mayor concentración de los elementos de Mg, Cu, Mn, Na, fue para la variedad Western 2014, y la variedad Western 2013 presentó la mayor concentración en los elementos de K, Ca, Zn, Fe, Ni y P, por lo que la mayor concentración correspondió a la variedad Western ciclo 2013 correspondiente a un año de mayor producción.

Tabla 1. Contenido mineral de la variedad Western Schley en la cáscara de nuez pecanera

Variedad	Ciclo de Producción	Resultados minerales (mg/100 g ⁻¹)									
		Mg	K	Ca	Zn	Cu	Fe	Mn	Na	Ni	P
Western	2013	30 c	226c	22 c	0.90a	0.52bc	0.99ba	1.25a	5.8c	0.24 c	43 a
Western	2014	40 e	225 e	21 e	0.40d	0.64c	0.90b	1.51a	7.2e	0.13e	36 b
Medias		35	225	21.5	0.65	0.58	0.95	1.36	6.5	0.18	39

*Medias con la misma letra dentro de columnas no son diferentes (Tukey con $P \leq 0.05$).

El potasio (K) es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas y presenta niveles altos, Romero-Arenas *et al.* (2012) presentó valores de 229 en potasio de cáscara de nuez de castilla, considerándolos como un valor alto. El cobre, magnesio y zinc, son elementos esenciales para el crecimiento vegetal, a pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, los suelos agrícolas suelen contener uno o más micronutrientes de forma que su concentración en los tejidos de los vegetales cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo (Roca *et al.*, 2007) por lo que los valores obtenidos aunque son bajos, los estudios realizados en otras investigaciones muestran que las necesidades son pequeñas.



Figura 1. Nuez pecanera Western Schley de dos diferentes ciclos de cultivo.

Villareal *et al.* (2007) menciona que la tendencia de los árboles de nuez a dar sus frutos en ciclos on y off de 2 años, un año productivo y uno no productivo (Es decir, las grandes cosechas seguidas por poco o ningún cultivo), pueden causar las diferencias en los atributos de composición mineral (Figura 1). Esto podría ser debido a la alternancia de las pecanas, el año 2013 fue un año de producción alta y el año 2014 fue un año de producción baja durante los cuales son menos los frutos de nogal pecanero. Alternativamente, esta diferencia solo se ha debido a la variación natural (Singanusong *et al.*, 2003).

Sin embargo, la caracterización de la cáscara de nuez es aún menos avanzada que la de los granos. Por lo tanto, es importante su caracterización para posibles usos en la industria agrícola como posible fuente de abono orgánico, ya que con la elaboración de este abono se recuperan nutrientes básico para el suelo al igual que algunas de sus propiedades, los que favorecen la sustentabilidad de suelos y la posibilidad de mejorar el crecimiento de las plantas y la calidad de producción de alimentos agrícolas sin utilizar fertilizantes químicos.

Conclusiones

De acuerdo al experimento realizado, la variedad western ciclo 2013, presentó la mayor composición de elementos minerales, por lo que el subproducto cáscara de nuez pecanera es rica en compuestos minerales tanto en ciclo productivo como no productivo y puede ser un residuo aprovechable en la producción de abono orgánico.

Bibliografía

- Carrillo, P. E. S. 2010. Estudio del proceso de pirolisis de biomasa para obtener nano partículas de carbón. Tesis de Doctorado de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- López D. J. C. 2005. La nuez sus derivados y oportunidades de negocio. Facultad de ciencias Agrotecnológicas/Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Pinheiro do Prado, A.C., Monalise A. A., Fett, R., Mara B. J. 2009. Antioxidant properties of pecan nut (*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch) Shell infusion. *Grasas y Aceites* 60 (4): 330-335.
- ROCA, Núria; PAZOS, Mabel Susana y BECH, Jaume. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *Cienc. suelo* [online]. 2007, vol.25, n.1 [citado 2015-05-21], pp. 31-42



DIVISIÓN II

- Romero-Arenas, O., Rivera T., J.A., Lopez_olguín, J:F., Villareal E. B. O., Huerta, L. M., Parraguire L. C., 2007. Germinación de semillas de *Pinus patula* en residuos de cáscara de nuez (*Juglans regia* L) en vivero. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 2 (4):1-17.
- Romero-Arenas, O., Lopea, E.R., Damián H. M. A., Hernandez T. I., Parraurire L. J. F., Huerta L. M. 2012. Evaluación del residuos de cáscara de nuez (*Juglans regia* L) en la producción de plántulas de *Pinus patula*, en vivero. *Agronomía Costarricense* 36 (2) 103-110.
- Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación)-Siap (servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2009. México. página web: [Http://Siap.Gob.Mx](http://Siap.Gob.Mx)
- SAS. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 1503 p. 2002.
- Singanusong, R., Mason, R. L., D'Arcy, R. 2003. Compositional Changes of Australia-Grown Western Schley pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) during maturation. *J. Agric. Food Chem.* 51: 406-412.
- Trevizol, F., Benvegnú, D.M., Barcelos, R.C.S., Pase, C.S., Segat, H.J., Tironi, D.V., Dolci, G. S., Bouffleur, N., Reckziegel P., Burger, M. E. 2011. Comparative study between two animal models of extrapyramidal movement disorders: Prevention and reversion by pecan nut shell aqueous extract. *Behavioural Brain Research* 221: 13-18.
- Uvalle-Bueno, J. X. 1995. Fundamento fisiológico del diagnóstico diferencial integrado (DDI). *Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Cd. Victoria, Tamaulipas. 51 pp.
- Villarreal-Lozoya JE. Lombardini L. Cisneros-Zevallos L. 2007). Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Food Chem* 102: 1241–1249.



PRODUCCIÓN DE MELÓN CON LIXIVIADO DE LOMBRIZ Y RIESGOS MICROBIOLÓGICOS

Gallegos-Robles, M. A.^{1*}; Reyes-Ayala, J. R.¹; Vázquez-Vázquez, C.¹; Trejo-Escareño, H. I.¹; García-Hernández J. L.¹; Luna-Ortega J. G.²

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Pal., Dgo., México.

²Universidad Politécnica de la Región Laguna, México.

*Gallegos-Robles Miguel Ángel: magallegos@ujed.mx; Calle Domicilio conocido Ejido Venecia. Km. 35 Carretera Gómez Pal.-Tlahualilo, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35000; Tel. +52(871)-754-1643

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el ejido Banco Nacional municipio de Tlahualilo Durango, con la finalidad de obtener información sobre los efectos en la producción de melón chino establecido con riego por cintilla y acolchado plástico fertilizado con lixiviado de lombriz roja californiana. Los factores en estudio fueron las dosis de fertilización T1, T2, T3, T4 y T5, siendo T1 la fórmula química 120-60-00 de N, P, K respectivamente, T2 = 3000lts, T3 = 4000lts, T4 = 5000lts, y T5 = 6000ltsha⁻¹ de lixiviado de lombriz. Se utilizó el híbrido Cruiser F1 El modelo utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos. La comparación de medias se realizó con la prueba de DMS (0.05), las variables evaluadas en el suelo fueron: pH, M.O., C. E., y nitrógeno en forma de nitratos. En la planta y fruto fueron se evaluó rendimiento (Rend), número de frutos (NF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), nitrógeno y fósforo foliar, unidades spad y grados Brix. Se determinó el estado bacteriológico en el suelo antes y después de aplicar lixiviado de lombriz para determinar la presencia de *Salmonella* spp y *E. coli* O157:H7 mediante microbiología, así como también en el fruto de melón. Los resultados obtenidos en los tratamientos mostraron diferencia significativa para rendimiento y fósforo foliar. Las pruebas microbiológicas y moleculares demostraron la ausencia de *Salmonella* spp tanto en las muestras de suelo antes y después de la aplicación del lixiviado, como en los frutos.

Palabras clave

Melón; lixiviado; *Salmonella*

Introducción

En la República Mexicana, las principales cucurbitáceas son la calabaza (*Cucurbita* spp), melón (*Cucumis melo*; L), pepino (*Cucumis sativus*; L) y la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.]. Uno de los de mayor importancia es el melón, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como generador de divisas (alrededor de 90 millones de dólares anuales) y de empleos en el área rural. El uso de abonos orgánicos tales como estiércol, vermicomposta y en este caso lixiviado de lombriz, que además de mejorar las condiciones de uso de suelo en un cultivo, proporcionan a la planta nutrientes que son



DIVISIÓN II

necesarios para su desarrollo. El lixiviado de lombriz líquido es un fertilizante abono orgánico natural contiene todos los elementos o nutrientes mayores de Nitrógeno, Fósforo, y Potasio, así como, de los elementos o nutrientes menores de Zinc, Hierro, Cobre, Manganeseo, Molibdeno, Boro, Calcio, Magnesio, Azufre y Sodio. Los lixiviados se obtienen del drenaje del regadío utilizado en la producción de lombrices (Reines *et al.*, 2006). Uno de los problemas con la producción de lixiviados es la falta de normatividad que señale la caracterización fisicoquímica y bacteriológica, que permita definirlos como biofertilizantes. Existen reportes que señalan que los lixiviados de lombriz aparte de aportar macro y micronutrientes también son una fuente importante de patógenos (Calderón *et al.*, 2009). Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de diferentes dosis de lixiviado de lombriz a partir de estiércol caprino en el rendimiento del melón y determinar la presencia de bacterias patógenas en el suelo y frutos de melón.

Materiales y Métodos

La unidad experimental se localizó en el ejido Banco Nacional que está ubicado en el Municipio de Tlahualilo en el estado de Durango, con las siguientes coordenadas geográficas: 25° 52' 24.32" de latitud, 103° 21' 14.32" de longitud, 1100 msnm de altitud. La preparación del terreno consistió en un barbecho a 30 cm con un arado de tres discos, un rastreo doble, un empareje, levantamiento de camas meloneras y finalmente se realizó el acolchado plástico. La fecha de siembra fue el 09 de Marzo del 2014 en camas meloneras de 4 m de ancho, la cual fue de forma manual y en seco y a una distancia entre siembra de 40 cm. Para la fertilización se aplicaron diferentes dosis de lixiviado de lombriz roja californiana. Se aplicó un riego de pre-siembra de 8 cm de lámina y 16 riegos de auxilios con lámina de riego dependiendo al desarrollo del cultivo, para aplicar una lámina total de 82.75 cm. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron dos escardas con cultivadora de tracción animal. La cosecha se realizó de forma manual y por las mañanas, cuando el fruto estaba de color amarillo y se desprendía fácilmente del pedúnculo. De cada tratamiento se seleccionaron dos plantas en las cuales se realizó el proceso antes mencionado. Se realizaron análisis físico-químico para determinar las propiedades nutrimentales y microbiológicas para la presencia de *Salmonella* spp y *E. coli* O157:H7 en el suelo al inicio y final del ciclo. Las profundidades evaluadas fueron de 15, 30 y 60 cm de profundidad. Antes del inicio del cultivo se tomaron tres muestras de suelo al azar para los análisis mencionados. Se tomaron muestras de frutos de cada tratamiento para ser analizados microbiológicamente y poder determinar la presencia de *Salmonella* y *E. coli* O157:H7. Se tomó una muestra del lixiviado de vermicomposta reciente y se mandó analizar con la finalidad de determinar la cantidad de nitrógeno en base a nitratos, analizándose la muestra con el equipo TwinNO3. Se tomaron muestras de lixiviado reciente para determinar la presencia de *Salmonella* y *E. coli* O157:H7. Para el análisis de *Salmonella* se siguió la metodología del USDA/FSIS (2002). Para el análisis de *E. coli* O157:H7 se siguió la metodología de Feng (2002). Se llevó a cabo un análisis para determinar los niveles de nitrógeno y fósforo que se encontraban la planta. Se determinó el nivel de clorofila mediante el medidor de clorofila SPAD- 502. El Diseño experimental fue un bloques al azar, tres repeticiones y cinco tratamientos, dando lugar a 15 unidades experimentales con un área de 64 m² cada una, el área total del experimento fue de 2, 704. El híbrido de melón que se utilizó fue Cruiser. Los tratamientos de que se probaron fueron T1: Químico (129-60-00), T2: 3,000 T3: 4,000, T4: 5,000, T5: 6,000 lts.ha⁻¹ de lixiviado de lombriz. Las variables analizadas del suelo fueron pH. Materia orgánica (MO), Conductividad eléctrica (C.E. Mmhos.cm-1), N (mg/kg). De la planta se analizó



DIVISIÓN II

Rendimiento, Número de frutos (NF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Nitrógeno foliar, Fosforo foliar, Unidades SPAD, Grados BRIX.

Resultados y Discusión

Según Kasmire (1981) el melón es una planta que no resulta muy exigente desde el punto de vista de los suelos, el rango de pH estuvo dentro de 6.5 y 7.5. El resultado obtenido en el análisis de suelo dio como resultado un valor de pH dentro de un rango de 7.3 a 7.5, el cual indica que el cultivo se puede establecer bajo las condiciones de pH encontradas, ya que se pueden tomar medidas de control para no sobre pasar estos rangos. Con respecto a los niveles de M.O. se aproxima a los rangos de los suelos de La Comarca Lagunera en la serie Tlahualilo (Ojeda, 1951). Según Pizarro (1978), los suelos son ligeramente salinos cuando está dentro de un rango de conductividad eléctrica de 2-4 Mmhos.cm⁻¹, el análisis de suelo de la unidad experimental mostro rangos aceptables para el buen desarrollo del cultivo.

El ANOVA (cuadro 2) de las variables de la planta muestra que se encontraron diferencias significativas para rendimiento y fosforo en la planta. Para el nitrógeno foliar estadísticamente el ANOVA no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en estudio obteniendo un orden descendiente de: T1, T2, T3, T4, T5. Según Jones *et al* (1991), los niveles de nitrógeno en la hoja deben estar dentro de un rango de 2 a 3% en la etapa de cosecha, y los datos obtenidos en el análisis presentaron un máximo en T1 de 3.14% y un mínimo en T5 con 2.4%, se puede afirmar que el experimento estuvo dentro de los rangos establecidos según este autor. Los resultados obtenidos en el contenido de fósforo en la hoja de melón aunque presentaron significancia estadística, mostrando con mejor resultado a los tratamientos T2 y T3, seguido de T1, T5 y T4, los resultados observados estuvieron fuera de los rangos establecidos, puesto que el análisis mostró un máximo de 0.13 y un mínimo de 0.06% de fósforo en el área foliar del cultivo y de acuerdo a Jones *et al.*, (1991) los rangos establecidos de fósforo en la hoja a la etapa de cosecha deben estar entre 0.25 y 0.40%.

Cuadro 2. ANOVA de las variables medidas en planta y fruto

F. V.	GL	REND	FRUT	D. P	D. E	N	P	SPAD	G. B
REP	2	1.785	0.450	0.538	3.245	0.388	0.00083	23.454	1.516
TRAT	4	2.213*	0.958	5.170	1.681	0.192	0.0038*	27.721	0.424
ERROR	8	2.066	0.720	10.121	5.299	0.229	0.0013	16.676	0.703
C. V		15.0	12.6	6.65	5.141	16.542	10.341	7.917	6.39

Significativo al 0.05

En relación con el rendimiento de los tratamientos hubo significancia estadística, teniendo un orden descendiente en T2, T1, T5, T3, T4 de 63.7, 56.2, 56.2, 42.5 y 38.7 ton ha⁻¹ respectivamente. No hubo significancia estadística con respecto al número de frutos obteniendo el siguiente orden en relación a los tratamientos: T2, T1, T5, T3, T4.

Respecto a los grados Brix encontrados en este trabajo el mínimo fue de 12.7° en T2 y el máximo de 13.6° en T5, superando a los encontrados por Potisek *et al* (2013) con aplicación de ácidos fúlvicos y húmicos.

Respecto a la presencia de bacterias patógenas, no se encontró la presencia de *Salmonella*, y si la presencia de *E. coli* pero no del serotipo O157:H7, así como la presencia del género *Proteus* y *Kliebsella*.



Conclusiones

La utilización de lixiviado de vermicomposta en el cultivo de melón, es una buena opción como medio de complemento nutricional, puesto que la aportación de nutrientes es en forma de nitratos y la forma en que se aplicó es la mejor opción, ya que el método de fertirriego en el sistema de riego por goteo ofrece una eficiencia del 95%, esto da la ventaja de proporcionarle a la planta los nutrientes necesarios en el tiempo y cantidad adecuada para lograr su mejor desarrollo vegetativo.

En relación con los tratamientos en estudio, estadísticamente no se presentó diferencia significativa a excepción del rendimiento y contenido de fósforo obtenido en el análisis foliar en la hoja de melón. En este caso el mejor tratamiento para rendimiento fue con 3000 lts.ha⁻¹, sin embargo estudios posteriores deberán hacerse evaluando otros materiales genéticos y suelos diferentes.

En la utilización de lixiviado de vermicomposta, se debe de tener en cuenta que se está poniendo en riesgo la salud del consumidor y del mismo productor si no se toman las medidas necesarias para su manipulación tales como las recomendadas por las SENASICA en los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC).

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Juárez del Estado de Durango y al INIFAP por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.

Bibliografía

- Calderón-Calderón J.F., Rodríguez-Macías R., Reines Álvarez M.M., González-Eguiarte D., Loza-Llamas J.A., García-Velasco J., Jiménez-Plascencia C. 2009. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de lixiviados provenientes de granja lombrícola en Tlajomulco, Jalisco. Departamento de Ciencias Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.
- Feng, P. and S.D. Weagant. 2002. Diarrheagenic Escherichia coli, Chapter 4A, rev. Sept. 2002. In FDA Bacteriological analytical manual, 8th ed., Rev. A. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Jones, J. B., B. Wolfy H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro Publishing, Inc. U.S.A. Pag. 179.
- Kasmire, R. F., 1981. Muskmelon production in California. University of California. Division of Agricultural Sciences.
- Ojeda, O.D. 1951. Estudio agrológico detallado del Distrito de Riego No. 17 en la Región Lagunera. SARH. Lerdo, Durango, México.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid.
- Potisek-Talavera M.C., González-Cervantes G., Velásquez-Valle M.A., Macías-Rodríguez H y Román-López A. Producción de Melón (Cucumis melo L.) Bajo Condiciones de Bioespacio ó Casa-Sombra. http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4096/RASPA_010208161300052827ok.pdf?sequence=1
- Reines, A. M. M., C. Rodríguez. A., O. Carrillo. F., A. Loza. Ll. y S. H. Contreras. R.2006. Nuevos avances en la biotecnología de la lombricultura. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. Cuba. 38 p.
- United States Department of Agriculture, Food Safety Inspection Service. 2002. Isolation and identification of Salmonella from meat, poultry and egg products, MLG 4.02, rev. 10/25/02. USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook, 3rd ed. U.S. Department of Agriculture, Food Safety Inspection Service, Washington, D.C



TOLERANCIA A CLORURO DE SODIO DE GENOTIPOS SILVESTRES DE TOMATE

Ladewig Peter^{1*}; Gómez-Merino, Fernando C.¹; Servín-Juárez, Roselia¹; García-Gaytán Víctor², Trejo-Téllez, Libia I.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México, México.

*Autor responsable: ladewig.peter@colpos.mx; Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz km 348, C. P. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz, Mexico. Teléfono 01 271 660 00

Resumen

En esta investigación se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de NaCl (0, 30, 60 y 90 mM) adicionadas a la solución nutritiva, en los incrementos relativos en altura de planta y en el número de hojas de cuatro genotipos silvestres de tomate colectados en los estados de Campeche, Oaxaca, Puebla y Veracruz. En esta fase, el experimento tuvo una duración de 10 días. Sin adición de NaCl, el mayor incremento relativo en altura de planta fue para el genotipo Veracruz (76.08%) y el menor en el genotipo Campeche (59.17%). El genotipo Oaxaca mostró mayor susceptibilidad a la presencia de NaCl en la solución nutritiva, dado que a partir de la concentración de 60 mM NaCl el crecimiento fue afectado significativamente en forma negativa. El genotipo Veracruz, mostró mayor tolerancia a NaCl, dado que las reducciones de crecimiento registradas, no fueron estadísticamente diferentes al crecimiento observado en ausencia de NaCl. Solo con la adición de NaCl a una concentración de 90 mM, se redujo significativamente el incremento relativo en número de hojas en el genotipo Campeche. Se concluye que el genotipo Oaxaca es más sensible a NaCl; por el contrario, el genotipo Veracruz mostró mayor tolerancia.

Palabras clave

Estrés abiótico, salinidad, *Solanum lycopersicum*, crecimiento vegetal

Introducción

A nivel global, la salinidad es uno de los principales factores de estrés abiótico en la agricultura. Se calcula que este fenómeno afecta el 6% de la tierra arable, lo que representa más de 800 millones de hectáreas (Munns y Tester, 2008). Por otra parte, la FAO estima que hasta un 50% de los terrenos bajo riego son afectados por salinidad (FAO, 2002). En México, el 7.3% de los acuíferos presentan problemas de salinidad y se estima que el problema tiende a incrementarse (CONAGUA, 2011).

Para el caso del tomate (*Solanum lycopersicum*) que en México se produce principalmente en los estados de Sinaloa y Sonora, la CONAGUA (2011) ha reportado acuíferos con intrusiones marinas y procesos de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres. El fenómeno de salinización de suelos y la presencia de aguas subterráneas salobres se producen como resultado de altos índices de evaporación de las zonas de niveles someros de aguas subterráneas, disolución de minerales evaporíticos y



DIVISIÓN II

presencia de aguas congénitas de elevada salinidad, lo cual es particularmente importante en las zonas productoras de tomate citadas. Si bien la salinidad moderada ha mostrado efectos benéficos en la germinación de algunas especies de la familia Solanaceae como el tomate (Nakaune *et al.*, 2012), en otras especies se han reportado diferencias entre genotipos, dependiendo del nivel de sales aplicado (Miranda *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2014). Sin embargo, Morales *et al.* (2002) reportaron que la salinidad (75 y 150 mM NaCl) afectó negativamente y en la misma magnitud la tasa relativa de crecimiento en tres variedades comerciales de tomate. Como uno de los centros de diversidad genética de Solanaceas, para México resulta estratégico explorar genotipos nativos de tomate en su respuesta a la salinidad, lo cual constituye el objetivo de este estudio.

Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló bajo condiciones de invernadero. Como material vegetal se usaron cuatro genotipos silvestres de tomate, colectados en los estados de Campeche, Oaxaca, Puebla y Veracruz. Las plantas de éstos fueron obtenidas a partir de la germinación de las semillas en almácigo con turba como sustrato. Se evaluaron cuatro concentraciones de NaCl en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984): 0, 30, 60 y 90 mM. Cada tratamiento tuvo 10 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una planta de aproximadamente 18 días de edad trasplantada en una bolsa de polietileno negro de 10 L de capacidad, y como sustrato se utilizó tezontle con un tamaño de partícula entre 2 y 5 mm. Se midió la altura inicial y se contabilizó el número de hojas en cada una de las unidades experimentales. Después de 10 días de tratamiento, se evaluaron nuevamente estas variables. Se estimaron los incrementos relativos en altura de planta y en número de hojas con los datos iniciales y los obtenidos 10 días después. Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza por genotipo y pruebas de comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

En ausencia de NaCl en la solución nutritiva se observa el mayor crecimiento relativo de planta en los cuatro genotipos evaluados. Entre genotipos, se registran diferentes tasas de crecimiento, siendo Veracruz y Oaxaca (Figuras 1B y 1C) los que mayores incrementos en altura tuvieron en el tratamiento testigo, con porcentajes de 76.08 y 68.72, respectivamente. Por el contrario, el genotipo Campeche (Figura 1A) mostró menor crecimiento, con un incremento relativo de altura de planta de 59.17% (Figura 1).

Con los diferentes niveles crecientes de NaCl se observan decrementos en el crecimiento relativo. Empero, estas reducciones son de diferente magnitud entre genotipos. Con el nivel más alto de NaCl adicionado a la solución nutritiva (90 mM) se observan reducciones en el crecimiento de 20.64, 16.91, 28.61 y 19.87% en los genotipos Campeche, Oaxaca, Puebla y Veracruz, respectivamente, en comparación con el tratamiento testigo. Destaca el genotipo Veracruz, donde las reducciones de crecimiento registradas por efecto de la adición de NaCl, no fueron estadísticamente diferentes al crecimiento observado en ausencia de NaCl (Figura 1D). Por el contrario, el genotipo Oaxaca muestra mayor susceptibilidad a la presencia de NaCl en la solución nutritiva, dado que a partir de la concentración de 60 mM NaCl el crecimiento fue afectado significativamente en forma negativa (Figura 1B).

DIVISIÓN II

En lo que respecta al incremento relativo en el número de hojas, se observa que en tres de los cuatro genotipos evaluados (Oaxaca, Puebla y Veracruz) no se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Figuras 1B, 1C y 1D). En el caso del genotipo Campeche, solo con la dosis más alta de NaCl evaluada (90 mM) se redujo significativamente el incremento relativo en el número de hoja, en comparación con el testigo (Figura 1A).

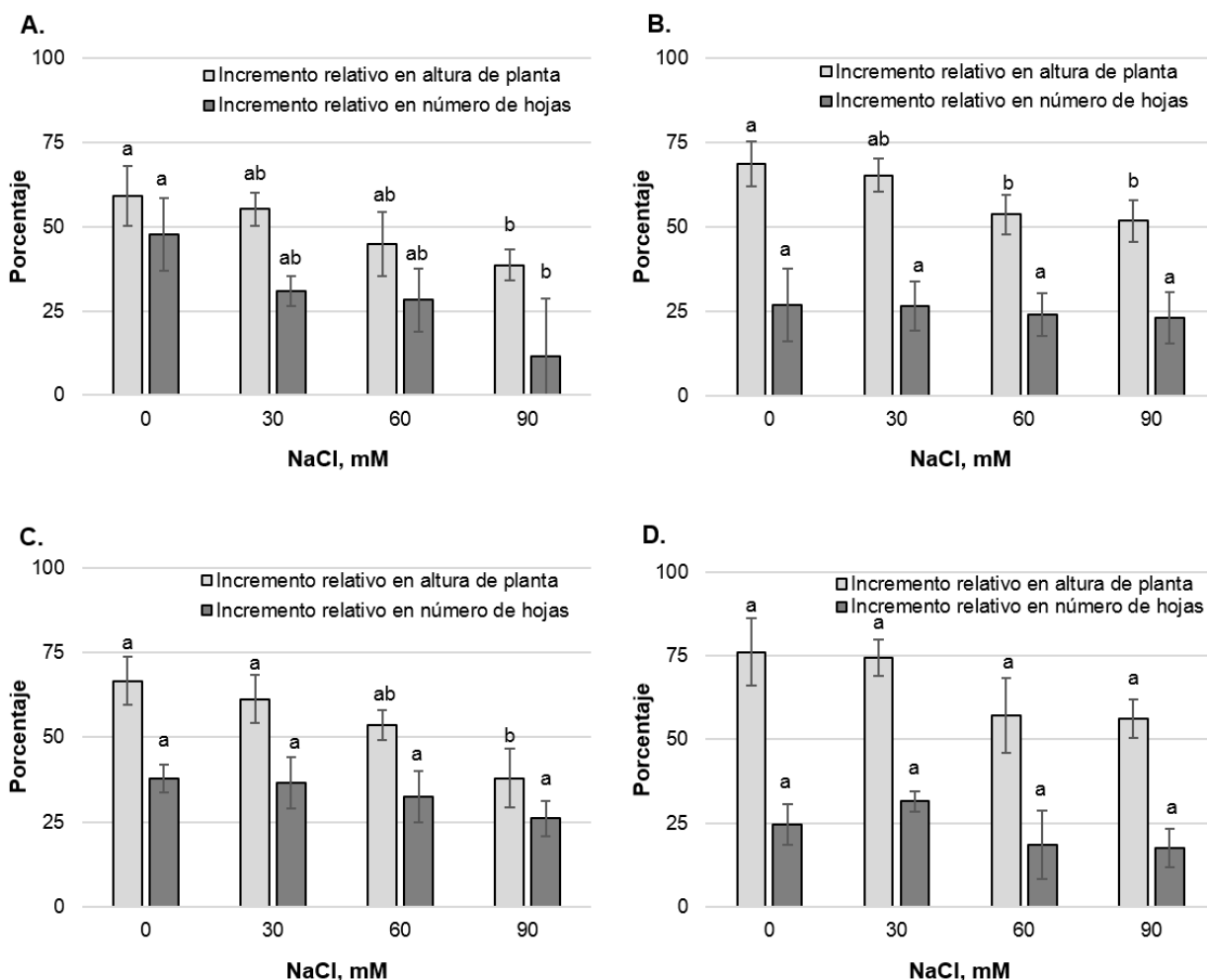


Figura 1. Incrementos relativos en altura de planta y número de hojas en los genotipos silvestres de tomate colectados en Campeche (A) Oaxaca (B), Puebla (C) y Veracruz (D) después de 10 días de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada subfigura y para cada variable, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Conclusiones

El genotipo Veracruz mostró alta tolerancia a la adición de NaCl en la solución nutritiva, ya que en ninguno de los niveles de NaCl evaluados en este genotipo, las reducciones observadas en la altura de planta fueron estadísticamente diferentes al tratamiento testigo. Por el contrario, el genotipo Oaxaca, fue más sensible a NaCl, ya que a partir de



60 mM NaCl se reduce significativamente el crecimiento en comparación con el testigo. El mismo comportamiento general se observa respecto al número de hojas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por los apoyos otorgados a Peter Ladewig a través de la beca para estudios de postgrado y a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba, por los apoyos para la realización de esta investigación.

Bibliografía

- CONAGUA. 2011. Estadísticas del agua en México-Edición 2011. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, D. F. 181 p. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>
- FAO. 2002. World agriculture: towards 2015/2030. Summary report. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm>
- Miranda D., Fischer G., Ulrichs C. 2010. Growth of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants affected by salinity. *J. Appl. Food Qual.* 83: 175-181.
- Morales, D., Rodríguez, P., Sánchez-Blanco, M.J., Torrecillas, A. (2002). Respuesta a la salinidad de tres variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Cultivos Tropicales* 23: 71-76.
- Munns, R. and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59:651-681.
- Nakaune, M., Hanada, A., Yin, Y.G., Matsukura, C., Yamaguchi, S., Ezura, H. 2012. Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short low-concentration salt seed priming in tomato. *Plant Physiol. Biochem.* 52: 28-37.
- SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652p. SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide, Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9. 652 pp.
- Sousa, C.L.M., Souza, M.O., Oliveira, L.M., Pelacani, C.R. 2014. Effect of priming on germinability and salt tolerance in seeds and seedlings of *Physalis peruviana* L. *Afr. J. Biotech.* 13: 1955-1960. Doi: 10.5897/AJB13.13549.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. In: ISOSC Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. 633-649 pp.



LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES POR RIZOBACTERIAS Y SU RELACIÓN CON LA PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETAL

León-López, L.¹; Peña-Cabriales, J. J.¹

¹Depto. de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN, Unidad Irapuato

* Autor para correspondencia: jpena@ira.cinvestav.mx; km 9.6 Carretera Irapuato-León. Irapuato, Guanajuato, México. C.P 36821; Tel. 52(462) 623 96 00.

Resumen

Recientemente se han identificado mecanismos para estimular el crecimiento vegetal en ciertos grupos de bacterias rizosféricas. Se tienen reportes de la comunicación metabólica a través de la producción de compuestos volátiles, por ejemplo la acetoina, que estimula el crecimiento de *Arabidopsis thaliana in vitro*. También se ha demostrado que la producción de homoserin-lactonas producidas por bacterias sirven como señal de comunicación entre planta-bacteria, bacteria-bacteria. De igual manera se han identificado mecanismos alternos de promoción de crecimiento en bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), a través de la producción de una amplia diversidad de moléculas señal como fitohormonas, compuestos orgánicos volátiles (COVs), moléculas estructuralmente semejantes a las homoserin-lactonas (AHL) como por ejemplo, las alcanidas. El objetivo de este trabajo, fue explorar mecanismos adicionales que utilizan las rizobacterias para aumentar el crecimiento aéreo y radicular vía COVs. Se evaluaron los efectos de 59 aislados de BPCV nativas de la rizósfera de maíz en el crecimiento de *Arabidopsis thaliana*, y *Zea mays* vía compuestos orgánicos volátiles. Se utilizaron cajas Petri con división y un sistema hermético de tubos de vidrio. Después de los 14 días en exposición a los COVs, las cepas LuFA1 y LuFA2 aumentaron el número de raíces laterales: 13.2 ± 2.8 y 11.8 ± 1.6 respectivamente con respecto al control (agua: 6.4). La LuFA1 aumentó significativamente la biomasa de maíz 728 mg con respecto al control (agua: 588 mg) por planta. Estos resultados nos hacen sugerir que los COVs emitidos por bacterias rizosféricas promueven el crecimiento vegetal en gramíneas.

Palabras clave: Rizobacterias; Compuestos Orgánicos Volátiles

Introducción

Algunas bacterias prefieren vivir en el suelo cercano a la raíz, explotando los exudados ricos en nutrientes de las plantas que son liberados. Estas bacterias son colectivamente definidas como "Rizobacterias" y muchas de ellas promueven el crecimiento de la planta (Bhattacharyya *et al.*, 2012). Los mecanismos directos de promoción de crecimiento vegetal que utilizan son la: I) biofertilización: bacterias que aportan algún nutriente a la planta i.e, bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y productoras de sideróforos para la asimilación de hierro. II) fitoestimulación: las rizobacterias producen sustancias hormonales tales como auxinas, citocininas, Giberelinas, Acido Abscisico y etileno (Zahir *et al.*, 2003). Estas hormonas regulan procesos primordiales como la división celular, expansión celular, diferenciación y muerte



DIVISIÓN II

celular. Por lo que tienen una enorme influencia sobre el desarrollo y crecimiento de la planta (Van Loon *et al.*, 2007).

En este contexto Ryu *et al.*, (2003), demostraron que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal *Bacillus subtilis* GB03 y *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a emiten COVs como: 2,3-butanediol y 3-hidroxi-2-butanona (acetoina), responsables del aumento en el área foliar de *Arabidopsis thaliana*.

En estos últimos 5 años un amplio espectro de compuestos orgánicos volátiles de origen microbiano han sido reportados i.e., alcanos, alquenos, alcoholes, ésteres, éteres, cetonas, compuestos sulfurados y terpenoides. Estos COVs presentan bajo punto de ebullición, rápida evaporación, masa molecular < de 300 Da, carácter lipofílico, presión de vapor >0.01kPa y baja polaridad.

Algunas funciones reportadas para los COVs de origen bacteriano involucran la regulación en la homeostasis de auxinas y expansión celular (Zhang *et al.*, 2007), aumento en la eficiencia fotosintética por disminuir los niveles de ácido abscísico y sensado de glucosa (Zhang *et al.*, 2008), adquisición de hierro en suelos alcalinos a través de la regulación del factor de transcripción 1 inducido por deficiencia de hierro (FIT1) (Zhang *et al.*, 2009), el cual es necesario para la inducción de la reductasa ferrica FRO-2 y el transportador de hierro IRT1.

Materiales y métodos

Material biológico

Los 59 aislados bacterianos evaluados pertenecen a la colección de cepas del Laboratorio de Microbiología Ambiental de Cinvestav, U. Irapuato. Dichas cepas fueron aisladas del suelo rizosférico de plantas de maíz, predominando los suelos arcillosos en los 3 sitios de muestreo.

Las semillas utilizadas para los ensayos de promoción del crecimiento vegetal fueron de *A. thaliana* ecotipo Columbia (Col-0) y Maíz híbrido P3055W.

Evaluación del crecimiento de A. thaliana vía COVs en cajas Petri con división.

Las semillas de *A. thaliana* ecotipo Columbia (Col-0), se esterilizaron superficialmente con 200 μ L de etanol al 70% durante 2-min, enseguida se agregó 200 μ L de hipoclorito de sodio al 1 % durante 20 minutos, se lavaron con 500 μ L de agua estéril (4 veces), después se colocaron en el medio MS 0.5X (Murashige and Skoog) y se vernalizaron por 2 días a 4 °C en ausencia de luz. Posteriormente se metieron en un cuarto de crecimiento durante 2 días para su germinación.

Se prepararon cajas Petri divididas con MS al 0.5x, colocando 5 plantas de *A. thaliana* a un lado de la caja y 20 μ l de la suspensión bacteriana en otro lado de la caja. El crecimiento radicular y aéreo de la planta se midió a los 8, 11, 14 días después de la inoculación se midió

Evaluación del crecimiento de Zea mays en un sistema de tubos de vidrio

Se evaluó el efecto de los COVs sobre el crecimiento de plantas de maíz, a los 8 y 9 días de exposición, para aquellos aislados microbianos que presentaron efecto positivo en el ensayo anterior. El sistema diseñado consistió en 2 tubos de vidrio (Kimax) de 75

ml cada uno, conectados a través de una manguera inerte que permite el flujo de los compuestos volátiles liberados por el microorganismo crecido en un medio líquido (caldo Nutritivo), hacia otro tubo donde se encuentra la planta de maíz.



Figura 1.- sistema de tubos de vidrio.

Identificación de volátiles en GC-MS

Se identificaron los compuestos volátiles de las cepas bacterianas, utilizando la técnica de microextracción en fase sólida (MEFS). Para la captura de los COVs se empleó una fibra de polidimetilsiloxano/Divinilbenceno la cual se desorbió en el puerto de inyección del espectrómetro de gases acoplado a masas (GC-MS).

Resultados y discusión

Crecimiento Vegetal de A. thaliana vía COVs emitidos por BPCV

Después de la exposición de *A. thaliana* a las 59 bacterias rizosféricas vía COVs. Se observaron cambios morfológicos y estructurales en la parte aérea y radicular de la planta. La cepas LuFA1 y LuFA2 aumentaron el número de raíces laterales 13.2 ± 2.8 y 11.8 ± 1.6 respectivamente, en comparación al control (Agua) 6.4 ± 2.8 . Sin embargo, también se observaron efectos inhibitorios en el crecimiento con algunas cepas, (datos no mostrados). La longitud de la raíz principal para la cepa LuFA1 fue de 5.8 ± 0.6 cm, estadísticamente diferente al resto de bacterias evaluadas y control. Con base a nuestras observaciones y resultados obtenidos podemos hipotetizar que ciertas bacterias rizosféricas presentes en los diferentes cultivos emiten COVs, los cuales regulan procesos fisiológicos, morfológicos, bioquímicos y genéticos en la planta.

Crecimiento Vegetal de plantas de maíz vía COVs emitidos por LuFA1 e identificación de COVs por GS-MS

Las rizobacterias que tuvieron efecto positivo en el crecimiento de *A. thaliana*, posteriormente se evaluaron con plantas de maíz utilizando el sistema hermético de tubos de vidrio. LuFA1, aumento la altura de la planta 13.1 ± 1 cm, longitud de la raíz primaria 15.4 ± 1.05 cm, peso seco total de la planta 728 ± 95 mg, con respecto el control (altura; 8.5 ± 3.5 cm; longitud de la raíz primaria; 11.5 ± 1.5 cm y peso seco total de la planta; 588 ± 156 mg). Los COVs mayoritarios producidos por LuFA1 identificados mediante GS-MS fueron 2-propenal, butil 2-metil butanoato y 2 ciclohexenol 1 butil, nos hace suponer que existe una gran diversidad de COVs emitidos por bacterias con potencial promotor del



crecimiento vegetal, semejante a los compuestos acetoina y 2-3 butanediol que reportó Ryu *et al.*, 2003.

Conclusión

Algunas bacterias rizosféricas inducen cambios morfológicos en la parte aérea y radicular de maíz a través de la emisión de compuestos volátiles.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Centro de Investigación de Estudios Avanzados-UI (CINVESTAV-UI) por la beca otorgada.

Bibliografía

- Battacharyya, P. y D. Jha. 2012. Plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28: 1327-1350.
- Ryu, C.M., M.A Farag, C.H Hu, M.S. Reddy, H.X. Wei, and P.W. Pare. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Proc.Natl.Acad.Sci.* 100: 4927- 4932.
- Van Loon L. C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur. J. Plant Pathol.* 119:243–254.
- Zahir ZA, M. Arshad, and W.T. Frankenberger. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81:97–168.
- Zhang, H., M.S. Kim, and V. Krishnamachari. 2007. Rhizobacterial volatile emissions regulate auxin homeostasis and cell expansion in *Arabidopsis*. *Plant J.* 226:839–851.
- Zhang, H., X. Xie, M.S. Kim, D.A. Korniyev, S. Holaday, and P.W. Pare. 2008. Soil bacteria augment *Arabidopsis* photosynthesis by decreasing glucose sensing and abscisic acid levels in planta. *Plant J.* 56: 264–273.
- Zhang, H., Y. Sun, X. Xie, M. S. Kim, S. E. Dowd and P. W. Paré. 2009. A soil bacterium regulates plant acquisition of iron via deficiency-inducible Mechanisms. *Plant J.* 58:568-577.



PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays L.*) BAJO DIFERENTES DOSIS DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO Y VERMICOMPOSTA

López-Rivas L.¹, Gallegos-Robles M. A.¹, González-Salas U.¹, Vázquez-Vázquez C.¹, Trejo-Escareño H. I.¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Durango. México..

*Autor responsable: smuchum_011491@hotmail.com ; Calle: Hisveras Núm. 303, Col. Fracc. Miravalle, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35015; Tel. +52(872)-124-2469

Resumen

En la región lagunera el maíz forrajero ocupa el primer lugar en superficie sembrada y la principal región productora de desechos orgánicos, en este estudio se evaluaron tres genotipos de maíz forrajero bajo diferentes dosis de fertilización orgánica, los resultados obtenidos fueron que el genotipo DAS-2306 es el que mejor respondió a la combinación de 160 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado más 3 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, con un rendimiento de 15.98 Mg ha⁻¹ de materia seca.

Palabras clave

Estiércol; maíz ; vermicomposta

Introducción

La Comarca Lagunera, región situada en los estados de Coahuila y Durango, México, es la principal cuenca lechera en el país, con más de 400 mil cabezas de ganado lechero. Para el abastecimiento de forrajes, en el 2011 se sembraron poco más de 120 000 ha con cultivos forrajeros, lo que representó el 87% de la superficie agrícola total en esta región. El maíz para ensilaje ocupó más de 27 000 ha en el 2013 y fue el primer cultivo en superficie sembrada (SIAP, 2015). Las vacas lecheras no son muy eficientes en el uso de nitrógeno consumido, ya que del nitrógeno que consumen de los forrajes solo utilizan en 30 % lo que significa que el 70 % del nitrógeno consumido lo excretan, si se asume que los excretas contienen niveles importantes de nitrógeno pueden utilizarse para la fertilización de los cultivos forrajeros de la región, que además de cumplir con las necesidades de nitrógeno de los cultivos forrajeros también se mejoran las condiciones físico químicas del suelo. Sin embargo, la práctica común en la Comarca Lagunera es incorporar dosis de 100 a más de 200 Mg ha⁻¹ de estiércol al suelo y, adicionalmente, aplicar fertilizantes químicos sin criterios técnicos basados en la demanda de nitrógeno del cultivo y suministro del suelo. El objetivo de la investigación es evaluar la respuesta de los mejores híbridos comerciales utilizados en la región bajo diferentes dosis de estiércol solarizado y vermicomposta, con la finalidad de recomendar una dosis adecuada de estiércol para producción y calidad del forraje, así como el mejor híbrido forrajero.



Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la región lagunera la cual está ubicada en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 00' y 104° 47' norte de Greenwich longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura sobre el nivel del mar es de 1139 m; cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. El área experimental fue en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, localizada en el Ejido Venecia, Gómez Pal. Dgo. Se evaluaron 3 híbridos de maíz forrajero más comercializados a nivel región, bajo seis diferentes dosis de estiércol solarizado y vermicomposta. Las dosis de fertilización orgánica fueron: T1 (0 Mg ha⁻¹ + 3 Mg ha⁻¹), T2 (80 Mg ha⁻¹ + 3 Mg ha⁻¹), T3 (160 Mg ha⁻¹ + 3 Mg ha⁻¹), T4 (0 Mg ha⁻¹ + 0 Mg ha⁻¹), T5 (80 Mg ha⁻¹ + 0 Mg ha⁻¹) Y T6 (160 Mg ha⁻¹ + 0 Mg ha⁻¹). Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. Las unidades experimentales constaron de 2 metros de ancho por 4 metros, en total fueron 54 unidades experimentales. Las variables evaluadas en la planta fueron altura de planta, rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca. En el suelo se evaluó MO, se realizaron dos muestreos en cada unidad experimental a la profundidad de (0-30cm). El primer muestreo se realizó antes de establecer el experimento (muestra compuesta), el segundo muestreo se realizó a los 45 días después de aplicar los tratamientos.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas en altura de planta (AP), peso de forraje verde (PFV) y peso de forraje seco (PFS), en el factor genotipo (geno) y diferencias altamente significativas para tratamientos solo en peso de forraje verde. Diferencias significativas se observaron para la interacción tratamiento x genotipo en PFV. Lo anterior señala que existe por lo menos un genotipo que es superior para las variables AP, PFV Y PFS, al igual que existe un tratamiento que es superior para las variables AP, PFV Y PFS. Para la variable de materia orgánica (MO) no hubo diferencias significativas para ningún factor de variación que de acuerdo a Wu y Powell (2007) mencionan que el 50% del estiércol es biodegradado en el primer año, y el muestreo se tomó a los 45 días después de aplicarlo (cuadro 1).

Cuadro 1: anova cuadrados medios (planta y suelo)

F.V	AP	PFV	PFS	MO
Rep	0.06841	0.01893	0.00088	0.31ns
Tratamiento	0.01087ns	0.04805**	0.0007ns	0.32ns
Genotipo	1.60446**	0.21950**	0.0555**	0.00ns
T x G	0.00586ns	0.00803*	0.0001ns	0.06ns
Error	0.02322	0.00863	0.00063	0.25

El tratamiento que consto de 160 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado más 3 Mg ha⁻¹ de vermicomposta (3) fue el que mostro un rendimiento de peso fresco (PFV) de 75.48 Mg ha⁻¹, seguido del tratamiento de 80 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado sin vermicomposta con un rendimiento en peso verde de 69.26 Mg ha⁻¹, y el tratamiento que expreso el menor rendimiento fue el testigo con un rendimiento de 58.6 Mg ha⁻¹, aun así todos los tratamientos obtuvieron rendimiento por arriba de la media regional de 50 Mg ha⁻¹ según reporta INIFAP en el 2006. Para las otras variables no hubo diferencias significativas con



DIVISIÓN II

respecto a tratamientos. La materia orgánica inicial fue de 2.85 % por lo cual no hay diferencias significativas (cuadro 2).

Cuadro 2: comparación de medias para tratamientos (dosis de fertilización)

TRAT	AP	PFV	PFS	MO%
1	2.80 A	60.38 ton ha ⁻¹ C	14.20 ton ha ⁻¹ A	3.00 A
2	2.78 A	61.27 ton ha ⁻¹ BC	15.09 ton ha ⁻¹ A	2.80 A
3	2.28 A	75.48 ton ha ⁻¹ A	15.98 ton ha ⁻¹ A	2.94 A
4	2.81 A	58.60 ton ha ⁻¹ C	13.32 ton ha ⁻¹ A	3.46 A
5	2.80 A	69.26 ton ha ⁻¹ AB	15.09 ton ha ⁻¹ A	3.22 A
6	2.74 A	62.16 ton ha ⁻¹ BC	14.20 ton ha ⁻¹ A	2.85 A

Duncan 0.05

Con respecto a los genotipos evaluados el que mayor rendimiento expreso en peso fresco fue el genotipo RX-717 seguido del genotipo HT-6806Y y por último el genotipo DAS-2306, pero en la variable de PFS el que sobresalió fue el genotipo DAS-2306. En la variable de altura de planta los tres genotipos se comportaron de igual manera. Son resultados similares a los obtenidos por el Departamento de Servicios Técnicos Agropecuarios, ALPURA 2014.

Cuadro 3: comparación de medias para genotipos (tres híbridos)

GENOTIPOS	AP	PFV	PFS
1	2.58 B	0.77 A	0.13 B
2	2.68 B	0.80 A	0.13 B
3	3.15 A	0.60 B	0.23 A

Duncan 0.05

Conclusiones

Los resultados indican que la combinación de estiércol solarizado (160 Mg ha⁻¹) mas vermicomposta (3 Mg ha⁻¹) produjo un rendimiento de 75.48 Mg ha⁻¹ de forraje verde y 15.98 Mg ha⁻¹ de materia seca. Todos los tratamientos orgánicos aplicados fueron superiores a la media regional, lo que significa que es posible obtener buenos rendimientos tan solo fertilizando con estiércol solarizado en combinación de vermicomposta.

La materia orgánica inicial fue de 2.85 % y los resultados del porcentaje de materia orgánica en los tratamientos no variaron mucho debido a la poca mineralización del estiércol en ausencia de humedad.

De la comparación de los híbridos el que mejores resultados mostro fue el DAS-2306, tan solo en materia seca, pero en forraje verde fue inferior, eso se debe a que los otros híbrido tienen mayor capacidad para absorber agua, pero no para producir materia seca.



Bibliografía

- ALPURA, 2014. Departamento de Servicios Técnicos Agropecuarios. "Evaluación de híbridos de maíz para ensilaje 2013".
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coah., México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. (Fecha de consulta junio 2015).
- Wu, Z. and J. M. Powell. 2007. Dairy manure type, application rate and frequency impact plants and soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1306-1313.



EFECTO DEL MEDICAMENTO HOMEOPÁTICO CALCAREA CARBONICA EN EL CRECIMIENTO DEL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*) EN LA REGIÓN DE NAZAS, DURANGO

Madinaveitia-Ríos, H.^{1*}; Blanco-Cervantes, M.I.²; Cervantes-Álvarez, E.³; Chavarría-Galicia, J. A.⁴; Salazar-Sosa, E.⁵; Hermosillo-Salazar, L.J.⁶; Baca-Castro D.⁷.

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Departamento de Biología. Torreón Coahuila. México.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Departamento de Biología. Torreón Coahuila. México.

³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Departamento de C. Básicas. Torreón Coahuila. México.

⁴ Instituto Tecnológico Agropecuario numero 10. Ejido Ana, Torreón Coahuila, México.

⁵ Instituto Tecnológico Agropecuario numero 10. Ejido Ana, Torreón Coahuila, México.

⁶ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Departamento de Suelos. Torreón Coahuila. México.

⁷ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Tesista de la Carrera de Ingeniero en Procesos Ambientales.. Torreón Coahuila. México.

*Autor responsable: hectormadina@hotmail.com; Calle 14 Núm. 550, Col. Fraccionamiento Los Álamos, Gómez Palacio, Durango. País. CP 35024; Tel. +52(871)-715-6515

Resumen

En este estudio fue utilizado el medicamento homeopático *Calcarea carbonica* en las dosis 7CH, 8CH, 9CH, 10CH, 11CH, 12CH y el testigo respectivamente, para mejorar el crecimiento (midiendo las variables altura y diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo) de las plantas del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en la región de Nazas, Durango; con esta finalidad se administraron los medicamentos a través de aspersión hidráulica en un universo de 42 macetas con planta de nogal de 6 meses de edad. La aspersión de los medicamentos se hicieron cuatro veces en diferentes días, Se obtuvo como resultado el incremento significativo en altura del nogal con la administración del preparado homeopático a la dinamización 7CH, empleando el medicamento. Con la aplicación de *calcarea carbonica* el incremento fue de 29.55 cm, mientras que el testigo tuvo un incremento de 22 cm. En el análisis de varianza la altura de las plantas, en el tratamiento 7CH, empleando el medicamento presentó significancia a un nivel de 5 % de error con respecto a los tratamientos 11CH, 12CH y el testigo para *calcarea carbonica*.

Palabras clave:

agrohomeopatía; agricultura orgánica; nogal pecanero; calcárea carbónica.

Introducción

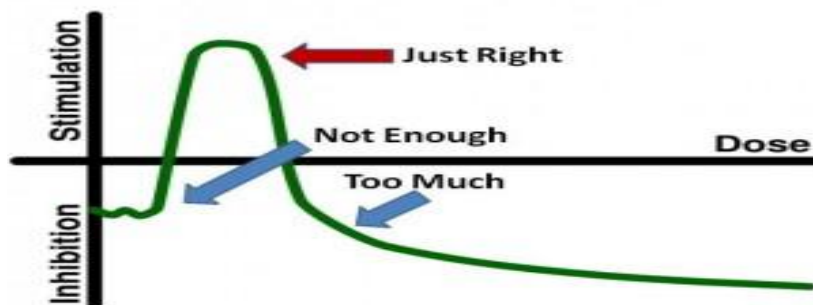
El suelo que es sitio del cual se nutren y absorben agua las plantas, sufre de la contaminación por residuos de pesticidas y otros productos agroquímicos, como los herbicidas y los fertilizantes. Algunos de ellos permanecen en el suelo, y desde allí se integran a las cadenas alimenticias, aumentando su concentración a medida que avanzan de nivel trófico. (Atisook *et al.*, 1998).

Una de las herramientas que pueden y están siendo un auxilio en la búsqueda de opciones sustentables es la agrohomeopatía, un tipo de agricultura inocua cuya base de aplicación es la homeopatía. En este trabajo se hace uso de esta herramienta dentro de la búsqueda de opciones que conduzcan a una mejoría en la adaptación de los agroecosistemas y por lo tanto en la recuperación de ecosistemas hacia una producción de alimentos inocua.

Los principios en los que se basa la agrohomeopatía provienen de la homeopatía, son: el principio de la ley del similar y que en palabras de Hahnemann (1755–1843) su fundador, se plasma en la frase del *Similia Similibus Curentur* (el similar se cura con el similar), que es la piedra angular de la homeopatía y de la agrohomeopatía. El otro es el principio de la similitud: VENENO DESTRUYE VENENO. Las dosis elevadas son tóxicas para los seres vivos. Mientras que las dosis bajas o pequeñas son estimulantes (curativas) (Figura 1). Para ello estas dosis se les debe aplicar el principio de dilución-sucusión (dinamización) (Tellería, *et al.* 2012).

El concepto de hormesis sostiene que las dosis pequeñas o mínimas son estimulantes de una función celular u orgánica, y por lo tanto no productoras de una lesión o alteración patológica a nivel celular o bioquímico, sino productoras de una función adaptativa, las dosis mínimas corresponderían única y exclusivamente a lo que podemos llamar dosis terapéuticas u horméticas, más no patogenésicas

Figura 1. Muestra el efecto de la variación de la dosis cuando es demasiado baja o demasiada elevada el efecto en los seres vivos es de inhibición. Mientras que cuando son bajas o mínimas (homeopáticas) ocurre una estimulación (curación).



El llamar dosis infinitesimales a las dosis homeopáticas fue planteado para designar el proceso en el cual el soluto va desapareciendo paulatinamente en la medida que se elabora la preparación homeopática hasta desaparecer, sin embargo la dinamización aún en ausencia del soluto continúa teniendo un efecto, ya que las dinamizaciones posteriores a la 12 Centesimal Hahnemanniana y las dinamizaciones medias (30CH, 60CH) o altas (200CH, 1000CH, 10000CH o más) ya no contienen el soluto inicial como lo menciona Olivas (2010).



DIVISIÓN II

La agrohomeopatía se enfoca principalmente a fortalecer la planta sin dejar rastros peligrosos para la salud de las plantas, animales o humanos que la rodean o consumen. La ventaja de utilizar las dinamizaciones homeopáticas en plantas garantiza la nula toxicidad, ya que por la manera de prepararlas se logra que tengan efecto sobre la planta sin contaminarla. La agrohomeopatía es una contribución universitaria para los productores. Podrán utilizarla con la confianza de que no afectará ni su organismo, suelo y cultivo. La agrohomeopatía es un modo de hacer agricultura inocua, es decir que no produzca daños colaterales. Debe estar claro que los principios que utiliza la agrohomeopatía se retoman de la homeopatía humana y son el principio de similaridad y las dosis mínimas (horméticas o estimulantes) dinamizadas (Madinaveitia, 2013).

Investigación en agrohomeopatía. Casas (2008), encontró que dos de cinco medicamentos homeopáticos a base de calcio: *calcárea carbónica* 30CH, compuesto de calcárea 30CH, tuvieron influencia positiva en la germinación y el índice de velocidad de germinación como indicadores de vigor en semillas de chile serrano (*Capsicum annum* Var. Tampiqueño 74).

Según Silva (2002) algunos medicamentos que comúnmente son aplicados en la agrohomeopatía son: *calcárea carbónica*, *calcárea fosforica* y *calcárea fluorica*. Estos medicamentos son aplicados a plantas que no responden a los fertilizantes, tienen crecimiento lento, necrosis de los bordes de la hoja, estrés hídrico y pudrición apical de frutos.

Lucietta *et al.* (2009) realizaron un trabajo cuyo objetivo fue revisar la literatura existente sobre investigación homeopática utilizando modelos fitopatológicos y experimentos en campo. Se hicieron revisiones de 1969 a 2009. De un total de 44 publicaciones revisadas, 19 artículos contaban con estudios estadísticos, 6 fueron estudios manuscritos de información marcada, publicaciones de campo fueron 9. En general los resultados tuvieron efectos significativos y reproducibles con potencia decimales y centesimales, incluyendo niveles de dilución más allá del número de Avogadro. Los medicamentos que más efectos produjeron fueron: *arsenicum album* (199CH) y *Kalium iodatum* (200CH), *Thuja occidentalis* (3CH, 6CH, 30CH y 200CH), *Lycopodium clavatum* (30CH) y *Zincum sulfuricum*. Redujeron las enfermedades fúngicas. *Arsenicum álbum*, *calcárea carbónica*, *graphites* y *phosphorus* inhibieron hasta 90 % de las aflatoxinas. *Thuja* y *Cedrón* controlaron virus (como el virus del mosaico del tabaco, TMV) en tomates, *arsenicum album* incrementa en el tabaco la resistencia al virus del TMV. Los mismos investigadores mencionan que no hay un criterio estandarizado para seleccionar sustancias, por ejemplo en algunos casos los tratamientos fueron de acuerdo al principio de similitud.

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Madinaveitia (2013) administró medicamento en base a biopreparados de pulgón negro (*Melanocallis caryaefoliae*), en diferentes diluciones homeopáticas para el tratamiento en el mejoramiento de la adaptación de las plantas del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) a través de aspersión hidráulica en un universo de 72 macetas con planta de nogal de un año y medio de edad. Se obtuvo como resultado el incremento de hojas compuestas con la administración del preparado homeopático a la dinamización 8CH. En el análisis de varianza la altura de las plantas, en el tratamiento 10CH, presentó significancia a un nivel de 5% de error con respecto a los tratamientos 6CH, 2CH y 8CH. Los mismos investigadores concluyeron que la agrohomeopatía tiene un futuro enorme en la medida que cubre la mayoría de los procesos de trabajo que los productores realizan para la obtención de cosechas abundantes y nutritivas. Además al aplicar los biopreparados para el control de plagas, al degradar la materia orgánica los compuestos



químicos se reducen a minerales lo que mejora la nutrición de los organismos a los que son aplicados los biopreparados.

Calcareo carbonica. Es uno de los policrestos de amplio uso en la agrohomeopatía. Tichavsky (2007) dice que los problemas de salud que ayuda a solucionar este medicamento, se relaciona con el consumo de agua incrementado raíces cortas y poco desarrolladas, marchitamiento generalizado, inflamación, decoloración roja o amarilla de las márgenes de las hojas, floración deficiente y de poca duración o prematura en la cebada, frutos esponjados en general, pequeños, maduración lenta de frutos de café, frutos que caen prematuramente, son diminutos o ausentes, frutos estériles, clorosis amarillenta o rosácea con sistema venoso resaltado. Por lo tanto, mejora el desarrollo de raíces, con protección de epidermis y consumo de agua de la planta y con la durabilidad de los frutos. Su función se centra en los tejidos y en la circulación.

Materiales y Métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo en un vivero dentro de una nogalera del ejido La Perla Municipio de Nazas Durango, México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 25° 16' 31" de latitud norte y 104° 7' 44" de longitud oeste. Con una altura promedio de 1120 msnm.

El trabajo de campo abarcó el periodo marzo a noviembre de 2013. Entre el 27 al 30 de marzo se establecieron las macetas de nogal, sembrándose una semilla por maceta.

Preparación de tintura madre. Se partió de una concentración centesimal de 6CH, que fue considerada como la tintura madre, y se prepararon 7 frascos de vidrio de color ámbar con tapa se les agregó 495 ml de agua destilada, se marcaron del 7 a la 12 centesimal, según la dilución homeopática de Hanhemann que sería 7CH hasta 12CH. La dilución testigo que tuvo una concentración de cero (0) y se le denominó CO. la solución 7CH se preparó agregando con ayuda de un vaso de precipitado 5 ml de la tintura madre a los 495 ml de agua destilada, en total se prepararon medio litro para cada dosis.

Dinamización de las preparaciones homeopática. se agitó el frasco 100 veces, hacer esta agitación, tomó aproximadamente un minuto, de la solución 7CH se tomaron 5 ml y se le agregaron a la botella 8CH, se realizó el procedimiento de succusión, de esta dilución se tomaron 5 ml y se le agregaron al frasco 9CH también se realizó la succusión y así sucesivamente con los siguientes frascos hasta llegar a la dilución 12CH.

Se realizaron 4 aplicaciones: el 7 de septiembre fue la primera, 21 de septiembre la segunda, el 05 de octubre fue la tercera, y el 19 de octubre la cuarta y última aplicación. La toma de datos del crecimiento de las plantas se hizo el 9 de noviembre de 2013.

Se hizo un diseño de bloques al azar con 7 tratamientos incluido un testigo. Para cada tratamiento y el testigo se emplearon 6 plantas de nogal pecanero, que tenían una edad de 4 meses, las cuales estaban en bolsas de plástico para vivero con capacidad de 40 kilos. En total se utilizaron 42 plantas de nogal pecanero aproximadamente de seis meses de edad. En este trabajo se evaluaron los tratamientos 7CH, 8CH, 9CH, 10CH, 11CH y 12CH, y el testigo (CO).

Se midieron dos variables en el nogal, la altura y el diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo. Con los datos obtenidos se hizo un análisis estadístico que consistió en:

obtener la media de cada dosis de *calcareo carbonica* y un análisis de varianza de acuerdo al paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 1.1 2012 de Olivares (2012).

Figura 2. Frascos con las diluciones homeopáticas y aplicación de las dosis en el nogal pecanero



Resultados y Discusión

Cuadro 1. Concentraciones diluidas en *calcareo carbónica* aplicado a nogal pecanero (*Carya illinoensis*) y su efecto en la variable altura en la región de Nazas Durango. Agosto-noviembre de 2013.

CONCENTRACIÓN	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	MEDIA Cm
7CH	1	6	29.55
8CH	2	6	29.25
9CH	3	6	24.62
10CH	4	6	24.75
11CH	5	6	22.5
12CH	6	6	19.18
COTESTIGO	7	6	20

En el Cuadro 1 se puede ver que en la 7CH y en la 8CH, el efecto de estas dosis fueron las que produjeron la mayor altura en las plantas de nogal. Mientras que en las demás concentraciones el efecto fue menor, sobre todo en la 12CH y en la C0 (testigo).

El análisis de varianza de la variable altura de las plantas, se puede ver en el Cuadro 2, en los tratamientos 7CH y 8CH, se presentó significancia a un nivel de 5 % de error con respecto a los tratamientos 11CH, 12CH y el C0testigo para *calcareo carbonica*.

Tichavsky (2007) menciona que este medicamento mejora el desarrollo de raíces, con protección de epidermis y consumo de agua de la planta. Estos efectos posiblemente son



DIVISIÓN II

originados porque el medicamento estimula el incremento de meristemos que son células especializadas en el crecimiento celular (Taiz y Zeiger 1998). Esta es la razón probable de porque se obtuvo tanto diferencia entre los tratamientos mencionados con respecto al testigo. Asimismo, los tratamientos 9CH, 11CH y 12CH fueron los que menor efecto produjeron en el incremento de esta variable.

cuadro 2. Análisis de varianza de la variable altura de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) con siete tratamientos aplicados de *calcareo carbonica* en la region de Nazas Durango agosto – noviembre de 2013.

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN	MEDIA	SIG.=0.05
		Cm	
17	7CH	29.55	a
2	8CH	29.25	a
4	10CH	24.75	ab
3	9CH	24.62	b
5	11CH	22.85	b
7	C0TESTIGO	20	b
6	12CH	19.18	b

La media que se obtuvo en la variable diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo se puede observar que es muy poca la diferencia entre los distintos tratamientos e igualmente ocurrió esto entre los tratamientos y el testigo (cuadro 3).

El análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo, se puede ver en el Cuadro 4, los distintos tratamientos no presentaron diferencia significativa a un nivel de 5% de error, entre ellos y con el testigo.

Cuadro 3. Concentraciones diluídas de *calcárea carbónica* aplicados a nogal pecanero (*Carya illinoensis*) y su efecto en la variable diámetro del tallo principal a una distancia de 5 cm del suelo, en la región de Nazas Durango, agosto- noviembre de 2013.

CONCENTRACIÓN	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	MEDIA
7CH	1	6	3.3
8CH	2	6	3.2
9CH	3	6	3.3
10CH	4	6	3.3
11CH	5	6	3
12CH	6	6	3.3
COTESTIGO	7	6	2.66



DIVISIÓN II

Lo que se puede deducir de esta situación es que el medicamento no tuvo efecto alguno en el incremento de meristemas responsables del crecimiento en grosor de los tallos. Posiblemente sucedió esto porque fue muy poco el tiempo transcurrido entre las aplicaciones del medicamento y las mediciones realizadas.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo principal (a una distancia de 5 cm) de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) con siete tratamientos aplicados de *calcareo carbonica*, en la región de Nazas Durango, agosto-noviembre de 2013.

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN	MEDIA	SIG.=0.05
1	C7H	3,3	a
3	C9H	3,3	a
4	C10H	3,3	a
6	C12H	3.3	a
2	C8H	3.2	a
5	C11H	3	a
7	C0TESTIGO	2.66	a

Conclusiones

Hubo un incremento significativo en altura del nogal con la administración del preparado homeopático a la dinamización 7CH. El incremento fue de 29.55 cm, mientras que el testigo tuvo un incremento de 22 cm.

El análisis de varianza de la variable altura de las plantas, los tratamientos 7CH y 8CH, se presentaron significancia a un nivel de 5 % de error con respecto a los tratamientos 11CH, 12CH y el C0testigo.

La media que se obtuvo en la variable diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo hubo muy poca la diferencia entre los distintos tratamientos e igualmente ocurrió esto entre los tratamientos y el testigo.

El análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a una distancia de 5 cm del suelo, los distintos tratamientos no presentaron diferencia significativa a un nivel de 5% de error, entre ellos y con el testigo.

El medicamento empleado *calcareo carbonica*, fue efectivo para incrementar la altura de las plantas del nogal evaluadas, más no así para incrementar el diámetro o grosor de los tallos a una distancia de 5 cm del suelo.

Probablemente los resultados positivos de la aplicación de este medicamento fueron porque estimularon el incremento de células meristemáticas apicales que produjeron un aumento en la longitud del tallo.

Probablemente los resultados negativos de la aplicación de este medicamento en el incremento del diámetro fue porque tarda más en estimular la formación de meristemas responsables del crecimiento en diámetro de los tallos.



La importancia de este tipo de trabajos, es que son una alternativa viable para efectuar agricultura orgánica, por lo práctico y económico. Por lo que se sugiere seguir esta línea de investigación, que muy probablemente permitirá reducir o eliminar ambientes contaminados y producir cosechas sanas o inocuas.

Probar más dosis de aplicación de este medicamento.

Probar este y otros medicamentos homeopáticos en el mismo cultivo y en otros.

Difundir más el conocimiento uso de esta tecnología como una opción más de la agricultura orgánica y que además es amigable con el ambiente, económica y práctica.

Agradecimientos

Al profesor Román Ramírez Ariza, por su disponibilidad en el apoyo del vivero, la atención y trabajo que se requirió las veces que se tuvo que ir al sitio de estudio.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por los recursos tanto humanos como materiales y de infraestructura que se necesitaron para hacer este estudio.

Bibliografía

- Atisook, 1998. Organochlorine compounds in perinatal blood samples maternal and neonatal measurements at Sirijat Hospital. P 712.717.
- Casas. N. 2008. *Dinamizaciones homeopáticas. (Dioscorea villosa, calcárea carbonica, arcanicum album, sulphur), como promotores de la germinación en Ferocactushistrix*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco Estado de México.
- Lucietta Betti, Grazia Trebbi, Vera Majewsky, Claudia Scherr, Devika Shah-Rossi, Tim Jager and Stephan Baumgartner. Homeopathy (2009)98, 244-266. 2009. The Faculty of Homeopathy. Doc.:10. 1016/homp. 2009.09.008. available on line at <http://www.science direct.com>. original paper: *Use of homeopathic preparations in phytopathological models and field trials: a critical review*.
- Madinaveitia, R. H. 2013. *Agrohomeopatía empleada para una mejor adaptación del nogal pecanero (Carya illinoensis) en la región de Nazas, Durango*. Tesis de maestría en ciencias.Laboratorio de Investigación Homeopática. Instituto de Investigación Homeopática. Durango Durango. México. 34 pp.
- Olivas, L. J. L. 2010. *El nuevo paradigma en la homeopatía*. Laboratorio de investigación homeopática. Durango, Dgo. 24 p.
- Olivares S. E. 2012. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Paquete estadístico Microsoft. Programa Versión 1.1 julio 2012.
- Silva, E. P. 2002. Efeito do medicamento homeopático *sulphure* malgumas variáveis do crescimento e produtividade de rabanete. Maringá, 2002. 32f. Monografía (Especialização em Botânica) – Departamento de Biología, Universidade Estadual de Maringá.
- Taiz, L. and Zeiger E. *Plant Physiology*. 1998. Primera edición. Editorial SINAUER. Plumbtree road sunderland USA. 1400 p.
- Tellería, C. J. Sanz V. y M. Sabadell A. 2012. *La homeopatía: historia, descripción y análisis crítico*. Institut d'Estudis de la Salut. Generalitat de Catalunya. 250p.
- Tichavsky, R. 2007. *Manual de agrohomeopatía*. Instituto Comenius en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Social. Monterrey, Nuevo león. 77 p.



EFECTO DE SUSTRATOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon sculentum* Mill.) EN INVERNADERO.

Mendoza-Tacuba, L.^{1*}; Fortis-Hernández, M.²; Preciado-Rangel, P.³; Cordova-Chavarria, L.A.⁴

¹⁻⁴Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.

*Autor de contacto: leo_flakillo@hotmail.com; Calle frontera Núm. 410, Col. Valle verde, Torreón, Coahuila. México. CP 27054; Tel. +52(871)-269-4656.

Resumen

Existe una creciente inquietud de la opinión pública sobre los efectos negativos de las actividades agrícolas en el medio ambiente. Esto, ha provocado que se busque gestionar la producción de cultivos de una manera más sustentable. La vermicompost es un abono orgánico que ha adquirido gran importancia como fuente de nutrimentos y como componente del medio de desarrollo de los cultivos hortícolas. El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de tomate variedad Sahel con mezclas de sustratos orgánicos de origen bovino. Los Tratamientos fueron mezclas utilizando arena como medio inerte, estiércol bovino solarizado, vermicomposta y micorrizas con los siguientes tratamientos T1=(80%A+20%VER+MICORRIZA); T2=(70%A+30%VER+MICORRIZA); T3=(60%A+40%VER+ MICORRIZA); T4=(50%A+50%VER+MICORRIZA); T5=Testigo (80% A +20% P POMEZ con Solución Steiner; T6=(80%A+20%ES+MICORRIZA); T7=(70%A+30%ES+MICORRIZA); T8=(60%A+40%ES+ MICORRIZA); T9=(50%A+50%ES+MICORRIZA). El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluaron variables fenológicas para calidad de frutos como: grados brix, grosor del pericarpio, SPAD, firmeza, diámetro polar y ecuatorial. El rendimiento de tomate fue mayor con la Solución Steiner (17.2.kg m⁻²), sin embargo, la mezcla de vermicompost (T3) obtuvo rendimientos estadísticamente diferentes (14.7 kg m⁻²). Los resultados permiten considerar la producción de tomate en invernadero utilizando sustratos orgánicos y micorrizas como alternativa viable para los productores orgánicos, así como para aquellos que deben trabajar en ambientes protegidos comprometidos con la sustentabilidad.

Palabras clave: Vermicompost; tomate; micorrizas.

Introducción

La Agricultura Orgánica emplea gran variedad de opciones tecnológicas con el empeño de reducir y hacer recuperables los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y la calidad del ambiente, a la vez que intensifican las interacciones biológicas y los procesos naturales beneficiosos. La Comarca Lagunera es la Cuenca lechera más importante del país con más de 550,000 cabezas de ganado bovino que anualmente excretan 1, 200,000 toneladas de estiércol base seca (SAGARPA, 2012). Este residuo puede emplearse para



DIVISIÓN II

elaborar vermicompost o humus de lombriz. Los beneficios de éstos abonos orgánicos son evidentes, compost ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto *et al.*, 2002) y como sustrato han sido utilizados en cultivos en invernadero ya que no contaminan el ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008). Una de las alternativas para incrementar la producción agrícola es la aplicación de biofertilizantes producidos a partir de hongos micorrízicos arbusculares, los que al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan importantes funciones, pues contribuyen de forma más eficiente a la supervivencia y el crecimiento de los cultivos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de los sustratos orgánicos elaborados a partir de vermicompost, estiércol bovino solarizado y micorrizas en la producción estacional de plantas de tomate en invernadero.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo otoño/invierno 2014 en el invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado en el km. 7.5 de la antigua Carretera Torreón – San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila. Ubicado geográficamente entre las coordenadas 25° 36'36.54" LN y 103° 22' 32.28" LW y 1123 msnm. Los sustratos evaluados consistieron en mezclas de vermicompost (VC) con arena (A) y estiércol solarizado (ES) con arena (A) más micorrizas a diferentes porcentajes: 80:20, 70:30, 60:40, y 50:50. Posteriormente, las plántulas de tomate fueron trasplantadas a una altura promedio de 10 cm en cada maceta y colocadas en hilera sencilla a una distancia de 40 cm entre plantas y 1.4 m entre hileras. La planta de tomate se condujo a un tallo, el cual fue sostenido con hilo rafia de polipropileno sujeto a un alambre transversal. Los requerimientos de agua fueron cubiertos por medio del riego, el cual fue realizado de manera manual con tres riegos por día.

Cuadro 1. Se muestra la concentración nutrimental de vermicompost y estiércol solarizado, antes de ser utilizados para la elaboración de los sustratos.

Nutrimento	E. solarizado	Vermicompost
	-----%-----	
N	1.25	2.62
P	0.64	0.84
K	2.75	3.02
Ca	5.30	5.61
Mg	1.07	1.10
	----- mg kg ⁻¹ -----	
Fe	0.83	0.96
Mn	0.030	0.053
Zn	0.017	0.099
Cu	0.006	0.007

Fuente: Análisis realizados en la Cooperativa de la Comarca Lagunera 2014.

Las Variables evaluadas en la planta: Altura de planta (cm): se midió con cinta métrica una vez al mes y considerando cuatro plantas por tratamiento. Diámetro de tallo (cm): se midió el diámetro del tallo con un vernier manual, una vez al mes en cuatro plantas por tratamiento. Análisis de raíz: se determinó el volumen desplazado, peso fresco y materia seca de cada repetición. Las variables evaluadas en fruto: Largo del fruto (cm): Se midió con un vernier manual cada fruto cosechado. Ancho del fruto (cm): Se midió con un vernier manual el ancho de todos los frutos cosechados. Rendimiento (kg/m²): se cosecharon los frutos de tomate



DIVISIÓN II

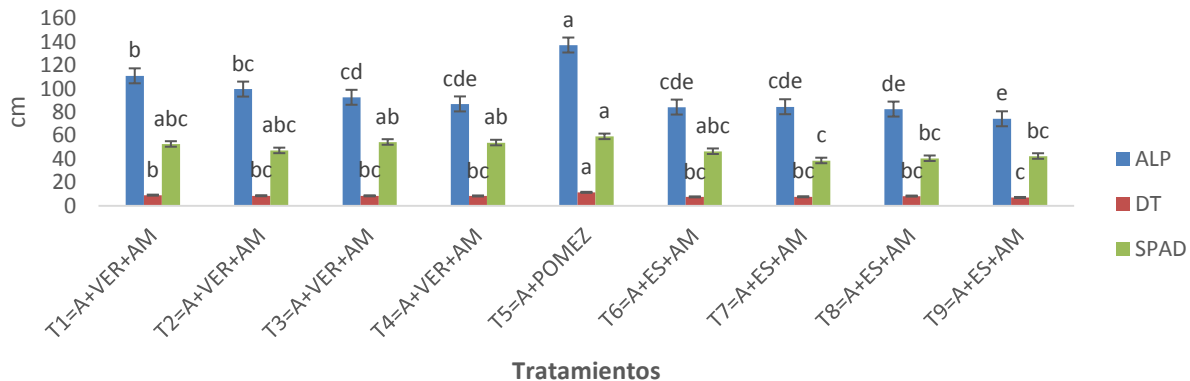
considerando su tamaño comercial. Peso (g): Se pesaron los frutos con una balanza analítica marca Shimadzu. Sólidos solubles totales o °Brix (%): se midieron los sólidos solubles de todos los frutos de tomate con un refractómetro marca SperScientific 300001. Grosor del pericarpio: Fueron tomadas con un vernier cortando a la mitad del fruto el resultado fue expresado en centímetros (cm).

Análisis estadístico: Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS (2002) y comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas para las variables altura de planta, SPAD y diámetro de tallo, lo que sugieren que los sustratos evaluados influyeron en el comportamiento de estas variables. En la figura 1 se muestran los resultados de separación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$). Los tratamientos orgánicos T1 (80%A+20%VER+micorrizas) y T2 ((70%A+30%VER+micorrizas) presentaron mayor altura de planta a los 70 días después del trasplante (ddt) con valores de 111.00cm y 99.66 cm, respectivamente. El tratamiento testigo T5 (Solución Steiner) obtuvo la mayor altura en amba fecha con 137.33 cm.

Figura 1. Separación de medias de las variables altura de planta, SPAD y diámetro de tallo en el cultivo de tomate producido con sustratos orgánicos evaluados en invernadero.



Respecto a la altura de planta Atiyeh *et al.* (2001) destacan que la vermicomposta favorece el desarrollo de los cultivos en invernadero cuando se utiliza como sustrato de crecimiento; señalaron que las diferencias en altura de planta obedecieron a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas. En cuanto a unidades SPAD los resultados obtenidos corresponden a lo reportado por Wilcox (1994) que indica que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse en la planta completa y en el fruto. Los resultados muestran que el tratamiento con Solución Steiner mostró el valor más alto de unidades SPAD (59.30); el Tratamiento orgánico con mayores unidades SPAD fue el T3 (figura 1). Para el caso de la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) existió diferencia significativa entre las variables diámetro ecuatorial, grosor del pericarpio y grados Brix. En el caso de los grados brix Se presentó constante entre tratamientos con valores de 5.00 y 6.00 °Brix. Los tratamientos orgánicos T1 (80%A+20%VER+micorrizas) y T2 ((70%A+30%VER+micorrizas)



DIVISIÓN II

presentaron mayor concentración de sólidos solubles con valores de 6.33 y 6.00. El tratamiento testigo 5 (Solución Steiner) obtuvo un valor de 5.66.

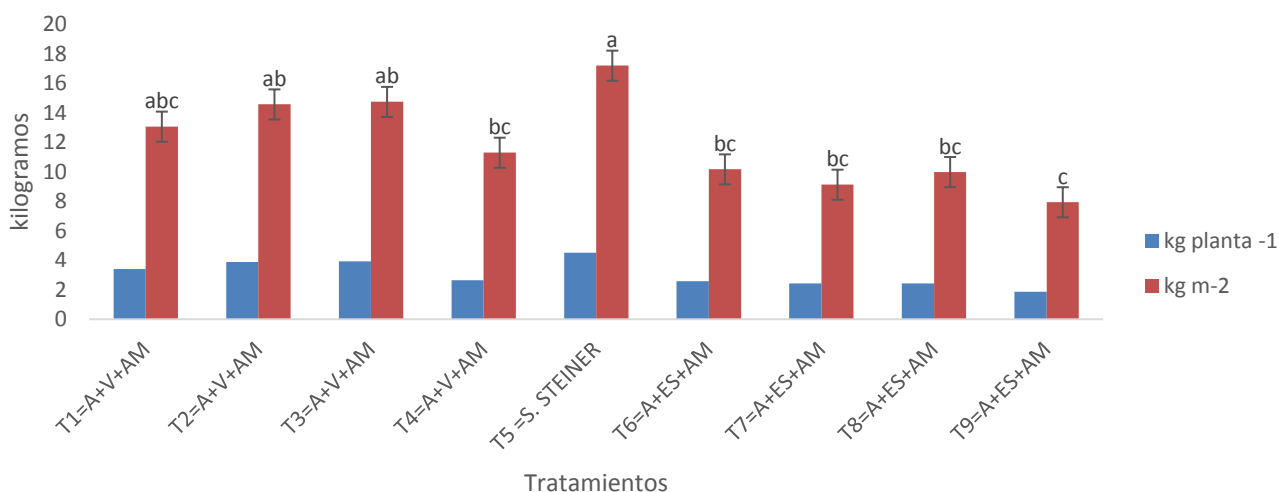
Cuadro 1. Separación de medias de las variables diámetro ecuatorial, grosor del pericarpio y grados brix en los frutos de tomate producido con sustratos orgánicos evaluados en invernadero.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial	Grosor del pericarpio	Sólidos solubles (°Brix)
	----- mm -----		
T1=80%A+20%V+AM	59.83ab	9.06ab	6.00ab
T2=70%A+30%V+AM	60.23ab	9.58a	6.33a
T3=60%A+40%V+AM	62.10ab	10.29a	5.93ab
T4=50%A+50%V+AM	57.90ab	10.33a	5.90ab
T5 =S. STEINER	71.00a	8.86ab	5.66ab
T6=80%A+20%ES+AM	57.63ab	7.63ab	5.00b
T7=70%A+30%ES+AM	51.46b	6.63ab	5.20ab
T8=60%A+40%ES+AM	50.25b	4.95b	5.00b
T9=50%A+50%ES+AM	68.60a	9.60a	5.009b

*Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Preciado *et al.* (2011) señalan en relación con el tamaño valores de diámetro polar (5.87-6.16 cm), diámetro ecuatorial de (5.39- 5.9 cm) y la concentración de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de tomate de (4.1-4.6) para las soluciones nutritivas orgánicas presentaron mayor contenido de sólidos solubles y mayor tamaño de frutos. Santiago *et al.* (1998) señalaron que el tomate para consumo en fresco debe de contener un mínimo de 4,0 °Brix.

Figura 2. Rendimientos del cultivo de tomate producido con sustratos orgánicos en invernadero.



Para rendimiento por planta se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacándose entre los mayores el Tratamiento con solución Steiner (T5) con 4.51 kg. Los mejores tratamientos orgánicos fueron los de vermicomposta (T2 y T3), estadísticamente iguales al T1. El tratamiento con estiércol solarizado presentó el menor rendimiento (Figura 2). Cabe señalar que los datos kg m⁻² equivalen a 4 plantas por metro cuadrado. Al respecto, Preciado *et al.* (2011) y Fortis *et al.* (2009), reportaron rendimientos en tomate y pimiento morrón considerando cuatro macetas por metro cuadrado. Los resultados reportados en esta investigación coinciden con los obtenidos por Zárate (2002, 2007), quien reportó 5.83 kg planta⁻¹ y 35 kg m⁻²; Ortiz (2004) reportó 8.2 kg planta⁻¹ y 17.2 kg m⁻².



Conclusiones

El rendimiento de tomate fue mayor con la utilización de la solución Steiner 17.21 kg m⁻²), sin embargo, los tratamientos orgánicos T2 (70%A+30%VER+MICORRIZA) y T3 (60%A+40%VER+MICORRIZA) se obtuvieron rendimientos estadísticamente iguales (14.58 kg m⁻²). Estas mezclas de sustratos podrían permitir reducir la fertilización química, sin afectar el rendimiento del cultivo de tomate, lo cual se considera una mejora en lo que se refiere a fertilización y uso de sustratos en los sistemas de producción bajo invernadero.

Agradecimientos

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) por haber financiado la realización del presente proyecto.

Bibliografía

- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *BioresourceTechnol.* 78 (1):11-20.
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. Pp. 104-127. *In: Libro de Agricultura Orgánica.* I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México.
- Nieto-Garibay, A., Murillo A. B., Troyo D. E. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*capsicumannuum* L.) en zonas áridas. *INCI* 27 (8): 417-421.
- Preciado R. P.; Fortis M.; Garcia-Hernandez. J.L. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Rodríguez D. N., Cano R. P., Figueroa V. U., Palomo G. A., Favela CH. E., Paul de, A. V., Márquez H. C., Moreno R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 265-272.
- Secretaría de Agricultura Ganadería desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2006 Región Lagunera (DURANGO-COAHUILA).
- Wilcox, E.G. 1994. Tomato. pp. 127-141. *In: N.F. Bennett (ed.). Nutrient deficiencies of toxicities in crop plants.* APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota.
- Zárate, L., T. 2002. Características de los sustratos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 63p.
- Zárate.B. 2007. Production de tomate(*Licopersicon esculentum* Mill) Hidroponico con sustratos. Bajo invernadero, Tesis de Maestria.C.I.D.I.R. Oaxaca, Mexico.



CALIDAD Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DEL PIMIENTO MORRÓN DESARROLLADO CON ABONOS ORGÁNICOS Y ARENA EN INVERNADERO

Moreno-Reséndez, A.^{1¶}; Parcero-Solano, R.²; Rodríguez-Dimas, N.^{3¶}; Salas-Pérez, L.^{4¶};
Moncayo-Luján, M.R.^{4¶}; Nava-Santos, J.M.⁵;

¹ Integrante del Cuerpo Académico: Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) en formación, Clave: UAAAN-CA-14. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Torreón, Coahuila. México.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Torreón, Coahuila. México.

³ Integrante del Cuerpo Académico: Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) en formación, Clave: UAAAN-CA-14. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Torreón, Coahuila. México.

⁴ Integrante del Cuerpo Académico: Ingeniería en Biotecnología y Administración de Negocios Internacionales, Clave: UPGOP-CA-1, Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango. México.

⁵ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Torreón, Coahuila. México.

¶ Integrantes de la Red Académica de Innovación en Alimentos y Agricultura Sustentable (RAIAAS).

*Autor responsable: alejamorsa@yahoo.com.mx y alejamorsa@hotmail.com; Calle La Paz Núm. 230 Col. Torreón Residencial, Torreón, Coahuila. México. CP 27268; Tel. +52(871)-720-8607

Resumen

El trabajo se realizó durante el ciclo agrícola P-V de 2013 en el invernadero, tipo cenital, del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria, en las instalaciones de la UAAAN-UL. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos (vermicompost, compost y compost con yeso) mezclados con arena, con relaciones en volumen de 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4 sobre el desarrollo del pimiento Morrón. Las mezclas (tratamientos) se colocaron en bolsas de polietileno negro, de 20 kg de capacidad, en donde se trasplantó el pimiento Morrón Mecate F1. Las variables evaluadas en frutos fueron: peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, sólidos solubles, espesor del pericarpio, número de lóculos, capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos totales. Los tratamientos con cinco repeticiones, se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS al 5 %. Los mayores resultados se obtuvieron con el vermicompost, por lo tanto es posible concluir que este tipo de abono fue capaz de satisfacer la demanda nutritiva del pimiento, además de favorecer ampliamente su capacidad antioxidante y su contenido de compuestos fenólicos, sin necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos.

Palabras clave

Agricultura protegida; húmus de lombriz; sustratos

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las especies vegetales más completas respecto al contenido de sustancias nutritivas, destacándose la presencia, en sus frutos, de vitaminas A, B, C y E, minerales Ca, Fe y P, proteínas, fibra dietética, kilocalorías y una elevada cantidad de antioxidantes (Carrillo *et al.*, 2002). Estas sustancias contribuyen



DIVISIÓN II

decididamente en la digestión, intervienen en la regulación del sistema nervioso y favorecen la resistencia de los organismos a diferentes enfermedades. Por lo tanto, la ingesta de estos compuestos en los alimentos es un factor importante de protección de la salud de los individuos, al promover la actividad antioxidante (Howard *et al.*, 2000).

Por otro lado, hoy en día, dado los riesgos a la salud derivados del abuso en el empleo de agroquímicos, los consumidores están más interesados en adquirir productos sanos, libres de éstos y con un alto valor nutricional, por lo que es necesario implementar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a lo no aplicación de estos productos, siendo una opción la agricultura orgánica (Fortis-Hernández *et al.*, 2012). Debido a lo anterior, existe un creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar las especies vegetales (Álvarez-Rivero *et al.*, 2005). La utilización de abonos orgánicos durante el desarrollo de las especies vegetales, tiene gran interés científico y tecnológico para obtener rendimientos satisfactorios en beneficio de los agricultores, ya que se ofertarán en los mercados productos más apetecibles y saludables para el consumidor, lo que contribuye a la seguridad alimentaria, además con el empleo de estos materiales se logra un menor costo de producción y aplicación y se mejoran los suelos deteriorados por el uso de agroquímicos (Márquez-Hernández *et al.*, 2010).

Los elementos señalados permiten suponer que los abonos orgánicos, además de satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos, favorecen su calidad y su capacidad antioxidante, por lo que los objetivos formulados para este trabajo fueron: evaluar el potencial productivo del pimiento morrón en mezclas de diferentes sustratos orgánicos (compost simple, compost con yeso y vermicompost) con arena y determinar el potencial antioxidante del pimiento morrón desarrollado bajo condiciones de invernadero.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó, en el ciclo P-V, 2013, en un invernadero tipo cenital del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro—Unidad Laguna. La universidad se localiza dentro de la Comarca Lagunera (25° 05' y 26° 54' N; y 101° 40' y 104° 45' O, a una altitud de 1139 msnm), esta región recibe una precipitación promedio anual de 235 mm y su temperatura media anual es de 18.6 °C (Schmidt, 1989).

El invernadero ocupa una superficie de 160 m², cuenta con cubierta de acrílico reforzado y está protegido con malla sombra al 50 %, durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de extracción de aire al fondo. Posee ventanas laterales de 2 x 20, de alto y largo respectivamente, cubiertas con malla antiáfido (Malla Plas®) y con plástico enrollable de forma manual.

La siembra de semillas del pimiento Morrón Var. Mecate F1 (Harris Moran®), se realizó el 23/01/2013 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®). El trasplante se efectuó 28 días después de la siembra, plántulas con altura promedio de 15 cm, colocando una planta por maceta: utilizando como macetas bolsas de polietileno negro, calibre 500 y de 20 kg de capacidad, rellenas con las mezclas de los abonos orgánicos [Vermicompost (VC), Compost Simple (CS) y Compost con Yesos (CY)] con arena (cuadro 1). El VC se preparó utilizando estiércoles de caballo, conejo y cabra mezclado con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.), mezclados en una relación 1:1:1, en volumen, y lombrices *Eisenia fetida*



DIVISIÓN II

Savigny (Atiyeh *et al.*, 2000), durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000) mientras que el CS y CY fueron adquiridos de la compañía MaxCompost Orgánico®, la composición química de estos abonos se presenta en el cuadro 2.

Las macetas se colocaron a doble hilera con arreglo a tresbolillo, a una distancia entre plantas de 30 cm. El cultivo se desarrolló a un solo tallo con dos ramificaciones, eliminando los brotes laterales y fue tutorado con rafia. El agua de riego presentó una CE de 1.05 dS·m⁻¹, RAS de 2.18, pH de 7.7, por lo que se clasificó como C₁S₁, de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Ayers y Westcot, 1994).

Cuadro 1.- Mezclas (de abonos orgánicos con arena (tratamientos) usadas como tratamientos de evaluación durante el desarrollo del pimiento Morrón, Var. Mecate F1

T	Mezcla	T	Mezcla	T	Mezcla	Composición (V:V)
T1	VC:AR	T5	CS:AR	T9	CY:AR	1:1
T2	VC:AR	T6	CS:AR	T10	CY:AR	1:2
T3	VC:AR	T7	CS:AR	T11	CY:AR	1:3
T4	VC:AR	T8	CS:AR	T12	CY:AR	1:4

T = Tratamientos (T1 - T12); VC = Vermicompost; CS = Compost Simple; CY = Compost con Yeso; V:V = Relación volumen:volumen

Cuadro 2. Análisis químicos de los abonos orgánicos empleados durante el desarrollo del pimiento Morrón, Var. Mecate F1, bajo condiciones de invernadero

	CE (dS·cm ⁻¹)	pH	N (%)	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	(mg·kg ⁻¹)										
VC	7.1	7.9	0.95	2229.7	611.8	48.6	5.6	1.8	26.0	12.0	21.2
CS	37.8	7.7	0.96	2254.9	682.8	19.1	6.2	4.5	23.1	11.1	20.6
CY	41.72	7.6	1.77	2269.1	623.7	50.3	4.5	5.2	22.5	10.4	19.8

VC = Vermicompost; CS = Compost Simple; CY = Compost con Yeso;

Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura, con un promedio máximo de 39 °C y mínimo de 13 °C. Como corrector de microelementos se aplicó un producto orgánico Resistens (2 - 4 L·ha⁻¹), cuyo ingrediente activo es: Silicato de Potasio al 40 % (2.8 mL·8.0 L⁻¹ de H₂O). Se registró la presencia de mosquita blanca y tizón temprano, para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889), se colocaron cinco trampas amarillas para detectar su presencia y se utilizó Temigarda, base de extractos vegetales (40 mL·8L⁻¹ H₂O), y se aplicó Imidacloprid (5 mL·8L⁻¹ H₂O H₂O), ambos productos cada siete días y otras formas de control empleadas fue agua con jabón y una aspiradora eléctrica. Para el Tizón temprano (*Alternaria cucumarina* Ellis y Everh) se aplicó clorotalonil con una dosis de 8 g·8 L⁻¹ de H₂O cada cinco días. Como control cultural se eliminaron las hojas y plantas con síntomas avanzados.

La unidad experimental correspondió a una maceta, con una planta por maceta. Se utilizó un diseño completamente al azar con ocho repeticiones. Transcurridos 32 después del trasplante se inició la cosecha de acuerdo a la maduración de los frutos, cuando éstos presentaban aproximadamente 25 % de la tonalidad madura y se colocaron en bolsas de papel estraza, debidamente etiquetadas, para trasladarlos al laboratorio. Para determinar la calidad del pimiento Morrón se seleccionaron tres frutos por repetición, las variables evaluadas fueron: peso de fruto (PF), diámetros polar y ecuatorial (DP y DE), espesor del pericarpio (EP), número de lóculos (NL), sólidos solubles (SS) (°Brix), antioxidantes y fenoles.



DIVISIÓN II

Para las determinaciones de capacidad antioxidante (CA) y composición fenólica (CF), los frutos se lavaron con agua potable durante 2 min, después se colocaron sobre papel toalla para su secado, a la sombra y a temperatura ambiente (30 ± 2 °C) durante 25 días. Posteriormente se pulverizaron manualmente (mortero y pistilo), el material molido se colocó en tubos de plástico con tapón hermético y éstos se almacenaron a -18 °C, en un refrigerador hasta la obtención de extractos. Para lo cual se mezclaron 100 mg de muestra seca en 10 mL de metanol al 80 % en tubos de plástico con tapa de rosca, fueron colocados en el agitador Test TubeRocker a 20 rpm (UNICO modelo L-TTR-200®) durante 3 h a 5 °C. Posteriormente los tubos fueron centrifugados luego a 3000 rpm durante 5 min, y el sobrenadante fue extraído para su análisis.

La CA se evaluó de acuerdo al método in vitro DPPH (Molyneux, 2004) y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en $\mu\text{M ETrolox}\cdot\text{g}^{-1}$ BS. Mientras que el contenido de CF totales en extracto metanólico fue determinado con base en el método Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999) y se leyó la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro Génesis. El CF se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri, EE. UU) y los resultados se reportaron en $\text{mg eq AG}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ BS. Ambos análisis fueron realizados por triplicado. Finalmente, para determinar el comportamiento de las variables evaluadas se aplicaron análisis de varianza y pruebas DMS al 5 %. Ambos análisis se realizaron mediante el programa estadístico SAS (SAS, 1999).

Resultados y Discusión

Derivado de los ANDEVA se determinó que para las variables PF, EP, SS, CA y CF se registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) por su parte DP y DE registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y finalmente para NL no se registraron diferencias significativas (cuadro 3), a continuación se describe su comportamiento.

Cuadro 3.- Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en pimiento Morrón Var. Mecate F1 en mezclas de abonos orgánicos con arena, bajo condiciones de invernadero

T	PF** (g)	DP* (cm)	DE* (cm)	EP**	SS** (°Brix)	CA** (□Meq Trolox·g ⁻¹)	CF** (mg eq AG·100 g ⁻¹ BS)
T1	126.4 bcd	7.6 abc	7.5 abc	0.55 a	4.9 a	587.4 cd	350.9 cd
T2	120.9 de	6.9 c	7.4 abc	0.55 a	5.0 a	934.5 a	538.8 a
T3	141.7 ab	7.7 abc	7.6 abc	0.47 b	3.1 d	725.3 b	428.9 c
T4	147.1 a	7.9 ab	7.7 ab	0.42 bc	3.7 cd	644.4 c	433.2 c
T5	120.5 de	7.7 abc	7.2 bc	0.34 cde	4.2 abc	942.0 a	541.5 a
T6	120.3 de	7.6 abc	7.2 bc	0.34 cde	4.2 abc	921.7 a	565.0 a
T7	126.4 bcde	7.5 abc	7.4 abc	0.32 e	4.3 ab	924.2 a	527.9 ab
T8	111.2 e	7.0 bc	7.2 bc	0.41 bcd	4.7 bc	638.5 c	460.8 bc
T9	140.1 abc	8.4 a	7.4 abc	0.33 de	4.1 abc	617.2 cd	434.5 c
T10	123.3 cde	6.9 c	7.4 abc	0.46 b	4.2 abc	733.8 b	421.6 cd
T11	129.1 bcd	8.0 ab	7.1 c	0.48 ab	4.0 bc	660.0 b	455.0 bc
T12	149.6 a	7.1 bc	7.9 a	0.48 ab	3.7 cd	698.7 b	457.4 bc
M	130.7	7.5	7.4	0.44	4.2	755.34	468.0
CV (%)	12.55	12.05	7.6	16.83	19.07	1.54	4.03

T = Tratamientos (T1 - T12); PF = Peso de Fruto; DP = Diámetro Polar; DE = Diámetro Ecuatorial; EP = Espesor de Pericarpio; NL = Número de Lóculos; SS = Sólidos Solubles; CA = Capacidad Antioxidante; CF = Composición Fenólica; *, ** = Diferencia significativa y Diferencia Altamente Significativa; M = Media; CV = Coeficiente de Variación



DIVISIÓN II

Del cuadro 3 se destacan los resultados obtenidos en T2 en virtud de que cuatro de las siete variables evaluadas - EP, SS, CA y CF - registraron los mayores valores para cada una de éstas. El EP al igual que los SS se incrementó con el contenido de VC. El valor del EP fue ampliamente superado por valor promedio de 0.85 cm registrado al aplicar biofertilizantes al pimiento Morrón, desarrollado en invernadero tecnificado (Morales-Guzmán, 2013). Mientras que los SS resultaron ligeramente inferiores al valor promedio de 5.8 °Brix determinado en pimiento Morrón desarrollados en mezclas de VC con arena (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

Respecto a la CA se resalta que todos los valores registrados para los tres abonos orgánicos resultaron ampliamente superiores al valor de $34.44 \pm 0.43 \text{ } \mu\text{M ETrolox} \cdot \text{g}^{-1}$, e igualmente en el caso del CF los valores registrados superaron ampliamente al valor de $103.26 \text{ mg eq AG} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BS}$ reportados por Medina-Juárez *et al.* (2012) en pimiento morrón verde, efectos que pueden atribuirse, como lo señala Navarro *et al.* (2006) que una salinidad moderada favorece el incremento de la CA, y los sustratos evaluados presentan una CE moderada (cuadro 2). Respecto al PF el mayor valor, 147.1 g, se registró en T4 que corresponde a un menor contenido de VC este valor resultó ser similar al valor promedio del PF de 150.0 g registrado por Zuñiga-Estrada *et al.* (2004) durante el desarrollo del pimiento Morrón bajo condiciones hidropónicas empleando fertilizantes inorgánicos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos donde destaca el efecto del vermicompost en cinco de las ocho variables evaluadas sugieren que este abono fue capaz de satisfacer la demanda nutritiva del pimiento Morrón, así como incrementar su capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos totales sin emplear fertilizantes inorgánicos.

Agradecimientos

El proyecto fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con clave: 1310-8251-2751

Bibliografía

- Álvarez-Rivero, J.C., J.A. Díaz-González and J.I. López-Naranjo. 2005. Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. ¿Sustentabilidad? Horizonte Sanitario. 5:28-40.
- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Biores. Technol. 75, 175-180.
- Ayers, R.S and D.W. Westcot. 1994. Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 p.
- Bansal, S. and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Bioresour. Technol. 73: 95-98.
- Carrillo, O.V., C.E. Zaldivar and M.I. Lantero. 2002. Universidad Para Todos. Los Vegetales en la Nutrición Humana. Editora Política. La Habana, Cuba. 64 pp.
- Fortis-Hernández, M., P. Preciado-Rangel, J.L. García-Hernández, A. Navarro-Bravo, J. Antonio-González and J.M. Omaña-Silvestre. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas. 3(6): 1203-12161.
- Howard, L.R., S.T. Talcott, C.H. Brene and B. Villalon. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. J. Agric. Food Chem. 48: 1713-1720.
- Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos, J.L. García-Hernández, N. Rodríguez-Dimas, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, E. Salazar-Sosa, G. Castañeda-Gaytan and E. de la Cruz-Lázaro. 2010. Agricultura orgánica: el caso de México. In: Agricultura Orgánica Tercera parte. J.L. García-Hernández, E. Salazar-Sosa, I. Orta-Castillo, M. Fortis-Hernández and H.I. Trejo-Escareño (Eds.). Soc. Mex. Ciencia de Suelo-CONACyT. 1-28 pp.



DIVISIÓN II

- Medina-Juárez, L.A., D.M.A. Molina-Quijada, C.L. Del Toro-Sánchez, G.A. González-Aguilar and N. Gámez-Meza. 2012. Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*. 37(8): 588-593.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26(2): 211-219.
- Morales-Guzmán, J. 2013. Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.) obtenido mediante biofertilización. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. UAQ. 98 p.
- Navarro, J.M., P. Flores, C. Garrido and V. Martínez. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem.* 96: 66-73.
- Schmidt Jr., R.H. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert, J. *Arid Environ.* 16: 241-256.
- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152-178.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999. User's guide, Release 6th edition, Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 501 p.
- Zúñiga-Estrada, L., J.J. Martínez-Hernández, G.A. Baca-Castillo, Á. Martínez-Garza, J.L. Tirado-Torres and J. Kohashi-Shibata. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*. 38(2): 207-218.



ACUMULACIÓN DE PROLINA EN RESPUESTA AL ESTRÉS SALINO EN PLANTÚLAS DE NOGAL PECANERO

Sáenz-Pérez, C.A.¹; Ojeda-Barríos, D.L.²; Guerrero-Prieto³, V.M.³; Parra-Quezada R³

¹Afiliación de Posgrado/ Maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

²Docente investigador (a). Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

³Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Cuauhtémoc.

* Autor responsable: dojeda@uach.mx. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria S_N Campus 1, Chihuahua, Chih. México. CP. 31000. Tel. (614)-439-18-44 ext. 3134

Resumen

En plántulas de nogal pecanero se realizó un estudio el cual tuvo como objetivo evaluar aspectos fisiológicos y nutricionales bajo condiciones de estrés salino por sulfato de sodio en el cultivo del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wanngenh) K. Koch]. El experimento consistió en evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas a partir de semillas de nogal pecanero Wester Schley; las cuales fueron sometidas a diferentes concentraciones, las cuales fueron: T1 0 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T2 1000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T3 2000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T4 3000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, y T5 4000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄. Las variables evaluadas fueron las siguientes: altura de planta, diámetro de tronco, contenido relativo de agua, concentración de clorofila (unidades SPAD y metanol), contenido de prolina, contenido de sulfatos de sodio, N-total y NO₃. Los resultados indican diferencias significativas en la aplicación de diferentes concentraciones de Na₂SO₄ en altura de planta, diámetro de tronco, contenido relativo de agua, concentración de clorofila (unidades SPAD y metanol), contenido de prolina, contenido de sulfatos, N-total y NO₃. El contenido de prolina en plántulas de nogal pecanero aumentó al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego. El incremento de prolina se relaciona con la disminución del potencial hídrico en hojas y el contenido relativo de agua. Los resultados de este trabajo muestran el daño ocasionado por sulfatos de sodio en plántulas de nogal pecanero en variables fisiológicas y nutricionales.

Palabras clave

Carya illinoensis, nitratos, clorofila, salinidad

Introducción

El nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wanngenh.) K. Koch] es un cultivo que ha incrementado su rentabilidad en los últimos años, además de su importancia socioeconómica en el norte de México (SIAP, 2010). Las regiones nogaleras más importantes de México presentan una marcada tendencia de deterioro del agua de riego debido principalmente a la sobreexplotación de los acuíferos. Actualmente los suelos de las huertas nogaleras en el sur del estado de Chihuahua presentan problemas de salinidad, aunado al problema de la extracción de agua para riego en pozos más profundos, que da como resultado elevados niveles de sulfatos, esto ocasiona bajas en la producción y una disminución en la calidad de la



DIVISIÓN II

nuez y por consiguiente pérdidas económicas considerables para los productores de nogal y nuez del Estado (Jasso *et al.*, 2008). Con respecto a las sales, las de sodio (Na) son las más comunes en suelos de regiones áridas y semiáridas, donde existen sales como NaCl, Na₂SO y Na₂CO₃. El nogal pecanero es uno de los árboles más sensibles a las sales en la actualidad, las huertas de nogal se encuentran establecidas principalmente en el suroeste de Estados Unidos y norte de México. Las sales de Na⁺ se acumulan especialmente en suelos con pobre drenaje, contribuyendo a la salinidad y sodicidad del mismo (Miyamoto and Nesbitt, 2011), la exposición de las plantas a las sales se refleja rápidamente en una disminución en la tasa de crecimiento debido inicialmente al suministro reducido de agua a los tejidos en crecimiento, mientras que los efectos a largo plazo son consecuencia de la absorción continua de iones y su acumulación en la planta (Munns *et al.*, 2006). Bajo condiciones de estrés salino las plantas incrementan la concentración de prolina como un mecanismo de protección, la cual es un aminoácido que se encuentra en pequeñas cantidades en ellas cuando crecen en condiciones óptimas; en condiciones de estrés, se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación. La síntesis de prolina se realiza a partir del ácido glutámico, tanto en condiciones normales como bajo estrés hídrico, sin embargo, en el cultivo de nogal pecanero no se ha evaluado la concentración de prolina bajo condiciones de estrés salino, además de existir escasa información sobre trabajos realizados anteriormente que hablen acerca del efecto que causa el sulfato de sodio en el cultivo del nogal. Por lo anterior el objetivo de este trabajo es evaluar aspectos fisiológicos y nutricionales en el cultivo del nogal pecanero, bajo condiciones de estrés salino por sulfato de sodio.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la ciudad de Chihuahua, Chih., localizada a una latitud 28° 39' 26" N y 106° 05' 15" O y una altitud de 1446 msnm. El diseño experimental fue completamente al azar, conformado por 5 tratamientos con cinco 6 repeticiones respectivamente, en plántulas de nogal de un año de edad, en macetas de polietileno con 4 kg de tierra. El riego con solución salina de Na₂SO₄ comenzó a partir del lunes 22 de abril del 2013, cada tercer día se aplicó 0.850 litros de solución salina respectiva para cada tratamiento. Las dosis aplicadas fueron T1 0 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T2 1000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T3 2000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, T4 3000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄, y T5 4000 mg.L⁻¹ de Na₂SO₄. En campo se determinaron las siguientes variables: altura de plántula, diámetro de tallo y medidas de SPAD (índice de clorofila) la primera aplicación al iniciar los tratamientos, la segunda a los cuarenta días. En el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas se determinó el contenido relativo de agua por el método de Parra *et al.*, (1999), se realizó la determinación la concentración de prolina, utilizando el método propuesto por Irigoyen *et al.*, (1992), y la determinación de clorofila mediante la técnica con metanol propuesta por Fisher y Hart (1991), también se midió el contenido de nitrógeno total con la técnica de Micro-Kjendahl de acuerdo a APHA (1992). Se determinaron los N-NO₃⁻ por el método de ácido fenol-disulfónico y espectrofotometría UV-visible, según la técnica propuesta por Fisher y Hart (1991), por último, la determinación de sulfatos se realizó según la técnica propuesta por Narozamsky y Van Eck (1977). Las diferencias entre las concentraciones fueron comparadas utilizando un modelo de regresión lineal para cada variable con la ayuda del programa IBM spss statistics. Finalmente, los niveles de significancia fueron representados entre * P>0.05 a P >0.001 como significativos y altamente significativos.



Resultados y Discusión

El diámetro de las plantas no fue afectado drásticamente en los tratamientos de 1000 mg.L^{-1} y 2000 mg.L^{-1} , sin embargo en los tratamientos de 3000 mg.L^{-1} y 4000 mg.L^{-1} de salinidad por Na_2SO_4 el crecimiento del diámetro del tallo se detuvo completamente; en la variable de altura de la planta el crecimiento se detuvo significativamente en comparación con el crecimiento de los árboles regados sin soluciones salinas. Trabajos anteriores han demostrado que un nivel de salinidad del suelo de $3,5 \text{ dS / m}$ (medido en una pasta saturada; equivalente a 2200 mg.L^{-1}) pueden reducir el crecimiento de los árboles de nogal en aproximadamente un 25% (Thompson and Walworth, 2006). El contenido de agua de las hojas disminuyó ligeramente con el aumento de las dosis aplicadas de Na_2SO_4 , se encontraron diferencias en contenido de agua entre el testigo y los diferentes tratamientos de salinidad por Na_2SO_4 . El aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, lo cual se refleja en el estado hídrico de la planta (Chaman, 2007). El contenido de prolina de los árboles de nogal pecanero aumentó al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego, tal como se muestra en la Figura 1. El incremento de prolina se relaciona con la disminución del potencial hídrico en hojas y el contenido relativo de agua (Tajdoost *et al.*, 2007). En lo que se refiere al contenido de clorofila total (Chl.a + Chl. b) de los tratamientos con Na_2SO_4 disminuyeron con el aumento de la salinidad; la tasa de reducción de Chl. b fue mayor que Chl. a y un valor promedio de la clorofila a y b se disminuyó significativamente al aumentar la salinidad del agua de riego. La reducción en la concentración de clorofila de plantas salinizadas podría ser también atribuido al aumento de la actividad de la enzima clorofilasa degradando clorofila (Karimi *et al.*, 2009). Los contenidos de N-total y NO_3 de los árboles de nogal pecanero disminuyeron al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego. Estos resultados coinciden con los de (Fageria *et al.*, 2008), donde el estrés por la acumulación de salinidad provoca efectos negativos sobre la adquisición y la homeostasis de nutrientes esenciales lo que dificultan que el agua y los nutrientes se muevan a través de la membrana de la raíz, disminuyendo su concentración en la hojas (Khan *et al.*, 2010). Por último, los resultados revelaron que el contenido de sulfatos en las hojas de nogal se incrementó a medida que fueron aplicadas las dosis de Na_2SO_4 (Fig.2). Trabajos anteriores han demostrado que el nivel crítico del azufre en forma de SO_4 es de 100 mEq L^{-1} , que de acuerdo a Menguel y Kirkby (1987), afectan negativamente el crecimiento general de las plantas.

DIVISIÓN II

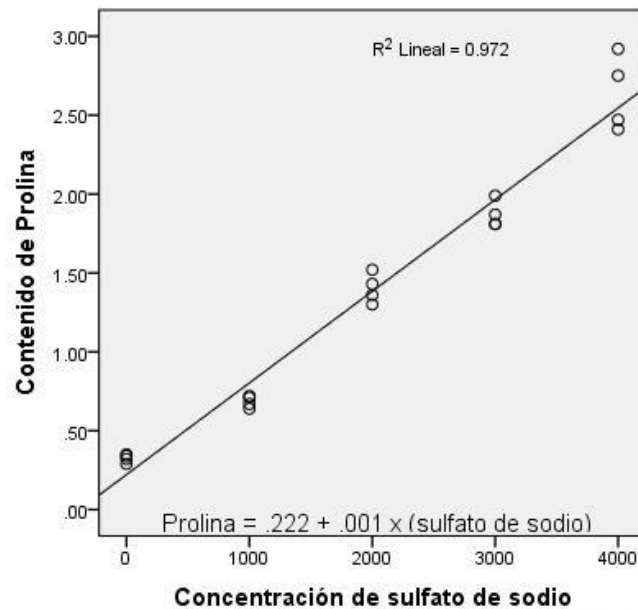


Figura 1. Relación entre el contenido de prolina y los tratamientos de salinidad en plántulas de nogal pecanero.

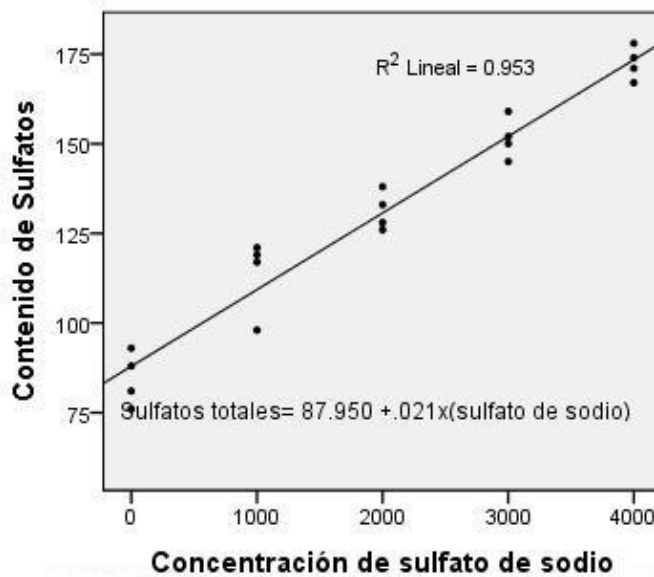


Figura 2. Relación entre el contenido de sulfatos de sodio y los tratamientos de salinidad en plántulas de nogal pecanero.



Conclusiones

Las plántulas de nogal pecanero Western Schley en condiciones de estrés salino ocasionado por sulfato de sodio, redujeron notablemente el diámetro de tallo y crecimiento de los árboles, disminuyendo en ellos el contenido relativo de agua, los contenidos de clorofila a, b, y total, y las concentraciones nutrimentales de N-total y NO₃; también se presentó un aumento en los contenidos de prolina y sulfatos.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México.

Bibliografía

- APHA. 1992. Stanford Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public. Health Association, Washington, D.C.
- Chaman, M.M. 2007. Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annuum* L. inducido por NaCl. *Arnaldoa* 14(2):251- 258
- Fageria, N.K., V.C. Baligar, and Y.C. Li. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *J. Plant Nutr.* 31: 1121–1157.
- Fisher, H. J., y F. L. Hart. 1991. *Análisis Moderno de los Alimentos*, Ed. Acribia, España. Pp.504-530, 532-549.
- Irigoyen, J. J., D.W. Emirich, and D.M.Sánchez.1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant.* 84:55-60.
- Jasso, I.R., S.N. Chávez, V.U. Figueroa, G.M. Rivera, y P.R. Sabori. 2008. Salinidad del agua de Riego y su efecto en la productividad del nogal pecanero. XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Pp. 35-44.
- Karimi, S., R. Majid, M. Manoochehr, and T. Vahid. 2009. Effects of long-term Salinity on Growth and performance of Two Pistachio (*Pistacia* L.) Rootstocks. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 3(3): 1630-1639.
- Khan, N.A., S. Syeed, A. Masood, R. Nazar, and N. Iqbal, 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *Int. J. Plant Biol.* 1:1-8
- Menguel, K. and E.A. Kirkby. 1987. *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute. Worblanufen-Bern, Switzerland. pp. 398.
- Miyamoto, S. and M. Nesbitt. 2011. Effectiveness of soil Salinity Management Practices in Basic-irrigated Pecan Orchards. *HorTechnology.* 21:569-576.
- Munns, R., R. James, y A. Lauchi. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57(5):1025-1043
- Parra, R., J.L. Rodríguez, y V.A. González. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *Terra Latinoamericana.* 17: 125-130.
- SIAP (2010). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Resumen de producción de nuez. (<http://www.siap.gob>).
- Tajdoost, S., T. Farboodnia, and R. Heidari. 2007. Salt pretreatment enhance salt tolerance in *Zea mays* L. seedlings. *Pak. J. Biol. Sci.* 10(12):2086-2090.
- Thompson, T.L. and J.L. Walworth. 2006. Salinity management and soil Amendments for southwestern pecan orchards. University of Arizona Cooperative Extension Publication AZ1411, University of Arizona, Tucson, AZ



CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CON DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN; ORGÁNICA Y MINERAL

Ramírez-Tobías, H.M.¹; Aguilar-Benítez, G.¹; Lara-Mireles, J.L.¹; Zacarías-Dávalos, A.^{1*}

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. San Luis Potosí, México.

*Arturo Zacarías Dávalos: dempnmfilyg@live.com.mx; Hugo M. Ramírez Tobías: hugo.ramirez@uaslp.mx. Carretera San Luis Potosí - Matehuala, Km. 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P. CP. 78321, Teléfono (444) 852-40-56

Resumen

El uso de abonos orgánicos es una práctica recomendada para los sistemas agrícolas con el fin de aumentar su sostenibilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes fuentes de fertilización orgánica en combinación con una fórmula química convencional en el cultivo de lechuga establecida en invernadero. Se establecieron plántulas de lechuga en bolsas de 6000 ml con diferente fuente de fertilización orgánica: vermicompost, un fertilizante con un proceso de mineralización mayor denominado genéricamente nutriterra y ácidos húmicos con tres dosis cada uno y combinados con tres dosis (50%, 75% y 100%) de la fórmula de fertilización convencional para el cultivo. Las dosis de las fuentes orgánicas medias se establecieron con base en las recomendaciones utilizadas, y se proporcionó una dosis menor y mayor que la dosis media. La altura y el diámetro de la lechugas fueron significativamente más altos con las dosis de fertilización química mayores (75% y 100%), aunque tal crecimiento no se vio reflejado en un aumento significativo en el rendimiento. Tanto el crecimiento, medido por el diámetro, y el rendimiento incrementaron aún más por la inclusión de ácidos húmicos y de vermicompost. Independientemente de la fertilización química, el rendimiento del cultivo fue tendió a ser mayor con la aplicación ácidos húmicos.

Palabras clave

Abono orgánico; ácidos húmicos, vermicompost.

Introducción

Una de las prácticas comúnmente conocidas en la agricultura sustentable es el uso de abonos orgánicos derivados de procesos de compostaje. Estas prácticas involucran el reciclamiento de los residuos vegetales y animales, con resultados positivos para el suelo y los cultivos (Gadelha *et al.*, 2002; 2003; PESAGRO-RIO, 2002). Además, el uso de abonos orgánicos ayuda a disminuir los costos de producción debido a la reducción de los gastos en fertilizantes químicos (Licinio *et al.*, 2009). Los abonos orgánicos aplicados al suelo son comúnmente usados en los cultivos porque mejoran la calidad y la productividad de los mismos (Zárate *et al.*, 1997; Villas *et al.*, 2004; Lopes *et al.*, 2005). Algunos ejemplos de abonos orgánicos son el vermicompost y los ácidos húmicos. El vermicompost es el producto de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica para la producción de abonos orgánicos mediante la crianza masiva sistemática de lombrices de tierra, denominada



DIVISIÓN II

lombricultura (NOM-FF-109-SCFI-2008; Ruíz, 2009). Los ácidos húmicos representan la última fracción en el proceso de descomposición de la materia orgánica, y es la forma en que es más asimilable por las plantas. El vermicompost puede ser sometido a un proceso prolongado de descomposición anaerobia, hasta llegar a ser un producto con mayor grado de mineralización y estabilidad, lo que pudiera denominarse fertilizante orgánico.

Algunos autores documentaron evidencia del mejoramiento de la producción utilizando abonos orgánicos. Masarirambi (2010) evaluó diferentes abonos orgánicos comparándolos con la fertilización química en la producción de lechuga roja (*Lactuca sativa* L.). Los resultados obtenidos fueron mayor rendimientos en materia seca de 8.07 g, en materia fresca 294.9 g, así como mayores concentraciones de Zinc de 1.91 mg/100g, Calcio de 4.12 mg/100g y Hierro de 3.32 mg/100g cuando se aplicó estiércol de ganado. La fertilización convencional o química no logro los mismos rendimientos logrando 3.77 g de materia seca, la materia fresca fue de 48.13 g, Zn de 0.91 mg/100g y Ca de 2.82 mg/100g. Así, el objetivo de este trabajo fue valorar el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), utilizando diferentes mezclas de productos derivados del compostaje y fertilizantes químicos. Se planteó la hipótesis de que la incorporación de productos derivados del compostaje aumenta el crecimiento y el rendimiento lo que permite reducir la fertilización química.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en invernadero en el ciclo otoño-invierno del año 2014-2015 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se trasplantaron plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en buenas condiciones, en bolsas de polietileno con un volumen aproximado de 6,000 ml. Se seleccionaron plantulas con buen vigor y desarrollo radicular en el cepellón, así como libres de enfermedades. Como sustrato se usó suelo agrícola. Los tratamientos se aplicaron de acuerdo con un arreglo factorial, cuyos factores (y niveles) fueron: vermicompost (25, 50 y 75 g maceta⁻¹), fertilizante orgánico que en este trabajo se denominó genericamente Nutriterra (15, 33 y 45 g maceta⁻¹), ácidos húmicos (1, 2 y 3 ml maceta⁻¹) y dosis de fertilización química (50%, 75% y 100% de la formulación convencional recomendada para el cultivo). Los niveles medios de los factores corresponden con las dosis promedio recomendadas. Además, se tuvo un testigo absoluto con la fertilización convencional. Las plantas se regaron con la frecuencia necesaria para mantener humedad a capacidad de campo.

Se midieron la altura de la planta, el diámetro de la cabeza en la zona ecuatorial, ambos con flexómetro. Además, se registró el rendimiento con base en el peso fresco de la cabeza de lechuga, con una una balanza OHAUS con precisión de 0.1 g.

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial (tres factores) de tratamientos. Se considero como unidad experimental a un individuo (una planta por maceta) con cuatro repeticiones. Se realizó una prueba de normalidad, análisis de varianza factorial y prueba de comparación de medias de Duncan.

Resultados y Discusión

El crecimiento, medido por la altura y diámetro, fue afectado por la fuente de fertilización proporcionada, aunque con un nivel de p de 0.97. No obstante, dichas variables resultaron afectadas por la dosis de fertilización química con niveles de significación menores que 0.001



DIVISIÓN II

para la altura y 0.05 para el diámetro. A la vez, la interacción de la fuente de fertilización orgánica interactuó ($P=0.05$) con la dosis de fertilización. El rendimiento de la lechuga fue afectado por la fuente de fertilización proporcionada con un valor de significación de 0.06, aunque una probable interacción ($P=0.07$) entre la fuente de fertilización y la dosis de fertilización química también se encontró (Cuadro 1).

Cuadro 1. Crecimiento y rendimiento de lechuga cultivada en invernadero en función de la dosis de fertilización orgánica y química y su interacción triple y simple.

Factor (y nivel estudiado)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Rendimiento (gr maceta ⁻¹)
Fuente de fertilización			
Vermicompost (V)	18.85 a	9.12 a	200.88 ab
Nutriterra (N)	18.72 a	9.05 a	193.15 b
Ácidos Húmicos (AH)	18.7 a	9.47 a	219.50 a
Dosis de fertilización orgánica			
A (V 25 g planta ⁻¹ , N 15 g planta ⁻¹ , AH 1 ml planta ⁻¹)	18.72 a	9.44 a	208.22 a
B (V 50 g planta ⁻¹ , N 33 g planta ⁻¹ , AH 2 ml planta ⁻¹)	19.06 a	9.11 a	200.52 a
C (V 75 g planta ⁻¹ , N 45 g planta ⁻¹ , AH 3 ml planta ⁻¹)	18.49 a	9.06 a	203.47 a
Dosis de fertilización química			
50%	17.81 b	9.05 b	193.71 a
75%	19.30 a	9.01 b	206.70 a
100%	19.16 a	9.59 a	213.12 a
Resultados de análisis de varianza			
Fuente de fertilización (F)	0.8798	0.0979	0.0600
Dosis de fertilización orgánica (D)	0.2292	0.1681	0.5963
Dosis de fertilización química (Q)	<0.001	0.0403	0.2527
F*D*Q	0.3781	0.1757	0.1159
F*D	0.6083	0.8926	0.1395
F*Q	0.6737	0.0592	0.0792
Q*D	0.0872	0.5986	0.9782
Medias con distinta letra son estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de Duncan ($P<0.05$)			

El tamaño de la cabeza de lechuga tendió a aumentar con el incremento de la dosificación del fertilizante químico asociado con la fertilización con ácidos húmicos y con vermicompost (Figura 1). Por el contrario, el incremento de la dosificación del fertilizante químico combinado con nutriterra no produjo alguna tendencia en el diámetro de la lechuga (Figura 1a). Resultados similares se encontraron en el rendimiento del cultivo, la aplicación de vermicompost y ácidos húmicos potenciaron el rendimiento al combinarse con la mayor dosis de fertilización química (Figura 1b). El aumento en el tamaño de la lechuga puede deberse al

DIVISIÓN II

efecto las sustancias húmicas estimulan el crecimiento más allá que solo la fertilización química (Yona y Tsila, 1990). A la vez, se indica que el vermicompost es promotor de la producción de ácidos húmicos, lo que genera estimulación del crecimiento probablemente por actividad hormonal favorable (Atiyeh *et al.*, 2002).

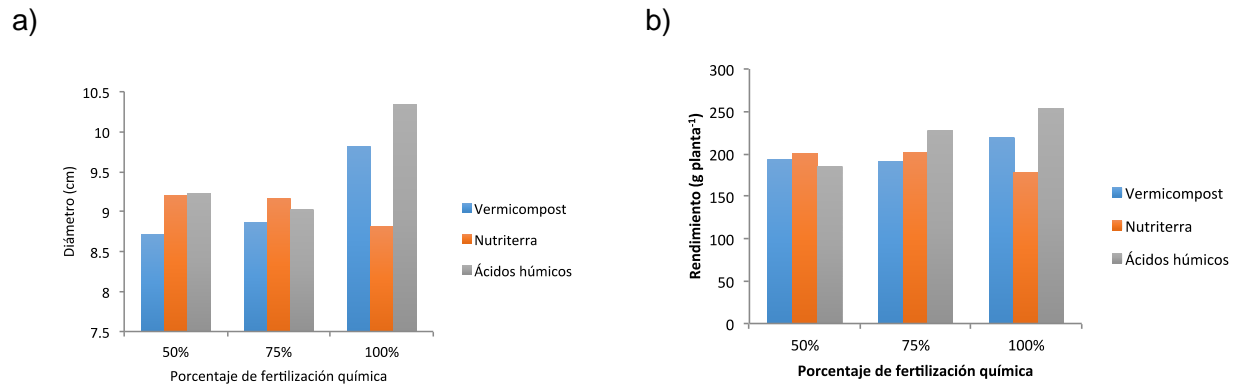


Figura 1. Crecimiento en diámetro de lechuga (a) y rendimiento (b) en función de la combinación de una creciente proporción de fertilizante químico con distintos tipos de fuente nutrimental orgánica.

Conclusiones

La combinación de fuentes de fertilización orgánica como el vermicompost y los ácidos húmicos con fuentes de fertilización química promueve un mayor crecimiento y rendimiento en el cultivo de lechuga. Sin embargo, fuentes de fertilización orgánica con mayor grado de mineralización no producen los mismos resultados. El crecimiento y rendimiento de lechuga es mayormente influido por la dosificación de la formulación nutritiva química que por las fuentes de fertilización orgánica.

Agradecimientos

Se expresa un reconocimiento al productor José Lorca Vallejo por facilitar sus productos de fertilización orgánicos para el desarrollo de este trabajo. El presente recibió financiamiento del Fondo de Apoyo a la Investigación (FAI) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en la Convocatoria 2015.

Bibliografía

- Atiyeh, R.M., S. Lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon y J.D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84: 7-14.
- Yona C. y A. Tsila. 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R. L., Bloom, P.R. *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. Soil Science Society of America. pp: 161-186.
- Gadelha R.S.S.; Celestino R.C.A.; Shimoya A. 2002. Efeito da urina de vaca na produtividade do abacaxi. *Pesquisa Agropecuária & Desenvolvimento Sustentável* 1: 91-95.
- Gadelha R.S.S.; Celestino R.C.A.; Shimoya A. 2003. Efeito da utilização de urina de vaca na produção da alface. *Pesquisa Agropecuária & Desenvolvimento Sustentável* 1: 179-182.
- PESAGRO-RIO. 2002. *Urina de vaca: alternativa eficiente e barata*. (Documentos, n. 96). 8 p.
- Licínio C. de O. N.; Puiatti M.; Santos S. R. H.; Cecon P. R.; Rodríguez R. P. H. 2009. Soil and leaf fertilization of lettuce crop with cow urine. Brasil.
- Zárate N.A.H.; Vieira M.C.; Cabeças J.O. 1997. Produção de alface em função de doses e formas de aplicação de



DIVISIÓN II

- cama de aviário semidecomposta. *Horticultura Brasileira* 15: 65-67.
- Vilas B.R.L.; Passos J.C.; Fernandez D.M.; Büll L.T.; Cezar V.R.S.; Goto R. 2004. Efeitos de doses de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 22: 28 -34.
- Lopes J.C.; Ribeiro L.G.; Araújo M.G.; Beraldo M.R.S.B.S. 2005. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. *Horticultura Brasileira* 23: 143-147.
- NMX-FF-109-SCFI-2008. 2008. Humus de Lombriz (Lombricomposta)- Especificaciones y Métodos de Prueba. México. Disponible en: <http://www.ecotec2000.de/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Ruíz, F. J. F. 2009. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 85 p.
- Inskeep, W. and P. Bloom. 1985. Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiol.* 77: 483-485



COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CALIDAD EN CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) PRODUCIDO CON ABONOS ORGÁNICOS

Ramírez- Ibarra, J.A.^{1*}; García – Hernández, J.L.²; Troyo–Diéguez, E.³; Valdez–Cepeda, R.D.⁴; Gallegos- Robles, M. A.²; González –Torres, A.⁵

¹Doctorado institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Gómez Palacio, Durango, México.

²Facultad de Agricultura y Zootecnia- Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México.

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México.

⁴Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro–Norte. Zacatecas, Zac., México.

⁵Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna.Torreón, Coah., México.

*Autor responsable: jari_wam@live.com.mx; Dom. Conocido: Ejido Ana. S/N. Torreón Coahuila. CP. 27170. Tel. +52 (871)- 235 4961.

Resumen

A nivel mundial México, ha sido de los mayores productores de chile (*Capsicum annuum* L.) en fresco. Dentro de éstos, el jalapeño es de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, redituabilidad y gran demanda de mano de obra.

El objetivo de este trabajo es: a) Evaluar el contenido nutrimental de plantas de chile jalapeño Autlán con el uso de técnicas de agricultura orgánica para posteriormente realizar un análisis nutrimental mediante la técnica de diagnóstico de nutriente compuesto y b) Evaluar los componentes de rendimiento y calidad en fruto de chile jalapeño Autlán. Para ello se estableció un experimento en campo en el Ejido Florencia, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 2013. El cultivo se estableció con acolchado de plástico negro en surcos a doble hilera y riego por goteo para evitar la pérdida excesiva de agua y controlar la maleza debido a las condiciones climáticas del sitio.

Se utilizaron técnicas de cultivo permitidas en la agricultura orgánica como los abonos orgánicos y la aplicación de insecticidas y fungicidas orgánicos. Se obtuvo una base de datos (n = 100) del rendimiento y sus componentes, así como grados Brix y las concentraciones de los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg.

El promedio de rendimiento fue de 40.5 Mg ha⁻¹ y de 5.92 °Brix. En general el orden de extracción de nutrientes al momento de la floración del presente estudio fue: K > N > Ca > Mg > P, similares a trabajos previos en esta misma especie.

Palabras clave

Nutricional; macronutrientes; abonos orgánicos.



Introducción

En las regiones áridas y semiáridas tales como la Comarca Lagunera es necesario establecer cultivos altamente redituables como el chile jalapeño, que justifiquen la aplicación de tecnología para optimizar el agua de riego y los nutrientes (Inzunza et al., 2010). Al respecto en dicha región se sembraron 596 hectáreas de chile para cosecharse en fresco en el 2014 (El Siglo de Torreón, 2015).

A nivel mundial México en los últimos años, ha sido de los mayores productores de chile (*Capsicum annuum* L.) en fresco. Sin embargo es importante cultivarlo de manera sustentable, probando las mejores dosis de abonos orgánicos para cada región y cultivo en específico, de manera que se sustituya total o parcialmente los fertilizantes sintéticos, pues el costo ambiental desde su producción hasta la aplicación en campo es muy grande.

Por otro lado, dentro de la gran variedad de tipos de chile que se cultivan en México, el jalapeño es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta redituabilidad y gran demanda de mano de obra. Uno de los recursos de mayor importancia es la fertilización óptima del cultivo, que proporcione los nutrimentos necesarios para obtener altos rendimientos y buena calidad que cumpla con los requisitos que exige el mercado (Macías et al., 2012) como pungencia y grados Brix.

Sobrefertilizar implica un gasto económico innecesario más un costo ecológico muy alto (contaminación). De ahí la importancia del análisis nutrimental.

En este contexto se han desarrollado muchas técnicas de diagnóstico nutrimental de las plantas cultivadas. Entre ellas se encuentran las siguientes: valor crítico, VC (Bates, 1971); sistema integrado de diagnóstico y recomendación, DRIS y diagnóstico de nutriente compuesto, DNC (Parent y Dafir, 1992). De los cuales la técnica DNC se sustenta en procedimientos estadísticos más robustos.

El objetivo de este trabajo es: a) Evaluar el contenido nutrimental de plantas de chile jalapeño Autlán con el uso de técnicas de agricultura orgánica para posteriormente realizar un análisis nutrimental mediante la técnica de diagnóstico de nutriente compuesto y b) Evaluar los componentes de rendimiento y calidad en fruto de chile jalapeño Autlán producido bajo técnicas de agricultura orgánica.

Materiales y Métodos

El cultivo fue establecido en campo en el Ejido Florencia, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 2013. La temperatura media anual es de 22.1 °C, la precipitación pluvial es de 258 mm y la evaporación anual media aproximadamente es de 10 veces mayor. Los suelos de la región son de aluvión, profundos y arcillosos (García et al., 2009).

El diseño experimental usado fue bloques al azar con tres tratamientos de fertilización: 1) 10 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, 2) cinco Mg ha⁻¹ de gallinaza y 3) fertilización química 150-60-00, estableciendo tres repeticiones.



Cuadro 1. Análisis químico de sustratos evaluados en campo Florencia- 2013.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	M.O. (%)	pH
Gallinaza	2.16	2.33	2.87	2.20	1.08	30.1	8.89
Vermicomposta	1.36	0.66	2.93	3.47	0.72	42.4	8.37

Manejo del cultivo

El cultivo se estableció con acolchado de plástico negro en surcos a doble hilera y riego por goteo para evitar la pérdida excesiva de agua y controlar la maleza debido a las condiciones climáticas del sitio.

Se utilizaron técnicas de cultivo permitidas en la agricultura orgánica como los abonos orgánicos y la aplicación de insecticidas y fungicidas registrados por el OMRI.

Muestreo

Se etiquetaron 100 plantas útiles de manera individual al momento de la floración. Cada una de ellas más su planta contigua del mismo tratamiento hacia el norte formó una muestra foliar (siete hojas de la planta etiquetada y siete de la contigua para evitar defoliación excesiva en las plantas). Las hojas se eligieron del segundo tercio de la planta y se cortaron con tijeras con todo y peciolo (Magallanes, et al., 2005).

El contenido de nitrógeno se analizó por el método de Dumas, fósforo mediante el método de colorimetría con fosfo-molibdato (AOAC, 1995) y potasio, calcio y magnesio mediante espectrometría de absorción atómica (Hanton, 1992).

Los análisis foliares se llevaron a cabo en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste en La Paz, B. C. S. y los de grados Brix se evaluaron en el mismo campo.

De la misma manera se obtuvo el rendimiento de cada planta, cosechándose cinco ocasiones en todo el ciclo. Se sumaron los cinco cortes y estos resultados son los que se muestran como componentes de rendimiento.

Las lecturas de grados Brix (AOAC, 1995) se hicieron mediante un refractómetro manual.

Resultados y Discusión

Componentes de rendimiento y calidad

Como se puede apreciar en el Cuadro 2, se presentó una alta variabilidad en el número de frutos cosechados por planta al igual que en rendimiento de fruto (arriba del 30% de CV) por estar directamente relacionados uno con otro.

Estas variabilidades altas en rendimiento y número de frutos posiblemente son debidas a algunas deficiencias nutrimentales en algunos tratamientos o a la compleja interacción entre los factores bióticos y abióticos involucrados en la nutrición, desarrollo del cultivo y por lo tanto del rendimiento, la cual en una etapa posterior a este trabajo se tratará de explicar por medio de la



DIVISIÓN II

técnica de Diagnóstico de Nutrimiento Compuesto.

El rendimiento de fruto promedio (40.5 Mg ha⁻¹) está cerca del obtenido por Inzunza (2010), en el mismo cultivo, región e igual bajo acolchado plástico y riego por goteo el cual fluctuó desde 45 a 50.8 Mg ha⁻¹ y fue muy superior a los tratamientos sin acolchar (32.2 Mg ha⁻¹) de este mismo experimento, por lo que se comprueban los beneficios de usar el acolchado plástico como mayor disponibilidad de agua e incremento de la temperatura del suelo.

Los grados Brix son un indicador de la buena calidad de los frutos (Satti et al., 1996) y en nuestro estudio dicha variable mostró poca variabilidad, con un valor promedio de 5.92, valor similar al obtenido por Montelongo (2014) en chiles jalapeños en fresco y bajo condiciones similares, pero muy inferiores a los grados Brix obtenidos por el mismo autor en chiles de árbol con valores promedio de 15 grados Brix, dicha diferencia es atribuida a diferentes genotipos.

En tamaño del fruto, también hubo poca variabilidad y los rangos fueron entre 5.20 y 8 cm de longitud ya que la cosecha por lo general fue realizada por las mismas personas en todos los casos por lo que se tomaron los mismos criterios al seleccionar los frutos ya maduros para la cosecha.

Cuadro 2. Datos estadísticos descriptivos de componentes de rendimiento de fruto fresco de chile jalapeño y concentraciones (%) de N, P, K, Ca y Mg en hojas en etapa de floración de chile jalapeño *Capsicum annuum* L. (n = 100).

	Componentes de rend. y calidad (fruto)				Contenido nutrimental en hoja (%)				
	Rdto	NF total	Tamaño	°Brix	N	P	K	Ca	Mg
Media	40.5	45	6.57	5.92	4.57	0.18	6.78	2.46	0.66
Desv est	12.9	14	0.52	0.59	0.31	0.03	0.91	0.26	0.08
CV (%)	31.85	31	7.97	9.93	6.8	18.66	13.41	10.61	12.78
Mínimo	15.48	12	5.20	4.70	3.85	0.06	4.87	1.88	0.5
Máximo	68.18	74	8.00	7.40	5.46	0.26	9.53	3.65	0.89

Rdto= Mg ha⁻¹; Tamaño= cm.

Contenido nutrimental

El elemento que tuvo mayor coeficiente de variación fue el P (18.66%) por lo que posiblemente la mayor fuente de P removido del suelo sea del tratamiento de fertilización química y el de menor el de los abonos orgánicos tal como lo muestran los datos de Recuperación Aparente de Fósforo en diferentes compaciones entre estas diferentes fuentes de fertilización (Ramírez, 2012).

Además este mismo nutriente (P) presentó menor concentración promedio (0.18 %).

En general el orden de extracción de nutrientes al momento de la floración del presente estudio fue: K > N > Ca > Mg > P, similares a Hochmuth (1997), quien encontró niveles óptimos de nutrientes (N=4.0%-5.0%; P=0.3%-0.5%; K=2.5%- 5.0%; Ca=0.9%-1.5%; y Mg=0.3%-0.6%) para la producción de chile. De acuerdo a estos resultados se puede deducir que el K fue el que se encontró en mayor concentración en la hoja (6.78 %) por lo que es posible que el chile jalapeño requiera extraer altas cantidades de este nutriente para su desarrollo y menores cantidades de P.



Conclusiones

El promedio de rendimiento obtenido en este trabajo de 40.5 fue similar al encontrado en otros experimentos con acolchado de plástico y cintilla y además a través de los datos estadísticos se pudo conocer la concentración y darse cuenta que están dentro del rango normal de °Brix y macronutrientes que contiene el chile jalapeño bajo estas técnicas de cultivo, a saber que son las permitidas en la agricultura orgánica. En general el orden de extracción de nutrientes al momento de la floración del presente estudio fue: K > N > Ca > Mg > P, similares a otros autores en esta misma especie.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 2, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, pp. 685-1298.
- Bates, T. E. (1971): Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: A review. *Soil Sci.* 112, 116- 130.
- El siglo de Torreón. 2015. Resumen Económico Comarca Lagunera 2014. Torreón, Coah., México. 1 de enero de 2015. pp.24.
- García-Hernández J.L.; I. Orona-Castillo, G. González, R.D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, M. Fortis, M.A. Segura. 2009. Nutrient interactions and compositional nutrient diagnosis norms in pecan tree (*Carya illinoensis*). *Revista Chapingo-Serie Horticultura* 15(2): 141-147.
- Hanton, E.A. 1992. Determination of Potassium, Calcium, and Magnesium in Plants by Atomic Absorption Techniques. *Plant Anal. Ref. Proc. for S. US (SCSB # 368)*.30-33.
- Hochmuth, G. J. 1997. Pepper production guide for Florida. Commercial Vegetable Guide Series, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida.
- Inzunza-Ibarra Marco A., Magdalena Villa-Castorena, Ernesto A. Catalán-Valencia, Abel Román-López. 2010. Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana* 28 (3): 211-218.
- Macías-Duarte, R., Raúl Leonel Grijalva Contreras y Fabián Robles Contreras. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *Biotecnia* 16(3) 32-38.
- Magallanes Quintanar R. 2005. TESIS DE DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS. GENERACIÓN DE NORMAS PRELIMINARES MEDIANTE LA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO DE NUTRIENTE COMPUESTO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Montelongo-Medrano, R. (2014). Caracterización bioquímica y morfológica de diferentes tipos de chile (*Capsicum spp.*) bajo dos tratamientos de abonos orgánicos". Tesis de maestría en ciencias en agricultura orgánica sustentable. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México.
- Navarro, B. S.; Gines, N. G. 2000. *Química Agrícola*. España. Pp. 234-248.
- Parent, L. E., and M. Dafir (1992): A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117, 239- 242.
- Ramírez, I. J. A. 2012. Recuperación aparente de fósforo en estiércol bovino solarizado para producción de maíz forrajero. Tesis de maestría en ciencias en agricultura orgánica sustentable. FAZ- UJED. Venecia, Dgo. Junio de 2012.
- Satti S., M.E., R.A. Al-Yhyai y Fahad Al-Said. 1996. Fruit quality and partitioning of mineral elements in processing tomato in response to saline nutrients. *J. Plant Nutr.* 19: 705-715.



CONCENTRACIÓN DE MACROELEMENTOS EN TEJIDO VEGETAL DE CHILE CRIOLLO TIPO JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

Ríos-Plaza, J.L.¹; Valdez-Cepeda, R.D.²; García-Hernández, J.L.³; Sánchez-Lucio, R.⁴; García-Galindo, O.¹; Estrada-Loera, R.M.⁵;

¹ Doctorado Interinstitucional en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Agropecuarios. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

² Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte. Zacatecas, Zacatecas, México.

³ Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CESIX, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

⁵ Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Durango, México.

*Autor responsable: luis_garher@hotmail.com;

Resumen

El chile es un producto con una tradición milenaria en México. Es el 8° cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, alcanzando alrededor de 13 mil mdp anualmente. La nutrición del cultivo es uno de los aspectos de mayor importancia, ya que una planta bien nutrida es más tolerante a organismos patógenos y presenta menor variabilidad de su rendimiento. El balance nutrimental es un efecto indirecto de las interacciones nutrimentales sobre el rendimiento biótico o comercial. Por lo anterior, se formó una base de datos (n=100) con el rendimiento y las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg del tejido vegetal en la época de floración de un cultivo establecido en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2014 el Ejido Benito Juárez, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Las medias del rendimiento y cada uno de los nutrientes fueron registradas. Estas últimas se compararon con las reportadas por diferentes autores en la literatura. Las concentraciones de las observaciones de los nutrientes se encuentran, en su mayoría, dentro de los rangos reportados para un genotipo semidomesticado del género *C. frutescens* y son relativamente diferentes de las de algunos híbridos comerciales de *C. annuum*. Un diagnóstico que permita generar normas nutrimentales para el presente cultivo es el segundo paso de la investigación.

Palabras clave

Nutrientes; Análisis foliar; *C. annuum*.

Introducción

El chile es un producto con una tradición milenaria en México. Su producto tiene una importante participación en el sector de las hortalizas y la dieta alimentaria de sus pobladores (Hernández-Vázquez, 2010). El chile es el 8° cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional con 13 mil mdp anualmente a través de un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos



DIVISIÓN II

y en preparaciones (FIRA, 2014). Dada la importancia del cultivo de chile jalapeño, nuevas tecnologías para su producción han surgido con el propósito de obtener mayores rendimientos. La nutrición del cultivo es uno de los aspectos de mayor importancia, ya que una planta bien nutrida es más tolerante a organismos patógenos (Arroyo-Vargas, 2011).

El entendimiento de los mecanismos que contribuyen a la absorción, transporte, síntesis y acumulación de nutrimentos de las plantas de Chile es esencial para mejorar su estado nutricional, en términos de composición y concentración de nutrimentos (Marschner, 1995). Por ello, los experimentos de variabilidad de fertilización, aunque en su mayoría no son complicados, se llevan a cabo durante periodos largos; asimismo conllevan mucha atención y arduo trabajo (Bennet y Adams, 2001). Alternativamente a ese tipo de estudios, las proporciones nutrimentales pueden usarse para demostrar las limitaciones nutrimentales e identificar cómo las proporciones nutrimentales dentro de la planta cambian. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue identificar el contenido de macro y micro elementos esenciales en el tejido vegetal de plantas de *Capsicum annuum* L. de origen criollo y de reciente introducción a la Comarca Lagunera, siendo solo el comienzo para la investigación sobre las interacciones entre los nutrientes entre ellos y con el rendimiento.

Materiales y Métodos

El campo experimental se localiza en el Ejido Benito Juárez, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Esta localidad pertenece a la región conocida como Comarca Lagunera. El ejido cuenta con 276 habitantes y se localiza a 1100 metros sobre el nivel del mar, así como en la latitud 25°55'35.68" N y longitud 103°22'7.4" O. El material genético que se utilizó es un genotipo criollo de alto rendimiento de la especie *Capsicum annuum* del tipo 'jalapeño'. Dicho material genético fue introducido en el 2012 a la Comarca Lagunera en condiciones tanto de invernadero como de campo a cielo abierto en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. La planta resultante es compacta y vigorosa, el tamaño de los frutos es uniforme y madura con color rojo.

La semilla se sembró en charolas germinadoras de poliestireno con 200 cavidades. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peat moss*) con perlita, en proporción de 1:1 (v:v). El trasplante se realizó a los 60 días después de la siembra (dds), ya que el 90% de las plántulas tenían de seis a ocho hojas verdaderas entre los 15 y 20 cm⁻¹ de altura. El riego se realizó por medio de cintilla para riego por goteo, calibre 0.127 mm (Ro-Drip®), con separación entre orificios de 30 cm y aplicando 5 mm día⁻¹. La fertilización se realizó de acuerdo a las recomendaciones de INIFAP para Chile jalapeño: 225 Kg ha⁻¹ de Nitrógeno dividido en cuatro aplicaciones, 100 Kg ha⁻¹ de Fósforo al momento de la siembra.

Las muestras foliares se colectaron durante la floración. Tres hojas maduras se tomaron de cada una de las plantas que fueron previamente marcadas para cada tratamiento y siguiendo el procedimiento que indica Jones *et al.* (2001). En total se consideraron 100 plantas distribuidas en el predio experimental. El rendimiento se midió tomando en cuenta las tres cosechas en fechas diferentes para cada planta. Las muestras de follaje se secaron hasta peso constante y posteriormente fueron molidas y analizadas para la obtención de los valores de cada nutrimento mediante el espectrofotómetro de absorción atómica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste en La Paz, Baja California Sur.



Resultados y Discusión

Las concentraciones de nutrimentos en las hojas de *C. annuum* L. (Cuadro 1) son grandes al compararlas con las concentraciones nutrimentales óptimas reportadas por otros autores (Cuadro 2). Los nutrimentos N y el K son los más importantes para el desarrollo y floración óptima del cultivo, con presencia incluso mayor de acuerdo a la reportada por García-Hernández et al. (2007), seguidos por el Ca con una notoria participación. El Mg y el P son los nutrimentos con concentraciones menores.

Cuadro 1. Estadísticos básicos de Rendimiento (Mg ha^{-1}) y concentraciones de N, P, K, Ca y Mg (g kg^{-1}) en follaje de *Capsicum annuum* L. (n=100).

Variable	Media	Desviación Estándar	CV	Mínimo	Máximo
Rendimiento	15.52	1.834	0.1182	12.340	19.619
N	57.47	0.452	0.7859	4.600	7.330
P	3.43	0.025	0.0725	0.286	0.420
K	56.82	0.473	0.0833	4.361	7.479
Ca	24.56	0.166	0.0675	2.090	3.082
Mg	9.97	0.077	0.0767	0.558	1.128

García-Hernández et al. (2007), Valdez-Cepeda et al. (2005) y Arroyo-Vargas et al. (2013) generaron normas de Diagnóstico de Nutrimiento Compuesto para *C. frutescens* (chiltepin), *C. annuum* tipo ‘mirasol’ y *C. annuum* tipo ‘pimiento’, respectivamente. Ellos reportaron concentraciones nutrimentales óptimas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentraciones nutrimentales óptimas citadas en la literatura para diferentes especies y/o tipos del género *Capsicum*.

Nutrimento	<i>C. annuum</i> ¶	<i>C. annuum</i> ¥	<i>C. frutescens</i> (chiltepin) £	<i>C. annuum</i> tipo ‘mirasol’ €	<i>C. annuum</i> tipo ‘pimiento’ **
N (g Kg^{-1})	40 – 50	29 – 46	47 – 59	30 – 43	39 - 52
P (g Kg^{-1})	3 – 5	3 – 5	0.1 – 6	4 – 9	3 – 5
K (g Kg^{-1})	25 – 50	26 – 55	54 – 64	47 – 59	38 - 62
Ca (g Kg^{-1})	9 – 15	13 – 37	23 – 30	9 – 16	15 – 25
Mg (g Kg^{-1})	3 – 6	3 – 12	7 – 9	6 – 9	5 - 8

¶ Hochmuth (1997); ¥ Piggot (1986); £ García-Hernández et al. (2007); € Valdez-Cepeda et al. (2005); ** Arroyo-Vargas et al. (2013)

Al comparar la información del Cuadro 2 con las medias de los contenidos nutrimentales que hemos encontrado, para el caso del N se aprecia una discrepancia, pues la media encontrada en el *C. annuum* tipo ‘jalapeño’ solamente se circunscribe en el rango de concentración señalado por García-Hernández et al. (2007); los rangos de concentraciones reportados por



DIVISIÓN II

Hochmuth (1997), Piggot (1986), Valdez–Cepeda *et al.* (2005) y Arroyo-Vargas *et al.* (2013) son valores menores a la media del presente caso. Lo anterior es extraño ya que por ser de especie diferente, la concentración media debería ser similar a la de los tipos de *C. annuum* y no a la de *C. frutescens*.

En el caso de P, la media obtenida está dentro de los rangos reportados por Hochmuth (1997), Piggot (1986), García–Hernández *et al.* (2007) y Arroyo-Vargas *et al.* (2013), y menor a la reportada por Valdez–Cepeda *et al.* (2005) (Cuadro 2). Esto último puede deberse a la diferencia de tipos de *C. annuum*. Para las concentraciones de K, la media se encuentra en los rangos reportados por García-Hernández *et al.* (2007), Valdez-Cepeda *et al.* (2005) y Arroyo-Vargas *et al.* (2013), mientras que es mayor a lo reportado por Hochmuth (1997) y Piggot (1986).

Al comparar la media de Ca, solamente no coincide con los rangos reportados por Hochmuth (1997) y Valdez-Cepeda *et al.* (2005), ya que sus rangos son similares entre ellos pero menores a lo reportado por los demás autores descritos en el Cuadro 2. Para el caso del Mg, la media se circunscribe al rango reportado por Piggot (1986), pero es menor a lo encontrado para *C. annuum* tipo 'jalapeño'.

Las medias de las concentraciones de N, P y K y Ca se encuentran dentro de los rangos de suficiencia reportadas para 'chiltepín' por García-Hernández *et al.* (2007). De esta manera, solo el Mg se encuentra en mayor cantidad en 'jalapeño'. Lo anterior puede deberse a que el genotipo utilizado para éste experimento es el Criollo denominado "Élite", de reciente introducción a la Comarca Lagunera (Ríos-Plaza, 2014).

Conclusiones

El presente trabajo es solo el comienzo para entender los requerimientos nutrimentales del genotipo criollo "Élite" de *C. annuum* tipo jalapeño, así como para determinar la relación entre los nutrimentos y el rendimiento óptimo del cultivo.

Lo analizado hasta ahora sugiere la importancia de los análisis foliares, ya que el entendimiento de las interacciones y las necesidades nutrimentales de cada cultivo permite el aprovechamiento óptimo de las plantas sin poner en riesgo la sustentabilidad agrícola.

Agradecimientos

Al señor Francisco García por facilitar en todo momento lo necesario para llevar a cabo el proyecto en su predio.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste por facilitarnos las instalaciones y equipo para la realización de los análisis de muestras foliares.



Bibliografía

- Arroyo-Vargas, L.; Tirado-Torres, J.L.; Volke-Haller, V.H.; Valdez-Cepeda, R.D. 2013. Normas preliminares de diagnóstico de nutrimento compuesto y correlaciones entre nutrimentos y rendimiento en pimiento (*Capsicum annum L.*). Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol. 16, num. 1, 2013. pp. 69-82.
- García-Hernández, J.L., Valdez-Cepeda, R.D., Servín-Villegas, R., Troyo, Diéguez, E., Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E.O., Rodríguez-Ortiz, J. C., y Magallanes-Quintanar, R. 2007. Interacciones nutrimentales y normas de diagnóstico de nutrimento compuesto en una variedad semidomesticada de *Capsicum frutescens*. Revista Chapingo Serie Horticultura 13 (2): 133-140.
- Hernández-Vázquez, B. 2010. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad. Eficiencia de sistemas de producción del chile poblano para agricultura protegida. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Hochmuth, G.J. 1997. Pepper Production Guide for Florida. Commercial Vegetable Guide Series. University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, FL, USA.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition in Higher Plants, 2^a ed. American Press, Londres, Inglaterra.
- Piggot, T.J. 1986. Vegetable Crops. In: Reuter, D.J., and Robinson, J.B. (Eds.). Plant Analysis: An Interpretation Manual. Inkata Press. Sydney, Australia.
- Ríos-Plaza, J.L. 2014. Tesis de Maestría en Ciencias en Agricultura Orgánica Sustentable. Vermicompost como sustrato orgánico en el desarrollo y rendimiento de tres genotipos criollos de *Capsicum annum L.* introducidos a la Comarca Lagunera en condiciones de invernadero. Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México.
- Valdez-Cepeda, R.D., Magallanes-Quintanar, R., Rubio-Díaz, S., García-Hernández, J.L., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., y Blanco-Macías, F. 2005. Normas nutrimentales DNC para chile (*Capsicum annum*) tipo "Mirasol" seco. In: Second World Pepper Convention. Zacatecas, Zac., México. pp. 150-157.



QUELATO FeEDDHA EN LA CORRECCIÓN DE LA DEFICIENCIA DE HIERRO EN ÁRBOLES DE LIMÓN ITALIANO (*Citrus lemon*)

Puente-Ramírez, J. V¹., Rivera-Ortiz, P*¹., Castro-Nava, S¹., Castro-Meza, B. I.¹

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas. México.

*Autor responsable: lida@uat.edu.mx; Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. CP 87149; Tel. +52 (834) 3181718

Resumen

La citricultura es una de las actividades productivas más importantes del Estado de Tamaulipas, México, aunque frecuentemente se tienen bajos rendimientos. Una de las principales causas de esta problemática es el bajo suministro de hierro y otros micronutrientes, provocada por las características calcáreas del suelo que inducen la precipitación del hierro y una baja disponibilidad del micronutriente para los árboles. Se evaluaron dosis crecientes del quelato FeEDDHA (etilendiamindihidroxifenilacetato de hierro) aplicado al suelo para seleccionar la dosis más apropiada y corregir la deficiencia de hierro en árboles de limón italiano (*Citrus lemon*) establecidos en suelos calcáreos. Los árboles que no fueron fertilizados con el quelato mantuvieron los síntomas de deficiencia de hierro o clorosis férrica y una concentración foliar baja de Fe mientras que en los árboles que recibieron las dosis de 50 y 100 g árbol⁻¹ de FeEDDHA se corrigieron los síntomas deficiencia y se aumentó significativamente la concentración foliar de Fe hasta niveles óptimos. Al aplicar una dosis mayor del quelato (150 g árbol⁻¹ de FeEDDHA) se incrementó el nivel de clorofila en las hojas y la concentración foliar de hierro pero los incrementos no fueron significativos.

Palabras clave

Cítricos; clorosis férrica; suelos calcáreos

Introducción

La citricultura es una de las actividades productivas más importantes del Estado de Tamaulipas; en la zona centro del estado se tiene una superficie de casi 45000 ha de diversas variedades de cítricos. Sin embargo en general los rendimientos de estos frutales son bajos. Una de las principales causas de esta problemática es un bajo suministro de hierro y otros micronutrientes, provocado por las características calcáreas de los suelos; pH medianamente alcalino (alrededor de 8) y un contenido de carbonatos de calcio superior 40 % lo cual induce la precipitación del hierro en forma de óxidos e hidróxidos, por lo que este micronutriente se convierte en formas no disponibles para los árboles. Es frecuente observar en la región síntomas visuales de deficiencia de este microelemento que se manifiestan como amarillamiento o clorosis de las hojas nuevas. Casi un 40 % de los árboles de la región presentan una concentración baja o deficiente de hierro siendo el limón italiano una de las especies más susceptibles. En estas circunstancias el hierro debe ser aplicado al suelo en forma de quelato para lograr su asimilación por la planta. Los quelatos son productos de alta estabilidad capaces de mantener los iones metálicos rodeados de una molécula orgánica (agente quelante) de modo que queden salvaguardados del entorno que favorecería su



DIVISIÓN II

precipitación en forma de hidróxido insoluble y no disponible para la planta (Lucena, 2006). Sin embargo no cualquier quelato produce resultados satisfactorios. La manera más efectiva y rápida para corregir la deficiencia de hierro y resolver este problema nutricional de los cítricos establecidos en suelos calcáreos es mediante la aplicación del micronutriente en forma de quelato FeEDDHA al suelo (Razetoa, 1982; Álvarez-Fernandez, 2005). La presente investigación se llevó a cabo con el fin de evaluar dosis crecientes del quelato FeEDDHA (etilendiamindihidroxifenilacetato de hierro) aplicado al suelo para seleccionar la dosis más apropiada y corregir la deficiencia de hierro en los árboles de limón italiano (*Citrus lemon*) establecidos en suelos calcáreos.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una huerta de limón italiano (*Citrus lemon*) establecida en suelos calcáreos, de pH medianamente alcalino (8) y contenido de carbonatos de calcio superior 40 %, a 11 km al norte de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Se utilizaron árboles de 18 años de edad, injertados sobre patrones de naranjo agrio, con síntomas visuales de deficiencia de hierro. Se seleccionaron 20 árboles de características similares para aplicarles dosis crecientes de quelato FeEDDHA, 0, 50, 100 y 150 g árbol⁻¹, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Estos tratamientos se aplicaron al suelo en una zanja de 10 cm de profundidad, cavada en la periferia del área sombreada y humedecida por el riego de microaspersión. Se agregó en el mismo canalillo una dosis constante de 250 g de urea árbol⁻¹; después de adicionar ambos fertilizantes se cubrieron con la tierra extraída y se aplicó el riego. La respuesta de los árboles se determinó por la medición de la concentración foliar de hierro y zinc y el índice SPAD para estimar el contenido de clorofila en las hojas.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta el contenido de hierro en hojas de árboles de limón italiano, después de cinco meses de haber sido fertilizados con dosis crecientes de quelato FeEDDHA al suelo y que mostraban inicialmente síntomas visuales de deficiencia de este micronutriente, es decir amarillamiento de las hojas nuevas. Como se puede observar los árboles que no fueron fertilizados con el quelato mantuvieron una concentración foliar baja de Fe (57.8 mg kg⁻¹) mientras que los que recibieron las dosis de 50 y 100 g árbol⁻¹ de FeEDDHA aumentaron significativamente la concentración foliar de Fe hasta niveles óptimos 69 y 77 mg Fe kg⁻¹ respectivamente (Embenton *et al.*, 1973). En la dosis de 150 g árbol⁻¹ aunque el contenido de Fe foliar aumentó un poco, el incremento no fue significativo en comparación con el nivel de 100 mg Fe kg⁻¹. Lo anterior sugiere que bastaría con aplicar una dosis de entre 50 y 100 g de FeEDDHA árbol⁻¹ al suelo para corregir esta deficiencia de hierro en árboles de limón italiano, establecidos en suelos calcáreos y que una dosis mayor no sería necesaria.

La aplicación del quelato FeEDDHA no afectó el contenido foliar de zinc ya que la concentración de este micronutriente se mantuvo en un nivel deficiente, entre 11 y 13 mg Zn kg⁻¹ (Embenton *et al.*, 1973) en árboles tratados y no tratados con el quelato férrico.

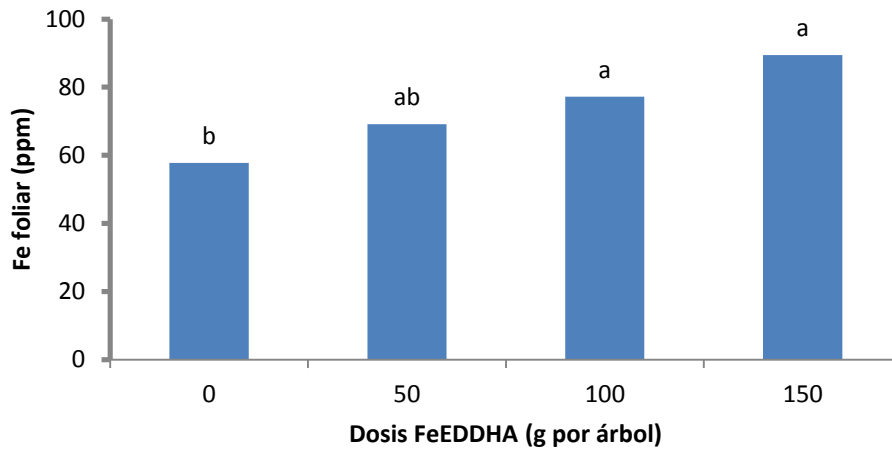


Figura 1. Concentración foliar de hierro en árboles de limón Italiano tratados con FeEDDHA al suelo.

El contenido de clorofila de las hojas de árboles de limón italiano se estimó mediante el índice SPAD (Figura 2). Como se puede observar el valor de estas lecturas fue muy bajo, entre 16 y 21, antes de la aplicación del quelato FeEDDHA al suelo. Estas lecturas corresponden a una coloración amarillenta o clorótica de las hojas, propia de la sintomatología de deficiencia del micronutriente en los cítricos y demás cultivos comunes. Después de 15 días a partir de la aplicación del quelato al suelo las lecturas SPAD, que indican el contenido foliar de clorofila, aumentaron significativamente con las dosis 50 y 100 g de FeEDDHA árbol⁻¹ hasta valores de casi 47, índice SPAD correspondiente al color verde común de hojas sanas y que indica un contenido normal de clorofila en las hojas y que además demuestra que la aplicación del quelato al suelo corrigió la deficiencia de Fe de los árboles. Al igual que en la concentración foliar de Fe, la dosis de 150 g de FeEDDHA árbol⁻¹ aumentó ligeramente las lecturas SPAD sin llegar a ser significativo dicho incremento. Esto significa que el rango suficiente de aplicación del quelato al suelo para corregir la deficiencia del micronutriente en árboles de cítricos establecidos en suelos calcáreos es de entre 50 y 100 g de FeEDDHA por árbol (Razetoa, 1982).



DIVISIÓN II

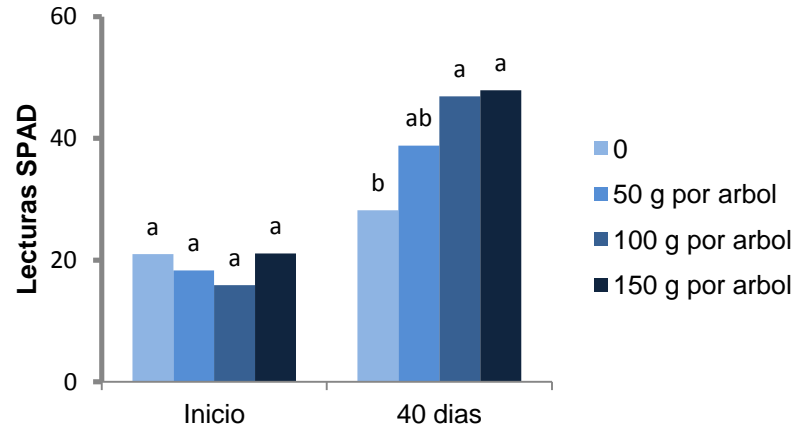


Figura 2. Lecturas SPAD en hojas de árboles de limón italiano tratados con dosis crecientes de FeEDDHA.

Conclusión

La aplicación del quelato FeEDDHA al suelo en dosis de entre 50 y 100 g de FeEDDHA por árbol corrigió completamente los síntomas de deficiencia del micronutriente en árboles de limón italiano (*Citrus lemon*) establecidos en suelos calcáreos.

Bibliografía

- Álvarez-Fernández, A., García-Marco, S. and Lucena J. J. 2005. Evaluation of synthetic iron(III)-chelates (EDDHA/Fe³⁺, EDDHMA/Fe³⁺ and the novel EDDHSA/Fe³⁺) to correct iron chlorosis. *Europ. J. Agronomy* 22, 119-130.
- Emblenton T. W., W. W. Jones, C. K. Labanauskas and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. P. 183-210. In W. Reuther (ed). *The Citrus Industry*, Vol III. University of California, Berkeley CA, U. S. A.
- Lucena J. J. 2006. Iron Fertilizers in Correcting Iron Deficiencies in Plants. In: Barton LL & Abadía J (Eds.) *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganism*. Dordrecht, Springer-Verlag Academic Pubs. Pp. 103-127.
- Razetoa B. 1982. Treatments for iron chlorosis in peach trees. *Iron Nutrition and Interactions in Plants*. 5 (4-7) 917-922



BIOFORTIFICACIÓN CON SELENIO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRIJOL

Hermosillo-Cereceres M.A.¹; Sánchez-Chávez E.^{1*}; Flores-Cordova M.A.¹, Muñoz-Márquez E.¹; Sida-Arreola J.P.¹; Romero L.²

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias –Tecnología de Productos Hortofrutícolas y Lácteos. Av. Cuarta Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. Cd. Delicias, Chihuahua. MÉXICO. C.P. 33089. Tel/Fax: +52(639)4748400 Ext. 102. Autor correspondencia: esteban@ciad.mx

²Departamento de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada ESPAÑA.

*Autor responsable: esteban@ciad.mx; Av. Cuarta Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. Cd. Delicias, Chihuahua. México. CP 33089; Tel. +52(639)-4748400 Ext. 102

Resumen

Existe evidencia de los beneficios del selenio (Se) sobre el crecimiento de los cultivos. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la biofortificación con Se en forma de selenito y selenato en la capacidad antioxidante de semillas de frijol. Seis dosis de selenato y selenito de sodio fueron probadas (0, 10, 20, 40, 80, 160 μM) durante 40 días, adicionando bajo la forma de hidroponía. Se determinó el contenido de Se en las semillas y la capacidad antioxidante. Los resultados encontrados indican que las mejores dosis para biofortificar el frijol fueron 20 μM de selenato y 40 μM de selenito. Además, el Se incrementó la capacidad antioxidante ya que la dosis de 160 μM de selenito, tuvo un incremento del 33% en relación al control.

Palabras clave

Biofortificación, Selenio, Capacidad antioxidante.

Introducción

El Selenio (Se) es considerado un micronutriente esencial para la salud humana, ya que las selenoproteínas tienen un papel muy importante en la defensa antioxidante de los humanos, por su importancia en la fertilidad, metabolismo de la hormona tiroidea, así como, en la respuesta inmune; además el Se actúa como un agente anticancerígeno bajo una adecuada ingesta. Duffiel et al. (2002) indican que el consumo de 200 μg día⁻¹ de Se reduce la incidencia de cáncer de pulmón y próstata. La recomendación del consumo diario es de 50-70 μg día⁻¹. No obstante, un consumo mayor de 400 μg día⁻¹ tiene un efecto dañino en la salud (USDA, 2003). Hay varios reportes que relacionan el consumo de frijol con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, cáncer y enfermedades del aparato digestivo. Estos beneficios en la salud se han relacionado con la presencia de metabolitos secundarios como los compuestos fenólicos que poseen propiedades antioxidantes. La biofortificación con Se en el cultivo de frijol puede proporcionar los beneficios del Se a la salud humana. Por los beneficios del Se a la salud humana, se ha estudiado el efecto del mismo sobre los cultivos en programas de biofortificación, con excelentes resultados en cuanto a la acumulación en plantas de diferentes especies. Sin embargo, existe escasa información en el cultivo del frijol bajo el concepto de biofortificación con Se.



Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue biofortificar al frijol con Se para conocer si este elemento suministrado como selenito y selenato de sodio tiene un efecto positivo sobre la capacidad antioxidante del frijol.

Materiales y Métodos

Las semillas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike se germinaron y crecieron en una mezcla de sustrato (turba, vermiculita y perlita en proporción 3:1:1) en macetas de plástico, de 30 cm de diámetro, en un invernadero experimental ubicado en Delicias, Chihuahua, México, a una temperatura media dentro del invernadero de $25 \pm 4^\circ\text{C}$. Durante todo el ciclo del cultivo las plantas recibieron una solución nutritiva compuesta por: 6 mM de NH_4NO_3 , 1.6 mM de K_2HPO_4 , 2.4 mM de K_2SO_4 , 4.0 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.4 mM de MgSO_4 , 5 μM de Fe-EDDHA, 2 μM de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1.0 μM de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 μM de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.3 μM de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y 0.5 μM de H_3BO_3 preparada con agua destilada (Sánchez *et al.*, 2004). El pH de la solución nutritiva osciló entre 5.5 y 6.0.

Las fuentes de Se empleadas fueron selenito (Na_2SeO_3) y selenato de sodio (Na_2SeO_4), las concentraciones de 10, 20, 40, 80 y 160 μM , fueron adicionadas a la solución nutritiva a los 20 días después de la siembra y durante 40 días. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos de selenito y cinco de selenato, con cuatro repeticiones por tratamiento y un control sin la aplicación de Se.

Muestreo vegetal

Las plantas fueron muestreadas a los 60 días después de la germinación, cuando estaban en la etapa fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Se separaron los diferentes órganos de la planta de frijol (hoja, raíz, tallo, pecíolo, semilla y vaina), se lavaron tres veces con agua de la llave y una vez con agua desionizada.

Contenido de Se total en las semillas

Para la determinación del Se, 25 mg de la muestra se digirieron con 2.5 mL de HNO_3 concentrado y 1 mL de H_2O_2 en un horno microondas. La solución resultante fue diluida en 25 mL de agua desionizada y la concentración de Se fue determinada por espectrometría de masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS) de acuerdo a Pedrero *et al.* (2006).

Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH)

El análisis fue realizado según la metodología de Meir *et al.* (1995). El extracto se obtuvo macerando 1g de semilla en 5 mL de metanol al 80%, posteriormente se centrifugó a 6000 rpm durante 10 min. Del sobrenadante resultante se tomó 0.5 mL del extracto y se mezcló con 2.5 mL de una solución 0.1 mM de DPPH recién preparada, y la mezcla se incubó durante 60 min. en obscuridad y frío. La absorbancia fue medida por espectrofotometría a A_{517} . Para la muestra blanco se reemplazó el extracto por 0.5 mL de metanol. Los valores de la prueba DPPH se obtuvieron con la aplicación de la siguiente fórmula: $\% = (1 - (A_{517} \text{ muestras} / A_{517} \text{ blanco})) \times 100$

Prueba del poder reductor

El poder reductor en las semillas fue medido de acuerdo al método descrito por Meir *et al.* (1995). A 1 mL del extracto que se obtuvo macerando 1 g en 5 mL de metanol al 80%, se le agregó: 1 mL de buffer fosfato 0.2 M pH 6.6 y 1 mL de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ al 1% (peso/volumen). Posteriormente la mezcla fue incubada durante 20 min. a 50°C . Después los tubos se enfriaron sumergiéndolos en hielo y se les añadió 0.5 mL de Cl_3CCOOH al 10%. Después, se



DIVISIÓN II

centrifugaron a 5000 rpm durante 10 min. y se tomo 1 mL del sobrenadante que resulto y se mezcló con 1 mL de agua destilada y 0.1 mL de FeCl_3 (0.1%), la mezcla se incubó por 10 min. y la absorbancia fue medida a 700 nm. Los valores de absorbancia más altos indican un mayor poder reductor.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD a 95 % (SAS, 1987).

Resultados y Discusión

Como ya se mencionó anteriormente, el Se no es nutriente esencial para las plantas, a pesar de esto puede ser absorbido y acumulado en los tejidos. Para el fruto del frijol, dicha acumulación se vio favorecida al aplicar selenito ($P \leq 0.05$, Figura 1), presentando la mayor acumulación en la dosis de 160 μmol , lo que podría ser beneficioso para la producción de formas orgánicas. Li *et al.* (2008) encontraron que el 90% del Se aplicado se transportó al fruto en el cultivo de trigo. Esto es importante en un programa de biofortificación dado el papel que juega el Se en la salud humana (Duffield *et al.*, 2002).

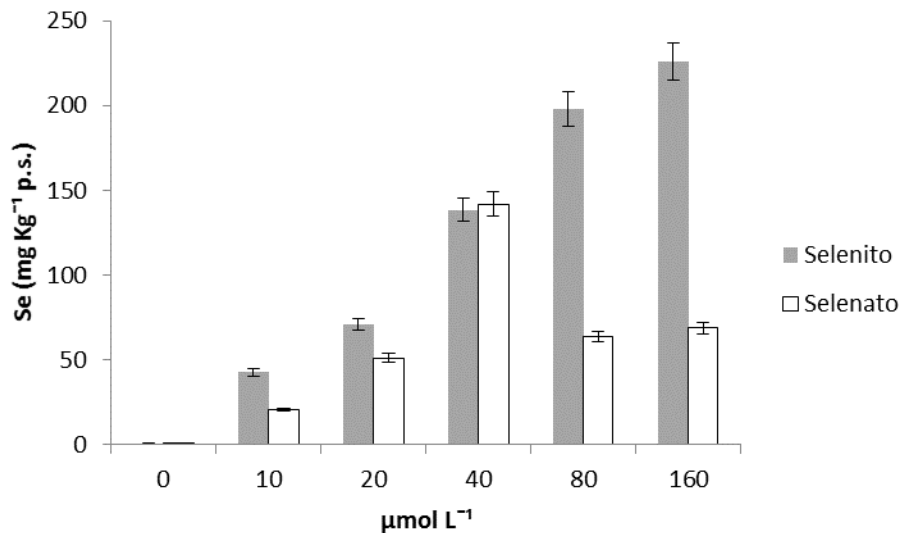


Figura 1. Concentración de Se en la semilla de frijol bajo diferentes dosis y formas de Se (mg kg^{-1} p.s.). Los datos son las medias \pm error estándar ($n=4$).

Como ya se mencionó el frijol tiene capacidad antioxidante, en nuestros resultados encontramos diferencias significativas en ambas formas de aplicación de Se ($P \leq 0.05$, Figura 2), lo que indica que el Se incrementó la capacidad antioxidante del frijol, encontrando su máximo en la dosis de 160 μM de selenito, lo que coincide con la mayor concentración de fenoles totales, contrario a lo que reporta Xu y Hu (2004), que indica que el incremento de polifenoles al aplicar selenito de sodio no coincide con el aumento de la capacidad antioxidante en el cultivo de arroz, esto es debido a que según el método para medir la capacidad antioxidante puede haber variantes, por lo que es necesario comparar dichos resultados es determinar la prueba del poder reductor en la semilla del frijol.

DIVISIÓN II

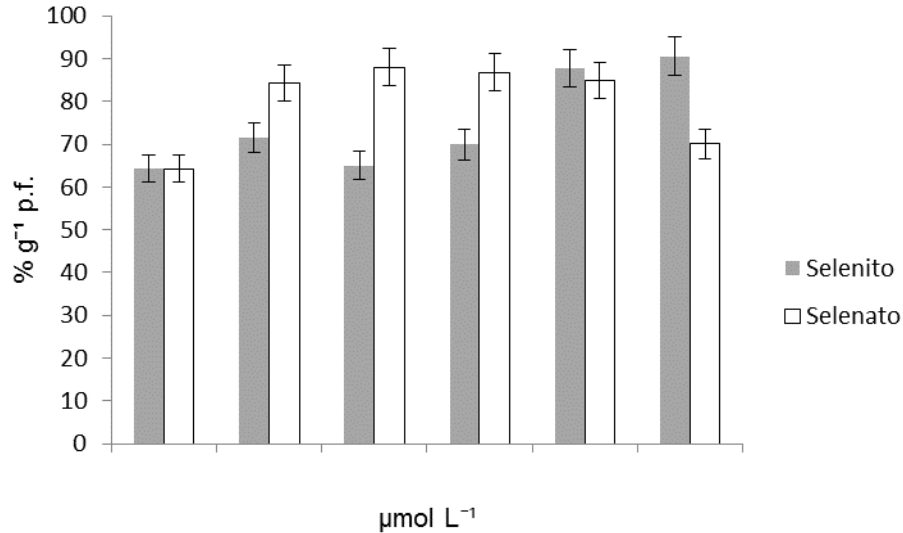


Figura 2. Prueba de capacidad antioxidante (DPPH) en semillas de frijol bajo diferentes dosis y formas de Se. Los datos son medias \pm error estándar ($n=4$).

El poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador importante de su potencial actividad antioxidante (Meir *et al.*, 1995). Respecto a esta prueba, encontramos diferencias significativas en ambas formas de aplicación de Se ($P \leq 0.05$, Figura 3), encontrando que coincide el mayor poder reductor con la mayor capacidad antioxidante del frijol y el mayor contenido de compuestos fenólicos en la dosis de 160 μM de selenito, lo que coincide con Yildirim *et al.* (2001) que determinaron el poder reductor en hojas y semillas de *Rumex crispus* L., confirmando que aumenta con la concentración de compuestos fenólicos, presentando una correlación estadísticamente significativa ($r = 0.99$). Además, encontraron que el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante (DPPH), así como entre el poder reductor y la prueba DPPH. Por lo que el poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador de su actividad antioxidante (Yildirim *et al.*, 2001).

Conclusión

Nuestros resultados indican que para el cultivo del frijol es favorable la fertilización con Se ya que incremento el rendimiento en las dosis de 40 μM de selenito y 20 μM de selenato, además, el mayor incremento en el contenido de compuestos fenólicos fue en la dosis de 160 μM de selenito en un 33% en relación al control, por lo que aumento la capacidad antioxidante de las semillas de frijol.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de Ciencia Básica de CONACYT con clave 081055. Además, agradecemos al CONACYT por la beca otorgada a Martha Aracely Hermosillo Cereceres para realizar estudios de Doctorado dentro del Posgrado del CIAD.

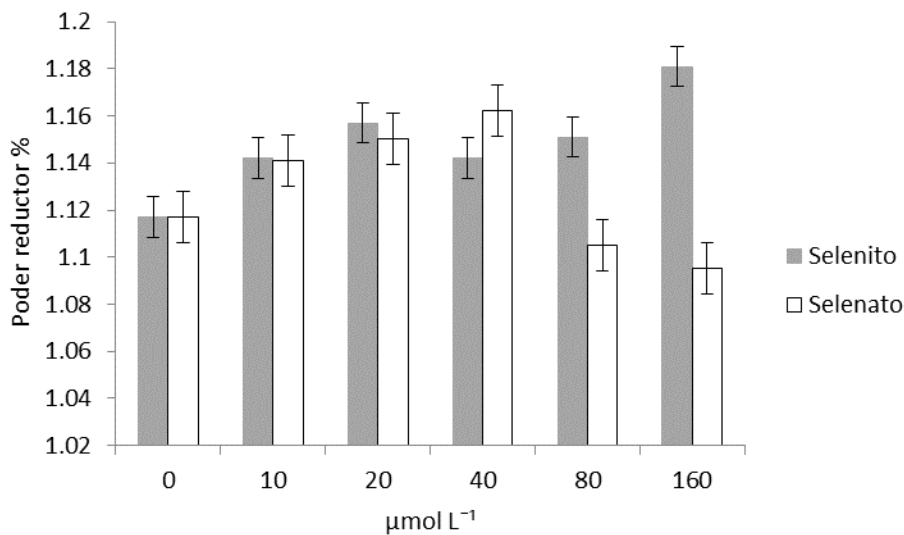


Figura 3. Prueba del poder reductor en semillas de frijol bajo diferentes dosis y formas de Se. Los datos son medias \pm error estándar (n=4).

Bibliografía

- Duffield L A J, M E Reid, B W Turnbull, G F Combs, E H Slate, L A Fischbach, J R Marshall, L C Clark (2002) Baseline characteristics and the effect of selenium supplementation on cancer incidence in a randomized clinical trial: a summary report of the Nutritional Prevention of Cancer Trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 11: 7:630-639.
- Li HF, McGrath SP, Zhao FJ. 2008. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenite or selenate. *New Phytologist* 178: 92-102.
- Meir, S.; Kanner, J.; Akiri, B.; Hadas, S.P. (1995). Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 43, 1813-1819.
- Pedrero Z, Madrid Y, Cámara C. 2006. Selenium species bioaccessibility in enriched radish (*Raphanus sativus*): A potential dietary source of selenium. *J. Agr. Food Chem.* 54: 2412-2417.
- Rani N, Dhillon KS, Dhillon SK (2005) Critical levels of selenium in different crops grown in an alkaline silty loam soil treated with selenite-Se. *Plant Soil* 277: 367-374.
- Sánchez E, Rivero RM, Ruiz JM, Romero L. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of Green vear plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH₄NO₃ application rates. *Sci. Horti.* 99: 237-248.
- SAS .1987. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 6; Statistical Analysis System Institute, Inc. Cary, NC, pp. 1028-1056.
- U.S. Department of Agriculture (2003) Dietary reference intakes: Elements. <http://www.nap.edu>. 15 Junio 2010.
- Xu, U J, Hu, Q. (2004). Effect of foliar application of selenium on the antioxidant activity of aqueous and ethanolic extracts of selenium-enriched rice. *J Agric Food Chem* 52:1759-1763.
- Yildirim, A.; Mavi A. and A.A. Kara. 2001. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49,4083-4089.



CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE CHILE JALAPEÑO PRODUCIDO CON ABONOS ORGÁNICOS

Valenzuela-García, A.A.^{1*}; Gallegos-Robles, M.A.²; Orona-Castillo, I.³; Trejo-Escareño, H.I.⁴; Salazar-Sosa, E.⁵; Troyo-Diéguez, E.⁶

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, DICAF. Gómez Palacio, Durango. México.

^{2,3,4} Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Dgo. México.

⁵Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.

⁶Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

*Autor responsable: ale.valenzuela@ujed.mx; Cerrada Cerezos Núm. 215, Col. Las Huertas I, Lerdo, Durango. México. CP 35158; Tel. +52(871)-270-6176

Resumen

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y dentro de sus principales variedades cultivadas se encuentran el chile jalapeño, serrano, habanero, poblano y morrón. Debido a la cantidad de toneladas de estiércol producidas anualmente en la región de La Laguna (1,2 millones de toneladas) resulta viable su aplicación como abono orgánico. En las últimas 2 décadas, el consumo de productos frescos contaminados ha implicado un aumento en el número de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos y muchos de los brotes de infecciones intestinales y muertes han sido asociados con el consumo de vegetales y frutos crudos contaminados posiblemente por estiércol animal, agua o manejo humano. Tomando en cuenta la seguridad del consumidor, se evaluó la calidad microbiológica de los frutos de un cultivo de chile jalapeño producido con la interacción de distintas dosis de estiércol solarizado (0, 40, 80 y 120 Mg·ha⁻¹) y vermicomposta (0 y 3 Mg·ha⁻¹) mediante la implementación de la técnica de la USDA para la identificación y aislamiento de *Salmonella* spp. Las muestras resultaron negativas a la presencia de *Salmonella* spp.

Palabras clave

Salmonella spp.; estiércol solarizado

Introducción

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y dentro de sus principales variedades cultivadas se encuentran el chile jalapeño, serrano, habanero, poblano y morrón (SIAP). Después de China, México ocupa el segundo lugar en volumen de producción y el tercero en superficie cosechada (Bravo et al.). Para la región de La Laguna, SAGARPA en 2006, reportó una superficie cosechada de chile de 1379 hectáreas con una producción media de 11.28 Mg·ha⁻¹ (Inzunza et al.).

En esta región se producen cerca de 1,2 millones de toneladas de estiércol bovino anualmente (Salazar et al.). El estiércol de animal cuando se utiliza de manera apropiada, es una forma económica de mantener la calidad y fertilidad del suelo comparada con los fertilizantes comerciales. (Ongeng et al.); por su parte, la vermicomposta, mejora la fertilidad del suelo y tiene un gran impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Berova et al.).



En las últimas 2 décadas, el consumo de productos frescos contaminados ha implicado un aumento en el número de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (Liao *et al.*). Muchos de los brotes de infecciones intestinales y muertes han sido asociados con el consumo de vegetales y frutos crudos contaminados posiblemente por estiércol animal, agua o manejo humano (Semenov *et al.*).

La práctica de incorporación de estiércol animal no composteado en suelos agrícolas puede comprometer la seguridad microbiológica de productos frescos debido a que el estiércol animal es una conocida fuente de patógenos entéricos como *Salmonella entérica* serotipo Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 (Ongeng *et al.*).

El serotipo Typhimurium generalmente sobrevive por periodos de tiempo mayores en estiércol bajo diferentes temperaturas en comparación con *E. coli* O157:H7. En general, la disminución de ambos patógenos aumenta con la temperatura en sustratos naturales como suelo o estiércol en un rango de temperatura que va de -20 a 70°C (Himathongkham *et al.*). Investigaciones recientes han demostrado que la *Escherichia coli* puede sobrevivir de varias semanas a varios meses después de su exposición en suelo. La capacidad de supervivencia en suelo de una bacteria fecal como *E. coli* incrementa el riesgo de contaminación de los cultivos (Wu *et al.*). El serotipo O157:H7 es el patógeno más importante dentro del grupo VTEC (*Escherichia coli* verocitotoxigénicos) y uno de los más frecuentemente asociados con las infecciones humanas en todo el mundo (Usera *et al.*).

En base a lo anterior, se evaluó la calidad microbiológica de los frutos de un cultivo de chile jalapeño producido con vermicomposta y estiércol bovino solarizado para no comprometer la salud del consumidor.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el campo experimental y el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango (24°22'12"-26°47'24" N, 102°15'36"-104°45'36" O, 1139 m.s.n.m.).

Se estableció un cultivo de chile jalapeño (variedad grande) en un área de 432m² utilizando abonos orgánicos. Las dosis manejadas fueron: vermicomposta 0 y 3 Mg·ha⁻¹ y estiércol solarizado 0, 40, 80 y 120 Mg·ha⁻¹. Posteriormente, se realizó un muestreo de frutos de cada uno de los tratamientos establecidos en campo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis microbiológico. Se utilizó la técnica para la identificación y aislamiento de *Salmonella* spp., del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Resultados y Discusión

No se encontró presencia de *Salmonella* spp. en las muestras de fruto analizadas; sin embargo, se encontró la presencia de *E. coli* en algunos de los tratamientos por lo que se considera hacer un análisis más completo para poder identificar el serotipo de *E. coli* presente en los frutos, ya que algunos serotipos pueden causar síntomas clínicos graves en humanos, como es el caso de *E. coli* O:157:H7. Varios estudios han demostrado la asociación de *E. coli*



DIVISIÓN II

O157:H7 y *Salmonella* con la superficie de vegetales que han sido cultivados en suelos enriquecidos con abonos contaminados (Natvig *et al.*, 2002; Solomon *et al.*, 2002; Islam *et al.*, 2004a; Islam *et al.*, 2004b).

Conclusiones

El riesgo de contaminación de frutos de chile jalapeño por *Salmonella* spp., disminuyó gracias a la implementación de la técnica de solarización al estiércol antes de su aplicación como fertilizante orgánico.

Bibliografía

- Berova, M., Karanatsidis, G., Sapundzhieva, K., Nikolova V. 2010. Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Folia Horticulturae*. 22: 3-7.
- Bravo, L., Lara, H., Lozano, G., España, L. 2010. Importancia del cultivo del chile. *Memorias para productores de chile 2010*. 10-22.
- Himathongkham S., Bahari S., Riemann, H., Cliver, D. 1999. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in cow manure and cow manure slurry. *FEMS Microbiol Lett*. 178: 251–257.
- Inzunza, M.A., Villa, M., Catalán, E.A., Román, A. 2010. Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana*. 28: 211-218.
- Islam, M., Doyle, M.P., Phatak, S.C., Millner, P., and Jiang, X. 2004a. Persistence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on leaf lettuce and parsley grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *J. Food Protect*. 67: 1365–1370.
- Islam, M., Morgan, J., Doyle, M.P., Phatak, S.C., Millner, P., Jiang, X. 2004b. Persistence of *Salmonella enterica* serovar typhimurium on lettuce and parsley and in soils on which they were grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Foodborne Pathog. Dis.* 1: 27–35.
- Liao, C.H., Cooke, P.H., Niemira, B.A. 2010. Localization, growth, and inactivation of *Salmonella Saintpaul* on jalapeño peppers. *J. Food Science*. 75: M377-M382.
- Natvig, E.E., Ingham, S.C., Ingham, B.H., Cooperband, L.R., and Roper, T.R. 2002. *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Appl. Environ. Microbiol*. 68: 2737–2744.
- Ongeng, D., Muyanja, C., Geeraerd, A.H., Springael, D., Ryckeboer, J. 2011. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium in manure and manure-amended soil under tropical climatic conditions in Sub-Saharan Africa. *J. Applied Microbiology*. 110: 1007-1022
- Semenov, A.V., Bruggen, A.H., Overbeek, L., thermorshuizen, A.J. 2007. Influence of temperature fluctuations on *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in cow manure. *FEMS Microbiol Ecol* 60: 419-428.
- Solomon, E.B., Yaron, S., and Matthews, K.R. 2002. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Appl. Environ. Microbiol*. 68, 397–400.
- Wu, S., Nishihara, M., Kawasaki, Y., Yokoyama, A., Matsuura, K., Koga T., Ueno, D., Inoue, K., Someya, T. 2008. Inactivation of *Escherichia coli* in soil by solarization. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55: 258-263.



BIOMASA, DENSIDAD ESTOMÁTICA Y ÁREA FOLIAR EN CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) EN AUSENCIA DE UN ELEMENTO ESENCIAL

Valeriano-Ruiz, C.¹; Velasco-Velasco, V. A.^{2&}; Hernández-Santiago, E.²; Ruiz-Luna, J.²; Campos-Ángeles, G. V.² y Enríquez-del Valle, J.R.²

¹Estudiante de posgrado y ²Profesor investigador en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. Tel. (951) 5170788/5170444. ⁸Autor responsable: vicvel5@hotmail.com.

Resumen

El chile de agua (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo susceptible al estrés hídrico, su gran área foliar transpirante reduce significativamente la biomasa en hojas y tallos. Con la finalidad de evaluar la concentración de biomasa, densidad estomática y área foliar ante la ausencia de un elemento esencial, en chile de agua, se desarrolló un experimento durante el período otoño-invierno 2014, en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Con el sistema de subirrigación hidropónica se indujeron las deficiencias nutrimentales de N, P, K, Ca, Mg, Fe, y un tratamiento con solución completa como testigo. Se identificó que el mayor número de estomas por mm² se observó en el envés de la lámina foliar (86.67, 65.00 y 120.33 de la sección alta, media y basal, respectivamente). Los valores más altos de biomasa (271.69 g) y área foliar (23.74 cm²) se reportó en las plantas que recibieron solución nutritiva sin Fe, y los valores más bajos de estas dos variables las registraron las plantas regadas con solución nutritiva sin Mg (81.36 g y 11.80 cm², respectivamente). Una correlación superior a los 0.7 se mostró entre la biomasa de raíz, tallo y fruto de la planta y el área foliar. Cuando se proporcionó mayor cantidad de nutrimentos, la planta tuvo más posibilidades de acumular materia seca.

Palabras clave

Capsicum annuum L., estomas, materia seca.

Introducción

El chile de agua (*Capsicum annuum* L.) es una de las variedades cultivadas en el Estado de Oaxaca por su valor cultural y de comercialización (Aparicio-del Moral *et al.*, 2013). Su nutrición incluye el suministro, absorción y utilización de nutrimentos esenciales (Fageria *et al.*, 1997), los cuales deben ser aportados en cantidad y proporción adecuada (dosis) y en forma de iones asimilables (Castellanos, 2004). La nutrición de los cultivos debe realizarse en función de su necesidad fisiológica, y aunado al manejo y a las condiciones ambientales, se obtendrá el rendimiento potencial.

El rendimiento de un cultivo está dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha. La distribución de materia seca (MS) entre los diferentes órganos de la planta, tiene un papel fundamental en la producción de cultivos (Peil y Gálvez, 2005).

El chile es un cultivo susceptible al estrés hídrico debido a su gran área foliar. El estrés hídrico reduce significativamente la materia seca en hoja y tallo, afecta negativamente la producción del fruto e incrementa el número de frutos de mala calidad. La diferencia en el



crecimiento de la planta también tiene efecto negativo sobre la duración del área foliar a lo largo del ciclo de cultivo y, como consecuencia, reduce la radiación absorbida por el dosel alrededor del 20% (Delfine *et al.*, 1999). En este tejido, la planta presenta un gran número de poros microscópicos llamados estomas.

Por lo anterior, en el presente estudio se evaluaron la concentración de biomasa, densidad estomática y área foliar en chile de agua (*Capsicum annuum* L.), ante la ausencia de un elemento esencial.

Materiales y Métodos

Se estableció un cultivo de plantas de chile de agua durante 144 días en el período otoño-invierno 2014 en condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Fueron sembradas en macetas de plástico de 10 L con vermiculita como sustrato. El estudio consistió en inducir deficiencias de N, P, K, Ca, Mg y Fe a través de soluciones nutritivas, y un tratamiento testigo con solución completa (Steiner, 1984). En total se evaluaron siete tratamientos en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y un sistema de subirrigación hidropónica cerrada.

Variables de estudio

Biomasa (g): a los 144 días las plantas se seccionaron en raíz, tallos, hojas y frutos. Se pesaron en una balanza semianalítica, se colocaron en bolsas de papel etiquetadas para su secado en una estufa a 65 °C durante 72 horas. Se determinó el peso seco y el contenido de humedad para cada muestra.

Área foliar (AF, cm²): se tomó una muestra al azar de 9 hojas por tratamiento para su escaneo en un medidor de área foliar portátil de precisión (CID Bio-Science Inc).

Densidad estomática (DE, número de estomas mm⁻²): se eligieron tres plantas al azar por tratamiento. Se seleccionaron dos hojas de la parte alta, media y basal de cada planta. Mediante la técnica de improntas con esmalte transparente (Lallana y Lallana, 2004) se obtuvieron las impresiones del haz y del envés de cada hoja. En el microscopio binocular (10X) y con cuadrícula graduada en milímetros, se observaron y contaron los estomas (lectura en 3.0 mm²).

Se realizaron los análisis estadísticos con los datos obtenidos.

Resultados y Discusión

Análisis de varianza

El análisis de varianza fue altamente significativo ($\alpha < 0.0001$) para las variables biomasa de raíz, tallo, hoja, fruto y total de la planta. Altamente significativo en la densidad estomática (DE) del haz ($\alpha = 0.0019$) y envés de la hoja de la parte basal de la planta ($\alpha = 0.0014$). Significativo ($\alpha = 0.0427$) para la DE del haz de la hoja de la parte media de la planta. El área foliar, al igual que las otras variables, mostró diferencia significativa ($\alpha < 0.001$).



DIVISIÓN II

Producción de biomasa

Los tratamiento sin nitrógeno y sin potasio mostraron los valores más alto en % de agua, con un 8.95% y 7.72% más que el testigo (solución nutritiva completa), respectivamente (Cuadro 1).

La mayor producción significativa de biomasa en raíz, tallo, hoja y fruto se obtuvieron en las plantas tratadas con solución nutritiva completa, sin Calcio y sin Fe respecto al resto de los tratamientos (252.65 g, 257.93 g y 271.69 g, respectivamente). Esto último quizás porque la vermiculita contenía trazas de Fe, por lo que no fue totalmente suprimido dicho elemento. Las plantas que no recibieron magnesio mostraron un decremento del 70.05 % en la producción de biomasa respecto al tratamiento con el valor más alto. Los frutos del tratamiento sin calcio, reportaron los valores máximos de biomasa, con un incremento de 22.96 veces más que los frutos del tratamiento con el valor más bajo (Sin Mg).

Cuadro 1. Biomasa en plantas de chile de agua ante la ausencia de un elemento esencial

Tratamiento (Solución nutritiva)	% de agua	Biomasa (g)					Biomasa total
		Raíz	Tallo	Hoja	Fruto		
1 Completa	80.71	75.84 ab	36.27 ab	40.05 a	100.47 ab	252.65 a	
2 Sin N	87.93	31.30 cd	12.54 de	8.38 cd	35.54 cd	87.77 bc	
3 Sin P	81.36	46.20 abcd	12.36 de	19.09 bc	34.12 d	111.78 bc	
4 Sin K	86.94	39.17 bcd	18.22 cd	30.64 ab	75.17 bc	163.20 b	
5 Sin Ca	84.72	63.84 abc	30.25 bc	32.93 ab	130.90 a	257.93 a	
6 Sin Mg	83.42	28.23 dc	27.43 bc	20.00 bc	5.70 d	81.36 cd	
7 Sin Fe	83.54	85.48 a	43.08 a	44.62 a	98.49 ab	271.69 a	

Valores con la misma letra en la columna no son diferentes estadísticamente (Tukey $\alpha=0.05$).

Área foliar

Las plantas que mostraron significativamente mayor área foliar fueron aquellas que recibieron solución nutritiva completa (23.74 cm²) y las carentes de Fe (24.87 cm²). Las plantas carentes de Mg tuvieron significativamente menor área foliar en un 52.43% respecto al valor más alto (Cuadro 2). En general, el área foliar en las plantas de chile de agua disminuyó ante la ausencia de un elemento esencial.

Densidad estomática

En general, la densidad estomática es variable ante la ausencia de los elementos esenciales estudiados, esto es, no hay un patrón de comportamiento de la densidad estomática respecto de las plantas que recibieron una solución completa. Se identificaron más estomas mm⁻² en el envés de la lámina foliar (Cuadro 2), por lo cual se consideran como hipoestomáticas (Gates, 1980). Los valores más altos de la densidad estomática tanto en el haz como en el envés, se observaron en la sección alta de la planta (37.00 y 86.67 estomas mm⁻², respectivamente) en los tratamientos carentes de un elemento. Quizás esto se deba a que las hojas son jóvenes y están menos suberizadas, por lo que se observó mayor número de estomas por unidad de superficie.



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Área foliar y densidad estomática en hojas de la parte alta, media y baja de plantas de Chile de agua, en función de un elemento nutrimental faltante.

Tratamiento (Solución)	Área foliar (cm ²)	Densidad estomática (estomas mm ⁻²)					
		Haz alta	Haz media	Haz basal	Envés alta	Envés media	Envés basal
1 Completa	23.74 ab	34.00 a	21.00 b	19.00 b	84.00 a	56.33 a	56.67 b
2 S/N	12.74 c	33.66 a	31.33 ab	37.00 ab	47.33 b	56.67 a	60.33 a
3 S/P	20.72 ab	35.66 a	25.33 ab	26.33 b	86.67 a	57.00 a	57.00 b
4 S/K	19.48 b	25.33 a	25.00 ab	20.66 b	63.00 a	54.33 a	52.67 b
5 S/Ca	19.53 b	29.33 a	22.00 b	28.33 b	69.00 a	65.00 a	52.33 b
6 S/Mg	11.80 c	33.33 a	28.66 ab	22.66 b	62.67 a	52.00 a	36.00 b
7 S/Fe	24.87 a	23.33 a	24.33 ab	23.33 b	51.67 b	57.33 a	45.67 b

Valores con la misma letra en cada columna no son diferentes estadísticamente (Tukey $\alpha=0.05$).

El estudio de correlación (Cuadro 3) entre las variables estudiadas mostró una relación significativa entre la biomasa de la hoja con biomasa de tallo y fruto ($\alpha < 0.05$). Se identificó que el área foliar, presentó una relación con la biomasa del tallo, hoja, raíz y fruto ($\alpha < 0.0001$). Esto demuestra que plantas con hojas grandes muestran una planta con mayor contenido de biomasa. Mientras que la densidad estomática mostró una relación menor con el resto de las variables ($\alpha > 0.05$), solo mostró significancia ($\alpha < 0.0001$) el índice estomático del haz basal con el área foliar. Lo anterior puede deberse a que una vez que se forman las hojas, ya no se forman células nuevas, solamente se elongan.

Cuadro 3. Correlación de variables de plantas de Chile de agua (*Capsicum annuum* L.).

		- - - - - Biomasa (g) - - - - -				Área foliar (cm ²)
		Tallo	Hoja	Fruto	Total	
- - - Biomasa (g) - - -	Raíz	0.789	0.763	0.683	0.894	0.719
		<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001
	Tallo	1.000	0.869	0.644	0.852	0.703
			<0.0001	0.0007	<0.0001	0.0001
	Hoja		1.000	0.648	0.850	0.739
				0.0006	<0.0001	<0.0001
DE (estomas mm ⁻²)	Fruto			1.000	0.914	0.643
					<0.0001	0.0007
	Total				1.000	0.769
						<0.0001
	Haz alta					0.0003
						0.9989
	Haz media					-0.697
					0.0002	
Haz basal					-0.740	
					<0.0001	

Conclusiones

La mayor producción de biomasa en *Capsicum annuum* L. tanto en raíz, tallo, hoja y fruto, se obtuvo en las plantas que recibieron solución nutritiva sin hierro. Cuando se proporcionó mayor cantidad de nutrimentos, la planta tuvo más posibilidades de acumular materia seca. El área foliar y biomasa presentaron una correlación positiva.

La mayor densidad estomática se observó en el envés de la lámina foliar. Los valores más altos de densidad estomática tanto en el haz como en el envés, se presentaron en la sección



alta de la planta. Es necesario realizar más estudios para determinar el efecto de la ausencia del elemento en la densidad estomática.

Bibliografía

- Aparicio del Moral J.O., M.A Tornero-Campante, E. Sandoval-Castro, L. A. Villarreal-Manzo, M. N. Rodríguez-Mendoza. 2013. Factores sociales y económicos del cultivo de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en tres municipios de los Valles Centrales de Oaxaca. *Ra Ximhai*. 9(1): 17-24.
- Castellanos, J. Z. (Ed.) 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. 2da Edición. INTAGRI. Celaya, Guanajuato, México. 469 p.
- Delfine, S., F. Loreto, M. Centritto, G. Santarelli, and A. Alvino. 1999. Effects of wáter stress on the nitrogen nutrition index: Application to durum wheat. *Journal of Plant Nutrition* 29:75-92.
- Fageria N.; Balivar V.; Jones Ch. 1997. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. Ed. Marcel Decker Inc. New York, USA. 476 p.
- Lallana, V. H. y M.C. Lallana. 2004. Densidad Estomática en hojas de *EryngiumHorridum* Malme y su relación con el estado de desarrollo de las hojas. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 5(4): 81-86.
- Gates, D.M. 1980. *Biophysicalecology*. Springer-Verlag New York, Inc. New York.
- Peil, R. M. y J. L. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira Agrociencia* 11:5-11.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. *Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture*. ISOSC. Lunteren, TheNetherlands. pp. 633-649.



LA RADIACIÓN GAMMA (Co^{60}) Y TIPO DE SUSTRATO AFECTA EL CRECIMIENTO, CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL Y PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN PLÁNTULAS DE CHILE CHILHUACLE

García-Gaytán, V.^{1*}; Gómez-Merino, F.C.²; Trejo-Téllez, L.I.¹; Baca-Castillo, G.A.¹; García-Morales, S.³; Tejeda-Sartorius, O.¹; Ramírez-Martínez, M.⁴.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México

²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México

³Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México

⁴Consultoría Agrícola Privada, Texcoco, Estado de México

*Autor responsable: garvictan@gmail.com; Montecillo, Texcoco, Estado de México. 56264.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar efectos principales de la radiación ionizante (rayos gamma Co^{60}) y del sustrato, en parámetros de crecimiento, concentración nutrimental y en concentración de pigmentos fotosintéticos en plántulas de chile chilhuacle. Los resultados mostraron que los niveles de radiación de 80 Gy incrementaron el volumen radical y la biomasa seca de raíz en las plántulas, sin afectar la ganancia de peso seco de hoja y tallo. El peat moss favorece mayor área de exploración de raíces ($0.82 \pm 0.36 \text{ cm}^3$), lo cual refleja ganancia de biomasa seca de raíz ($0.03 \pm 0.01 \text{ g}$) e incrementó el área foliar ($14.54 \pm 4.54 \text{ cm}^2$). El tipo de sustrato no afectó la concentración de N foliar. La mayor concentración de K y Ca se encontró en plántulas desarrolladas en suelo, mientras que las mayores concentraciones de P y Mn se tuvieron con el sustrato peat moss. La irradiación en todas sus dosis afectó negativamente la concentración de los pigmentos fotosintéticos; por el contrario, la concentración de clorofila *b* fue significativamente más alta en plantas establecidas en suelo. Con la dosis de 80 Gy se estimulan variables importantes como es el volumen radical y biomasa seca, consideradas dentro de los criterios para estimar la calidad y predecir el comportamiento de la planta en campo.

Palabras clave

Concentración nutrimental foliar; pigmentos fotosintéticos; tipo de sustrato

Introducción

La variabilidad genética es el verdadero potencial evolutivo de las especies, dado que a mayor variación, más escenarios adaptativos. De esta manera, la diversidad genética, entendida como las diferentes formas de un gen dentro de una población (alelos), constituye el material sobre el que actúa la evolución (Octavio-Aguilar *et al.*, 2013). Y en este proceso evolutivo pueden intervenir diversos factores que originan variación genética, como lo es la radiación ionizante, que en forma de radiación gamma, puede tener aplicaciones prácticas en agricultura (De Micco *et al.*, 2011). Una vez generada la variación genética a través de la radiación gamma, es necesario probar la adaptabilidad de los nuevos materiales en ambientes diversos y condiciones de cultivo. Si bien, la radiación ionizante induce cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos, que varían en cada especie, poco se conoce para el género



DIVISIÓN II

Capsicum y en especial para el chile chilhuacle, donde a pesar de su valor culinario y gastronómico, la generación de paquetes tecnológicos es prácticamente nula. Y dado que existen factores exógenos naturales o antropogénicos que modifican la calidad de una planta, los nutrimentos son imprescindibles para el crecimiento foliar y componentes integrales del aparato fotosintético. El suministro de nutrimentos en la planta controla indirectamente la fotosíntesis y la senescencia foliar. Así, la fotosíntesis es un marcador importante del metabolismo interno de la planta, se considera como el proceso central en la producción de energía que afecta el crecimiento y desarrollo. La fotosíntesis es sensible al estrés abiótico ya que perturba directamente la función de los cloroplastos mediante la inhibición de las actividades enzimáticas y en especial la biosíntesis de la clorofila y fijación de CO₂ (Singh *et al.*, 2013). Por lo anterior, se planteó evaluar el efecto de niveles de radiación gamma y tipo de sustrato en el crecimiento, éstos últimos componente importante en la producción de hortalizas, en parámetros de crecimiento, concentración de nutrimentos y de clorofila *a* y *b* en plántulas del chile chilhuacle (*Capsicum annuum* L.).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó durante los meses de mayo a agosto del 2014, bajo condiciones de laboratorio e invernadero. El diseño del tratamiento fue un factorial, donde los factores fueron la irradiación y sustrato. Los niveles de irradiación fueron: 0, 10, 20, 40, 80, 120 y 160 Gy; y los del sustrato: turba, tezontle y suelo de la región Cañada del Estado de Oaxaca, la combinación de los factores dio lugar a 21 tratamientos. Lotes de 100 semillas de chile chilhuacle provenientes de la región Cañada, se irradiaron con cobalto 60 (Co⁶⁰) en un irradiador Transelkro LGI-01. Las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 128 cavidades con los respectivos sustratos, la determinación de pH y CE se realizó en el extracto de los sustratos obtenidos con agua destilada, las lecturas de pH se determinaron con el uso un potenciómetro y la CE se midió con un medidor de conductividad de mesa (Hanna, Mod. HI 4312). Mientras que la densidad aparente y la densidad real se calcularon de acuerdo a los protocolos de Martínez y Roca (2011).

La germinación se registró a los 11 días después de la siembra (dds), el área foliar (AF), volumen radical (VR), biomasa seca de hoja, tallo y raíz (BSH, BST y BSR, respectivamente), se midieron a los 52 dds. Para el AF se usó un integrador de área foliar (LICOR LI-300), el VR se determinó utilizando la técnica de desplazamiento de Böhm (1979), mientras que la BSH, BST y BSR se determinó después del secado en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70 °C por 48 h. La concentración de N total foliar en las plántulas de chile fue mediante el método Semimicro-Kjeldhal, utilizando una mezcla catalizadora, adicionando ácido sulfúrico-salicílico para su digestión. La determinación de concentraciones de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Na, se realizó con una digestión húmeda adicionando ácido perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999), el extracto obtenido fue analizado en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma (ICP-OES Varian modelo 725-ES). La determinación foliar de clorofila *a* y *b* fue mediante tejido foliar congelado a -80 °C, mediante el método de Harbone (1973). Los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS (statistical software, versión 9.3) (SAS Institute 2011). Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey con nivel de significancia de 95% (P≤0.05).



Resultados y Discusión

En el (Cuadro 1) se presentan valores de parámetros físicos y químicos determinados en los sustratos. Tanto el suelo como la turba muestran valores de pH alcalinos; por otra parte, el tezontle mostró la menor conductividad eléctrica. Las densidades aparente se consideran óptimas en rangos que van de 0.50 y 0.75 g cm⁻³, mientras que los valores de densidad real van de 1.45 a 2.56 g cm⁻³ (Martínez y Roca, 2011). La menor porosidad se tuvo en el suelo; mientras que la más alta, en la turba.

Cuadro 1. Valores de pH, CE, densidad aparente, densidad real y porosidad total de los sustratos usados en la germinación y crecimiento de plántulas de chile chilhuacle.

Sustrato	pH	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Densidad real (g cm ⁻³)	Porosidad total (%)
Turba	4.33	0.583	0.15	1.47	90
Suelo	7.98	0.338	1.29	2.50	48
Tezontle	8.55	0.077	1.15	2.82	59

No se encontró diferencias estadísticas significativas para el AF, BSH y BST por efecto de la radiación (Cuadro 2). De manera general se observó una reducción en el VR con los niveles de radiación de 120 y 160 Gy; empero, esta reducción en volumen no se tradujo en un decremento significativo de la BSR, ya que se observa un incremento en el VR en aquellas plántulas con tratamientos de irradiación de 80 Gy. Un incremento en el VR se traduce como criterio para estimar la calidad de plantas y predecir su comportamiento en campo una vez plantada (Alzugaray *et al.*, 2004), además de que según Rose *et al.* (1991) y Haase y Rose (1994) un volumen de raíz alto representa mayor suministro y absorción de nutrimentos, así como aumento en el crecimiento.

Cuadro 2. Efecto principal del nivel de radiación en variables de crecimiento en plántulas de chile chilhuacle.

Radiación (Gy)	AF (cm ²)	VR (cm ³)	BSH (cm ³)	BST (g)	BSR (g)
0	14.08±4.10 a	0.55±0.31 ab	0.05±0.07 a	0.03±0.01 a	0.027±0.01 ab
10	11.18±5.77 b	0.52±0.38 b	0.04±0.02 a	0.03±0.01 a	0.022±0.01 ab
20	13.52±4.26 a	0.48±0.31 b	0.04±0.01 a	0.03±0.01 a	0.026±0.01 b
40	13.83±4.47 a	0.59±0.32 ab	0.04±0.01 a	0.04±0.01 a	0.027±0.01 ab
80	13.22±4.00 a	0.67±0.39 a	0.05±0.06 a	0.03±0.01 a	0.029±0.01 a
120	12.62±4.34 ab	0.49±0.36 b	0.04±0.01 a	0.03±0.01 a	0.025±0.01 ab
160	13.52±4.31 a	0.52±0.30 b	0.04±0.01 a	0.36±2.84 a	0.026±0.01 ab

Valores con letras distintas en columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). AF= área foliar, VR= volumen radical, BSH= biomasa seca de hoja, BST= biomasa seca de tallo, BSR= biomasa seca de raíz.

La turba incrementó significativamente el AF, el VR y la BSR del chile chilhuacle respecto al suelo y tezontle (Cuadro 3). El origen de los materiales y sus propiedades físicas y químicas juegan un papel importante en el desarrollo y funcionamiento de las raíces, pues están directamente ligados a condiciones de aireación y contenido de agua, además de tener una influencia directa en el suministro de nutrimentos para la especie en estudio (García *et al.*, 2001).



DIVISIÓN II

Cuadro 3. Efecto principal del sustrato en variables de crecimiento en plántulas de chile chilhuacle.

Sustrato	AF (cm ²)	VR (cm ³)	BSH (g)	BST (g)	BSR (g)
Peat	14.54±4.54 a	0.82±0.36 a	0.05±0.04 a	0.17±1.86 a	0.03±0.01 a
Soil	12.12±4.58 b	0.50±0.27 b	0.04±0.05 a	0.03±0.01 a	0.02±0.01 b
Tezontle	12.30±3.99 b	0.31±0.14 c	0.04±0.01 a	0.03±0.01 a	0.01±0.01 c

Valores con letras distintas en columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). AF= área foliar, VR= volumen radical, BSH= biomasa seca de hoja, BST= biomasa seca de tallo, BSR= biomasa seca de raíz.

Los niveles de radiación no influenciaron significativamente la concentración nutrimental foliar. El análisis estadístico muestra que al utilizar peat moss se observan las medias más altas en la concentración foliar de P y Mn. Por otra parte las plántulas desarrolladas en suelo presentaron mayor concentración de K y Ca. Mientras aquellas en tezontle presentaron las medias más altas para la concentración de Cu y Na (Cuadro 4). La concentración de nutrimentos en el tejido foliar depende del suministro de nutrimentos en el sustrato. Sin embargo, sólo una parte de la cantidad total de nutrimentos en el medio puede ser absorbida y utilizada por las plantas, debido a que la magnitud de esta fracción disponible depende de las características del sustrato (Marschner y Rengel, 2012), así mismo se debe tener en cuenta que la actividad microbiana puede alterar la disponibilidad de nutrimentos (Neumann y Römhels, 2012).

Cuadro 4. Concentración foliar de macronutrimentos y micronutrimentos en plántulas de chile chilhuacle por efecto del tipo de sustrato.

Sustrato	Macronutrimentos (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Peat moss	19.96 a	1.82 a	6.68 b	8.96 b	4.83 b	1.66 a
Tezontle	21.18 a	1.33 b	7.57 b	8.41 b	5.46 a	1.87 a
Suelo	21.02 a	1.22 b	8.98 a	12.35 a	5.29 a	1.82 a
Sustrato	Micronutrimentos y sodio (mg kg ⁻¹)					
	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
Peat moss	114.89 a	66.83 b	36.09 a	91.34 a	62.26 a	345.90 c
Tezontle	142.54 a	88.49 a	43.64 a	53.40 b	65.60 a	728.51 a
Suelo	162.70 a	65.77 b	45.50 a	34.80 c	43.65 b	428.69 b

Valores con letras distintas en columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

DIVISIÓN II

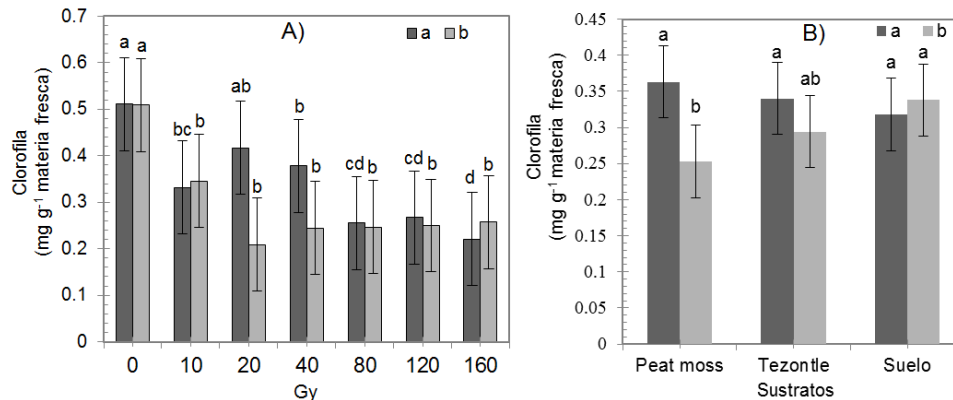


Figura 1. Cambios en la concentración de clorofila a y b en plántulas de chile chilchuale. A) Por efecto de la dosis de irradiación, B) por efecto de tipo de sustratos. Letras distintas en cada variable por subfigura, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Se presentó una reducción significativa en la concentración de clorofila a y b a medida que la dosis de irradiación se incrementa (Figura 1A). Por lo cual, pueden verse afectados los procesos de absorción y conversión de la energía luminosa, debido a que la mayoría de los pigmentos actúan en un complejo antena, captando la luz y transfiriendo la energía al complejo del centro de reacción, donde tienen lugar las reacciones químicas de oxidación y reducción (Taiz y Zeiger, 2007). Por último, en el caso de los sustratos, solo la concentración de clorofila b mostró efectos significativos, siendo superior con suelo al resto de los tratamientos (Figura 1B).

Conclusiones

Los resultados mostraron que los niveles de radiación de 80 Gy estimularon el VR y BSR en las plántulas. El peat moss favorece mayor área de exploración de raíces, lo cual refleja ganancia de BSR e incremento en el AF. Con suelo se obtiene las mayores concentraciones de K y Ca. Las dosis de radiación afectaron considerablemente las concentraciones de clorofilas a y b.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Bibliografía

- Alcántar G.G., Sandoval V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Alzugaray, P., Haase, D., and Rose, R. 2004. Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con el método 1+ 1. Bosque (Valdivia). 25(2): 17-33.
- Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag, p. 188.
- De Micco, V., Arena, C., Pignalosa, D., and Durante, M. 2011. Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants. Radiation Environmental Biophysics, 50: 1-9.



DIVISIÓN II

- García, O., Alcántar, G., Cabrera, R.I., Gavi, F., y Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra latinoamericana*. 19(3): 249-258.
- Haase, D. L., and Rose, R. 1994. Effects of soil water content and initial root volume on the nutrient status of 2+ 0 Douglas-fir seedlings. *New Forests*. 8(3): 265-277.
- Harbone, J. B. 1973. Chlorophyll extraction. In: *Phytochemical Methods. Recommended technique*. Harbone, J. B. (ed.) Chapman and Hall, London. pp. 205-207.
- Marschner, H., and Rengel, Z. 2012. Nutrient availability in soils. *Mineral nutrition of higher plants*. (Chapter 12) (Third Edition). Elsevier Ltd. Jamestown Road, London . pp. 315-330.
- Martínez, P. F., y Roca, D. 2011. "Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo," in: *Sustrato, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de cultivo sin suelo*. R. V. J. Flórez (ed), Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogota, pp. 37-77.
- Neumann, G., and Römheld, V. 2012. Rhizosphere chemistry in relation to plant nutrition. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. (Chapter 14) (Third Edition). Elsevier Ltd. Jamestown Road, London. pp. 347-368.
- Octavio-Aguilar, P., Iglesias-Andreu L. G., Bello-Bello, J. J., Luna-Rodríguez, M. 2013. Efecto hormético de la radiación ionizante. *Ciencia y Desarrollo* Mayo-Junio 2013: 3-9. En línea: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/267/articulos/Efecto-hormetico-radiacion-ionizante.pdf>
- Rose, R., Atkinson, M., Gleason, J., Sabin, T. 1991. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedlings. *New Forests*. 5(3): 195-209
- Singh, B., Ahuja, S., Singhal, R. K., and Babu, P. V. 2013. Effect of gamma radiation on wheat plant growth due to impact on gas exchange characteristics and mineral nutrient uptake and utilization. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 298(1): 249-257.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2011. *SAS user's guide*. Statistics. Versión 9.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Taiz, L., y Zeiger, E. 2007. *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I.



ELEMENTOS BENÉFICOS EN LA ETAPA DE MADURACIÓN Y DESARROLLO DE TRES HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*saccharum* spp.)

Senties-Herrera, H.E.^{1*}; Gómez-Merino, F.C.²; Trejo-Téllez, L.I.¹; Cadena-Iñiguez, J.³; Sánchez-García, P.¹; Volke-Haller, V.H.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Edo. de México, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Congregación Manuel León, Veracruz, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus San Luis. San Luis Postosí, México.

*Autor responsable: hector.senties@colpos.mx; Carretera México-Texcoco km. 36.5, Col. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México, C.P. 56230; Tel. +52 595 9520200, Ext. 1188, Subext. 108

Resumen

La aplicación foliar de elementos benéficos puede favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas, y coadyuvar a la supervivencia o mejorar características agronómicas de interés comercial. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aspersion foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en la etapa de maduración y desarrollo de tres híbridos de caña de azúcar: CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290. Los tratamientos evaluados consistieron en tres elementos benéficos con dos niveles de concentración: Si [0.5 mM] y Si [1 mM]; V [10 µM] y V [20 µM] y I [11.8 mM] y I [23.6 mM]; como testigo absoluto se utilizó H₂O. Se realizaron dos aplicaciones, a los ocho y nueve meses de edad. Las variables diámetro y altura de planta, fueron evaluadas uno y dos meses posteriores a la segunda aplicación (edad de 10 y 11 meses, respectivamente). Con estos datos se obtuvieron las diferencias y aumentos en un mes de cada variable. Los resultados obtenidos mostraron respuestas positivas de los tres híbridos comerciales a la aplicación foliar de Si y V, con un evidente aumento en diámetro de-tallo y altura de planta. El mayor diámetro se obtuvo con Si [1.0 mM] para CP 72-2086 y con V [20 µM] para Mex 79-431 y Mex 69-290. Las mayores alturas se obtuvieron con la aplicación de Si [1.0 mM] y V [20 µM] para los híbridos CP 72-2086 y Mex 79-431, respectivamente. El híbrido Mex 69-290, mostró cambios, aunque comparados con los observados por los otros híbridos, no fueron muy altos. En conclusión, la aplicación de Si y V incrementan el diámetro y altura de tallo, lo que significa un desarrollo más vigoroso en la etapa de maduración de la caña de azúcar.

Palabras clave

Saccharum, silicio, vanadio, yodo, diámetro, altura

Introducción

Existen elementos que sin ser esenciales pueden aportar beneficios a las plantas superiores, tales como promover el crecimiento y desarrollo, dar resistencias a factores de estrés biótico y abiótico, mejorar la absorción de nutrimentos, entre otros. Éstos son conocidos como elementos benéficos y entre ellos se encuentran el silicio (Si), el vanadio (V) y el yodo (I) (Trejo-Téllez *et al.*, 2007). La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) por ser un cultivo adaptado a zonas tropicales y subtropicales, y poseer un fotosistema C4 con una extraordinaria eficiencia para la conversión de energía solar en biomasa (Wiedenfeld, 2000), es capaz de extraer y



DIVISIÓN II

agotar rápidamente los nutrimentos del suelo (Wood, 1990). Debido a que los nutrimentos afectan muchos aspectos críticos dentro y fuera del suelo, una óptima nutrición de la caña de azúcar es determinante para el crecimiento de la planta y para la calidad de la materia prima industrializable (tallos) y en la acumulación de sacarosa y producción de biomasa (Flores-Cáceres, 2001). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aspersión foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en variables de crecimiento en la etapa de maduración y desarrollo de tallos de caña de azúcar en los híbridos comerciales CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290.

Materiales y Métodos

Para evaluar los efectos benéficos de Si, V y I en la etapa de maduración y desarrollo de tres híbridos comerciales de caña de azúcar, se estableció un experimento de campo en el Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, localizado a 18° 50' latitud norte y 96° 51' longitud oeste, a una altitud de 650 m. El clima de la zona es templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media de 20 °C, máxima de 35 °C y mínima de 10 °C, con una precipitación media anual de 1,807 mm (Soto-Esparza, 1986). Los híbridos utilizados fueron CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290, de maduración temprana, media y tardía, respectivamente. Los tratamientos evaluados consistieron en tres elementos benéficos con dos niveles de concentración: Si [0.5 mM] y Si [1 mM]; V [10 µM] y V [20 µM]; I [11.8 mM] y I [23.6 mM], y como testigo absoluto se utilizó H₂O, aplicados vía foliar. Las fuentes de Si, V y I fueron SiO₂, NH₄VO₃ y KI, respectivamente. La aplicación de tratamientos inició cuando las plantas alcanzaron la edad de ocho meses. Se realizaron dos aplicaciones, a los ocho y nueve meses de edad. Se midió diámetro y altura de planta, uno y dos meses (edad de 10 y 11 meses, respectivamente) después de la segunda aplicación. Con estos datos se obtuvieron las diferencias y aumentos en un mes de cada variable. Se utilizó un diseño experimental con arreglo completamente al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), con el programa estadístico SAS v. 9.4.

Resultados y Discusión

Incremento en diámetro de tallo. El diámetro de planta mostró cambios significativos entre las dos edades evaluadas en los tres híbridos (Figura 1). En CP 72-2086, la aplicación de Si [1.0 mM] aumentó el diámetro significativamente con 4.48 mm, mientras que con I [11.8 mM] se obtuvo el menor incremento con 1.1 mm. En Mex 79-431, esta variable mostró cambios significativos con la aplicación de V [20 µM] que alcanzó un aumento de 2.87 mm, a diferencia de los valores observados de 0.59, 1.04 y 1.19 mm, con los elementos V [10 µM], Si [0.5 mM] y I [23.6 mM], respectivamente. Para Mex 69-290, el mayor aumento de diámetro se registró con V [20 µM], mientras que los valores más bajos se obtuvieron con Si [1.0 mM] y V [10 µM] con aumentos muy similares. En general, los tres híbridos comerciales respondieron de manera diferencial a la aplicación de Si, V y I.

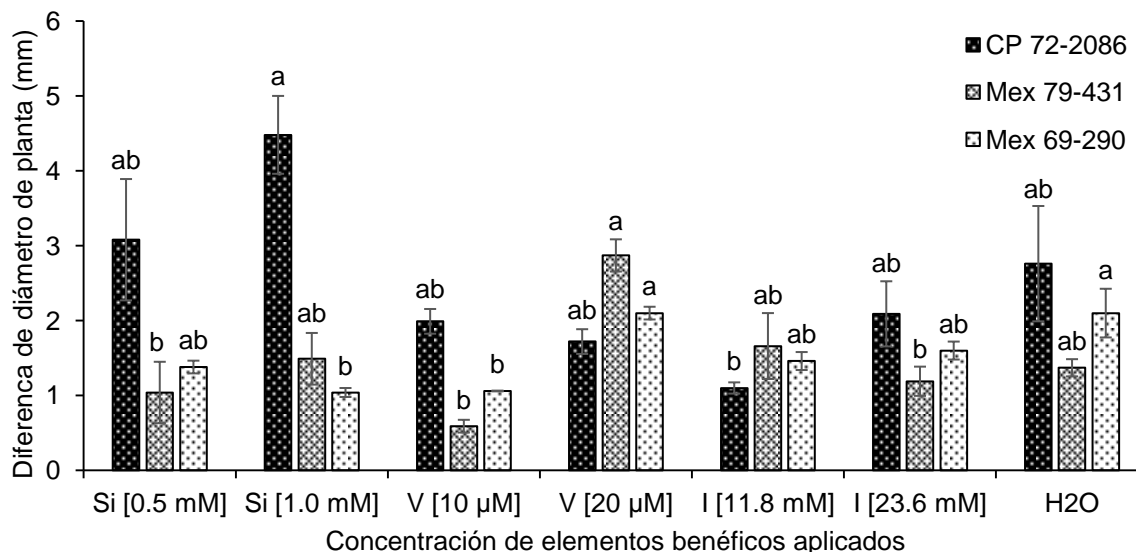


Figura 1. Diferencia de diámetro de tallo entre la edad de diez y once meses de los tres híbridos de caña de azúcar por efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos Si, V y I. Medias \pm DE con la misma letra en cada híbrido, indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Incremento en altura de planta.

La altura de la planta también fue modificada de manera significativa por la aplicación de los elementos benéficos. El mayor cambio en la altura se tuvo en el híbrido de madurez temprana CP 72-2086 y fue de 44.67 cm con la aplicación de Si [1.0 mM], a diferencia de la ganancia en altura obtenida con I [23.6 mM] que fue de tan solo 9 cm. El híbrido de madurez media Mex 79-431 mostró un incremento en la altura con la aplicación de V [20 µM], al obtener un valor de 35.67 cm; mientras que, con la aplicación de V [10 µM] y H₂O, ambos alcanzaron una ganancia en altura de 2.67 cm. En lo que concierne al híbrido de madurez tardía Mex 69-290, se observó una respuesta mucho menor en comparación con los otros híbridos estudiados, ya que la mayor ganancia en altura obtenida fue de 9.33 cm con la aplicación de Si [1.0 mM], mientras que con I [23.6 mM], tan solo incrementó en escasos 2 cm.

DIVISIÓN II

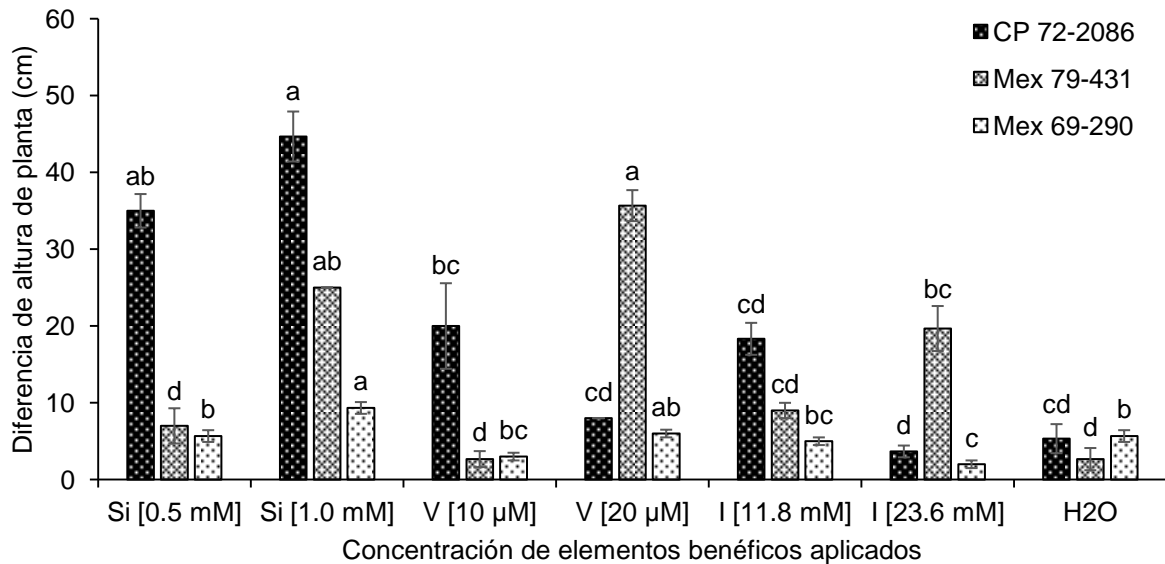


Figura 2. Diferencia de altura de planta entre la edad de diez y once meses de los tres híbridos de caña de azúcar por efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos Si, V y I. Medias \pm DE con la misma letra en cada híbrido, indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Las respuestas de los híbridos a los diferentes elementos benéficos y concentraciones de éstos fueron muy evidentes, lo que indica diferencias en la constitución genética entre estos híbridos. Senties-Herrera (2013), analizó las relaciones filogenéticas de dichos híbridos con las especies ancestrales, lo que reveló, que estos híbridos no se encuentran estrechamente relacionados; es decir, su constitución genética es distinta entre ellos, debido a los procesos de mejoramiento genético que se llevan a cabo a nivel mundial (Senties-Herrera y Gómez-Merino, 2014). Con base a lo anterior, se reafirma lo establecido por Salgado *et al.* (2013) que uno de los factores determinantes en la productividad son los propios del híbrido, los cuales tienen repercusiones en el rendimiento final del cultivo. Además, la fertilidad de suelo y la condición nutricional de la planta influyen de manera determinante en los rendimientos de este cultivo. En este contexto, Rossetto *et al.* (2010), menciona que la caña de azúcar es un cultivo que demanda gran cantidad de nutrientes, la cual está determinada por la disponibilidad de los mismos en el suelo y la capacidad de la planta para absorberlos. Zuaznabar-Zuaznabar *et al.* (2013) evaluaron el efecto del bionutrimiento FitoMas E (extracto orgánico derivado de la industria azucarera), en el diámetro y altura de planta los híbridos CP 72-2086 y Mex 79-431, y encontraron que la aplicación de este bionutrimiento aumenta significativamente el diámetro y altura en ambos híbridos a la edad de 12.5 meses, resultados muy similares a los obtenidos en el presente estudio con la aplicación de Si, V y I. En general, se obtuvieron respuestas positivas a la aplicación de estos elementos benéficos en los tres híbridos estudiados para diámetro y altura de planta.



Conclusiones

El diámetro en caña de azúcar se incrementó con la aplicación de Si, V y I con la concentración alta evaluada, en los híbridos CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290, respectivamente.

La altura de planta es favorecida en los híbridos CP 72-2086 y Mex 79-431 con las concentraciones altas de Si y V. Por el contrario, la concentración alta de I, disminuye la altura de planta en el híbrido Mex 69-290.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Subdirección de Vinculación del Campus Córdoba por los apoyos otorgados para el desarrollo de este proyecto.

Bibliografía

- Flores-Cáceres, C.S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. Editorial ATAM, México. 308 p.
- Rossetto, R., F.L. Ferreira-Dias., A.C. Vittí. 2010. Fertilidade do solo, nutrição e adubaço. In: Dinardo-Miranda, L.L., Vasconcelos, A.C.M., Landell, M.G.A. (Eds.), Cana de açúcar. Campinas: Instituto Agronomico. pp.221-237.
- Salgado-García, S., L.C. Lagunes-Espinoza, R. Núñez-Escobar, C.F. Ortiz-García, L. Bucio-Alanis, L. y E. Aranda-Ibañez. 2013. Caña de azúcar. Producción sustentable. Mundi-Prensa, México. 528 p.
- Sentíes-Herrera, H.E. 2013. Variabilidad genética y caracterización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 142 p.
- Sentíes-Herrera, H.E., F.C. Gómez-Merino. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*. 7(2): 9-15.
- Soto-Esparza, M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 137 p.
- Trejo-Téllez, L.I., F.C. Gómez-Merino y G. Alcántar-González. 2007. Elementos benéficos. In: Trejo-Téllez, L.I., y Alcántar-González, G. (Eds.). Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa, México. pp. 50-91.
- Wiedefeld, R.P. 2000. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. *Agricultural Water Management* 43(2): 173-182.
- Wood, R.A. 1990. The roles of nitrogen, phosphorus and potassium in the production of sugarcane in South Africa. *Fertilizer Research* 26: 89-98.
- Zuaznabar-Zuaznabar, R., G. Pantaleón-Paulino, N. Milanés-Ramos, I. Gómez-Juárez, A. Herrera-Solano. 2013. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz, México. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar* 47(2): 8-12.



RADIACIÓN GAMMA EN EL DESARROLLO DEL CHILE CHILHUACLE EN HIDROPONÍA EN INVERNADERO

García-Gaytán, V.^{1*}; Gómez-Merino, F.C.²; Trejo-Téllez, L.I.¹; Baca-Castillo, G.A.¹; García-Morales, S.³; Tejeda-Sartorius, O.¹; Ramírez-Martínez, M.⁴.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México

²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México

³Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México

⁴Consultoría Agrícola Privada, Texcoco, Estado de México

*Autor responsable: garvictan@gmail.com; Montecillo, Texcoco, Estado de México. 56230.

II-1-PO-2-García-V-docx

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de radiación con el isótopo Co^{60} (0, 10, 80 y 120 Gy) a semillas de chile chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) sobre características morfológicas y parámetros de crecimiento de plantas derivadas de estas semillas irradiadas, a los 17 días después del trasplante bajo condiciones de invernadero. Los resultados mostraron que plantas provenientes de semillas irradiadas con 10 Gy tuvieron la máxima altura de planta (8.60 cm), en tanto que aquellas irradiadas con 80 Gy dieron origen a plantas con mayor diámetro de tallo (2.89 mm). El más alto número de hojas (12.91) y de botones florales (3.80) se registró en plantas provenientes de semillas tratadas con 10 Gy. Se concluye que la irradiación de semillas de chile chilhuacle con el isótopo Co^{60} , ocasiona cambios morfológicos y tiene influencia en el crecimiento, destacando particularmente los efectos positivos de 10 Gy.

Palabras clave

Radiación ionizante, crecimiento, nutrición vegetal

Introducción

La mutación a través de rayos gamma se ha utilizado ampliamente en el desarrollo de plantas con características mejoradas en la agricultura (Kumar *et al.*, 2006). La diversidad y complejidad de cualquier sistema biológico refleja respuestas evolutivas pasadas a las condiciones ambientales. Estas respuestas están moduladas por una serie de factores extrínsecos e intrínsecos que influyen en la capacidad de las poblaciones para evolucionar. De tal manera, la variación genética es la presencia de formas alternativas de un gen (alelos) en un locus dado de una población (O'Donnell *et al.*, 2014; Barrett y Schluter, 2008). Una vez generada la variación genética a través de la radiación gamma, es necesario probar la adaptabilidad de los nuevos materiales en ambientes diversos y condiciones de cultivo. Así la calidad de una planta está controlada predominantemente por factores genéticos y fisiológicos, y ésta dependerá de la especie de interés, órgano o tejido de la planta (Wiesler, 2012). La calidad puede ser influenciada también por los nutrientes que son imprescindibles para el crecimiento foliar y componentes integrales del aparato fotosintético. En general, el rendimiento del chile es afectado por factores como clima, fertilidad del suelo, dosis de fertilización y



método de cosecha y procesamiento. De hecho, la nutrición puede tener efectos secundarios, a menudo impredecibles en el crecimiento y rendimiento, mediante cambios en el patrón de crecimiento, morfología de la planta, anatomía o composición química, que puede aumentar o bien disminuir la resistencia o tolerancia de las plantas a factores bióticos y abióticos de estrés (Huber *et al.*, 2012), por lo que se requieren investigaciones específicas en especies poco estudiadas, en condiciones precisas de ambiente físico y de manejo que se plantee probar, como lo es el chile chilhuacle. El sistema de producción de este cultivo ha sido poco desarrollado, pese a que su producto posee un valor culinario y gastronómico reconocido a nivel internacional. Por lo anterior, se planteó evaluar el efecto de niveles de radiación gamma a semillas de chile chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en caracteres morfológicos y parámetros de crecimiento de plantas desarrolladas a partir de las semillas irradiadas, en condiciones de invernadero.

Materiales y Métodos

Se utilizaron semillas de chile chilhuachle (*Capsicum annuum* L.) provenientes de la Región Cañada en el estado de Oaxaca (México). Lotes de 100 semillas fueron tratadas con tres niveles de radiación gamma emitida por el isótopo cobalto 60 (Co^{60}): 0, 10, 80 y 120 Gy, con un irradiador Transelkro LGI-01, con 12 repeticiones por tratamiento. Las semillas se sembraron el 18 de marzo del presente año en bandejas de poliestireno de 200 cavidades utilizando turba como sustrato. La germinación se dio en invernadero, en donde la temperatura máxima y mínima fue de 30.5 °C y 15 °C, respectivamente, y la humedad relativa de 60%.

El trasplante se realizó cuando las plántulas tenían de 5 hojas verdaderas, a los 40 días después de la germinación. Los contenedores fueron bolsas de polietileno color negro calibre 600 de 34 cm de alto y 34 cm de ancho, con orificios en la base para permitir el drenaje de la solución. Se utilizó tezontle rojo como sustrato con granulometría de 2 a 5 mm. La solución nutritiva empleada fue la universal de Steiner (Steiner, 1984) al 50% de su concentración total (en $\text{mol}_{(+)} \text{m}^{-3}$: 6.0 NO_3^- ; 0.5 H_2PO_4^- ; 3.5 SO_4^{2-} ; 3.5 K^+ ; 4.5 Ca^{2+} y 2 Mg^{2+}) complementada con micronutrientes en las siguientes concentraciones (mg L^{-1}): 1.6 de Mn; 0.11 de Cu; 0.86 de B; 0.023 de Zn y 5.0 de Fe. El Mn, Cu y Zn fueron suministrados en forma de sulfatos, el B como H_3BO_3 , y Fe como quelato (Fe-EDTA) (Steiner y van Winden, 1970). El pH de la solución se ajustó a 5.8 con H_2SO_4 concentrado. Los reactivos de la solución nutritiva fueron grado analítico.

Después a los 17 días del trasplante se midieron la altura de plántulas (AP) con una regla graduada (cm); el diámetro de tallo (DT) con un vernier digital; y se determinó el número de hojas (NH) y el número de botones florales (NBF). Los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS (statistical software, versión 9.3) (SAS Institute 2011). Se realizó análisis de varianza y prueba de medias de Tukey con nivel de significancia de 95% ($P \leq 0.05\%$).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestran las características morfológicas de las plantas del chile chilhuacle con los respectivos niveles de irradiación establecidas en hidroponía utilizando tezontle como sustrato. Plantas de los tratamientos con dosis de radiación de 10 y 80 Gy mostraron formación de nuevas hojas laterales y de flores al igual que en plantas testigo; mientras que, plantas tratadas con 120 Gy se observan cambios en la forma de hoja en la parte apical (líneas en color rojo).

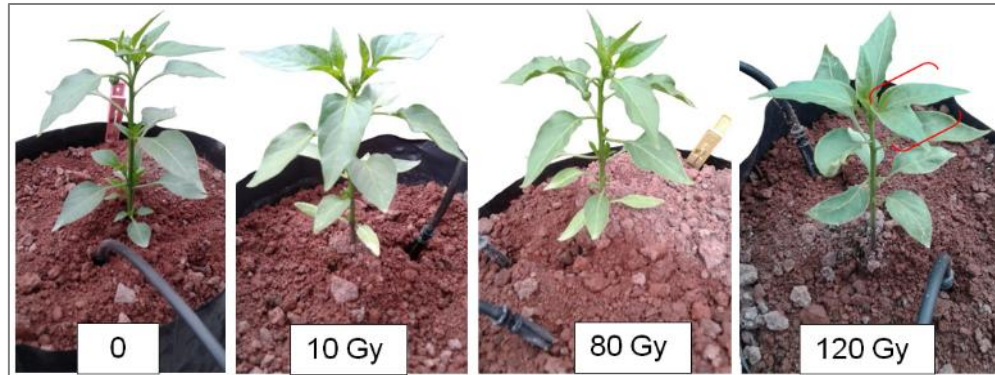


Figura 1. Características morfológicas de plantas de chile chilhuacle provenientes semillas tratadas con diferentes dosis de irradiación gamma, 17 días después del trasplante en un sistema hidropónico.

El efecto de la radiación gamma en el crecimiento de las plantas, el desarrollo y las funciones depende en gran medida de las dosis de irradiación (Singh *et al.*, 2013). Otros estudios sugieren que los efectos dependerán de la especie, etapa de desarrollo, fisiología y morfología de la planta (De Micco *et al.*, 2011). En el caso de la altura de planta, solo existieron diferencias estadísticas significativas entre los niveles de irradiación de 10 Gy. La altura de plantas testigo no fue estadísticamente diferente con la registrada en plantas irradiadas (Figura 2A). El diámetro de tallo solo fue diferente estadísticamente en plantas tratadas con 10 y 80 Gy, siendo éstas últimas, las de mayor diámetro (Figura 2B).

Hallazgos similares son reportados por Kim *et al.* (2004), quienes encontraron al irradiar semillas de pimiento rojo, incrementos en la altura de plántulas y diámetro de tallo con dosis de 2 y 4 Gy. Pero cuando el pimiento es irradiado a nivel de plántula los valores de altura y diámetro se incrementa mucho más con la misma dosis (Kim *et al.*, 2005). El aumento de altura en el chile chilhuacle con 10 Gy puede estar relacionado por un efecto hormético, en el que pequeñas dosis de radiación son capaces de excitar o estimular el crecimiento de plantas y microorganismos fotosintéticos. Por ejemplo: la división celular y la tasa de crecimiento acelerado en *Scilla indica* con dosis de 2.5 y 5 Gy (Chakravarty y Sen, 2001); explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) en cultivo *in vitro* tratados con 2.5 Gy tuvieron incrementos del 38% más de microtubérculos respecto al testigo (Al-Safadi *et al.*, 2000). La dosis de 80 Gy que indujo mayor diámetro de tallo en esta investigación, puede ser considerada una dosis elevada en comparación con la empleada en las investigaciones descritas anteriormente, empero, en otras especies como la okra (*Abelmoschus esculentus*), el mayor efecto significativo en las variables de rendimiento en campo se obtiene al irradiar semillas con 400 Gy (Hegazi y Hamildeldin, 2010).

La radiación gamma de la semilla en el nivel de 10 Gy estimuló el mayor número de hojas y (Figura 3A). El mismo efecto se observó en la aparición de los primeros botones florales (Figura 3B). La fotosíntesis de la hoja tiene un papel primordial en el rendimiento de los cultivos, pues es la principal fuente de fotosintatos durante el llenado de fruto o grano, así una planta de chile chilhuacle con mayor número de hojas puede tener una eficiencia en la fotosíntesis lo que conduce a un aumento en el suministro de fotoasimilados, y por tanto mayor biomasa y rendimiento (Ji *et al.*, 2015). La biomasa vegetal se deriva en gran parte del carbono fotosintéticamente capturado, la variación en esa eficiencia puede dar lugar a la variación en la tasa de crecimiento (Flood *et al.*, 2011). El mayor número de botones en las plántulas de chile

DIVISIÓN II

chilhuacle muestra el gran potencial de esta especie para incrementar el número de frutos por planta con dosis baja de irradiación, aunque es necesario seguir evaluando el estado fenológico en invernadero.

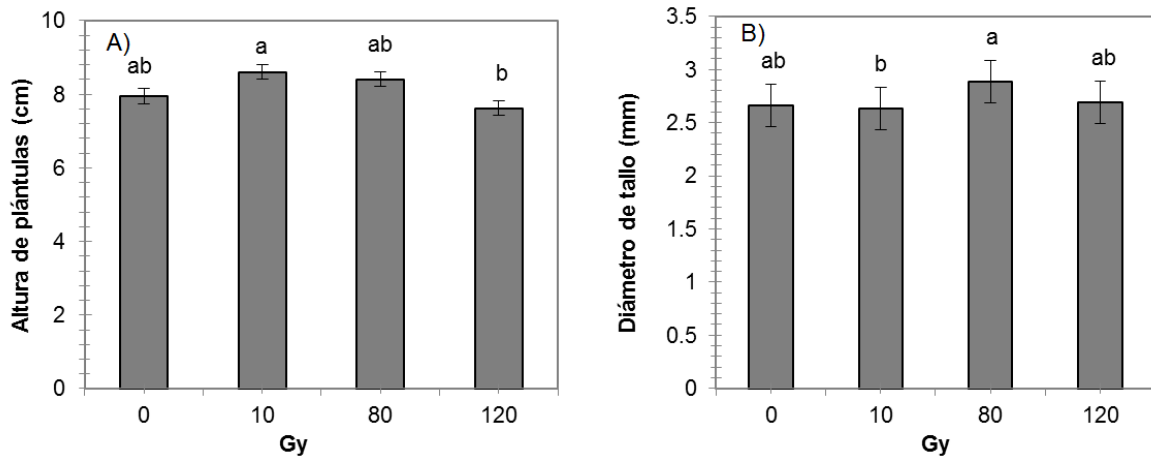


Figura 2. Altura (A) y diámetro de tallo (B) de plantas de chile chilhuacle provenientes de semillas tratadas con diferentes dosis de irradiación gamma, 17 días después del trasplante en un sistema hidropónico.

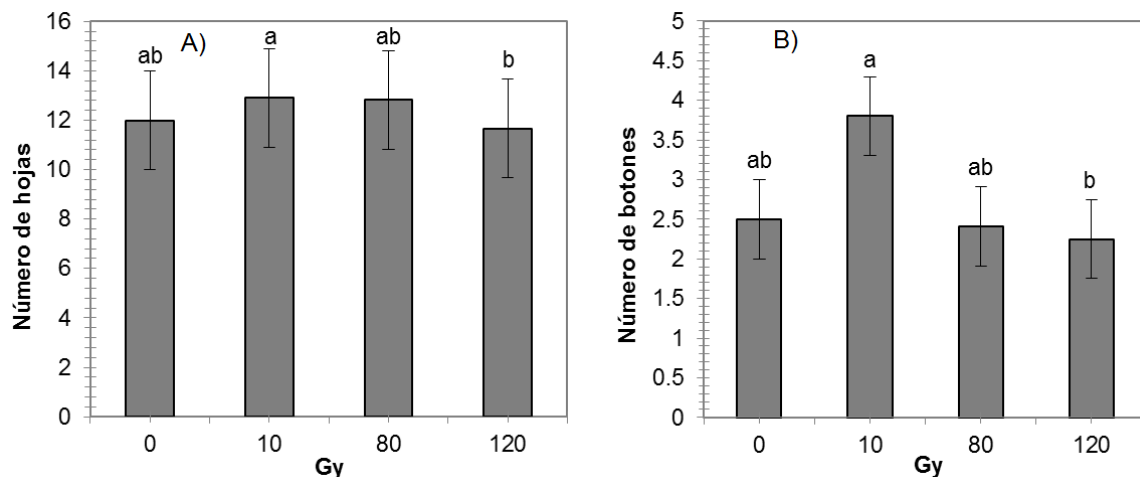


Figura 3. Número de hojas (A) y número de botones florales de plantas de chile chilhuacle provenientes de semillas tratadas con diferentes dosis de irradiación gamma, 17 días después del trasplante en un sistema hidropónico.

Conclusiones

La radiación ionizante producida por el isótopo Co^{60} tuvo efectos diferenciales sobre las viables morfológicas y de crecimiento evaluadas en chile chilhuacle, dependiendo de la dosis probada. De manera general, la dosis de 10 Gy mostró los mejores efectos sobre altura de planta, número de hojas y botones florales.



Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de postgrado otorgada a Víctor García Gaytán.

Bibliografía

- Al-Safadi, B., Ayyoubi, Z. and Jawdat, D. 2000. The effect of gamma irradiation on potato microtuber production in vitro. *Plan cell, tissue and organ culture*, 61(3): 183-187.
- Barrett R, and Schluter D. 2008. Adaptation from standing genetic variation. *Trends Ecol Evol* 23: 38–44.
- Chakravarty, B. and Sen, S. 2001. Enhancement of regeneration potential and variability by γ -irradiation in cultured cells of *Scilla indica*. *Biologia Plantarum*, 44(2): 189-193.
- De Micco, V., C. Arena, D. Pignalosa, M. Durante. 2011. Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants, *Radiat. Environ. Biophys*, 50: 1-19.
- Flood, P.J., Harbinson, J., and Aarts, M. G. 2011. Natural genetic variation in plant photosynthesis. *Trends in plant science*, 16(6): 327-335.
- Hegazi, A.Z., and Hamideldin, N. 2010. The effect of gamma irradiation on enhancement of growth and seed yield of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech] and associated molecular changes. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(3): 38-51.
- Huber, H., Römheld, V., and Weinmann M. 2012. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pest. Marschner's. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. (Chapter 10). (Third Edition). Elsevier Ltd. Jamestown Road, London, p. 283-298.
- Ji, G.A.O., Xue, H.A.N. Seneweera, S. Ping, L.I. Zong, Y.Z. Qi, D.O.N.G. and Hao, X.Y. 2015. Leaf photosynthesis and yield components of mung bean under fully open-air elevated [CO₂]. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(5): 977-983.
- Kim, J.H., Chung, B.Y. Kim, J.S. and Wi, S.G. 2005. Effect of in planta Gamma-Irradiation on Growth, Photosynthesis, and Antioxidative Capacity of Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants. *Journal of Plant Biology*, 48(1): 47-56.
- Kim, J.H., M Baek, M.H. Chung, B.Y. Wi, S. G. and Kim, J. S. 2004. Alteration in the photosynthetic pigments and antioxidant machineries of red pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings from gamma-irradiated seeds. *Journal of Plant Biology*, 47(4): 314-321.
- Kumar, S., K.V. Prasad, and M.L. Choudhary. 2006. Detection of genetic variability among chrysanthemum radiomutants using RAPD markers. *Curr. Sci.* 90:1108-1113.
- O'Donnell, D.R., Parigi, A., Fish, J.A., Dworkin, I. and Wagner, A.P. 2014. The Roles of Standing Genetic Variation and Evolutionary History in Determining the Evolvability of Anti-Predator Strategies. *PLoS one*, 9(6): e100163.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT Users Guide*. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- Singh, B., Ahuja, S. Singhal, R.K. and Babu, P.V. 2013. Effect of gamma radiation on wheat plant growth due to impact on gas exchange characteristics and mineral nutrient uptake and utilization. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 298(1): 249-257.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Sixth International Congress on Soilless Culture*. Proceedings International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands, pp. 633-650.
- Steiner, A. A. and H. van Winden. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetraacetic acid. *Plant Physiol.* 46: 862-863.
- Wiesler, F. 2012. Nutrition and Quality. Marschner's. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. (Chapter 9). (Third Edition). Elsevier Ltd. Jamestown Road, London. pp. 271-282.



ELEMENTOS BENÉFICOS EN LA CALIDAD INDUSTRIAL DEL JUGO DEL HÍBRIDO DE CAÑA DE AZÚCAR CP 72-2086

Senties-Herrera, H.E.^{1*}; Gómez-Merino, F.C.²; Trejo-Téllez, L.I.¹; Martínez-Rivera, L.A.⁴; Cadena-Iñiguez, J.³; Sánchez-García, P.¹; Volke-Haller, V.H.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Edo. de México, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Congregación Manuel León, Veracruz, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus San Luis. San Luis Postosí, México.

⁴Fideicomiso Ingenio El Potrero 80329. Potrero Nuevo, Veracruz, México.

*Autor responsable: hector.senties@colpos.mx; Carretera México-Texcoco km. 36.5, Col. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México, C.P. 56230; Tel. +52 595 9520200, Ext. 1188, Subext. 108

Resumen

Los elementos benéficos tienen un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin ser esenciales en plantas superiores. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aspersión foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en la calidad industrial del jugo de caña de azúcar en el híbrido de maduración temprana CP 72-2086. Los tratamientos evaluados consistieron en tres elementos benéficos con dos niveles de concentración: Si N1 [0.5 mM] y Si N2 [1 mM]; V N1 [10 µM] y V N2 [20 µM] y I N1 [11.8 mM] y I N2 [23.6 mM], como testigo absoluto se utilizó H₂O, aplicados vía foliar en dos ocasiones, la primera a los 8 meses y la segunda a los 9 meses después de la siembra. Los resultados obtenidos a la edad de 11 meses para °Brix con refractómetro de mano mostraron diferencias estadística, con la disminución del porcentaje con I [11.8 mM] y un aumento de este valor con I [23.6 mM], mientras que a la edad de 13 meses los °Brix en laboratorio, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra y humedad, no mostraron cambio alguno, lo que indica que estos elementos benéficos no alteran la calidad industrial del jugo del híbrido CP 72-2086.

Palabras clave

Saccharum, grados brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, humedad.

Introducción

Existe un grupo de elementos entre los que se encuentran silicio (Si), vanadio (V) y yodo (I), que promueven el crecimiento y pueden comportarse como esenciales para determinados grupos taxonómicos, pero que no son requeridos por todas las plantas y se les conoce como elementos benéficos (Pilon-Smits *et al.*, 2009). Dichos elementos, pueden favorecer o mejorar una condición e intervenir en diferentes rutas metabólicas que activen mecanismos de defensa a estrés biótico y abiótico, favorecer el aprovechamiento de otros nutrimentos y mejorar características de calidad (Trejo-Téllez *et al.*, 2007) al ser suministrados por diferentes vía de aplicación. En el proceso de maduración de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), se encuentran involucrados una serie de factores estrechamente relacionados entre sí, como son la variedad, fertilidad y condición nutrimental de la planta, clima, entre otros más (Salgado *et al.*, 2013), los cuales influyen en la calidad final de la caña de azúcar. Por tanto, un estimador para el mejor momento de cosecha es determinar la calidad del jugo en el híbrido en cuestión para obtener



su punto óptimo de madurez y calidad industrial, para que de esta forma se programe su cosecha (Subirós, 1998). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aspersión foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en la calidad industrial del jugo de caña de azúcar en el híbrido de maduración temprana CP 72-2086.

Materiales y Métodos

Para evaluar los efectos benéficos de Si, V y I en la calidad industrial del jugo de la caña de azúcar del híbrido CP 72-2086, se estableció un experimento de campo en el Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, localizado a 18° 50' latitud norte y 96° 51' longitud oeste, a una altitud de 650 m. El clima de la zona es templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media de 20 °C, máxima de 35 °C y mínima de 10 °C, con una precipitación media anual de 1,807 mm (Soto-Esparza, 1986). Los tratamientos evaluados consistieron en tres elementos benéficos con dos niveles de concentración: Si N1 [0.5 mM] y Si N2 [1 mM]; V N1 [10 µM] y V N2 [20 µM]; I N1 [11.8 mM] y I N2 [23.6 mM], y como testigo absoluto se utilizó H₂O, aplicados vía foliar. Las fuentes de Si, V y I fueron SiO₂, NH₄VO₃ y KI, respectivamente. La aplicación de tratamientos inició cuando las plantas alcanzaron la edad de ocho meses. Se realizaron dos aplicaciones, en un intervalo de 30 días de diferencia entre la primera y la segunda aplicación. La variable °Brix con refractómetro de mano fue evaluada dos meses después de la segunda aplicación foliar (11 meses de edad), mientras que las variables de °Brix en laboratorio, Sacarosa (% Pol), Pureza del jugo (%), Azúcares Reductores (%), Fibra (%) y Humedad (%) se determinaron cuatro meses después de la última aplicación foliar (13 meses de edad). Todas las variables, excepto °Brix con refractómetro de mano, se realizaron en el laboratorio de campo del Ingenio El Potrero, ubicado en Potrero Nuevo, municipio de Atoyac, Veracruz. Se utilizó un diseño experimental con arreglo completamente al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), con el programa estadístico SAS v. 9.4.

Resultados y Discusión

El porcentaje de sólidos disueltos en el jugo de caña de azúcar varió en función del método de análisis empleado, en todos los tratamientos evaluados. Los grados Brix medidos en el refractómetro de mano y en laboratorio y sacarosa, no mostraron diferencias estadísticas por efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos evaluados en comparación con el testigo. En el caso de la aplicación foliar de yodo, la concentración alta ensayada aumentó significativamente el porcentaje de °Brix evaluados con refractómetro de mano, en comparación con la registrada con el nivel bajo de este elemento (Figura 1). De manera similar, la aplicación de yodato y yoduro en zanahoria aumentó el valor de °Brix respecto a plantas testigo (Smolen *et al.*, 2014). Se sabe que el suministro de nutrimentos es una de las mejores prácticas para incrementar los rendimientos de caña y sobre todo la cantidad de sacarosa (Salgado *et al.*, 2000). Sin embargo, un desbalance nutricional podría ocasionar problemas fisiológicos, los cuales pueden repercutir en la maduración de la caña de azúcar. Por ejemplo, el exceso de nitrógeno disminuye la calidad de los jugos, con baja en la concentración de sacarosa y aumento en la de azúcares reductores (Salgado *et al.*, 2003). En el presente estudio no se presentó diferencia estadística con el tratamiento testigo en el porcentaje de sólidos solubles en el jugo en el híbrido CP 72-2086. Se observaron valores comprendidos entre los rangos óptimos de madurez y calidad de jugos de acuerdo a lo reportado por Tonatto *et al.* (2009), lo que indica que el Si, V y I no influyeron en la cantidad de estos sólidos y por tanto en la calidad del jugo, para el caso del análisis de laboratorio. Sin embargo, la aplicación de I si mostró un

DIVISIÓN II

cambio significativo en los °Brix tomados con refractómetro de mano, pues el nivel más alto de I produjo el valor más alto y estadísticamente diferente al nivel más bajo de I aplicado. No obstante, dichos valores se mantuvieron entre los rangos reportados e iguales al testigo.

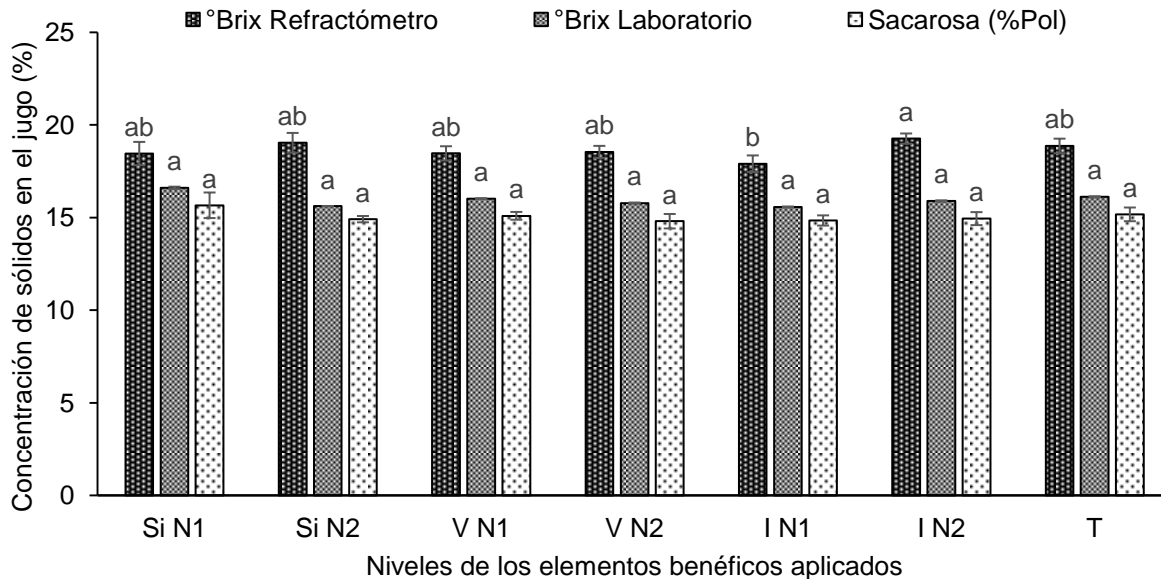


Figura 1. Concentración de sólidos disueltos en el jugo de caña de azúcar por efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos Si, V y I. Medias \pm DE con la misma letra en cada determinación, indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). Si N1 = [0.5 mM]; Si N2 = [1 mM]; V N1 V = [10 μ M]; V N2 = [20 μ M]; I N1 = [11.8 mM]; I N2 = [23.6 mM]; T = Testigo (H_2O). Los °Brix con refractómetro fueron tomados a la edad de 11 meses y mientras que las determinaciones de °Brix en laboratorio y sacarosa se analizaron a los 13 meses de edad.

En el Cuadro 1 se presentan las medias, desviaciones estándar, coeficientes de variación y significancias correspondientes a las variables de pureza, azúcares reductores, fibra y humedad evaluadas a los 13 meses de edad. De acuerdo con el análisis de la varianza, no se tuvieron diferencias estadísticas significativas en las variables referidas por efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos, con coeficientes de variación menores al 6% para todas las variables, los cuales son considerados como adecuados. Los resultados obtenidos en estas variables se encuentran en los rangos reportados por Tonatto *et al.* (2009), lo que indica que estas características de calidad no se alteraron por efecto de la aplicación de Si, V ni I. Salgado *et al.* (2003), probaron diferentes dosis de fertilización con N, P y K, y determinaron la calidad del jugo, sin encontrar diferencias significativas en los °Brix, pureza, sacarosa y humedad, resultados similares a los encontrados en este estudio con la aplicación foliar de elementos benéficos.



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Efecto de la aplicación foliar de los elementos benéficos Si, V y I sobre la calidad industrial del jugo de la caña de azúcar.

Tratamientos	Concentración	Pureza	Azúcares reductores	Fibra	Humedad
-----%-----					
Si N1	0.5 mM	94.28 ± 0.2ns	0.06 ± 2.9E-04ns	12.12 ± 0.05ns	71.77 ± 0.77ns
Si N2	1.0 mM	95.49 ± 0.5ns	0.06 ± 0.0E+00ns	11.57 ± 0.27ns	72.30 ± 0.13ns
V N1	10 µM	94.15 ± 0.4ns	0.06 ± 2.9E-04ns	12.70 ± 0.24ns	71.30 ± 0.25ns
V N2	20 µM	93.70 ± 0.7ns	0.06 ± 5.0E-03ns	11.50 ± 0.31ns	72.87 ± 0.23ns
I N1	11.8 mM	95.31 ± 0.2ns	0.06 ± 2.9E-04ns	12.50 ± 0.13ns	72.07 ± 0.23ns
I N2	23.6 mM	94.03 ± 0.2ns	0.06 ± 2.9E-04ns	12.91 ± 0.69ns	71.47 ± 0.64ns
T	H ₂ O	94.11 ± 0.1ns	0.06 ± 1.5E-0.3ns	13.09 ± 0.07ns	70.87 ± 0.26ns
CV (%)		0.82	5.09	5.18	1.17

ns: No significativo. Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los °Brix a la edad de 11 meses disminuyen significativamente con la aplicación de I a una concentración de 11.8 mM, pero sin alterar la calidad final del jugo.

A la cosecha (13 meses después de la siembra), la aplicación foliar de los elementos benéficos Si, V y I no afecta las características de calidad del jugo en el híbrido de caña de azúcar CP 72-2086 para la cosecha.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Subdirección de Vinculación del Campus Córdoba por los apoyos otorgados para el desarrollo de este proyecto.

Bibliografía

- Pilon-Smits, E.A., C.F. Quinn, W. Tapken, M. Malagoli and M. Schiavon. 2009. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*. 12: 267-274.
- Salgado-García, S., L.C. Lagunes-Espinoza, R. Núñez-Escobar, C.F. Ortiz-García, L. Bucio-Alanis, L. y E. Aranda-Ibañez. 2013. Caña de azúcar. Producción sustentable. Mundi-Prensa, México. 528 p.
- Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. J.J. Peña-Cabriales., J.D. Etchevers-Barra., D.J. Palma-López. y M.R. Soto-Hernández. 2000. Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia* 34: 689-698.
- Salgado-García, S., R. Nuñez-Escobar. y L. Bucio-Alanis. 2003. Determinación de la dosis óptima económica de fertilización en caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*. 21(2): 267-272.
- Soto-Esparza, M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 137 p.
- Smolen, S., W. Sady., I. Ledwozyw-Smolen., P. Strzetelski., M. Liszka-Skoczylas., S. Rożek. 2014. Quality of fresh and stored carrots depending on iodine and nitrogen fertilization. *Food Chem*. 159: 316-322. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.024.
- Subirós, J.F. 1998. Calidad del jugo y contenido de fibra de tres variedades de caña de azúcar en un ciclo de crecimiento en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 22(2): 173-184.



DIVISIÓN II

- Tonatto, M.J., E.R. Romero., M.F. Leggio-Neme., P.A. Digonzelli., S.D. Casen., J.A. Giardina., L.G.P. Alonso., J. Scandaliaris. y J. Fernandez-de-Ullivarri. 2009. Mejora de la calidad de la materia prima. In: Romero, E.R., Digonzelli, P.A. y Scandaliaris, J. (Eds.). Manual del cañero. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina. 247 p.
- Trejo-Téllez, L.I., F.C. Gómez-Merino y G. Alcántar-González. 2007. Elementos benéficos. In: Trejo-Téllez, L.I., y Alcántar-Gomzález, G. (Eds.). Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa, México. pp. 50-91.



DEMANDA DE NITRÓGENO DE *Capsicum chinense* Jacq.

Borges-Gómez, L.^{1*}; Salvador-Morales^{1,2}, P.¹; Pérez-Gutiérrez, A.³; Pinzón-López, L.⁴

¹Instituto Tecnológico de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Conkal, Yucatán. México.

²Estudiante maestría. Instituto Tecnológico de Conkal

*Autor responsable: lizette_borges@hotmail.com; km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. CP 97345; Tel. +52(999)-912-4130

Resumen

Se determinó la acumulación de materia seca y nitrógeno de plantas de chile habanero con el objetivo de contar con información que permita estimar la demanda del nutriente por la planta. El cultivo se estableció en un suelo Leptosol y se evaluaron cuatro niveles de N (120, 180, 240 y 300 kg ha⁻¹) aplicados por fertirriego. El valor más alto de acumulación de biomasa seca fue 273 g planta⁻¹ aplicando 180 kg ha⁻¹ de N, con esta fertilización se obtuvo el mayor rendimiento de fruto (1298 g planta⁻¹). Se observó que para producir 1298 g de fruto la demanda de N fue de 3.0 g en la biomasa de la planta más 3.52 g de N extraído por los frutos, lo que equivale a 5.023 kg de N para producir una tonelada de fruto fresco. Considerando la densidad de 18750 plantas ha⁻¹, el consumo de N por el cultivo fue de 98 kg ha⁻¹ representando el 54.1% del total de N aplicado. La pérdida de N del suelo debido a la exportación del fruto fue de 40.6 kg ha⁻¹.

Palabras clave

Chile habanero; nutrición, rendimiento; materia seca.

Introducción

La cantidad de nutrimento extraído por un cultivo depende del volumen de producción obtenido y éste es función de condiciones ambientales, factores de manejo y de la especie. Entre los factores controlables que más influyen en la acumulación de nutrimentos está la fertilización, el riego y el manejo cultural (Badillo-Tovar *et al.*, 2004). Para el manejo de las condiciones nutrimentales de los cultivos, el diagnóstico nutrimental en materia seca es una herramienta útil para identificar concentraciones nutrimentales asociadas con deficiencias, toxicidades o desbalances nutrimentales y su relación con su potencial de rendimiento (Medina, 2010). Los cultivos hortícolas, como muchos otros, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes en la expresión de crecimiento, rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Willcutts *et al.*, 1998). El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno cultivo importantes en Yucatán, México, apreciado por sus características organolépticas como sabor, aroma, color y más importante aún el picor (Canto-Flick *et al.*, 2008; Borges-Gómez *et al.*, 2010). Su importancia económica no solo es por su uso en platillos típicos de la gastronomía mexicana, sino también por su uso en la industria farmacéutica, de armas y recubrimientos (Cisnero-Pineda *et al.*, 2007; Salazar y Silvia, 2004). Existe escasa información básica y aplicada relacionada con el manejo de las condiciones



nutrimentales del chile habanero y su relación con su rendimiento. El objetivo de este estudio fue determinar a partir de la acumulación de materia seca y de la concentración de nitrógeno en la planta, la cantidad de nitrógeno que demanda el cultivo de chile habanero.

Materiales y Métodos

El trabajo se estableció en áreas experimentales del Instituto Tecnológico de Conkal Yucatán, ubicado en el Km. 16.3 de la antigua carretera Mérida-Motul, localizado en la región centro norte del estado entre los paralelos 21° 02' y 21° 08' LN y 89° 29' y 89° 35' LO, la altura promedio es de 8 msnm. La temperatura media anual es de 26.5 °C y la precipitación media anual de 900 mm de los cuales aproximadamente el 80% ocurren de mayo a septiembre. Para el establecimiento del cultivo se formaron 12 hileras en una superficie de 600 m², se fijaron al suelo arcos de alambre galvanizado sujetándolos con rafia para formar una estructura de microtúneles. Se utilizaron plántulas de la variedad Seminis de 40 días de edad con una altura promedio de 15 cm. La siembra se realizó a una distancia de 40 cm entre plántulas y 2 metros entre hileras haciendo una densidad de población de 18750 plantas ha⁻¹. Los tratamientos evaluados fueron 4 niveles de N (120, 180, 240 y 360), el P y K se mantuvieron en las mismas proporciones. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, la unidad experimental por tratamiento fue de 24 m² con 45 plantas cada unidad de las cuales 33 constituyeron la parcela útil, con tres repeticiones. Se realizó a los 115 días después del trasplante un muestreo destructivo para evaluar la producción de masa seca y el contenido de N, en este tiempo ya se habían realizados dos cortes en la cosecha de fruto. El análisis de N se realizó a la planta completa y por separado se realizó el contenido de N en frutos. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante el programa computacional Statgraphics 5.1, realizando un análisis de varianza y la prueba de medias por el método de Duncan ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

La acumulación de masa seca (MS) de la planta (hoja, tallo y raíz), a partir de la cual se calculó la extracción de nitrógeno, manifestó su más alta expresión con la fertilización de 240 kg ha⁻¹ de N con una producción de MS de 153 g planta⁻¹ mostrando diferencias ($p < 0.0001$) entre las dosis de fertilización. El peso seco (PS) de fruto con el cual se calculó la exportación de N fue estadísticamente diferente para cada dosis de fertilización ($p < 0.0001$), la mayor producción se observó con la fertilización de 180 kg ha⁻¹ de N con la cual se obtuvo 136.5 g de PS de fruto por planta. Los valores obtenidos de MS de la planta y de PS de fruto se muestran en el Cuadro 1 en donde se observa que dosis altas de N aplicadas al suelo no se reflejan en un mayor consumo del nutriente por la planta. El rendimiento de fruto fresco tuvo resultados significativos ($p < 0.0001$) observándose el mayor rendimiento (1298 g planta⁻¹) cuando la fertilización fue de 180 kg ha⁻¹ (Figura 1). La absorción de N por la planta para obtener este rendimiento fue de 3.0 g planta⁻¹ mientras que la extracción de N hecha por el fruto fue de 3.52 (± 0.082) g planta⁻¹ (Cuadro 2); por lo tanto, la extracción total de N para obtener un rendimiento de fruto fresco de 1298 g planta⁻¹ es de 6.52 g de N por planta. Esto significa que para producir una tonelada de fruto fresco se requiere de 5.023 kg de N. Siendo que la densidad de población en este estudio fue de 18750 plantas ha⁻¹, el consumo total de N fue de 122.25 kg ha⁻¹ al aplicar una fertilización de 180 kg de N por hectárea, correspondiendo esto al 68% de eficiencia de la fertilización nitrogenada. La pérdida de N del suelo causada por la cosecha fue de 66 kg ha⁻¹, por otra parte, 56.25 kg ha⁻¹ de N se encuentran formando parte de los residuos de cosecha (incluyendo la raíz) como N-orgánico, el cual deberá pasar por un proceso de mineralización para ser posteriormente utilizado por los cultivos; posibilitando así, el



DIVISIÓN II

ahorro parcial de los fertilizantes minerales y permitiendo el incremento de procesos biológicos en el suelo como un medio de sostenibilidad de los procesos agrícolas

Cuadro 1. Producción de masa seca del chile habanero a los 115 días después del trasplante cultivado en un suelo Leptosol.

Mismas literales son estadísticamente iguales. Los valores entre paréntesis muestran el error estándar.

I Desviación estándar

Fertilización	Producción de masa seca de la planta (tallo+hoja+raíz) g planta ⁻¹	Producción de masa seca de fruto g planta ⁻¹	Producción de masa seca total (tallo+hoja+raíz+fruto) g planta ⁻¹
120 120 120	147.4 a (±1.34)	111.9 b (± 5.27)	259.3 a (± 4.95)
180 180 180	136.5 ab (± 6.12)	136.5 a (± 3.68)	272.9 a (± 9.74)
240 240 240	152.9 a (± 6.86)	107.7 b (± 3.67)	260.6 a (± 10.42)
300 300 300	124.8 b (±3.56)	64.4 c (± 3.09)	189.2 b (± 0.62)

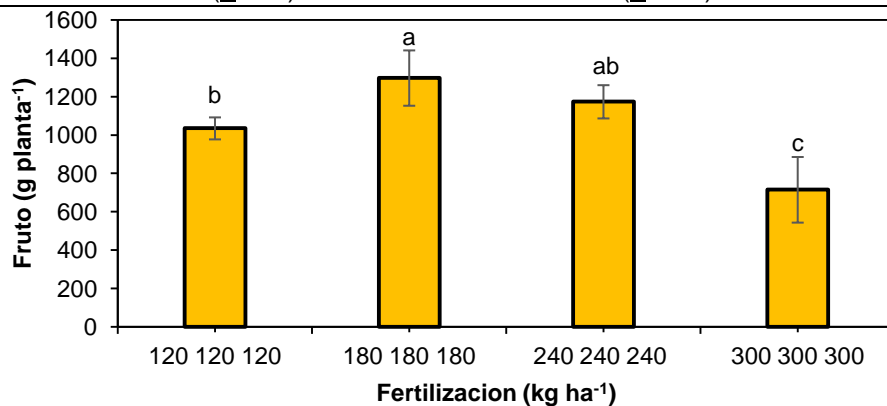


Figura 1. Rendimiento de fruto fresco de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado con diferentes dosis de N, P₂O₅ y K₂O en un suelo Leptosol

Cuadro 2. Contenido de N en chile habanero a los 115 días después del trasplante cultivado en un suelo Leptosol.

Fertilización	Contenido de N en la planta (tallo+hoja+raíz) g planta ⁻¹	Contenido de N en fruto g planta ⁻¹	Contenido de N total (tallo+hoja+raíz+fruto) g planta ⁻¹
120 120 120	4.08 a (±1.34)	2.72 b (± 0.218)	259.3 a (± 4.95)
180 180 180	3.00 b (± 6.12)	3.52 a (± 0.082)	272.9 a (± 9.74)
240 240 240	3.95 a (± 6.86)	2.85 b (± 0.086)	260.6 a (± 10.42)
300 300 300	2.97 b (±3.56)	1.77 c (± 0.098)	189.2 b (± 0.62)

Mismas literales son estadísticamente iguales. Los valores entre paréntesis muestran el error estándar.

La distribución de N (Figura 2) muestra un mayor porcentaje de nitrógeno en la planta y un menor porcentaje en fruto al aplicar 300 kg ha⁻¹ de N, lo que indica que las altas dosis de N estimularon la producción de follaje y tallo disminuyendo el rendimiento de fruto (715 g planta⁻¹);

DIVISIÓN II

esta respuesta se explica por el hecho de que altos niveles de N está asociada con mayores crecimientos vegetativos (Monsalvea *et al.*, 2009)

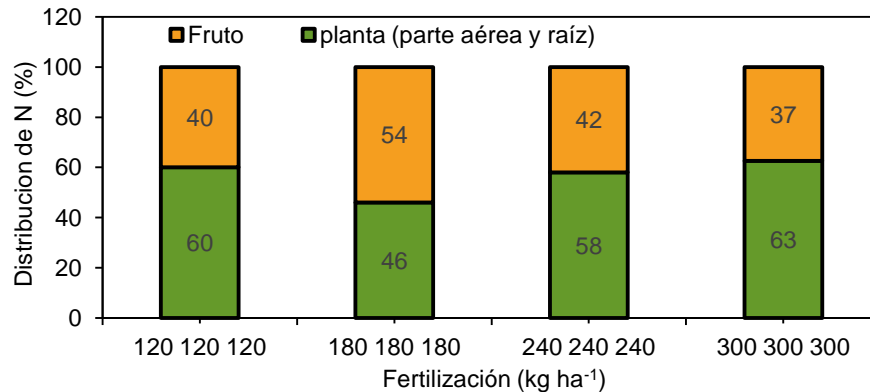


Figura 2. Distribución de nitrógeno en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a los 115 días después del trasplante cultivado en un suelo Leptosol con diferentes dosis de N, P₂O₅ y K₂O

Conclusiones

La extracción N por la planta de chile habanero es variable dependiendo de la dosis de fertilización utilizada. La mejor dosis de N en la cual se obtiene el mayor rendimiento de fruto de 180 kg ha⁻¹. Incrementos en la fertilización nitrogenada (240 y 300 kg ha⁻¹) disminuyen el rendimiento de fruto y el contenido de N en estos. La demanda de N expresada en términos de kilogramo por tonelada de fruto cosechado fue de 5.023 kg

Bibliografía

- Badillo-Tovar, V., J.Z. Castellanos-Ramos, J. de J. Muñoz-Ramos, P. Sánchez-García, S. Villalobos-Reyes y P. Vargas-Tapia. 2004. Demanda nutricional del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Cv. Alpha, en la región del bajío. *Chapingo Serie Horticultura*, 10(1): 67-7
- Borges-Gómez, L., L. Cervantes-Cárdenas, J. Ruiz-Novelo, M. Soria-Fregoso, V. Reyes-Oregel, y E. Villanueva-Couh. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 35-41.
- Canto-Flick, A., E. Balam-Uc, J.J. Bello-Bello, C. Lecona-Guzmán, D. Solís-Marroquín, S. Avilés-Viñas y L.G. Iglesias-Andreu. 2008. Capsaicinoids content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): hottest known cultivars. *HortScience*, 43(5), 1344-1349.
- Cisneros-Pineda, O., L.W. Torres-Tapia, L.C. Gutiérrez-Pacheco, F. Contreras-Martín, T. González-Estrada, y S.R. Peraza-Sánchez. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 104(4), 1755-1760.
- Medina-Lara, F., I. Echevarría-Machado, R. Pacheco-Arjona, N. Ruiz-Lau, A. Guzmán-Antonio y M. Martínez-Estevez. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *HortScience*, 43(5), 1549-1554.
- Monsalvea, J., R. Escobara, M. Acevedoa, M. Sáncheza y R. Coopmana. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque* 30(2): 88-94.
- Salazar, L., y C. Silva. 2004. Efectos farmacológicos de la capsaicina, el principio pungente del chile “. *Biología Scripta*, 1(1), 7-14.
- Willcutts, J.F. A.R Overman, G.J. Hochmuth, D.J. Cantliffe and P. Soundy. 1998. A comparison of three mathematical models of response to applied nitrogen: A case study using lettuce. *HortScience* 33(5): 833-836.



MICRO ALGA *Grammatophora* sp UTILIZADA COMO BIOFERTILIZANTE EN PLANTULAS DE TOMATE PRODUCIDAS EN INVERNADERO

Córdova-Chavarría, L.A.¹; Fortis-Hernández, M.²; Gámez-Escobedo, I.³; Preciado-Rangel, P.⁴; Sánchez-Chaves, E⁵

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México. Km 7.5 Carr. Torreón – San Pedro. Torreón, Coah., México.

³Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila. México.

⁵Centro de Investigación de Alimentos y Desarrollo A.C. (CIAD). Delicias, Chihuahua. México.

*Luis Ángel Córdova Chavarría: luis.cordova11@hotmail.com; Calle Treviño Núm. 1447 nte, Col. Nazario Ortiz Garza, Torreón, Coahuila. México. CP 27150; Tel. +52(871)-121-1967

Resumen

Se conservó, reprodujo e incremento la biomasa de micro alga *grammatophora* en el laboratorio de la Unidad de Genómica Aplicada (UGA) de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. Posteriormente se elaboró un extracto de biomasa micro algal para su aplicación foliar a los 17,24, 31,38 y 45 días después de la siembra en plántulas de tomate en charolas que contenían como sustrato peat moss. El experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, los cuales fueron T1= micro alga *grammatophora*, T2= ácido ascórbico, T3= alga comercial, T4= ácido salicílico y T5= testigo. El riego de las plántulas fue con agua destilada. Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo, altura de planta, peso fresco y peso seco de raíz, tallo y hoja, así como área foliar, análisis minerales de hojas y actividad enzimática nitrato reductasa. Los resultados obtenidos relacionados con la actividad enzimática Nitrato Reductasa mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento de la micro alga *grammatophora* la de mayor valor (0.14 NO₂/gpf/h; de igual manera se obtuvo plántulas con mayor biomasa en los tratamientos con algas (*grammatophora* y Sani alga).

Palabras clave

Solanum lycopersicum L., biomasa micro algal, actividad enzimática, Nitrato Reductasa

Introducción

La producción hortícola es de gran importancia en nuestro país, ya que genera alimentos a la población, además, es una forma de sostén para muchas familias puesto que genera ingresos económicos y ocupa una gran cantidad de mano de obra. El tomate ocupa el tercer lugar en el comercio mundial de hortalizas (Miranda *et al.*, 2005) y en México la producción de tomate es de 2 millones de toneladas promedio al año (SAGARPA 2008). Esta hortaliza constituye una fuente importante de ingresos, por lo que es atractivo mejorar los rendimientos y calidad. Según SAGARPA (2013), la región Laguna cuenta con 656 hectáreas destinadas a la producción de tomate en sistemas protegidos (malla sombra e invernadero), de las cuales se cosechan 71 900 ton. Uno de los problemas que afronta el productor es la generación de plántulas de mejor calidad y resistentes al ambiente una vez que ha sido trasplantada. Por tal



DIVISIÓN II

motivo, es necesario emplear diferentes fuentes orgánicas de nutrición para así generar plántulas con mayor biomasa y mejor nutridas. Una alternativa viable para lograr estos retos son las algas y/o micro algas marinas (Wajahatullah 2009). El mar provee un sin fin de recursos, los cuales pudieran ser aplicados como materia orgánica; relacionado con las algas se consideran residuos en aquellas zonas donde la eutrofización originan crecimientos excesivos de las mismas. A medida que pasa el tiempo las algas se siguen utilizando como acondicionadores de suelo para mejorar el crecimiento de las plantas en sistemas agrícolas, principalmente en lugares cercanos a las costas. Las algas marinas tienen nutrimentos y sustancias naturales (vitaminas, carbohidratos, proteínas, sustancias biocidas, y manitol) cuyo efecto es similar a los reguladores de crecimiento (Rodríguez, 2008). Otro de los beneficios de las algas es que refuerzan el sistema inmunitario y alimentario, a su vez activan su sistema fisiológico lográndose plantas más vigorosas, sanas y con mejor nutrición (Rodríguez 2008).

El uso de algas ha crecido en popularidad por tal motivo se presenta la necesidad de desarrollar gran número de productos procesados, la manera de aplicación de dichos productos son: harinas que se aplican al suelo en grandes cantidades para ser mezcladas con el suelo o en sustratos en invernadero (retención de humedad), extractos líquidos o en polvo (aplicaciones foliares) y concentrados que se usan para sumergir las raíces (Díaz, 2002).

Cuando las algas se aplican como bio fertilizantes se incrementan actividades metabólicas en las plantas. Para medir la absorción de nutrientes de las plantas se emplean indicadores bioquímicos los cuales utilizan enzimas, éstas tienen la facultad de activar o provocar reacciones catalíticas reversibles a la temperatura de los organismos vivos, las reacciones son específicas de un elemento, ion, compuesto o de una reacción, para esto la forma geométrica del punto activo de la enzima debe de coincidir con la geometría del punto de reacción de los compuestos que están en el sustrato para que la liga tome lugar como tu llave en una cerradura (López, 1999).

La enzima Nitrato reductasa cataliza la reacción de NO_3 a NO_2 (Sánchez, 2006), Bajo esta perspectiva el objetivo del presente trabajo fue obtener plántulas de tomate con mayor biomasa y follaje utilizando micro alga *grammatophora* como biofertilizante.

Materiales y Métodos

El experimento fue realizado en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) en invernadero. Está localizado a una longitud de $24^\circ 30'$ y 27°N , y latitud $102^\circ 00'$ y $104^\circ 30' \text{W}$; y altitud de 1120 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio 35°C y una precipitación anual de 200 mm al año. Fueron sembradas 5 charolas con semilla de tomate variedad Rio Grande con peat moss como sustrato. La fecha de la siembra fue el jueves 4 de Septiembre del 2014, se le dio un riego diario con agua destilada para así poder atribuirle los resultados a los productos aplicados. Los tratamientos evaluados fueron: T1= Micro alga *grammatophora* al 10%, T2= Ácido ascórbico $1\mu\text{M}$, T3= Sani Alga (*ascophyllum nodosum*), T4= Ácido salicílico $1\mu\text{M}$ y T5= Testigo. La fecha de aplicación de los productos vía foliar fue a los 17, 24, 31,38, y 45 días después de la siembra (dds). Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo, altura de planta, peso fresco y peso seco de raíz, tallo, hoja así como área foliar, análisis minerales de hojas y actividad enzimática nitrato reductasa (NR). Esta variable se determinó a los 60 dds; se recolectaron las muestras, posteriormente se llevaron al Centro de Investigación y Desarrollo de Alimentos A.C. (CIAD) unidad Delicias, Chih., se utilizó un espectro de absorción atómica, el cual se calibró 570 nm y fueron tomadas las lecturas.

Resultados y Discusión

En la Figura 1, se puede observar la dinámica de crecimiento de las plántulas de tomate durante los cinco muestreos. Se puede notar el efecto de los tratamientos a partir del muestreo tres, siendo estadísticamente diferentes el T1 y T3; en cuanto al T5 no se obtuvieron diferencias con el T4 y T2. Este resultado coincide con lo mencionado por Rodríguez (2008), quien al aplicar algas marinas a plántulas generaron mayor cantidad de biomasa.

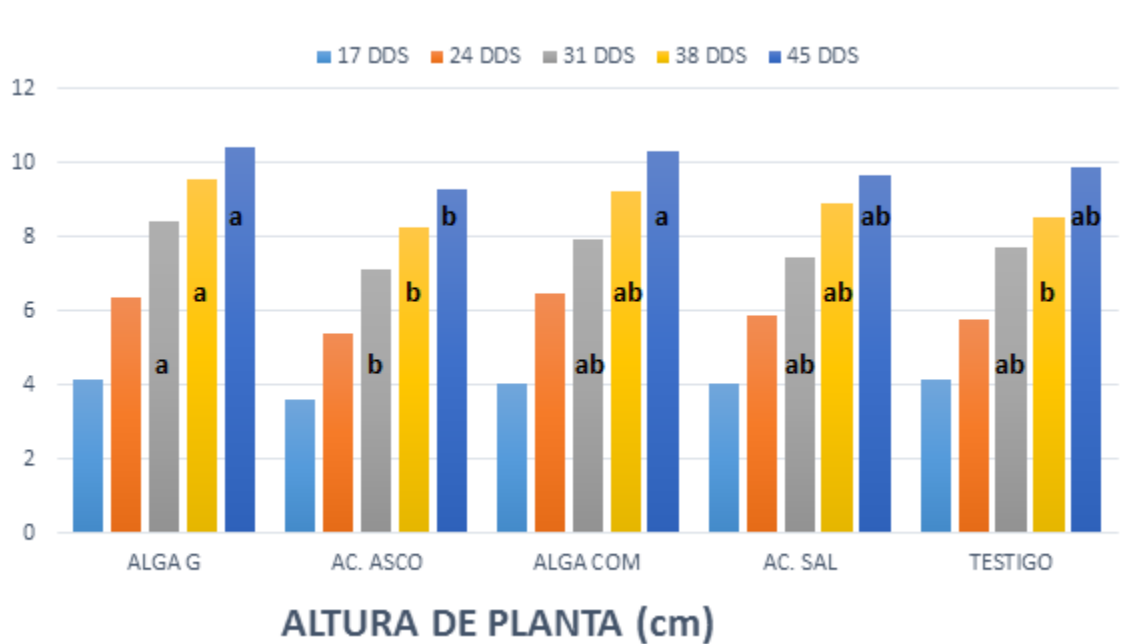


Figura 1. Altura de plántulas de tomate a los 17, 24, 31, 38 y 45 dds producidas en invernadero en cada uno de los tratamientos evaluados. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (DMS; $P \leq 0.05$).

En la Figura 2, se muestran las medidas de diámetros de tallo en las plántulas de tomate. Se pueden observar diferencias a partir del muestreo 3, sin embargo, en el muestre 5 los datos arrojaron que los tratamientos 1,3, 4 y 5 son estadísticamente iguales, siendo el uno diferente a los demás.

En la Figura 3, se observa el peso fresco de las plántulas de tomate, se nota que hay diferencias entre los tratamientos uno y tres en peso de hoja, tallo y raíz. Sin embargo, en el tratamiento cinco las plántulas tuvieron mayor peso que los tratamientos dos y cuatro. Por otra parte el peso de raíz en el tratamiento uno fue estadísticamente diferente a los demás ya que hubo simbiosis entre la micro alga grammatophera y la plántula generando más biomasa.

DIVISIÓN II

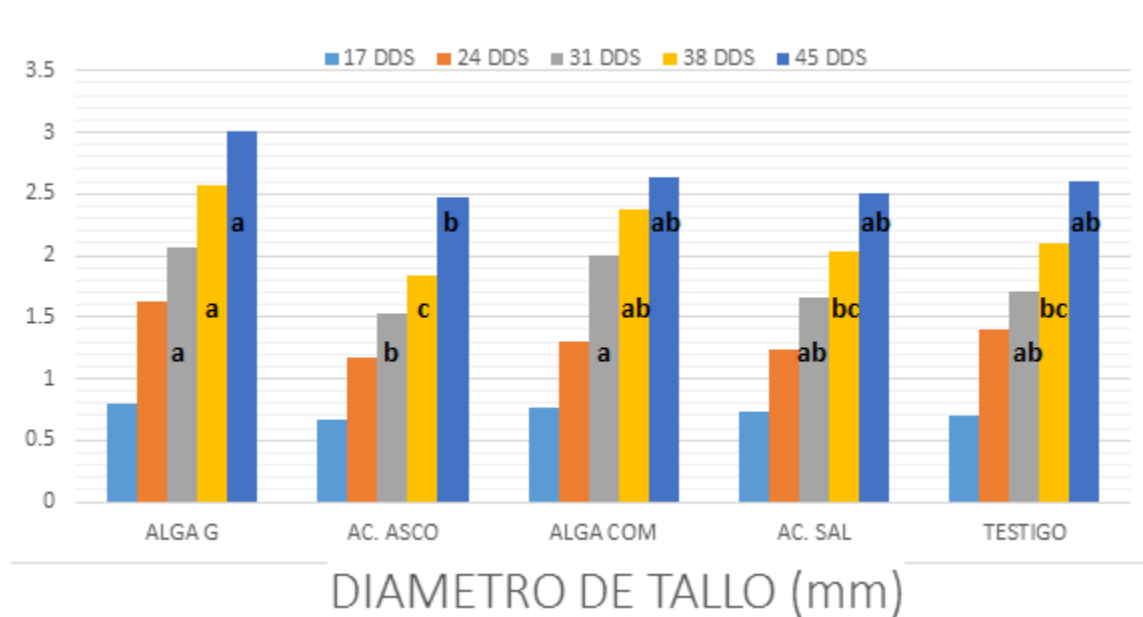


Figura 2. Diámetro de plántulas de tomate a los 17, 24, 31, 38 y 45 dds producidas en invernadero en cada uno de los tratamientos evaluados. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (DMS; $P \leq 0.05$).

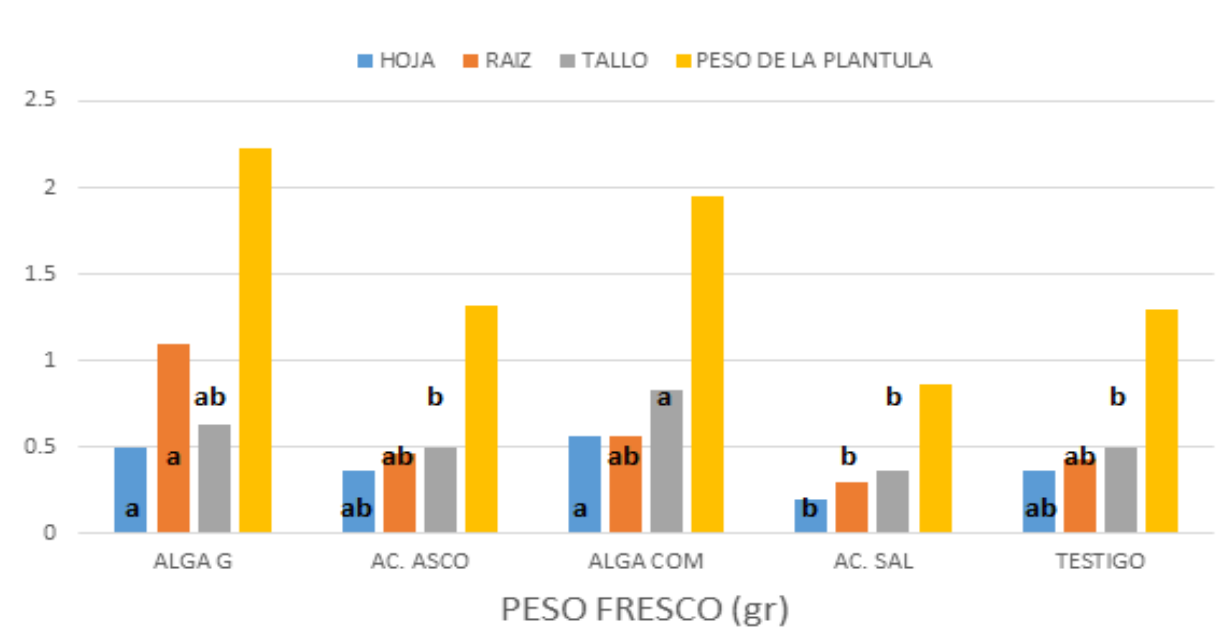


Figura 3. Peso fresco de plántulas de tomate (hoja, tallo y raíz) 51 dds producidas en invernadero en cada uno de los tratamientos evaluados. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (DMS; $P \leq 0.05$).

Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas para esta variable. En la Tabla 1, se observa la actividad enzimática Nitrato reductasa, la RXA de la micro alga grammatophora fue la que mostro mayor actividad; esto es un indicador de la cantidad nitrato (NO_3) aportado



DIVISIÓN II

por la micro alga. Por otra parte, en la RXC se obtuvo diferencias entre el tratamiento uno contra todos los demás, lo cual activa la actividad enzimática generando plantas más nutridas.

Tabla 1. Actividad enzimática nitrato reductasa en plántulas de tomate producidas en invernadero.

Tratamiento	RX A	RX B	RX C	RX D
	----- μMoles de NO ₂ /gpf/h -----			
T1 = Alga grammatophora	0.1400 a	5.2500 b	1.7300 a	2.6000 c
T2 = Ácido ascórbico	0.1300 b	3.6500 e	0.8299 b	3.5533 ab
T3 = Sani Alga	0.0800 e	4.5399 d	0.4267 b	3.9933 a
T4 = Ácido salicílico	0.1000 d	5.7066 a	0.3867 b	3.3467 b
T5 = Testigo	0.1100 c	4.8733 c	0.4733 b	2.4733 c

Se expresan la cantidad de micro moles de nitrito por gramo de peso fresco de la planta generada en una hora. RXA nitrato absorbido de manera natural por la planta, RXB presencia de sustrato (No₃), RXC presencia de cofactor (Mo) y RXD presencia de sustrato y cofactor (NO₃-Mo). Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (DMS; $P \leq 0.05$).

Conclusiones

Se puede concluir que al aplicar micro alga grammatophora como biofertilizante se obtienen plántulas de tomate con mayor biomasa (vigor), arquitectura radical y plántulas mejor nutridas.

Bibliografía

- López C, B., 1999. Enzimas-algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra. Volúmen 17. 3 pp 272-276
- Rodríguez, O, W., Orellana, G, R., 2008. Utilización de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plántulas de acelga y lechuga. Agricultura Orgánica 3: 39-40.
- Ruiz G, C., 2002 Aplicación de Algaenzims y su efecto en germinación y vigor de semillas de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo Coahuila. pp 24
- Sánchez Ch, E., 2006 Caracterización del estado nutricional y fisiológico en plantas de judía (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) sometidas a un estrés por nitrógeno. Editorial de la Universidad de Granada. Tesis Doctoral pp 7
- Wajahatullah K., 2009 Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. J Plant Growth Regul 28:386-399



PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUSTRATO Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DE CHILE SERRANO

Cruz-Crespo, E.^{1*}; Can-Chulim, A.¹; Bugarín-Montoya, R.¹, Pineda-Pineda, J.²

¹ Universidad Autónoma de Nayarit, Programa de Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Xalisco, Nayarit. México.

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Texcoco, Edo. de México.

*Autor responsable: ccruz2006@yahoo.com.mx; Km. 9 Carr. Tepic-Compostela, Xalisco, Nay., CP. 63780, México; +52 311 1035343.

Resumen

Las propiedades físicas de los sustratos son consideradas las más importantes, tal como la porosidad total, porosidad de aire y la capacidad de retención de agua; sin embargo, el agua fácilmente disponible también puede ser determinante en los resultados, la cual comúnmente no es reportada. El objetivo del presente trabajo fue obtener las propiedades físicas de los sustratos tezontle y la mezcla de tezontle con lombricomposta y analizar su efecto en el contenido nutrimental del tejido, crecimiento y rendimiento de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero. Los tratamientos que correspondieron al tezontle y la mezcla tezontle:lombricomposta se dispusieron bajo un diseño completamente al azar con 16 repeticiones. Los sustratos se caracterizaron en sus propiedades físicas. Las variables evaluadas fueron diámetro de tallo, número de ramificaciones, biomasa seca de planta, rendimiento de fruto y la concentración de N, P, K, Ca y Mg foliar. A excepción del rendimiento de fruto, todas las variables se midieron a los 40 y 80 d después del trasplante. Los resultados mostraron que el sustrato tezontle:lombricomposta produjo el mayor crecimiento de la planta, así como la concentración de P y Mg en el tejido foliar, pero el rendimiento de fruto fue similar al obtenido en el sustrato tezontle. Esto pudo deberse a que el tezontle presentó mayor porosidad de aire e igual agua fácilmente disponible en relación al sustrato tezontle en mezcla con lombricomposta.

Palabras clave

Agua fácilmente disponible, porosidad de aire, lombricomposta

Introducción

Un sustrato por sí solo no cumple con los requerimientos en cuanto a las propiedades físicas y químicas óptimas para el adecuado crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por tal motivo, se sugiere llevar a cabo mezclas de materiales (Cruz-Crespo *et al.*, 2010). Moreno-Álvarez (2002) menciona que con la mezcla de materiales inertes con materiales orgánicos se pueden obtener buenas propiedades físicas y químicas, dado que la materia orgánica es un componente activo y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico, como por ejemplo el uso de la lombricomposta en mezcla con otros. Por otra parte, Caron y Nkongolo (1999) mencionan que las propiedades físicas son más relevantes que las químicas, debido a que son difíciles de corregir después de establecer el cultivo, motivo por el cual desde el inicio deben ser las más apropiadas. Por lo general, cuando se habla sobre propiedades físicas se señala a



DIVISIÓN II

la porosidad total (PT), porosidad con aire (PA) y capacidad de retención a agua (CRA), mientras que no se le da la importancia debida a los parámetros agua fácilmente disponible (AFD), agua difícilmente disponible (ADD) y agua de reserva (AR), los cuales pueden ser determinantes en los resultados obtenidos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar los sustratos tezontle y mezcla tezontle:lombricomposta en sus propiedades físicas de PT, PA, CRA, AFD, y analizar su relación con los resultados del crecimiento vegetal y rendimiento de chile serrano cultivado en condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

El experimento se estableció con chile serrano variedad Tampiqueño el 25 de julio de 2011, en un invernadero unimodular ubicado en Xalisco, Nayarit, México, a 21° 25' 41" N, 104° 53' 30" O y 974 m de altitud.

Plántulas de 55 días de edad fueron trasplantadas en macetas de polietileno negro calibre 600 35 X 35, colocando una plántula por maceta, la cual contenía el sustrato tezontle (T) o la mezcla de tezontle con lombricomposta (T:L) a razón de 80:20, v/v que correspondieron a los tratamientos. Las macetas se distribuyeron al azar a una distancia de 45 cm entre plantas y de 1 m entre hileras. El tezontle se obtuvo de una mina de la región, y la lombricomposta se elaboró a partir de hueso de mango-bagazo de caña-estiércol de bovino. Las plantas fueron regadas con solución de Steiner a 75 % aplicando entre 2 a 8 riegos distribuidos al día, lo cual dependió de la condición de clima y crecimiento de la planta.

Del sustrato tezontle y de la mezcla tezontle con lombricomposta se obtuvieron sus propiedades físicas, utilizando el porómetro. Estas fueron: Porosidad total, porosidad con aire (PA) y capacidad de retención de agua (CRA). También, se obtuvieron los parámetros AFD, AR y ADD mediante la curva de humedad de cada sustrato en seis repeticiones.

Las variables evaluadas en la planta fueron: diámetro de tallo, a 5 cm del nivel del sustrato, número de ramificaciones por planta y biomasa seca de la planta. Estas se evaluaron a los 40 y 80 ddt. A la cosecha se pesó el fruto con una balanza digital. Se Llevaron a cabo 16 repeticiones, donde la unidad experimental fue una maceta.

Resultados y discusión

Con el sustrato T:L se logró mayor número de ramificaciones y mayor biomasa seca de planta tanto a los 40 como a los 80 ddt, con respecto al sustrato T; el diámetro de tallo fue mayor sólo a los 80 ddt (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables de crecimiento del chile serrano cultivado en sustrato

sustrato	40 ddt			80 ddt			Rendimiento total (g/planta)
	DT (cm)	NR	BSP (g/planta)	DT (cm)	NR	BSP (g/planta)	
T:L 80:20	0.54 a	6.8 a	6.6 a	1.5 a	8.7 a	187 a	1221.0 a
T	0.54 a	5.4 b	5.6 b	1.4 b	6.2 b	168 b	1274.6 a

T = tezontle; T:L = tezontle: lombricomposta



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Concentración de macronutrientos (g kg⁻¹) en hojas de chile serrano var. ‘Tampiqueño’ crecido en invernadero.

Factor	N	P	K	Ca	Mg
40 ddt					
T:L 80:20	48.3 a	5.1 a	64.4 a	29.0 a	7.3 a
T	48.0 a	4.6 b	62.5 a	26.1 b	6.5 a
80 ddt					
T:L 80:20	43.4 a	2.6 a	50.8 a	62.6 a	12.8 a
T	40.9 a	2.3 b	47.6 a	56.4 a	11.0 b

T = tezontle; T:L = tezontle: lombricomposta

Cuadro 3. Propiedades físicas* de los sustratos utilizados

Sustrato	Tamaño de partícula (mm)	PT	PA	CRA (%)	AFD	AR	ADD
L	0.5 a 3.3	67.0 a	6.6 b	60.5 a	37.0 a	17.0 a	6.5 b
T	0.18 a 10	22.9 c	13.3 a	9.6 c	5.2 b	2.4 b	1.9 b
T:L, 80:20	0.18 a 10	46.2 b	6.1 b	40.1 b	4.1 b	4.4 b	31.4 a

PT = porosidad total; PA = porosidad de aire; CRA = capacidad de retención de agua; AFD = agua fácilmente disponible; AR = agua de reserva; ADD = agua difícilmente disponible; L = lombricomposta; T = tezontle; T:L = tezontle: lombricomposta.

En rendimiento de fruto no se encontró diferencias entre los sustratos. Esto difiere con Arancon *et al.* (2005) quienes reportaron un mayor incremento de biomasa seca, crecimiento y rendimiento de fruto en chile pimienta cultivado en suelo abonado con lombricomposta de estiércol, que en ausencia de éste, lo que atribuyeron no sólo al contenido nutricional de la lombricomposta sino también al incremento de la actividad y biomasa microbiana.

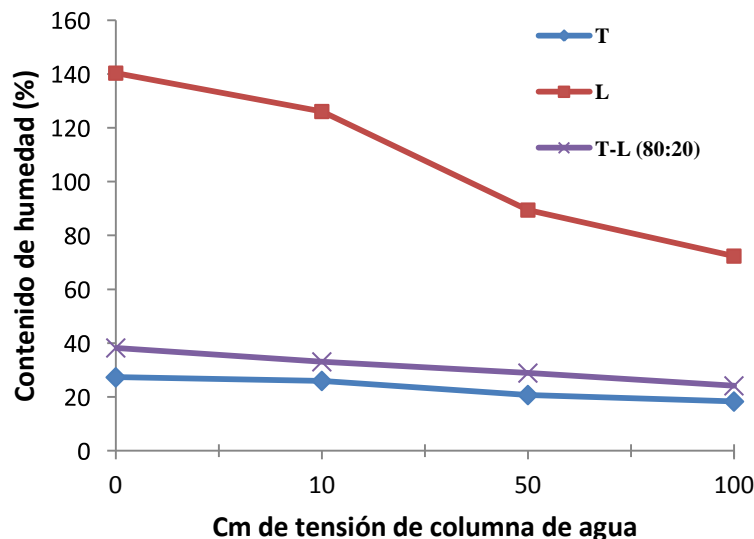


Figura 1. Curvas de humedad de los sustratos tezontle, lombricomposta y mezcla tezontle:lombricomposta.



En cuanto al contenido nutrimental foliar, a los 40 ddt el sustrato T:L obtuvo un incremento de 9 y 10 % para P y Ca, respectivamente, en comparación con el sustrato T (Cuadro 2). En cambio, a los 80 ddt el sustrato T:L superó al T en 13 % para P y en 14 % para Mg. Los materiales de lombricomposta usualmente contienen elementos minerales (Hernández *et al.*, 2010), ésto explica el incremento de los contenidos foliares de P, Ca y Mg. Arancon *et al.* (2005) reportaron que la concentración de P fue mayor en el tejido foliar de chile pimiento cultivado con diferentes lombricompostas y fertilización química complementaria, que cuando fue crecido sólo con fertilizantes inorgánicos.

La concentración similar de N, K y Ca en el tejido foliar de las plantas de ambos sustratos (Cuadro 3), quizás explica la obtención de iguales rendimientos, cuando se esperaba mayor rendimiento en el sustrato T:L. Por otra parte, Arancon *et al.* (2004) afirmaron que además de la concentración nutrimental hay que considerar las propiedades físicas de los sustratos, lo cual en diversos trabajos se han ignorado.

En el Cuadro 3 se muestra que el T presentó menor PT y CRA, con lo que se esperaría una disminución en el crecimiento y rendimiento, como lo indicaron Ortega-Martínez *et al.* (2010). Sin embargo, el sustrato T manifestó mayor PA e igual valor de AFD respecto del sustrato T:L. Benito *et al.* (2005) señalaron que la producción de pasto en una composta de residuos de jardinería fue de 0.61 g/maceta, mientras que en una mezcla de compost con turba (9:1, v/v) fue de 0.77 g/maceta, y que en la mezcla (3:1, v/v) el rendimiento fue de 0.76 g/maceta, mezclas en las que los valores de porosidad total, porosidad de aire y agua fácilmente disponible fueron: 88.7, 89, 89.4 %; 48.4, 42.6, 38.3 % y 9.2, 12.9, 14.8 %, respectivamente, y se observó que tanto la PA y AFD influyeron en el resultado obtenido. Según Ansorena-Miner (1994), la porosidad de aire es la propiedad física más importante de los sustratos. Urrestarazu y Mazuela (2005) indicaron que la deficiencia de oxígeno afecta de manera negativa al rendimiento. Por las propiedades de PA y AFD que se obtuvieron en el tezontle comparadas con las de la mezcla T:L, se deduce que éstas influyeron en el rendimiento. Por lo tanto, se recomienda no utilizar la mezcla T:L en cultivo de chile serrano, dado que el rendimiento fue igual al sustrato T.

Conclusiones

El sustrato tezontle:lombricomposta (80:20, v/v) favoreció el crecimiento de la planta de chile serrano y la concentración nutrimental de fósforo y magnesio en el tejido foliar, más no tuvo efecto en el rendimiento de fruto en comparación con el sustrato tezontle, deduciendo que la porosidad de aire y agua fácilmente disponible pudieron afectar tal resultado. La mezcla tezontle:lombricomposta 80:20 se consideró no apta para la producción.

Bibliografía

- Ansorena-Miner J. (1994) Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 p.
- Arancon N. Q., A. E. Clive, R. Atiyeh and J. D. Metzger. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93:139- 144.
- Arancon N. Q., C. A. Edwards, P. Biermanb, J. D. Metzger and C. Luchtd. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49:297-306.



DIVISIÓN II

- Benito M., A. Masaguer, R. De-Antonio and A. Moliner. 2005. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media. *Bioresource Technology* 96:597-603.
- Caron, J. and V. K. N. Nkongolo. 1999. Aeration in growing media: recent developments. *Acta Horticulturae* 481: 545-551.
- Cruz-Crespo E., M. Sandoval-Villa, V. H. Volke-Haller, A. Can-Chulim y J. Sánchez-Escudero. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1361-1373.
- Hernández A., H. Castillo, D. Ojeda, A. Arras, J. López and E. Sánchez. 2010. Effect of compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:583-589.
- Moreno-Álvarez, J. M. 2002. La materia orgánica y la capacidad de retención de humedad en sustratos. *Agric. Orgán.* 1: 23-25.
- Ortega-Martínez L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz y J. Ocampo- Mendoza. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai* 6:365-372.
- Urrestarazu M. and P. C. Mazuela. 2005. Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. *Scientia Horticulturae* 106:484-490.



PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN TOMATE EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO CERRADO VERSUS ABIERTO

De la Rosa-Rodríguez, R.^{1*}; Lara-Herrera, A.²; Avelar-Mejía, J.J.²; Lozano-Gutiérrez, J.²; Padilla-Bernal, L.E.³; Castañeda-Miranda, R.⁴; Estrada-Casillas, J.²

¹ Alumno de Maestría de la Unidad de Ingeniería Eléctrica de la U.A.Z., Zacatecas, Zacatecas. México.

² Profesor-Investigador de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z., Zacatecas, Zac., México.

³ Profesor-Investigador de la Unidad Académica de Contaduría y Administración de la U.A.Z., Zac., Zac., Méx.

⁴ Profesor-Investigador de la Unidad de Ingeniería Eléctrica de la U.A.Z., Zacatecas, Zacatecas. México.

*Autor responsable: rodox116@hotmail.com; Calle Leona Vicario Núm. 7, Col. Álamos, Jerez, Zacatecas. México. CP 99390; Tel. +52(494)-949-4004

Resumen

La cantidad de agua y fertilizantes empleados en la producción de hortalizas y específicamente en el cultivo de tomate son altos. Con el objetivo de determinar la productividad del agua y los fertilizantes en un sistema hidropónico cerrado contra uno abierto en la producción de tomate en invernadero, se llevó a cabo la presente investigación. Se evaluaron dos tratamientos, con ocho repeticiones, cada repetición se constituyó por 67 macetas con dos plantas cada una. Un tratamiento consistió en un sistema hidropónico cerrado (con recirculación de solución nutritiva (SN)), el otro en un sistema hidropónico abierto (sin recirculación de la SN). Las variables medidas fueron (en la SN): conductividad eléctrica, pH, volumen aplicado y volumen drenado y, (en plantas): peso de frutos por corte y peso total (en 25 cortes). Además, se determinó en ambos tratamientos la cantidad aplicada de agua y fertilizantes durante todo el ciclo, así como las cantidades perdidas (drenadas en la SN). No se presentaron diferencias significativas en la producción de frutos entre los tratamientos. La productividad del agua fue de 29.31 y 23.10 kilogramos de fruto por cada metro cúbico en los sistemas cerrado y abierto, respectivamente, y la cantidad de fertilizantes para producir un kilogramo de frutos fue de 59.79 y 77.96 g en el orden de los sistemas mencionados. En el sistema hidropónico cerrado se tuvo un incremento en la producción de frutos de 6.21 g por cada litro de agua y una disminución de fertilizantes de 18.17 g por cada kilo de tomate producido, con respecto al sistema abierto.

Palabras clave

Lycopersicum esculentum, Hidroponía, Solución nutritiva, Recirculación.

Introducción

El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes y extendidos en todo el mundo (Al-Omran *et al.*, 2010). El sistema de producción puede ser a cielo abierto, directamente en el suelo, o en invernadero (Quintero, 2006).

En México existen alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales el 66% corresponden a invernaderos, 11% a macro-túneles, 10% a casa-sombra, 5% a micro-túneles, 5% techo-sombra y 3% pabellón (SIAP, 2013).

En Zacatecas, el cultivo del tomate, ocupa una superficie de 2,705.25 ha, con una producción de 110,742.02 t y un valor de la producción de 510,086.25 miles de pesos (SIAP,



DIVISIÓN II

2013). Debido a las condiciones de clima en la entidad la producción en invernadero representa una alternativa de producción de esta hortaliza; la superficie de invernadero en esta entidad fue de 277 ha en el 2010, en la que el 90% se produjo tomate (Padilla-Bernal *et al.*, 2012). En algunos suelos los grados de infestación con nematodos y hongos, así como el deterioro de sus propiedades físicas y químicas es elevado, son poco productivos y por lo tanto poco rentables; ante estas condiciones, la hidroponía es una alternativa para mantener productivas las estructuras con suelos deteriorados, adicionalmente con hidroponía se pueden ver favorecidas la calidad y el rendimiento de tomate, aunque se deben tener cuidados especiales para evitar la presencia de plagas y enfermedades (Garza y Molina, 2008).

Las condiciones limitantes del agua en el estado de Zacatecas exigen usar eficientemente este recurso para la producción de hortalizas, el 100% del agua consumida en agricultura protegida se extrae de los acuíferos, pero el 44% de ellos están sobre explotados (CNA, 2011), lo cual exige que busquemos otras alternativas más sustentables (Padilla-Bernal *et al.*, 2012).

Los sistemas hidropónicos en sustrato tienen un porcentaje de drenaje de la solución nutritiva (SN) desde 15% después en los primeros riegos del día, hasta 40% en las horas centrales del día, con un promedio durante el día de 27% (Vázquez-Gómez *et al.*, 2009) respecto a la SN aplicada. Una alternativa sustentable para reducir el agua aplicada puede ser reusar la SN.

En los sistemas hidropónicos cerrados es más eficiente el uso del agua y los nutrientes que en los sistemas abiertos usados para el crecimiento y desarrollo de un cultivo; sin embargo, un aspecto que limita la reutilización de la SN y con esto la eficiencia en el uso del agua y de los nutrientes es la acumulación de sales que se puede presentar causando desbalance y antagonismo, así como el riesgo de diseminación de microorganismos fitopatógenos (Rosberg, 2014; Sánchez-Del Castillo *et al.*, 2014). Sin embargo, De la Rosa-Rodríguez (2014) reportó que en un ciclo de tomate de ocho meses en un sistema hidropónico cerrado, no se desarrollaron microorganismos fitopatógenos de la raíz, lo cual permite un ahorro importante de agua y nutrientes. Ante la necesidad de ahorrar agua y fertilizantes, así como mantener o incrementar el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate en invernadero con sustrato, es importante generar información al respecto.

El presente trabajo se llevó a cabo con el fin de determinar la cantidad de agua y fertilizantes aplicados en un sistema hidropónico cerrado versus uno abierto, a lo largo de un ciclo de producción de tomate, así como el rendimiento de frutos en cada sistema hidropónico, y con estos resultados determinar la productividad del agua y los fertilizantes para la producción de frutos de tomate, medidas en litros de agua y mg de fertilizante que se requieren para producir un kilo de frutos. La hipótesis de trabajo fue: En el sistema hidropónico cerrado se obtiene un ahorro de agua y nutrientes entre el 25 y 33%.

Materiales y Métodos

Lugar del experimento y tratamientos

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, en el año 2014, en dos naves de invernadero con control pasivo del clima, para probar en una nave un sistema hidropónico abierto y en otra un sistema cerrado. La conducción de la SN drenada se realizó desde macetas con 20 L de sustrato perlita hasta un reservorio para su recirculación posterior en el sistema cerrado; y en el caso del sistema abierto fue utilizada en un cultivo alterno. El porcentaje de drenaje se obtuvo en ambos sistemas con base en el volumen de SN aplicado y el drenado, posteriormente se tomó como base la cantidad de fertilizantes y agua aplicado para determinar la cantidad que salió en cada sistema. Cada repetición en cada sistema hidropónico se constituyó por 67 macetas con dos plantas



cada una; siendo en total ocho repeticiones por tratamiento. El total de plantas en los dos invernaderos fue de 2,144.

Formulación y manejo de la solución nutritiva

La SN que se utilizó se basó en la solución de Steiner (1984), con una CE de 2.0 dS m^{-1} la concentración de macronutrientes fue de 12, 1, 7, 7, 9 y $4 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$ de NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , respectivamente. La concentración de micronutrientes en la SN de Steiner fue de (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$): 5, 1.6, 0.15, 0.02 y 0.9, para Fe, Mn, Zn, Cu y B, respectivamente. La SN se aplicó mediante un sistema de fertirriego, el tiempo de riego y la duración de éstos se programaron en función de la etapa de desarrollo y las condiciones ambientales. En la etapa de producción, en promedio al día se aplicaron 35 riegos de 4 minutos cada uno. En cada planta se instalaron dos goteros de 2 L h^{-1} cada uno. La SN al ser captada en los contenedores al final de la cama era filtrada, los contenedores fueron cubiertos con plástico opaco para proteger la SN del ambiente (polvo, luz, etc.) y evitar la proliferación de algas en la SN. Así mismo, se aplicaron las medidas necesarias para prevenir problemas fitosanitarios.

Variables medidas

Se tomaron muestras de SN en cada sistema hidropónico, para determinar la conductividad eléctrica (CE), el potencial de hidrógeno (pH) y el volumen de SN aplicado y drenado. Posteriormente se obtuvo el porcentaje de SN drenada (%D). En las plantas se determinó el rendimiento de frutos, medido con base en el registro del peso de 25 cortes realizados durante el ciclo productivo del cultivo (Junio a Noviembre).

Incidencia, severidad y distribución de enfermedades

La incidencia de enfermedades se determinó en porcentaje, tomando como base el total de plantas (134); y la severidad mediante la aplicación de una escala arbitraria que constó de seis puntos 0 = planta sana, 1 = hasta 10 lesiones por planta, 2 = alrededor de 50 lesiones por planta, 3 = casi todas las hojas infectadas, 4 = toda la planta infectada; 50% del área destruida, 5 = cerca del 75% del área destruida y 6 = planta muerta.

Resultados y Discusión

En la solución nutritiva

A lo largo del ciclo se controló el volumen aplicado de la SN en goteros, fue variable dependiendo del requerimiento del cultivo, varió de 865 mL en las primeras etapas del cultivo, hasta $3.26 \text{ L maceta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en la etapa de máxima demanda, el volumen aplicado durante todo el ciclo fue de 210.7 y 289.5 m^3 para los tratamientos cerrado y abierto, respectivamente. El pH de la SN aplicada se mantuvo entre 5.5 y 6.0, y la CE entre 1.8 y 2.6 dS m^{-1} , según lo recomiendan Steiner (1968) y Lara (1999); el pH en la SN drenada tendió a disminuir el pH en ambos tratamientos (entre 5.2 y 5.6). La CE de la SN drenada se incrementó a valores de 3.1 a 5.5 dS m^{-1} , con una media durante el ciclo de 4.49 dS m^{-1} (Cuadro 1). El porcentaje de SN drenada (%D) varió de 20 a 32%, en el sistema cerrado esta cantidad de SN se reutilizó evitando su pérdida, sólo se eliminó la SN drenada en tres ocasiones, en la etapa de inicio de formación de los primeros frutos, en la etapa de plena producción y al final del ciclo, lo cual en conjunto representó sólo 0.31% de la SN aplicada; a diferencia del sistema abierto en el cual sí se perdió, por lo cual los resultados fueron diferentes entre ambos tratamientos (Cuadro 1). La cantidad de fertilizante aplicado fue 38% mayor en el tratamiento del sistema abierto. La cantidad de fertilizante perdido en la SN de drenaje fue infinitamente mayor en el sistema



DIVISIÓN II

abierto debido a que la SN drenada fue extraída mientras que en el sistema cerrado la SN drenada se reutilizaba continuamente, excepto en tres ocasiones durante el ciclo.

Rendimiento

El rendimiento de frutos fue de 19.6 y 20.8 kg m⁻², en los tratamientos cerrado y abierto, respectivamente, estos rendimientos no fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 1). El manejo del cultivo y las medidas sanitarias utilizadas fueron determinantes para lograr los rendimientos obtenidos y que la reutilización de la SN no afecta el rendimiento de un sistema hidropónico cerrado.

La productividad del agua expresada en kg de frutos por cada m³ de agua fue mayor en 26.88% en el tratamiento cerrado respecto al abierto, lo cual implica que en el sistema hidropónico cerrado se tiene un incremento en la producción de frutos de 6.21 kg por cada metro cúbico de agua respecto al sistema abierto.

La productividad de los fertilizantes para producir frutos de tomate fue mayor en el sistema cerrado, debido a que por cada kilogramo de fruto producido fueron requeridos 59.79 gramos de fertilizante en el sistema cerrado, mientras que en el abierto se requirieron 77.96 gramos de fertilizante. En el sistema cerrado se tuvo un ahorro de 18.17 g de fertilizantes para producir un kilo de frutos respecto al sistema abierto.

Sánchez del Castillo *et al.* (2014) reportan que la productividad del agua en cinco sistemas hidropónicos varió entre 27.1 a 30.4, expresada en gramos de fruto por litro de agua, lo cual es similar a lo encontrado en el presente trabajo, tampoco encontraron diferencias en el rendimiento de frutos entre los sistemas abierto y cerrado (Cuadro 1). Respecto a la productividad de los fertilizantes, Ojodeagua *et al.* (2008) reportan que se requieren 27.8 g de nutrientes (N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg) por cada kg de fruto producido, mientras que la cantidad de fertilizante encontrado en la presente investigación fue 59.79 y 77.96 g kg⁻¹ en los tratamientos cerrado y abierto; considerando que los fertilizantes usados tienen un contenido promedio de 40% de nutrientes, las cantidades de éstos corresponden a 23.91 y 31.18 g kg⁻¹ de fruto; los cuales coinciden con los reportes de Ojodeagua *et al.* (2008); ellos tampoco encontraron diferencias en el rendimiento de frutos.

Cuadro 1. Cantidad de solución nutritiva aplicada y drenada, porcentaje de SN drenada, conductividad eléctrica de la solución drenada, cantidad de fertilizante aplicado y perdido en la solución drenada, rendimiento de frutos, productividad del agua y productividad de los fertilizantes para producir tomate en un sistema hidropónico cerrado y otro abierto, en invernadero. n = 4.

Sistema	SN-A (m ³ ciclo ⁻¹)	SN-D (m ³ ciclo ⁻¹)	%D (%)	CE-SN (dS m ⁻¹)	Fer-A (kg cicl ⁻¹)	Fer-D (kg ciclo ⁻¹)	Ren (kg m ⁻²)	Pro-Agua (kg m ⁻³)	Pro-Fer (g kg ⁻¹)
Cerrado	210.7b [†]	0.9 b	0.31 b	ND [‡]	375.01b	0.0024 b	19.6 a	29.31 a	59.79 b
Abierto	289.5a	78.5 a	27.12a	4.49	518.96a	145.75 a	20.8 a	23.10 b	77.96 a
DMS	10.56	7.20	8.345		60.904	21.386	1.31	3.609	1.515

[†] Cifras seguidas con diferente letra en cada columna son diferentes al 5% de probabilidad.

[‡] ND = No determinado.

SN-A = Solución nutritiva aplicada; SN-D = Drenada; %D = Porcentaje de drenaje de la SN; CE-SN = Conductividad eléctrica de la SN drenada; Fer-A = Cantidad de fertilizante aplicado a la SN; Fer-D = Cantidad de fertilizante drenado; Ren = Rendimiento de frutos; Pro-Agua = Productividad del agua, en kg de frutos por metro cúbico de agua; Pro-Fer = Productividad del fertilizante en g de fertilizante por kg de fruto.

Incidencia y severidad de enfermedades

La presencia de enfermedades en el sustrato, la raíz y la SN fue nula en ambos tratamientos. En la parte aérea no fue un factor de importancia en la producción de tomate; sólo se detectó en el follaje la presencia del hongo *Cladosporium fulvum*, la incidencia fue de



DIVISIÓN II

0.139%. Al igual que la incidencia, la severidad fue reducida (grado 2= alrededor de 50 lesiones por planta). Las plantas enfermas se eliminaron después de su detección, controlándose satisfactoriamente el patógeno, así las pérdidas ocasionadas no fueron significativas.

Conclusiones

El rendimiento de tomate no fue diferente entre los sistemas hidropónicos con y sin recirculación de la solución nutritiva establecidos en invernadero. La producción de frutos de tomate fue de 29.31 g por cada litro de agua en el sistema hidropónico cerrado y de 23.10 g L⁻¹ en el abierto; en el sistema cerrado se tuvo un incremento en la producción de frutos de 6.21 g por cada litro de agua respecto al abierto. La cantidad de fertilizantes para producir un kilo de tomate fue de 59.79 g en el sistema cerrado y de 77.96 g en el abierto; con el sistema cerrado se tuvo un ahorro de 18.17 g de fertilizante por cada kilogramo de fruto producido.

Bibliografía

- Al-Omran, A.M., A.R. Harbi, M.A. Wahb-Allah, M. Nadeem, and A. Al-Eter. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. *Turk Journal Agriculture*. 34: 59-73.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2011. Disponibilidad del agua subterránea. Gobierno Federal. SEMARNAT.CONAGUA. México: CNA. (accessed April 2011. <http://www.conagua.gob.mx/>).
- De la Rosa-Rodríguez, R. 2014. Fitopatógenos presentes en la solución nutritiva para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un sistema hidropónico cerrado. Tesis de Licenciatura. Zacatecas, México. 83 p.
- Garza, A.M., y V.M. Molina. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Disponible en: http://www.nl.gob.mx/pics/pages/da_publicaciones_base/manual-invernaderos.pdf
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*. 17: 221-229.
- Ojodeagua, J.L, J.Z. Castellano, J.J. Muñoz, G. Alcantar, L. Tijerina, P. Vargas y S. Enríquez. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(4): 367-374.
- Padilla-Bernal, L.E., A. Lara-Herrera, E. Reyes-Rivas and O. Perez-Veyna. 2012. Competitiveness, efficiency and environmental impact of protected agriculture in Zacatecas, Mexico. *International Food and Agribusiness Management Review*. 15: 49-64.
- Quintero, M. F., C. A. González, and V. J. Florez-Roncancio. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cut-flower industry in Colombia. *Acta Hort.* 718: 499-506.
- Rosberg, A.K. 2014. Dynamics of root microorganisms in closed hydroponic cropping systems. Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science. Thesis doctoral. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 2014:51
- Sánchez-Del Castillo, F., E.C. Moreno-Pérez, J. Pineda-Pineda, J.M. Osuna, J.E. Rodríguez-Pérez, y T. Osuna-Encino. 2014. Producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Agrociencia* 48: 185-197.
- SIAP STATISTICS. 2013. Crops data [En línea]. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. In: *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute*. Florence, Italy.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*. Wageningen, The Netherlands.
- Vázquez-Gómez, V., S. Villalobos-Reyes y J.Z. Castellanos. 2009. Manejo del riego en sustratos. pp: 157-186. In Castellanos, J.Z (ed). *Manual de producción de tomate en invernadero*. INTAGRI. 1ra edición. Celaya Guanajuato.



ANÁLISIS FLORAL Y FOLIAR PARA VARIEDADES DE DURAZNO CULTIVADAS EN CHIHUAHUA

Meza-Estrada, A.V.¹; Ojeda-Barrios, D.L.^{2*}; Hernández-Rodríguez A.³; Núñez-Barrios, A.², Ruiz-Anchondo T² y Cano-Medrano R⁴

¹Afiliación de Posgrado/ Maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

²Docente investigador (a). Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

³Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Cuauhtémoc.

⁴ Docente –Investigador. Centro de Fruticultura. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo de México.

* Autor responsable: dojeda@uach.mx. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria S_N Campus 1, Chihuahua, Chih. México. CP. 31000. Tel. (614)-439-18-44 ext. 3134

Resumen

Con el objetivo de evaluar el estado nutrimental en flores y hojas de durazno *Prunus persica* (L.) Batsch de las variedades cultivadas en Chihuahua: Baby Gold 8, Autumn Lady, Catherin, Fairtime y Carnnaval que son de tipo prisco; además de Baby Gold 5 y Arkansas que son de hueso pegado, se realizó este trabajo durante el ciclo P/V 2010 en la Huerta Sacramento ubicada en el Km 40 Carretera Panamericana Chihuahua – Sauz. Se seleccionaron diez árboles por variedad de acuerdo a su área seccional del tronco. Se realizaron cuatro muestreos foliares entre los 100 y 125 días después de floración. La muestra foliar estuvo compuesta de 60 hojas (junto con el peciolo) de los árboles seleccionados dentro del huerto. También se recolectaron 200 flores en plena floración para el análisis nutricional de los pétalos. El estado nutrimental del durazno se determinó comparando los resultados de los análisis foliares con valores reportados anteriormente por diferentes autores. No se detectaron diferencias significativas entre las variedades, el Zn y el N fueron nutrientes por abajo del nivel de suficiencia. En el análisis foliar la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para K, Ca, Mg, N, Cu, Fe, Mn y Fe en comparación a las demás variedades. Se reportan los valores para concentración de nutrientes en pétalos de flores de durazno y se sugiere que el análisis de flor puede ser utilizado para diagnosticar el estado nutricional de los árboles.

Palabras clave

Prunus persica, nutrientes, clorofila, salinidad

Introducción

Chihuahua ha sido siempre uno de los principales estados productores de Durazno (*Prunus persica* L.) Batsch en el país (SAGARPA, 2010). Produce cerca del 10% de los duraznos en México, colocándose en el cuarto lugar nacional, después de Zacatecas, Michoacán y Estado de México (SIAP, 2015). Destaca la región de Casas Grandes, que produce 4 de cada 5 duraznos en el Estado. Actualmente esta zona cuenta con una superficie aproximada de 3,000 ha establecidas con árboles de durazno, la producción es de más de un millón de cajas



DIVISIÓN II

anualmente y es el principal productor en el país de durazno prisco, de pulpa blanda que se destina casi en su totalidad para el mercado en fresco (SIAP, 2010). Para un adecuado crecimiento y productividad del durazno es importante tener en cuenta las necesidades nutricionales de este, según la etapa fenológica (Cadahia, 2005).

El estado nutricional es un factor importante para la calidad al momento de la cosecha como en la vida postcosecha de varios frutales. Es bien sabido que las deficiencias, excesos o desequilibrios de varios nutrientes generan desordenes que pueden limitar la vida de almacenamiento del fruto (Kader, 2007).

La nutrición mineral en los árboles se ve reflejada en la sanidad, rendimiento y calidad del producto. Dichos elementos son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B).

La concentración de los nutrimentos varía de acuerdo a la edad de las hojas y al crecimiento del fruto. Por ejemplo, después de la primera etapa de crecimiento de fruto el N, P, y K tienden a disminuir significativamente durante la segunda y tercera etapa de crecimiento del fruto. Lo opuesto ocurre con el Ca y el Mg. Similarmente al N, P y K, el Fe, Cu, Zn, Mn y B tienden a disminuir durante la segunda y tercera etapa de crecimiento del fruto.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se efectuó durante el ciclo P/V 2010 ubicado en la Huerta Sacramento Km 40 de la carretera Panamericana Chihuahua- El Sauz. El sitio se encuentra a 28° 30' latitud Norte y 106°04' longitud Oeste, a una altitud de 1433 msnm con 336.5 mm⁻¹ de precipitación anual (CITA). Con el propósito de realizar el diagnóstico de nutrición foliar y floral, así como de rendimiento, se seleccionaron diez árboles por variedad de acuerdo al área seccional del tronco. Para determinar le estado nutricional se realizaron cuatro muestreos foliares entre los 100 y 125 días después de floración.

La muestra foliar estuvo compuesta de 60 hojas sanas (sin daño por plagas o enfermedades) y maduras, conservando el peciolo, se tomaron de la parte medio de los brotes del año y de la parte media de la copa de 10 árboles sanos seleccionados de acuerdo a su área seccional. En plena floración se recolectaron 200 flores para determinar realizar el análisis nutricional de los pétalos. Las muestras tanto de pétalos como de hojas se identificaron perfectamente para posteriormente lavarse, secarse y tamizar y posteriormente se colocaron en la estufa a una temperatura constante de 60°C durante 24 h. Las muestras secas se molieron en un molino Wiley, y se tamizaron por la malla 20.

Las muestras foliares y florales se emplearon para determinar el contenido de N como nitrógeno total (Nt), empleando la técnica Micro-Kjendal. Por medio de una digestión triácida y absorción atómica se midieron los contenidos de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn. De la misma digestión se procedió a leer fósforo por medio de espectrofotometría UV – visible a 470nm. Se tomó 1 g de cada muestra seca, se colocaron en un vaso de precipitado de más de 50 ml y se adicionó 25 ml de mezcla triácida, se dejaron reposar las muestras por lo menos 8 h, pasado este tiempo se llevaron a la estufa, se dejaron digerir hasta que la muestra paso de un color naranja fuerte a transparente, las muestras fueron recuperadas agregando agua tridestilada y dejando filtrar por completo en matraces de 50 ml para determinar elementos; después se tomaron 1 ml de muestra y se pasó a un matraz de 100 ml para aforar con agua tridestilada y determinar elementos mayores.

La diferencia entre medias de los tratamientos fueron comparados utilizando el test LSD al 95% con ayuda del programa SAS version 2007. Finalmente, los niveles de significancia fueron representados por * a P<0.05 y N.S. como no significativo.



Resultados y Discusión

De acuerdo con el contenido nutrimental promedio de árboles de durazno reportados por Ballinger et al., (1966), Westwood (1982), Jones et al., (1991) y Johnson (1993) se encontró una correlación significativa entre los valores reportados y los encontrados en este trabajo, de acuerdo con los valores reportados para potasio (K) están dentro de la dosis optima sin embargo no se encontró que fueran significativos entre tratamientos, para las variables de calcio (Ca) y magnesio (Mg) los valores están cercanos a la dosis optima reportada y se encontró que los valores fueron significativos entre las diferentes variedades de durazno (Guerrero-Acosta et al.,2005).

El contenido nutrimental del follaje del cultivo comparado con los intervalos de suficiencia reportados por diferentes autores, indico que los nutrimentos analizados están en una condición normal y se acercan mucho al rango normal, el nitrógeno es el único nutrimento que se encontró por abajo del rango de suficiencia (Guerrero-Acosta et al.,2005).

Cuadro 1 Medias de la variable referente a la concentración de macronutrientes en durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	K	Ca	Mg	N
	%			
Arkansas F106	1.99 a	1.43 c	0.33 a	0.017 a
Baby G8 F81	1.60 ab	1.19 c	0.27 abc	0.017 a
Catherin F103	1.14 b	1.15 c	0.16 c	0.016 a
Baby G5 F127	1.99 a	1.51 bc	0.34 a	0.017 a
Auttum L F73	1.51 ab	1.40 bc	0.22 bc	0.017 a
Carnival F102	1.65 ab	2.36 a	0.30 ab	0.018 a
Fairtime F97	0.98 b	1.97 ab	0.19 bc	0.016 a
Pr>F	N.S.	*	*	N.S.

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

En el análisis del contenido nutrimental de Cu, Fe, Mn y Zn se encontró que los valores están dentro de los rangos normales reportados por otros autores Ballinger et al., (1966), Westwood (1982), Jones et al., (1991) y Johnson (1993), el Zn fue el único nutrimento que presenta valores por abajo del rango de suficiencia. Tomando en cuenta lo anterior, en durazno, el N, P, K y Zn disminuyen con la edad; en cambio el Ca, Mg, Fe y Mn no lo hacen.



DIVISIÓN II

Cuadro 2 Medias de la variable referente a la concentración de micronutrientes en durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg·kg ⁻¹			
Arkansas F106	7 b	101.66 ab	31 b	15.5 ab
Baby G8 F81	12 ab	113 a	44.66 a	17.66 a
Catherin F103	8.33 b	108.33 ab	32.83 b	14 bc
Baby G5 F127	14.33 a	110 ab	33.66 b	14 bc
Auttum L F73	11 ab	99 b	28 b	13.16 bc
Carnival F102	9.66 ab	102.16 ab	32.33 b	11.66 c
Fraitime F97	7.83 b	110.5 ab	31.66 b	11 c
Pr>F	N.S.	N.S.	*	*

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

El análisis de pétalos de flores ha sido propuesto para varios frutales (*Citrus unshi Marc*) y (*Prunus pérsica* L.) como una herramienta para predecir el estado nutrimental del árbol (Gui, y otros, 2014). En este trabajo las concentraciones de nutrimentos en las flores fueron evaluados durante el 2010 y se correlacionaron con la concentración nutrimental de las hojas y nos muestra que el análisis de pétalos de flores podría ser utilizado como un indicador del estado nutricional en los árboles de durazno (Gui, y otros, 2014) Los valores de concentración nutrimental de K, Ca, Mg, y N en pétalos de flores de durazno de siete variedades cultivadas en Chihuahua se muestran en el Cuadro 3. El contenido nutrimental de la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para K, Ca, Mg y N en comparación a las demás variedades.

Cuadro 3 Medias de la variable referente a la concentración de macronutrientes en los pétalos de flores de durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	K	Ca	Mg	N
	%			
Arkansas F106	1.4500a	0.1950a	0.2650a	2.3254a
Baby G8 F81	0.7000b	0.1150a	0.2650a	2.4100a
Catherin F103	1.1000a	0.2550a	0.2550a	2.5294a
Baby G5 F127	1.3500a	0.2450a	0.1350b	2.5294a
Auttum L F73	1.6500a	0.1550a	0.3050a	2.5294a
Carnival F102	1.4500a	0.2550a	0.2800a	2.4886a
Fraitime F97	1.6500a	0.1300a	0.2900a	2.4886a

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

El contenido nutrimental de la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para Cu, Fe, Mn y Fe en comparación a las demás variedades.



DIVISIÓN II

Cuadro 4 Medias de la variable referente a la concentración de micronutrientes en los pétalos de flores de durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg·kg ⁻¹			
Arkansas F106	21.00ab	112.00a	19.50a	35.00ab
Baby G8 F81	7.50c	57.50c	12.50b	22.00c
Catherin F103	13.00ab	98.00b	19.50a	27.00c
Baby G5 F127	19.50ab	122.50a	19.50a	33.50
Auttum L F73	10.50b	66.50bc	14.50b	30.00ab
Carnival F102	46.00a	139.00a	22.50a	42.50a
Fraitime F97	11.00bc	83.50b	17.50ab	25.50c

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

En un estudio se compararon las deficiencias nutrimentales bajo dos métodos de análisis: intervalos de suficiencia y DRIS, encontrando que solo en el primero se encontró deficiencia de Zinc mientras que en DRIS se encontró variación de Mg, Zn, Ca, y N (Guerrero Acosta, y otros, 2005) por lo que puede considerarse necesario analizar por medio de DRIS para generar recomendaciones más certeras, por otra parte las variaciones en el contenido de nutrientes en hojas puede deberse a condiciones ambientales así como patrones del cultivo en cuestión pero estas deficiencias pueden corregirse si las prácticas de fertilización en cuanto a dosis, aplicación y momento fenológico se revisan en función de las necesidades fisiológicas (Milosevic, Milosevic, Glisic, Boskovic-Rakocevic, & Milivojevic, 2013). En *Citrus unshi Marc.* se observó una correlación significativa en las concentraciones de K, Mn, Cu, Ca y B en flores y hojas, de esta forma se sugiere considerar el análisis nutrimental en flores como un método temprano de diagnóstico (Gui, y otros, 2014)

Los análisis florales son una importante herramienta para realizar pronósticos nutricionales, complementando al análisis foliar beneficia a los productores pues permite idear estrategias de fertilización a tiempo y evitar pérdidas de rendimiento y disminución de calidad de fruto (Pestana, de Varennes, Goss, Abadía, & Araújo Faria, 2004), sin embargo no deja de cuestionarse la utilidad neta del análisis floral y su aportación a describir el estado nutricional de frutales pues en olivo se observó la correlación de la concentración entre macro y micronutrientes en flores y hojas de olivo, concluyendo que el análisis de flores no sustituye bajo ninguna circunstancia el análisis de hojas (Fernández Hernández, Beltrán, & Fernández Escobar, 2007).

Conclusiones

El estado nutrimental foliar del durazno para las variedades Baby Gold 8, Auttumn Lady, Catherin, Fairtime y Carnnaval, Baby Gold 5 y Arkansas fue semejante a los valores reportados anteriormente por otros autores, se detectaron valores por abajo del nivel de suficiencia para N y Zn. En el análisis foliar la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para N, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Fe en comparación a las demás variedades. El análisis nutricional de flores (pétalos) podría ser utilizado como un indicador del estado nutricional en árboles de durazno.



Agradecimiento

Este trabajo forma parte del proyecto: DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL, DE RIEGO Y ENFERMEDADES PARA EL DURAZNO EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA CHIH-2009-CO2-127387. Apoyado por Fondo Mixto CONACYT Gobierno del Estado de Chihuahua.

Bibliografía

- Cadahia, C. (2005). *Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales* (3a ed.). España: Ediciones Mundi-prensa.
- Fernández Hernández, A., Beltrán, G., & Fernández Escobar, R. (2007). Floral analysis cannot be considered as an alternative to the foliar diagnosis in the olive. *Scientia Horticulturae*, 23-26.
- Guerrero Acosta, R., Avelar Mejía, J., Lara Herrera, A., Rumayor Rodríguez, A., Llamas Llamas, J., & Hernández Martínez, J. (octubre-diciembre de 2005). Comparación preliminar de dos métodos de diagnóstico nutrimental en durazno, en Zacatecas, México. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 563-569.
- Gui, H.-P., Tan, Q.-L., Hu, C.-X., Zhang, Y., Zheng, C.-S., Sun, X.-C., & Zhao, X.-H. (2014). Floral analysis for Satuma mandarin (*Citrus unshi* Marc.) nutrient diagnosis based on the relationship between flowers and leaves. *Scientia Horticulturae*, 51-56.
- Kader, A. (2007). *Tecnología poscosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Regentes de la Universidad de California.
- Milosevic, T., Milosevic, N., Glisic, I., Boskovic-Rakocevic, L., & Milivojevic, J. (2013). Fertilization effect on trees and fruits characteristics and leaf nutrient status of apricots which are grown at Cacak region (Serbia). *Scientia Horticulturae*, 112-123.
- Pestana, M., de Varennes, A., Goss, M., Abadía, J., & Araújo Faria, E. (2004). Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. *Plant and Soil*, 287-295.
- SAGARPA. (2010). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido de www.sagarpa.gob.mx
- SIAP. (13 de agosto de 2010). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de www.siap.gob



USO DE GALLINAZA EN LA PRODUCCION DE AMARANTO EN EL ESTADO DE PUEBLA, MEXICO.

Oliver Guadarrama R.^{1*}; Granjeno-Colin A. E.¹; Bahena Galindo M. E.¹.

¹Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor responsable: oliverrogelio@hotmail.com; Calle Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP 62209; Tel. +52(7777)-3297029

Resumen

La producción de Amaranto en el estado de Puebla es la principal actividad para los campesinos debido a que este producto es de suma importancia por sus características nutritivas, económicas y culturales. Para la realización de este proyecto se plantearon como objetivos: Evaluar el rendimiento y desarrollo del cultivo de amaranto con gallinaza y zeolita, y determinar los cambios físico-químicos del suelo durante la presiembra y la poscosecha provocados por la gallinaza.

El experimento se realizó en el municipio de Tochmilco, en el centro-oeste del estado de Puebla. Se montaron parcelas experimentales completamente al azar, bajo el régimen de temporal, fertilizadas con gallinaza y zeolita

Como resultados se tiene que el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento fue el gallinaza con zeolita (2200 kg/ha), seguido de la gallinaza (1910 kg), testigo (1502 kg/ha) y con zeolita con (1357 kg/ha). En la determinación de los resultados edáficos físicos, estos no mostraron cambios, sin embargo en las químicas se observan cambios sobre todo en la materia orgánica, carbono y nitrógeno.

Palabras clave

Amaranto, Abono, gallinaza

Introducción

El Amaranto fue una de las primeras plantas que alimentaron al hombre, es un cultivo muy antiguo mesoamericano altamente valorado por los pueblos prehispánicos, los Aztecas, los Mayas y los Incas lo utilizaban como parte importante de su alimentación, así como en rituales y festividades. El cultivo del Amaranto dentro de las actividades agrícolas disputaba en importancia con el cultivo de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Curcubita maxima*) y de chía (*Salvia hispanica*) (Subia, 2012).

Una alternativa para la disminución del impacto ambiental que sufre el suelo en la agricultura es la incorporación de productos orgánicos, para aumentar el contenido de materia orgánica y como fuente de nitrógeno para los cultivos. La incorporación de dichos abonos orgánicos es una práctica que está cobrando cada vez más importancia por sus comprobados efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas.



El consumo de amaranto, disminuye el colesterol y los triglicéridos, mejora el metabolismo de la glucosa y de los lípidos y aumenta la concentración de fósforo en los huesos; este cultivo tiene varios usos como la elaboración de películas biodegradables y alimentos libres de gluten, su uso en México se basa en la elaboración de una amplia variedad de alimentos, como la confitería (alegría) y bebidas tradicionales. Esto lo hace un elemento importante para resolver problemas alimentarios que enfrenta actualmente nuestro país, sugiriéndolo como cultivo alternativo para la alimentación de poblaciones tanto rurales como urbanas (Taboada y Oliver, 2003).

Materiales y Métodos

Área de estudio:

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tochimilco en la parte centro-oeste del estado de Puebla; ubicado entre los paralelos 18°49'12" y 19° 02' 54" de latitud norte y los meridianos 98°31'42" y 99° 43' 00" de longitud occidental. Presenta una altitud de 2060 msnm y colinda al norte con el municipio de San Nicolás de los ranchos al sur con Atzizihuacan y Cohuecan, al este con Tianguismanalco y al oeste con el estado de Morelos. Su superficie territorial es de 233.45 km. Cuenta con 17 localidades, entre las que sobresalen por su tamaño la cabecera municipal, San Antonio Alpanocan, Magdalena Yacuitlalpan, San Miguel Tecuanipan, Santa Cruz Cuautomatitla y San Lucas Tulcingo (Chávez y Trigo, 1996)

Se realizaron dos muestreos edáficos a una profundidad de 0-30 cm uno antes de la preparación del terreno y otro después de la cosecha por cada tratamiento para llevar a cabo sus análisis físicos y químicos en el laboratorio.

Preparación del terreno este se realizara de manera tradicional, un barbecho y una rastra.

La siembra se realizó en forma mateada en el mes de junio. Esta técnica consiste en tomar un puño de semilla mezclada con suelo y caballaza y depositándola cada 25 cm sobre el borde del surco.

La gallinaza se aplicó 30 días después de la siembra cuando la planta alcanzo aproximadamente 20 cm de altura, utilizando gallinaza a una dosis de 150kg/N/ha; así mismo se aplicó una combinación de gallinaza y zeolita, esta última como sustrato para una mejor absorción de nutrientes.

En cosecha, se cortaran las panojas de amaranto de manera manual, cortando por tratamiento y dejando sobre el surco durante un mes aproximadamente para su secado. El trillado se hará con tractor, posteriormente se azota hasta que la panoja ya no tenga semilla, posterior a esto la semilla se pasara por un tamiz para eliminar los residuos de la planta.

Para el análisis edafológico se realizaron dos muestreos uno antes de la siembra y el otro después de la cosecha a una profundidad de 0-30 cm. Para el segundo muestreo se realizara de las parcelas con los diferentes tratamientos, posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio en donde se analizaron los siguientes parámetros físicos:

Color del suelo seco y húmedo, densidad aparente y real, textura. Y los parámetros químicos: Ph. Materia orgánica, carbono y nitrógeno (Aguilera y Domínguez, 1982).

Resultados y Discusión

En la producción de amaranto se observa el efecto de la gallinaza que aplicada sola o combinada con zeolita, se obtiene los mejores rendimientos, rebasando la producción promedio que es de 1.5 kg/ha (Figura 1)

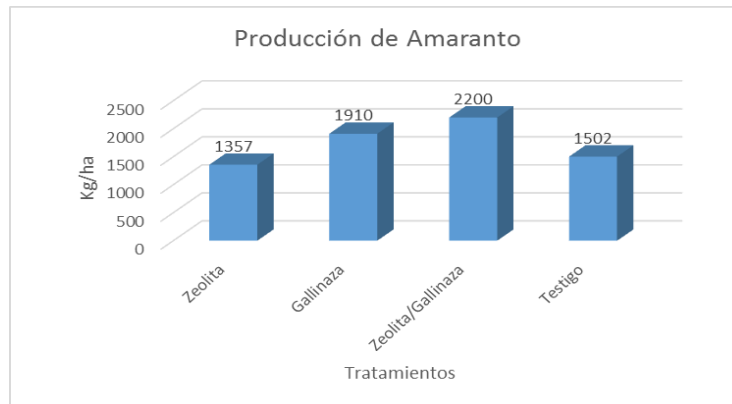


Figura 1, Producción de amaranto con abonos.

Con respecto a los resultados de las muestras de suelos, en la presiembra y poscosecha, se muestran en el Figuran 2 y 3. El color de las muestras de suelo, fue pardo amarillento oscuro en seco y en húmedo fue pardo oscuro y la textura franco arenosa en ambos muestreos.

Parámetros Físicos

Los resultados de los análisis edáficos de de los muestreos presiembra y poscosecha No registraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros.

Profundidad (cm)	Resultados Presiembra	ABONOS ORGANICOS			
		Gallinaza	Gallinaza zeolita	Zeolita	Testigo absoluto
Densidad aparente (g/cc)					
0-30	0.92	1.18	1.18	1.16	1.14
Densidad real (g/cc)					
0-30	2.6	2.57	2.66	2.36	2.1
Porosidad (%)					
0-30	66%	54.25	54.6	54.3	50

Figura 2, Parámetros físicos

Las características químicas fueron: el Ph, este fue moderadamente ácido en ambos muestreos; con respecto a la materia orgánica hay un aumento cuando se abonó con gallinaza y el carbono y nitrógeno también.

DIVISIÓN II

Parámetros Químicos

Los resultados de los análisis edáficos de los muestreos presiembra y pososecha No registraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros y en ninguno de los tratamientos.

Profundidad (cm)	Resultados Presiembra	ABONOS ORGANICOS			
		Gallinaza	Gallinaza zeolita	Zeolita	Testigo absoluto
Ph					
0-30	5.3	5.3	5.4	5.1	5.2
Materia orgánica (%)					
0-30	2.3	4.5	4.6	3.8	1.8
Carbono (%)					
0-30	1.82	2.4	2.4	1.8	1.0
Nitrógeno (%)					
0-30	0.085	0.106	0.106	0.085	0.047

Figura 3, parámetros químicos

La proporción relativa de la fracción de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo se llama textura del suelo. Está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio poroso. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y disponibilidad de la humedad, la aireación la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración de la raíz. (FAO, 2000)

Esto da como resultado una textura franco para los tratamientos usados, a pesar de que se le incorpora materia orgánica durante el cultivo, el suelo se está perdiendo ya que son terrazas y tienen una pendiente que durante las lluvias arrastra el suelo, para remediar esta se hicieron canaletas a los lados de las terrazas, esto con el fin de desviar el agua.

La materia orgánica almacena nutrientes para las plantas, está compuesta de complejos que contienen carbono. Los átomos de carbono, al contrario de otros elementos, forman cadenas largas de forma natural. Estas proporcionan un almacén al que se adhieren otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre para constituir la amplia serie de compuestos orgánicos necesarios para la vida. (Plaster, 2000)

La cantidad de materia orgánica del suelo depende del equilibrio entre las entradas y las pérdidas de la misma en el suelo debido al uso de este. (Plaster, 2000), el contenido de la materia orgánica depende de muchos factores cuyos efectos pueden manifestarse en forma individual o colectiva (Cajuste, 1977). En esta investigación a pesar de que la planta de amaranto

Conclusiones

Aplicando gallinaza se obtiene un rendimiento aceptable y las características químicas del suelo, se conservan y aumenta la materia orgánica.

Las características físicas no muestran cambios, para ello se requiere que se aplique de manera constante abonos orgánicos, durante varios años.



Bibliografía

- Aguilera H. N. y V. I Domínguez R. Metodología de análisis físico-químicos de suelos. Laboratorio de Edafología. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F: 34 p.
- Cajuste L.J. 1977. Química de los suelos con un enfoque agrícola. Rama de suelos colegio de posgraduados Chapingo, México. Pp 278
- Chávez C. J. M. Y N. Trigo B. (monografías municipales) (1996) Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco. P. 273
- FAO 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma. Pp. 10
- Plaster E. J. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo, Paraninfo, España pp. 419
- Subía G. C. R. 2012 Caracterización Agronómica, Bromatológica, Isoencimática y Radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (*Amaranthus spp.*) colectados en las principales áreas de producción de México. Colegio de postgraduados. Montecillo Texcoco, Edo. de México. 40 p.
- Taboada, S. M. y Oliver, G., 2003. Aspectos climáticos, edáficos y agrícolas. En: Barreto, S. M. P., M. Taboada S., R. Oliver G. y F. Bonilla H. (Edits.) El cultivo de amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 35p.



GERMINACIÓN DE CHILE PIQUÍN BAJO DIFERENTES AMBIENTES FÍSICO-QUÍMICOS EN CD JUAREZ, CHIHUAHUA

Osuna-Ávila, P.^{1*}; López-Rodríguez, E.; Corral-Díaz B.¹ Flores-Margez, J. P.¹; Olivas, E. E.¹

¹Universidad Autónoma de Cd Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

*Autor responsable: posuna@uacj.mx; Calle Plutarco Elías Calles Núm. 1210, Col. FOVISSSTE, Cd Juárez, Estado Chihuahua. País México. CP 32310; Tel. +52(566)-308-0153

Resumen

El chiltepín (*Capsicum annuum* var *glabrusculum*) es un chile silvestre que se extiende a nivel internacional en el sazón de alimentos y el uso de medicina tradicional. La semilla germina naturalmente solo después de ser ingerida por aves que contribuyen a su distribución y germinación lo que dificulta su domesticación. Con el objetivo de estimular la germinación se evaluó el efecto de factores físico-químicos con el ácido clorhídrico, nitrato de potasio grado reactivo, grado fertilizante y temperatura en la tasa de germinación de la semilla de chile chiltepín de Cumpas, Sonora. El nitrato de potasio y el ácido clorhídrico fueron los únicos en mostrar un efecto favorable en la germinación de la semilla de chile chiltepín en condiciones controladas de laboratorio. El empleo de estos compuestos podría contribuir a lograr la domesticación del cultivo, salvaguardar la especie en su ecosistema y estrechar más su relación social y económica en sus comunidades que dependen de su cosecha.

Palabras clave

Escarificación; aves; ancestro del chile

Introducción

El chile silvestre conocido principalmente como chiltepín o chile piquín es considerado el ancestro del chile (González *et al.*, 2011; Pagán *et al.*, 2010) y se extiende principalmente en el sur de Estados Unidos, norte de México y en el norte de Sudamérica (González *et al.*, 2011). La semilla de chile chiltepín presenta una latencia que ocasiona una baja germinación debido a que contiene una capa externa dura que la hacen impermeable, limitando la absorción de humedad (Rodríguez *et al.*, 2004). Existe una gran dificultad para comenzar a cultivar la planta de chiltepín debido a que la semilla presenta un tiempo muy largo y una germinación muy baja (Andrew, 1995). García *et al.* (2010) reporta una máxima de 47% y una menor al 5% durante el primer mes según Rodríguez *et al.* (2004). La semilla presenta mayor germinación y menor tiempo de espera si antes es digerida por aves, quienes en su tracto digestivo ablandan química y físicamente la cubierta de la semilla lo que acelera la germinación (Andrew, 1995). Para romper la dormancia de las semillas de chiltepín se ha reportado el uso de algunos ácidos como el sulfúrico o clorhídrico. Estos ácidos logran simular el paso de la semilla por el tracto digestivo de las aves que consumen el fruto, donde el efecto de este tratamiento depende de la cubierta seminal. Rodríguez *et al.* (2004) afirman que la inmersión de semillas de chile piquín en ácido clorhídrico al 5% y 2% durante 30 y 15 min aumenta la germinación, siendo la mejor opción al 5% durante 30 min que aumenta el porcentaje hasta un 11%. Andrade-Rodríguez *et al.* (2008) sumergen las semillas de papayo en soluciones de nitrato de potasio 1 M durante un



lapso de 30 min para mejorar su germinación aproximadamente en un 8%. Los efectos observados con nitrato de potasio son bien conocido en otras especies. Se cree que este compuesto suplen los requerimientos del sistema de fitocromo en semillas fotobásicas caracterizados en algunos mecanismos de latencia fisiológica (Magnitskiy y Ligarreto, 2007). Por lo tanto, el presente trabajo aborda el estudio de alternativas que garanticen la germinación al emplear tratamientos con alternancias de temperatura y de sustancias como ácido clorhídrico y nitrato de potasio. Esto con el fin de preservar la especie y auxiliar la producción comercial, lo que llevara a beneficios económicos tanto para el productor como el consumidor de chile chiltepín.

Materiales y Métodos

Tratamiento de semillas

Ácido clorhídrico

Se colocaron cuatro grupos de 20 semillas de chile chiltepín en concentraciones de 5% y 10% de ácido clorhídrico (ACS, JT Baker®) durante 15 y 30 min (Rodríguez *et al.*, 2004). Las diluciones se hicieron bajo una campana de extracción.

Nitrato de potasio

Empleando nitrato de potasio (ACS, Caisson Labs®) se prepararon tratamientos de concentraciones 0.5, 1.0 y 1.5 M y se sumergieron cuatro grupos de 20 semillas de chile chiltepín durante un lapso de 30 minutos. Este procedimiento luego fue repetido con nitrato de potasio grado comercial a la concentración 1.5 M (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008).

Tratamiento con Calor

En un baño maría (Lab-line®, mod. 18800) fueron colocadas cuatro grupos de 20 semillas de chile chiltepín en agua destilada a 70°C durante los lapsos de tiempo de 7, 14 y 21 min (Araiza *et al.*, 2011).

Resultados y Discusión

Ácido clorhídrico

El efecto del ácido clorhídrico en la germinación de las semillas fue no significativo ($p < 0.05$) en los tratamientos estudiados (Tabla 1). El máximo porcentaje fue de 43.33% y se observa que el porcentaje de germinación se incrementa conforme la concentración de ácido clorhídrico (HCl) y el tiempo sumergido se aumenta. Es recomendable considerar aumentar las concentraciones en futuros estudios, para mejorar los resultados en este ecotipo de chiltepín. El tratamiento de 10 % por 30 min en la solución, supero casi al doble a la germinación del grupo control. En general, los resultados indican una tendencia que los tratamientos ensayados con este producto superan al control. El rango del porcentaje oscilo entre 25% al 43.33% contra el control con un 23.33% a los 50 días de observación. Para longitud de raíz y altura del tallo no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Esto, indica que una vez estimulada la germinación, el crecimiento de la plántula siguió su curso alcanzando la uniformidad de la plántula en todos los tratamientos, incluyendo al control; con promedios de 2.01 a 2.1 cm de tamaño de tallo y de 2.29 a 3.11 cm en raíz. Se observa que la raíz presenta un mayor tamaño que el tallo en todos los tratamientos evaluados. El tratamiento con ácido clorhídrico actúa en diferentes factores de la planta, ya que además de escarificarlas logra eliminar impurezas. Este ácido logra simular el



DIVISIÓN II

paso de la semilla por el tracto digestivo de las aves que consumen el fruto y se han reportado incrementos de hasta un 11% al sumergirlas en concentraciones de 5% y 2% por diferentes periodos (Rodríguez *et al.*, 2004).

Tabla 1. Germinación de semillas de chile chiltepín tratadas ácido clorhídrico.

Concentración de ácido clorhídrico (%)	Número de semillas	Germinación (%)
5 (15) *	80	25.00±34.64 ^a
5 (30)	80	30.00±22.91 ^a
10 (15)	80	41.25±30.10 ^a
10 (30)	80	43.33±10.40 ^a
Control (30)**	80	23.33±10.40 ^a
Nivel de significancia	-	0.767

*Tiempo sumergidas en minutos **Agua a temperatura ambiente. Se observan en superíndice los niveles de significancia, donde letras iguales corresponden a tratamientos que no presentaron diferencia y el valor con ± indica la desviación estándar.

Nitrato de potasio

La tasa de germinación más alta se presentó en las semillas tratadas con nitrato de potasio 1 M durante los 50 días de observación (Tabla 2) con un 65%, a pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0.111$). Sin embargo, las tendencias de la germinación se inclinan a que el tratamiento de 1 M podría ser el mejor ya que supera en un 41.7% la germinación del grupo control. Numéricamente, tanto el grado reactivo como el del fertilizante tienen una influencia positiva en la germinación del chile chiltepín de Cumpas, Sonora.

Tabla 2. Germinación de semillas de chile chiltepín tratadas con nitrato de potasio.

Concentración Nitrato de potasio (M)	Número de semillas	Germinación (%)
0.5	80	46.25±32.24 ^a
1.0	80	65.00±33.41 ^a
1.5	80	60.00±33.41 ^a
1.5*	80	50.00±23.80 ^a
Control**	80	23.33±10.40 ^a
Nivel de significancia	-	0.111

*Concentración a partir del producto comercial **Agua a temperatura ambiente durante 30 min. Se observan en superíndice los niveles de significancia, donde letras iguales corresponden a tratamientos que no presentaron diferencia y el valor con ± indica la desviación estándar.

No se detectó diferencia en la longitud de la raíz bajo diferentes tratamientos. Lo que hace suponer que no hay efecto del KNO_3 sobre el crecimiento de la raíz. En contraste en los



DIVISIÓN II

tratamientos ensayados con nitrato de potasio grado reactivo, se encontró una diferencia altamente significativa ($p > 0.01$) con respecto a la longitud del tallo. Estos resultados coinciden ya que las mayores alturas de la plántula corresponden a los mejores tratamientos en el porcentaje de la germinación. El efecto del fertilizante comercial no muestra el mismo efecto que el de grado reactivo, al tener una respuesta similar a la germinación del control. Este resultado supera a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2004) quienes obtuvieron un aumento de un 8% en la tasa de germinación de las semillas de papayo en soluciones 1 M durante el mismo lapso de tiempo. El mecanismo de acción del nitrato de potasio como estimulante en la germinación de semillas aún no ha sido bien entendido. Sin embargo, Magnitskiy y Ligarreto (2007), afirman que el efecto del nitrato de potasio, suple los requerimientos básicos del sistema de fitocromo de las semillas relacionado con las necesidades de luz para germinar.

Experimento 3 tratamientos con calor

El tratamiento de las semillas de chiltepín con calor, la germinación fue drásticamente reducida en todos los tratamientos estudiados (Tabla 3). No se realizó un análisis estadístico de los datos, al observarse que los valores del control superaban casi al triple en la tasa de germinación.

Tabla 3. Germinación de semillas de Chile chiltepín tratadas con calor.

Tiempo (min)	Número de semillas	Germinación (%)
7	80	1.25
14	80	1.25
21	80	0
14*	80	3.75

*Control a temperatura ambiente

Los resultados sugieren reducir la temperatura a diferentes tiempos, ya que esta técnica ha tenido respuestas positivas en la germinación de otros ecotipos. La germinación de las semillas ensayadas, fue detenida justo en los primeros indicios de la etapa de la germinación, es decir no alcanzaron la formación de estructuras del tallo. Según García *et al.* (2010) las semillas de Chile piquín aumentan su germinación al ser introducidas en agua a 50°C durante 5 min. Es posible considerar que la temperatura a la que se sometieron las semillas de Cumpas, Sonora les afectó, en lugar de beneficiar el proceso de germinación. Quizás, hubo desnaturalización de sus enzimas ya que tanto el de menor tiempo de inmersión (7 min) como la temperatura empleada en este estudio (70°C) supera en unidades a lo registrado por dicho autor. Esto trajo como consecuencia una baja tasa de germinación y el crecimiento del embrión (Fernández y Johnston, 2006).

Conclusiones

Los porcentajes de germinación en los experimentos ensayados con ácido clorhídrico, nitrato de potasio y con calor no fueron estadísticamente diferentes al compararse con el tratamiento control en la etapa de la germinación. Los resultados indican que la tendencia de las concentraciones más altas de HCl 10% (30 min) proporcionaron las más altas tasas de



germinación que podrían considerarse para futuros ensayos con el chiltepín de Cumpas y/o otros ecotipos. La sumersión de semillas de chile chiltepín en solución de nitrato de potasio 1 M resultó ser el tratamiento más efectivo ya que logró triplicar la tasa de germinación del ecotipo de Cumpas, Sonora

Bibliografía

- Andrade-Rodríguez M.; Ayala-Hernández J. J.; Alia-Tejacal I.; Rodríguez-Mendoza H.; Acosta-Durán C. M. y López-Martínez V. 2008. Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. Facultad de agronomía. 25: 617 – 635.
- Andrews J. Peppers, the domesticated capsicums. 1era Edición. Library of congress cataloging-in-publication data. Austin, 1995. 191p.
- Araiza Lizarde N.; Araiza Lizarde E. y Martínez Martínez J. G. 2011. Evaluación de la germinación y crecimiento de plántula de chiltepín (*Capsicum annuum* L variedad *glabrusculum*) en invernadero: colombiana de tecnología. 13: 170-175.
- Fernández G. y Johnston M. Crecimiento y temperatura. Ediciones Universidad de la Serena. Chile. 2006. Accesado el 06/02/14. Obtenido de: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimientoytemperatura.pdf>
- García Federico A.; Montes Hernández S.; Rangel Lucio J. A.; García Moya E. y Mendoza Elos M., 2010: Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabrusculum*) al ácido giberélico e hidrotermia: Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1 (2): 203 - 216.
- González-Jara P.; Moreno-Letelier A.; Fraile A.; Piñero D. y García-Arcenal F. 2011. Impact of human management on the genetic variation of wild pepper, *Capsicum annuum* var. *glabrusculum*. *PlusOne*. 6 (12): 1-11.
- Magnitskiy S. V. y Ligarreto G. A. 2007. El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Caccinium meridionale* Swartz). *Colombiana de ciencias hortícolas*. 1: 137 – 141.
- Pagán I.; Betancourt M.; De Miguel J.; Piñero D.; Fraile A. y García-Arenal. 2010. Genomic and biological characterization of chiltepín yellow mosaic virus, a new tymovirus infecting *Capsicum annuum* var. *aviculare* in Mexico. *Springer*. 1; 675 – 684.
- Rodríguez del Bosque L.; Ramírez Meraz M. y Pozo Campodónico O. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. Primera edición. Editorial INIFAP-SIRNE. México. 2004. 33p.



PRODUCCIÓN DE TOMATE EN DIFERENTES SUSTRATOS BAJO INVERNADERO

Piña-Ramírez, F.J.¹; Soto-Parra, J.M.¹; Sánchez-Chávez, E.²; Flores-Plascencia, J.B.¹; Basurto-Sotelo, M.¹; Flores-Quíñonez, A.¹; Castañeda-Varela, J.M.¹

¹Profesores-Investigadores, FACIATEC-UACH

²Investigador-Titular, CIAD-UNIDAD DELICIAS

³Alumnas de la Licenciatura de IPCH, FACIATEC UACH

e-mail: fpinar615@hotmail.com

Resumen

El sustrato es importante en la producción de hortalizas bajo invernadero. El objetivo de este estudio fue la comparación de tres tamaños de partículas de arena con tres diferentes sustratos comerciales: vermiculita, perlita y fibra de coco y su efecto en una mayor producción de tomate en invernadero. La variedad de tomate utilizado fue Brillante, de hábito de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó el día 4 de marzo de 2011. El trasplante se efectuó el día 20 de abril en bolsas de polietileno negro de 40 x 40 cm. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con 10 repeticiones y 16 tratamientos, los cuales consistieron en evaluar diferentes sustratos: perlita, vermiculita, fibra de coco, arena. En el caso de la arena, se tamizó y se combinó entre ella en diferentes tamaños de partículas (fina, mediana y gruesa), en donde la arena sin tamizar se consideró como control, dando en total 16 tratamientos. El análisis de los datos fue mediante la técnica de superficie de respuesta (SAS, 1989). El tratamiento más sobresaliente fue el F0M4G0 (100% textura media) con una producción por metro cuadrado de 26.33 kg/m² superando a los sustratos comerciales. El tratamiento F0M4G0 también fue de los más altos en cuanto los factores de producción en los parámetros del número de frutos por metro cuadrado, producción por cosecha y número de frutos por cosecha.

Palabras clave

Perlita; vermiculita; fibra de coco

Introducción

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes mundialmente y su producción se ha triplicado en las últimas cuatro décadas; en 2003 la producción fue 110 millones t en 4.2 millones de ha (Costa y Heuvelink, 2005). En 2010, el área para esta especie en México fue 54 mil 238 ha y una producción de 2 millones 058 mil 428 t (SIAP, 2011). Castellanos y Borbón (2009) indican que hay alrededor de 4000 ha en invernadero con un rendimiento promedio de 200 t ha⁻¹. El estado de Chihuahua aportó un volumen de producción de tomate para el 2013 de 11,521 t con un rendimiento de 96.94 t ha⁻¹ y la superficie sembrada de este cultivo fue de 134 ha⁻¹ para el estado (SIACON, 2014). La tendencia actual de producción de tomate, es realizarla bajo invernadero, que según Castilla (2003), dichas estructuras pretenden mejorar las condiciones ambientales para incrementar la bioproductividad, presentándose producciones de tomate de 300 a 500 ton/ha/año, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003a).



DIVISIÓN II

El sustrato, por sí solo, puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta, por lo que se pueden clasificar como químicamente activos (turberas, cortezas de pino, fibra o polvo de coco, etc.) o químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) (Pastor, 2000; Urrestarazu, 2004; Cadahía, 2005).

Los sustratos más utilizados y que han mostrado buenos resultados en el crecimiento, desarrollo y producción de tomate en invernadero, sus costos son elevados y la sobre explotación han restringido su uso. El objetivo de este estudio fue la comparación de tres tamaños de partículas de arena con tres diferentes sustratos comerciales: vermiculita, perlita y fibra de coco y su efecto en una mayor producción de tomate en invernadero.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, el cual tiene un área de 760 m², equipado con cortina húmeda, extractores, calefacción, sistema de riego medianamente automatizado. La variedad de tomate utilizado fue Brillante, de hábito de crecimiento indeterminado. La siembra de la semilla se hizo el día 4 de marzo de 2011, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como medio de germinación COSMOPEAT, el cual tiene las siguientes características: pH 5.0 a 6.5, C.E. 0.2 a 0.8 mmhos/cm, densidad 130 kg m³, materia orgánica 68 a 82 %.

El trasplante se efectuó el día 20 de abril en bolsas de polietileno negro de 40 x 40 cm, las cuales se colocaron a una distancia de 30 cm entre plantas y 70 cm entre hilera e hilera y 90 cm en cada calle, espaciada cada dos hileras. El sistema de riego es por goteo, la cintilla de goteo es de baja presión perforada a una distancia de 30 cm. En el momento del trasplante y durante una semana se les aplicó 300 ml de agua sin solución nutritiva, después de la semana del trasplante los riegos se dieron de manera intermitente (cada dos horas), suministrándole cinco riegos diarios con la solución nutritiva A (Cuadro 1), aumentando el volumen de la solución nutritiva dependiendo del estado vegetativo en que se encontraba la planta, hasta alcanzar aplicar dos litros de solución nutritiva D en plantas en producción.

Cuadro 1. Concentración y etapas fonológicas de aplicación de la solución nutritiva utilizada en el cultivo de tomate en invernadero.

Nutriente ppm	A	B	C	D
N	221.0	264.0	285.0	305.0
P	54.0	65.0	60.0	54.0
K	371.0	456.0	461.0	496.0
Ca	121.0	142.0	164.0	164.0
Mg	73.0	61.0	73.0	54.0
SO ₄	97.0	81.0	97.0	72.0
Fe	2.0	2.0	2.0	2.0
Mn	0.59	0.59	0.59	0.59
Zn	0.40	0.72	0.72	0.72
B	0.35	0.35	0.35	0.35
Cu	0.05	0.05	0.05	0.05
Mo	0.05	0.05	0.05	0.05

A: Desde siete días después del trasplante (DDT) hasta inicio de la primera floración; B: Desde frutos en primera floración hasta inicios de la tercera floración; C: Desde frutos en tercera floración hasta inicio de la quinta floración; D: Desde frutos en quinta floración hasta el término del cultivo.



DIVISIÓN II

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con 10 repeticiones y 16 tratamientos. Los tratamientos consistieron en evaluar diferentes sustratos: perlita, vermiculita, fibra de coco, arena de río. En el caso de la arena de río, se tamizó y se combinó entre ella en diferentes tamaños de partículas (fina, mediana y gruesa), en donde la arena sin tamizar se consideró como control, dando en total 16 tratamientos que a continuación se describen (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de los 16 sustratos (tratamientos) evaluados en el cultivo de tomate bajo invernadero.

Trats.	Tamizado de Arena ¹⁾			Proporción Kg. / Bolsa			Codificación
	Fina	Media	Gruesa	Gruesa	Fina	Media	
T1	100	0	0	0.0	20.0	0.0	F4MOG0
T2	75	25	0	0.0	15.0	5.0	F3M1G0
T3	75	0	25	5.0	15.0	0.0	F3M0G1
T4	50	25	25	5.0	10.0	5.0	F2M1G1
T5	25	75	0	0.0	5.0	15.0	F1M3G0
T6	25	25	50	10.0	5.0	5.0	F1M1G2
T7	25	50	25	5.0	5.0	10.0	F1M2G1
T8	25	0	75	15.0	5.0	0.0	F1M0G3
T9	0	100	0	0	0.0	20.0	F0M4G0
T10	0	0	100	20.0	0.0	0.0	F0M0G4
T11	0	75	25	5.0	0.0	15.0	F0M3G1
T12	0	25	75	15.0	0.0	5.0	F0M1G3
T13	Fibra Coco			1.5			FICOCO
T14	Vermiculita			2.0			VERMIC
T15	Perlita			2.0			PERLIT
T16	Arena sin Tamizar						ARENA

¹⁾ Textura Fina filtrada en tamiz No. 20 (0.84 mallas por milímetro); Textura Media filtrada en tamiz No. 10 (2.00 mallas por milímetro); Textura Gruesa filtrada en tamiz No. 5 (4.00 mallas por milímetro).

Los aspectos de la producción considerados en este estudio son meramente cuantitativos. Los parámetros que se evaluaron en dicho trabajo son: el número de cosechas, la producción total, el número de frutos cosechados, el promedio por cosecha, todos estos parámetros por metro cuadrado, además se consideró el número de frutos por cosecha. El análisis de los datos fue mediante la técnica de superficie de respuesta (SAS, 1989).

Resultados y Discusión

En los factores de producción Cuadro 3, el análisis de varianza nos muestra que el tratamiento con diferentes tamaños de partículas de arena F3M1G0 presento el mayor numero de cosechas con un valor de 8.30, el tratamiento más bajo el tratamiento F3M0G1, con 6.60 cosechas durante el ciclo, con una diferencia entre ambos tratamientos de 20.5%, los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos. En la variable frutos por cosecha no se observaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos. Respecto al número de frutos cosechados por metro cuadrado, los tratamientos con diferentes tamaños de partículas de arena que resaltaron fueron F3M1G0 y F0M4G0 (0.24 y 0.23 frutos /m²), mismos que tuvieron una diferencia altamente significativa con los tratamientos comerciales vermiculita y perlita (ambos 0.17 frutos/m²) los cuales obtuvieron los valores más bajos, con una diferencia de 29 % con respecto al tratamiento más alto (F3M1G0). En la producción total destacó el tratamiento F0M4G0 con una producción de 26.33 kg m², dicho tratamiento presenta una diferencia muy alta en comparación con el tratamiento comercial más



DIVISIÓN II

bajo VERMIC el cual tuvo una producción de 16.68 kg/m², con una diferencia entre los dos tratamientos en un 37 %. El tratamiento F4M0G0 fue significativamente superior al tratamiento de vermiculita y perlita (16.68 y 19.92 kg/m²) y además fue igual a la fibra de coco con valor de 23.11 kg/m², esto puede ser atribuido a la posibilidad de degradación del sustrato que impide la aireación de las raíces (Rodríguez, 2002). El promedio por cosecha por metro cuadrado se comportó de la siguiente manera. Los tratamientos con diferentes tamaños de partículas de arena más altos fueron F0M0G4 (3.42 kg/m²), F0M4G0 y F3M0G1 ambos con 3.40 kg/m², los tratamientos con diferentes tamaños de partículas de arena más bajos fueron F1M1G2 (2.39 kg/m²) y F0M1G3 (2.59 kg/m²), así como los sustratos comerciales vermiculita (2.75 kg/m²) y perlita (2.77 kg/m²).

Cuadro 3. Factores de producción de tomate en invernadero bajo diferentes sustratos como medio de cultivo.

Tratamiento	Factores de producción				
	Numero de cosechas ¹ .	Producción Total ² .	Frutos cosechados ³ .	Producción / Cosecha ² .	Frutos / Cosecha
Tratamiento	1.88 ^{NSM 4}	52.449***	0.0039***	0.8812***	2.48*
ARENA	8.10 ab	23.03 abcd	0.19 cdef	2.90 abcd	5.17 a
F4M0G0	7.60 ab	24.88 ab	0.21 abcd	3.31 ab	6.08 a
F3M1G0	8.30 a	25.49 ab	0.24 a	3.08 abc	6.17 a
F3M0G1	6.60 b	22.24 bcd	0.19 cdef	3.40 a	6.33 a
F2M1G1	7.70 ab	23.83 abc	0.20 bcde	3.12 abc	5.60 a
F1M3G0	8.10 ab	22.95 abcd	0.20 bcde	2.84 bcd	5.33 a
F1M1G2	7.50 ab	18.20 e	0.19 def	2.39 d	5.23 a
F1M2G1	7.80 ab	22.93 abcd	0.21 abcd	2.98 abc	5.80 a
F1M0G3	7.80 ab	22.74 abcd	0.21 abcd	2.91 abdc	5.67 a
F0M4G0	7.80 ab	26.33 a	0.23 ab	3.40 a	6.32 a
F0M0G4	7.40 ab	25.22 ab	0.22 abc	3.42 a	6.35 a
F0M3G1	7.30 ab	21.21 cde	0.18 def	2.96 abc	5.41 a
F0M1G3	8.00 ab	20.37 cde	0.18 def	2.59 cd	4.91 a
FICOCO	7.60 ab	23.11 abcd	0.21 abcd	3.10 abc	5.90 a
VERMIC	7.10 ab	16.68 de	0.17 f	2.75 bcd	5.00 a
PERLIT	7.20 ab	19.92 de	0.17 ef	2.77 bcd	5.17 a
DMS	1.68	3.66	0.31	0.54	1.72
μ	7.62	22.63	0.20	3.00	5.65
CV	14.14 %	18.28 %	17.99 %	20.43 %	19.45 %

Texturas: F = Fina, M = Media, G = Gruesa; Proporciones: 4 = 100%, 3 = 75%, 2 = 50%, 1 = 25%, 0 = 0%; FICOCO = Fibra de coco; PERLIT = Perlita, VERMIC = Vermiculita. ¹ Número de cosechas, de nueve realizadas. ² Expresado en kilogramos por metro cuadrado; ³ Por metro cuadrado ⁴ Cuadrados medios: NS= No Significativo (Pr>0.10); NSM= No Significativo Marginal (0.05≤ Pr ≤0.09), *Significativo, ** Altamente Significativo, *** Muy Altamente Significativo (Pr>0.05, 0.05≤ Pr ≤0.01, Pr <0.01), respectivamente; μ=Media general; CV= Coeficiente de variación; Separación de medias de tratamiento, valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ∞= 0.05).

Conclusiones

El tratamiento más sobresaliente fue el F0M4G0 (100% textura media) con una producción por metro cuadrado de 26.33 kg/m² superando a los sustratos comerciales. El tratamiento F0M4G0 también fue de los más altos en cuanto los factores de producción en los parámetros del número de frutos por metro cuadrado, producción por cosecha y numero de frutos por cosecha.



Bibliografía

- Cadahía, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3a ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 681 pp.
- Castellanos, R. J. Z., M. C. Borbón. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México. In: Castellanos, R. J. Z. (ed). Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. Celaya, Gto., México. pp: 1-18.
- Costa, J. M., and E. Heuvelink. 2005. The tomato crop and industry. In: Heuvelink, E. (ed). Tomatoes. CABI Publishing. Wageningen University. The Neetherlands. pp: 1-19.
- Muñoz R.J.J. (2003a). El cultivo de tomate en invernadero. p. 226-262 En: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos (Eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- Pastor, S. J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Terra, vol. 17(3): 213-235.
- Rodríguez de la Rocha, G.S.2002.Hidroponia:agricultura y bienestar.Editorial: Dirección de Extensión y Difusión Cultural. Textos universitarios. UACH.1ª Edición. Chihuahua, México.p.175.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989. 846 pp.
- SIACON. 2014. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta-SAGARPA. México-2014.
- SIAP. 2011. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Resumen Nacional de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx> (Consulta: noviembre, 2011).
- Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivos sin suelo. 3a ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 914 p.



SOLUCIONES NUTRITIVAS PREPARADAS CON FUENTES ORGÁNICAS DE FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE TOMATE

Preciado-Rangel, P^{*}; Fortis-Hernández, M¹; Orozco-Vidal, J.O¹; Segura-Castruita, M.A¹

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.

*Pablo Preciad Rangel: ppreciador@yahoo.com.mx; Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5. Torreón, Coahuila. México. CP 27018; Tel. (871)-7507198

Resumen

En los sistemas actuales de producción es común la utilización de grandes dosis de fertilizantes para la obtención de altos rendimientos. Sin embargo, los efectos negativos de las actividades agrícolas sobre el medio ambiente y la salud humana obligan a la búsqueda de alternativas sustentables de fertilización como pueden ser los residuos de la industria ganadera. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de varias soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización sobre el rendimiento y calidad nutraceutica de frutos de tomate producido en invernadero. Se compararon cuatro tratamientos: solución nutritiva inorgánica (Steiner), té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost. El mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de la solución Steiner; sin embargo los mayores contenidos de sólidos solubles, calidad nutraceutica fueron obtenidos con las soluciones nutritivas orgánicas. El lixiviado de vermicompost es una alternativa recomendable de fertilización orgánica para producción de tomate.

Palabras clave

Agricultura protegida, producción orgánica, antioxidantes.

Introducción

En la Comarca Lagunera, se generan anualmente más de 1,200,000 toneladas de estiércol seco por año. Lo que representa un problema ecológico, debido al manejo ineficiente y a la aplicación directa en suelos agrícolas sin ningún tratamiento (Castillo et al., 2010). Sin embargo también es el principal insumo para el composteo o vermicomposteo, obteniéndose como producto final el compost y el vermicompost, los cuales son utilizados con éxito como componentes de sustratos y fuente orgánica de nutrientes para los cultivos sin suelo (Galindo-Pardo et al., 2014). Además, estos abonos pueden ser usados para la preparación de tés, que son extractos acuosos con alto nivel de nutrientes solubles (Edwards et al., 2010), ácidos húmicos (Gutiérrez-Miceli et al., 2007) y fitohormonas (Zhang et al., 2014). La utilización de los tés de compost y vermicompost han despertado un gran interés debido a que pueden ser aplicados directamente mediante riego presurizado, por lo que es posible implementar su uso en sistemas de producción orgánica en condiciones protegidas o en campo (Solano et al., 2013). Otra de las ventajas de la aplicación de estas soluciones nutritivas orgánicas adicionales a la fertilización del cultivo, es la disminución de costos de producción debido a que dichas soluciones sustituyen a los fertilizantes sintéticos. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas orgánicas sobre el rendimiento y calidad nutraceutica de tomate producido en invernadero.



Materiales y Métodos.

Material vegetal y condiciones de crecimiento

Semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) tipo saladette "Sahel" (Syngenta®) fueron sembradas en contenedores de poliestireno con 200 alvéolos de 25 mL con Peat Moss Premier Promix PGX, utilizando una semilla por cavidad, cubriéndolas con plástico negro hasta que germinaron las primeras semillas, manteniendo húmedo el sustrato durante cuatro semanas. Posteriormente, las plántulas fueron trasladadas y trasplantadas en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (25° 36'36.54" LN y 103° 22' 32.28" LW y 1123 msnm). El invernadero es tipo circular con una capa de polietileno plástico como cubierta, y cuenta con enfriamiento semiautomático. Las plantas se desarrollaron en bolsas de polietileno negro de 20 L de capacidad, las cuales contenían como sustrato una mezcla de arena de río y perlita B12 (80:20, v:v). La arena de río fue lavada y esterilizada con una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Se utilizó una densidad de plantación de 4,2 plantas m⁻². El diseño experimental fue bloques al azar. Se utilizó un sistema de riego por goteo aplicando tres riegos al día con un volumen total de 0.750 L planta⁻¹ desde el trasplante hasta inicio de floración, y de 2.0 L planta⁻¹ de la floración a la cosecha. La planta de tomate se condujo a un tallo sostenido por medio de hilo rafia de polipropileno sujeto a la estructura metálica del techo del invernadero. La polinización se realizó con un cepillo dental eléctrico diariamente desde el inicio de la floración y hasta el amarre de frutos entre las 12:00 y 14:00 hr.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cuatro diferentes fuentes de fertilización: a) solución nutritiva Steiner (1984), b) lixiviada de vermicompost, c) té de composta y d) té vermicompost. Las soluciones orgánicas fueron preparadas de acuerdo con la metodología indicada por (Ingham, 2005). El pH de las soluciones nutritivas orgánicas fue ajustado a 5,5 con ácido cítrico (Capulín-Grande et al., 2007).

Parámetro de evaluación

Los frutos de 10 plantas por tratamiento fueron cosechados a madurez comercial del primero al quinto racimo, determinándose el rendimiento por planta. El rendimiento fue determinado pesando los frutos por planta, y se midió diámetro polar y ecuatorial de dichos frutos.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y la comparación de medias fue determinada mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

El peso del fruto es un indicador importante del rendimiento de un cultivo (Casierra-Posada et al., 2007). En el presente estudio la aplicación de soluciones nutritivas afectó el peso del fruto ($P \leq 0,05$, Figura 1), siendo el tratamiento con solución Steiner el que obtuvo el mayor rendimiento. Estos resultados son similares a los publicados por (Ochoa-Martínez et al., 2009),

quienes reportaron mayor rendimiento de tomate al utilizar una solución nutritiva inorgánica respecto a una orgánica.

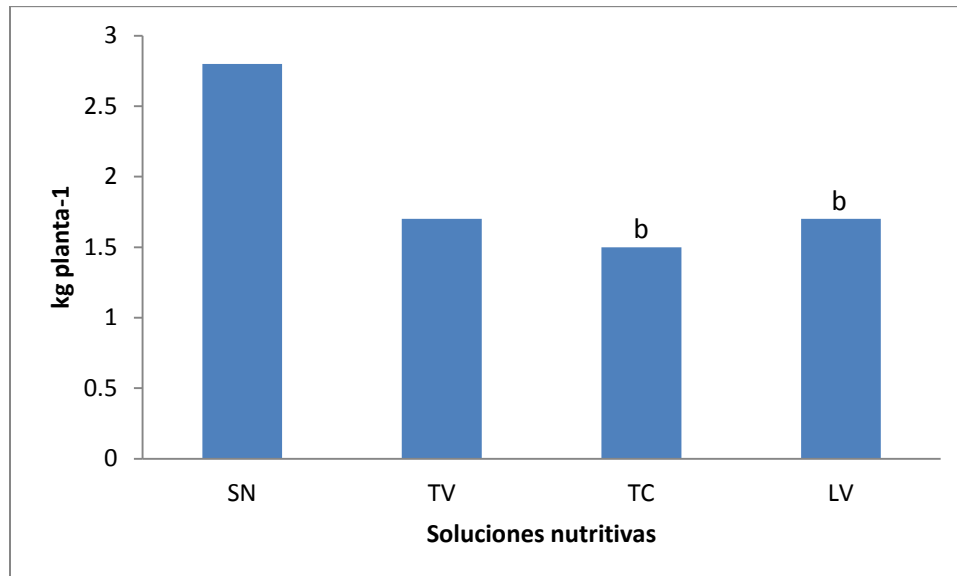


Figura 1. Rendimiento de frutos de tomate por efecto de las soluciones evaluadas.

La aplicación de fuentes orgánicas de fertilización regularmente resulta en rendimientos menores respecto a la agricultura tradicional (De Ponti *et al.*, 2012). Sin embargo, el menor rendimiento de los vegetales orgánicos es compensado por el sobreprecio de dichos productos (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). El nitrógeno está reportado como el principal factor nutrimental relacionado con el rendimiento de los cultivos (Fonseca *et al.*, 2006). Los rendimientos más bajos en los frutos fertilizados con soluciones orgánicas pudieran ser atribuidos a la menor concentración y disponibilidad de nitrógeno en dichas soluciones nutritivas (Preciado *et al.*, 2011), debido a que fueron diluidas antes de su aplicación para evitar efectos negativos de fitotoxicidad por salinidad. Los resultados indican que es necesario incrementar el contenido de nitrógeno en las soluciones nutritivas orgánicas, y algunas alternativas incluyen el uso de mezclas de fuentes orgánicas de nutrientes (Ingham, 2005), así como una menor dilución de las soluciones orgánicas (González Solano *et al.*, 2013).

Conclusiones

Las soluciones nutritivas aplicadas afectaron el rendimiento de los frutos de tomate, obteniendo los mayores valores en tamaño y rendimiento de frutos con la solución nutritiva inorgánica. No existieron diferencias en el rendimiento entre las soluciones nutritivas orgánicas. La aplicación de soluciones nutritivas orgánicas representa una alternativa viable para producción de tomate en invernadero a pesar de que se obtiene un menor rendimiento el cual puede ser compensado por la disminución en los costos de los fertilizantes y el sobreprecio que los frutos pudieran alcanzar.



Bibliografía

- Casierra-Posada, F., Cardozo, M. C., and Cárdenas-Hernández, J. F. (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25, 299-305.
- Abdurrahman, H., B. Fatih, M. Fatih and Y. Mustafa. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *J. Compost Sci. Util.* 12: 175-179.
- Castillo, H., Hernández, A., Dominguez, D., and Ojeda, D. (2010). Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70, 465-473.
- De la Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., and Sánchez-Hernández, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia* 25, 59-67.
- Edwards, C. A., Askar, A., Vasko-Bennett, M., and Arancon, N. (2010). The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicomposts or Teas on Plant Growth and Yields. CA Edwards, N. Arancon and R. Sherman (Eds.), 235-248.
- Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Roupheal, Y., Azzini, E., and Saccardo, F. (2006). Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of agricultural and food chemistry* 54, 4319-4325.
- Galindo Pardo, F. V., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Trejo Valencia, R., Segura Castruita, M. Á., and Orozco Vidal, J. A. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5, 1219-1232.
- González Solano, K. D., Rodríguez Mendoza, M. D. L. N., Trejo Téllez, L. I., Sánchez Escudero, J., and García Cué, J. L. (2013). Propiedades químicas de tés de vermicompost. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 901-911.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Montes Molina, J. A., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Oliva Llaven, M. A., Rincón-Rosales, R., and Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98, 2781-2786.
- Ingham, E. (2005). *The compost tea brewing manual*, Soil Foodweb Incorporated. Oregon, USA, 69.
- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., and Rodríguez-Dimas, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie-Horticultura* 15, 245-250.
- Preciado, R. P., Hernández, M. F., García-Hernández, J. L., Puente, E. R., Rivera, J. R. E., Herrera, A. L., Castruita, M. Á. S., and Vidal, J. O. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36, 689-693.
- Solano, K. D. G., Mendoza, M. d. I. N. R., Téllez, L. I. T., Cue, J. L. G., and Escudero, J. S. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia* 38, 863-869.
- Zhang, H., Tan, S., Wong, W., Ng, C., Teo, C., Ge, L., Chen, X., and Yong, J. (2014). Mass spectrometric evidence for the occurrence of plant growth promoting cytokinins in vermicompost tea. *Biology and fertility of soils* 50, 401-403.



CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA Y RENDIMIENTO DE CALIZ SECO DE *Hibiscus sabdariffa* L.

Sánchez-Prado, J.J.¹; Bugarín-Montoya, R.²; Alejo-Santiago, G.²; Juárez-Rosete, C.R.²; Caro-Velarde, F.J.²; Cruz-Crespo, E.²

¹ Estudiante de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Xalisco, Nayarit. México

² Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Xalisco, Nayarit. México

Autor de contacto: jsanchez_k9@hotmail.com; Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela km 9. Xalisco, Nayarit. México. CP 63730; +52 311 1598103

Resumen

La cuantificación de la demanda nutrimental en jamaica resulta esencial para establecer programas de fertilización en campo. El presente ensayo corresponde a un trabajo previo para establecer la condición nutrimental adecuada en plantas de jamaica, que permita determinar sus requerimientos nutrimentales en la biomasa total. Esta investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva en el rendimiento de cálices secos de jamaica cultivada en un sistema hidropónico. Se emplearon cinco tratamientos de concentración de la solución nutritiva de Steiner con un potencial osmótico de -0.018, -0.036, -0.054, -0.072, -0.090 MPa. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Como contenedores se utilizaron bolsas de polietileno negro con capacidad de 14 litros, separados a 0.5 m entre plantas y 1.1 m entre hileras, suministrando la solución nutritiva con un sistema de riego por goteo, para proveer un volumen de 2.5 L día⁻¹ planta⁻¹. Se concluye que la solución nutritiva con un potencial osmótico de -0.072 MPa permitió los mejores rendimientos de cálices secos y superó de manera significativa al resto de los tratamientos, alcanzando una media de 1.98 t ha⁻¹. El valor mínimo y máximo de rendimiento de cálices secos en los diferentes tratamientos fue de 0.57 y 2.64 t ha⁻¹ respectivamente.

Palabras clave

Potencial osmótico, cultivo hidropónico, rendimiento de cáliz

Introducción

México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en la producción de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), con un rendimiento promedio nacional de 319 kg ha⁻¹, aun cuando existen reportes de rendimientos superiores a 2000 kg ha⁻¹ de cálices secos (Caro *et al.*, 2012). A nivel nacional se han identificado zonas productoras en 11 estados, entre los que destaca Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Nayarit. Para el año 2012, el estado de Guerrero aportó el 66 % de la producción de cálices secos, Oaxaca 13 %, Michoacán 8 % y Nayarit 5 % con un rendimiento promedio nacional de 319 kg/ha de cálices secos (SIAP, 2012). Debido al déficit de producción, nuestro país importa aproximadamente el 50% de la jamaica que se consume en el mercado nacional. Dada la importancia que reviste el cultivo, es evidente la necesidad de innovar en los sistemas de producción para promover mejores rendimientos y rentabilidad económica. Dentro de los aspectos técnicos que impactan en el cultivo se encuentra, el manejo de la fertilización, el cual constituye un factor determinante del rendimiento. Al respecto, se ha demostrado que la



DIVISIÓN II

aplicación de fertilizantes en el cultivo de jamaica, permite incrementar de manera significativa el rendimiento de cálices (Egharevba y Law-Ogbomo, 2007; Giginyu y Fagbayide, 2009; Oyewole *et al.*, 2010, Caro *et al.*, 2012), cuando el agua de riego no es un factor limitante. Sin embargo, aun cuando existen algunos resultados de investigación, se carece de información precisa acerca de la demanda nutrimental de este cultivo, que permita utilizarla para generar dosis de fertilización de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de las distintas regiones productoras del país. Para cuantificar los requerimientos nutrimentales, el empleo de la técnica de cultivo hidropónico es una alternativa viable en virtud de que es posible manipular fácilmente la condición nutrimental en el medio de crecimiento (Bugarín *et al.*, 2011). El presente ensayo corresponde a un trabajo previo para establecer la condición nutrimental adecuada en plantas de jamaica, que permita determinar sus requerimientos nutrimentales en la biomasa total. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva en el rendimiento de cálices secos de jamaica cultivada en un sistema hidropónico.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma de Nayarit, coordenadas 21° 29' 31" N, 104° 53' 31" W, ubicada en Tepic Nayarit, a una altitud de 952 msnm. El cultivo se desarrolló en un invernadero sin control climático, con dimensiones de 8 m de ancho, 42 m de largo y 6.5 m de altura; el techo de dos aguas cubierto con polietileno, ventilación cenital y lateral protegida con malla antiáfidos. El material que se utilizó para la investigación es la variedad de jamaica UAN-6, la cual es derivada del programa de mejoramiento genético a cargo del M.C. Francisco Caro Velarde de la Universidad Autónoma de Nayarit. El experimento se estableció mediante un diseño completamente al azar, compuesto por 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos corresponden a 5 concentraciones iónicas de la solución nutritiva de Steiner (1961), expresadas en potencial osmótico: -0.018, -0.036, -0.054, -0.072, -0.090 MPa (Cuadro 1). La unidad experimental consistió de una maceta con una planta.

Cuadro 1: Composición de las soluciones nutritivas empleadas en los diferentes tratamientos experimentales

Tratamiento	Aniones (meq L ⁻¹)			Cationes (meq L ⁻¹)			Potencial osmótico
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	MPa
1	3	0.25	1.75	1.75	2.25	1	-0.018
2	6	0.5	3.5	3.5	4.5	2	-0.036
3	9	0.75	5.25	5.25	6.75	3	-0.054
4	12	1	7	7	9	4	-0.072
5	15	1.25	8.75	8.75	11.25	5	-0.090

Como fuentes de nutrimentos se emplearon fertilizantes comerciales grado fertirriego, como son nitrato de potasio, nitrato de calcio, fosfato monopotásico, sulfato de potasio y sulfato de magnesio. La concentración de micro nutrimentos empleados fue (en mg L⁻¹): Fe 3, Mn 1.6, Zn 0.023, Cu 0.011 y B 0.865 y se adicionaron con el empleo de la mezcla comercial Ultrasol micro® de SQM. El pH de la solución nutritiva se ajustó con ácido sulfúrico a 5.5 ± 0.2. La solución nutritiva fue proporcionada mediante un sistema de riego por goteo con un volumen de 2.5 L día⁻¹, procurando siempre el drenado de la solución nutritiva entre 10 y 15%. El agua de riego utilizada está clasificada como C₂S₁ de acuerdo a las Normas Riverside, con una conductividad eléctrica de 0.44 dS m⁻¹, RAS de 7.1. El experimento se estableció con plantas para trasplante, obtenidas a partir de semilla en contenedores germinadoras de poliuretano de



DIVISIÓN II

200 cavidades, previamente desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (Cloralex®), utilizando turba comercial Sunshine # 3® como sustrato. El trasplante se realizó cuando las plantas tuvieron desarrolladas cuatro hojas verdaderas. Cada unidad experimental estuvo compuesta de una planta cultivada en bolsas de polietileno negro con capacidad de 14 L, con orificios en la base para permitir un adecuado drenaje, empleando como sustrato roca volcánica, conocido comúnmente como tezontle rojo con una granulometría de 3 a 7 mm de diámetro. La distancia entre macetas fue de 0.5 m y 1.1 m entre hileras. Los riegos con solución nutritiva se suministraron en función de la demanda hídrica de la planta, manteniendo el sustrato siempre a una humedad constante. El volumen de solución nutritiva suministrada, se proporcionó mediante uno o dos riegos de acuerdo a la etapa del cultivo, considerando un volumen de drenaje del 10 al 15%. Se realizaron 7 muestreos destructivos cada 15 días, cosechando plantas completas, cortadas desde su base. Se separaron hojas, tallos, cálices y se registró el peso total de cada órgano. Posteriormente se lavaron con agua potable y agua destilada. El secado del material vegetal se realizó en estufa de secado a 60 °C, dispuestos en bolsas de papel estraza, por 72 horas hasta obtener peso constante. El peso fresco y peso seco de cada órgano se cuantificó en una balanza digital de precisión compacta (Precisa BJ 2100D). Al momento de la cosecha los cálices se colectaron en cada una de las últimas plantas, separando las cápsulas y registrando el peso total de cáliz cosechado. Se secaron de modo tradicional y se cuantificó el peso seco de cálices por planta. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha > 0.05$) con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observa que el rendimiento de cálices secos promedio, osciló en los diferentes tratamientos de 0.88 a 1.98 t ha⁻¹. El tratamiento que promovió el más alto rendimiento (1.98 t ha⁻¹) fue la solución nutritiva con un potencial osmótico de -0.072 MPa, aunque sin diferencias estadísticas del resto de los tratamientos a excepción del tratamiento con un potencial osmótico de -0.018 MPa. En el intervalo de -0.018 a -0.072 se observó una relación directa en el incremento del rendimiento con respecto al potencial osmótico. Sin embargo, al incrementarse a -0.090 MPa el rendimiento disminuyó a 1.56 t ha⁻¹. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que las plantas de jamaica pueden tolerar condiciones de crecimiento con una conductividad eléctrica de hasta 2.50 dS m⁻¹ sin que afecte de manera significativa el rendimiento. Valores de conductividad eléctrica de la solución nutritiva mayores a éste, podrían ser explorados para conocer el umbral de tolerancia a la salinidad en jamaica.

Cuadro 2. Rendimiento de cálices secos de jamaica en función del potencial osmótico de la solución nutritiva.

Tratamiento	Potencial osmótico (MPa)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
1	-0.018	0.88 b
2	-0.036	1.10 ab
3	-0.054	1.74 ab
4	-0.072	1.98 a
5	-0.090	1.56 ab

DIVISIÓN II

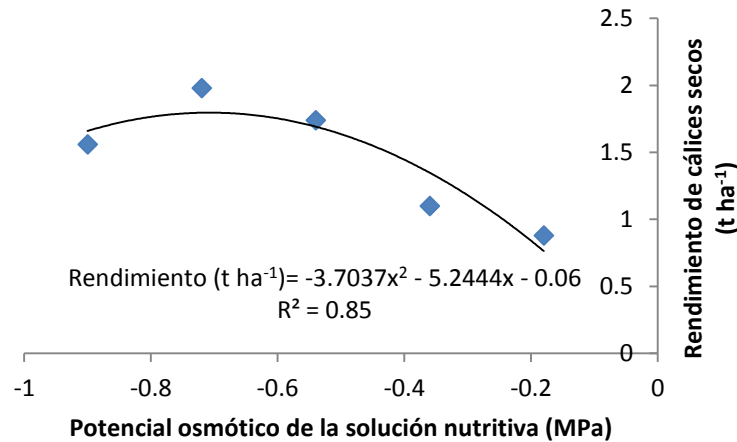


Figura 1. Rendimiento de cálices secos en soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.

Los resultados obtenidos demuestran que en el cultivo de jamaica es posible lograr rendimientos de cálices secos de aproximadamente 2 t ha⁻¹, tal y como ha sido reportado previamente por otros investigadores (Egharevba y Law 2007; Caro *et al.*, 2012).

Conclusiones

El tratamiento que promovió el más alto rendimiento (1.98 t ha⁻¹) fue la solución nutritiva con un potencial osmótico de -0.072 MPa, aunque sin diferencias estadísticas del resto de los tratamientos a excepción de la solución nutritiva con potencial osmótico de -0.018 MPa. Los resultados se ajustaron a una curva cuadrática.

Bibliografía

- Bugarín-Montoya, R., Virgen-Ponce, M., Galvis-Spinola, A., García-Paredes, D., Hernández-Mendoza, T., Bojórquez-Serrano, I., Madueño-Molina, A. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Revista Bioagro*, 23(2): 93-98
- Caro-Velarde, F.J., Machuca-Sánchez, M.L., Flores-Berrios, E.P. 2012. El cultivo de Jamaica en Nayarit. Segunda edición. Universidad Autónoma de Nayarit. Pag. 6-21
- Egharevba, R.K.A., Law-Ogbomo, K.E. 2007. Comparative effects of two Nitrogen sources on the growth and Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in the rainforest region: A case study of Benin City, Edo State, Nigeria. *Journal of Agronomy*, 6(1): 142-146
- Giginyu, B.M., Fagbayide, J.A. 2009. Effect of nitrogen fertiliser on the growth and calyx yield of two cultivars of Roselle in Northern Guinea savanna. *middle-East Journal of Scientific Research*, 4(2): 66-71.
- Oyewole, C.I., Mera, M. 2010. Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to rates of inorganic and farmyard fertilizers in the Sudan savanna ecological zone of Nigeria. *Africal Journal of Agricultural Research*, 5(17): 2305-2309.
- SIAP. 2012. Consulta en línea. www.siap.gob.mx.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2): 134-154.



PARÁMETROS NITROGENADOS, BIOMASA Y RENDIMIENTO EN FRIJOL BIOFORTIFICADO CON HIERRO Y ZINC

Sida-Arreola, J.P.¹; Sánchez-Chávez, E.^{2*}; Muñoz-Márquez E.²; Flores-Córdova M.A.²

¹Tesista de Doctorado del Programa de Posgrado Institucional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial, Apdo. Postal 781. P. 31570 Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias. Av. 4a. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: 639-4748400 Ext. 102.

* Autor responsable: esteban@ciad.mx; Av. 4a. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: +52 (639)-474-8400

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de biofortificar con hierro y zinc el cultivo del frijol y evaluar su impacto sobre el crecimiento, rendimiento y patrón de distribución de la planta de frijol, así como, estudiar la actividad nitrato reductasa "in vivo" y la concentración de clorofila total y con ello definir la mejor forma y dosis de Fe y Zn. Para lo cual cuatro dosis de hierro y zinc fueron probadas en las formas de sulfato y quelato de Fe y Zinc: 0, 0, 25, 50 y 100 $\mu\text{M L}^{-1}$ de Fe y Zn respectivamente, los cuales se aplicaron durante 40 días a las plantas de frijol, posteriormente se determinó la biomasa total y rendimiento por planta, la actividad nitrato reductasa "in vivo" y la concentración de clorofila total. Los resultados obtenidos indicaron que el Las mejores dosis de biofortificación con Fe y Zn que favorecieron de manera general el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, a la actividad nitrato reductasa y la concentración de clorofila fueron la forma de Quelato de Fe y Sulfato de Zinc a dosis de 50 μM de Fe y Zinc respectivamente.

Palabras clave

Biofortificación; *Phaseolus vulgaris*; sulfatos; quelatos

Introducción

La deficiencia de micronutrientes en la dieta alimenticia afecta a gran parte de la población mexicana incluyendo a la población de Chihuahua (Secretaría de Salud, 2009). Los seres humanos requieren más de 22 elementos minerales para su desarrollo óptimo, los cuales pueden ser suplementados con una dieta apropiada (White y Broadley, 2005). Algunos de estos nutrientes son requeridos en grandes cantidades, pero otros, tales como hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), yodo (I) y selenio (Se), son requeridos en cantidades pequeñas. Generalmente, estos elementos minerales son proporcionados en la cadena alimenticia a través del consumo de vegetales. Los elementos minerales más frecuentemente deficientes en las dietas humanas son Fe, Zn, I y Se (Poletti, 2004). Se estima que de la población que padece malnutrición de micronutrientes, 60-80 % de esa población presentan deficiencia de Fe, > 30 % son deficientes en Zn, 30 % son deficientes en I y alrededor del 15 % son deficientes en Se (Poletti, 2004). Hoy en día, el Fe y el Zn han recibido considerable atención como micronutrientes esenciales para la alimentación de los seres humanos. La ingesta diaria



DIVISIÓN II

recomendada de hierro y de zinc es de 10-15 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 11 $\text{mg}/\text{día}$ para adultos respectivamente, mientras que para los niños es de 6-8 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 3-5 $\text{mg}/\text{día}$ respectivamente (DRI, 2000).

Actualmente, una estrategia innovadora a la problemática de la desnutrición de micronutrientes en la dieta alimentaria se le ha llamado "Biofortificación" (Graham, 2001; Bouis, 2003). La biofortificación ha sido definida como el proceso de incrementar las concentraciones biodisponibles de elementos esenciales en porciones comestibles de plantas cultivadas a través del manejo agronómico (fertilización) o mejoramiento genético. La fertilización se considera una estrategia promisorio para biofortificar con Fe y Zn a los cultivos. La fertilización con sulfato de Fe y Zn han sido efectivos en incrementar el Fe y Zn dietario a través de la biofortificación de cultivos en Finlandia y Nueva Zelanda (Lyons et al., 2003; Cichy, 2005). En el caso de México, el frijol se considera un cultivo estratégico para biofortificarlo con Fe y Zn, debido a que es un alimento importante de la canasta básica, ya que de este cultivo se obtiene la proteína de origen vegetal más utilizada por los diferentes estratos sociales. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue biofortificar con hierro y zinc al cultivo de frijol con el propósito de evaluar su impacto sobre el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, estudiar la actividad nitrato reductasa in vivo y la concentración de clorofila total en la planta de frijol y con ello definir la mejor forma y dosis de Fe y Zn.

Materiales y Métodos

Las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cv. Strike se germinaron y crecieron en una mezcla de sustrato (turba, vermiculita y perlita en proporción 3:1:1) en macetas de 30 cm de diámetro en un invernadero experimental en Delicias, Chihuahua, México, a una temperatura media dentro del invernadero de 30 ± 4 °C. Durante todo el ciclo del cultivo las plantas recibieron una solución nutritiva compuesta por: 6 mM de NH_4NO_3 , 1.6 mM de K_2HPO_4 , 2.4 mM de K_2SO_4 , 4.0 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.4 mM de MgSO_4 , 5 μM de Fe-EDDHA, 2 μM de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1.0 μM de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 μM de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.3 μM de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y 0.5 μM de H_3BO_3 preparada con agua destilada (Sánchez et al., 2004). El pH de la solución osciló entre 5.5 y 6.0. Las fuentes de Fe y Zn empleadas fueron Quelatos y Sulfatos de Fe y Zn respectivamente, las concentraciones utilizadas fueron 0, 25, 50 y 100 μM , las cuales fueron adicionadas a la solución nutritiva a los 20 días después de la siembra y durante 40 días. El diseño experimental, fue un completamente al azar con cuatro tratamientos de Fe y Zn para Quelato y Sulfato de Fe y Zn respectivamente, con cuatro repeticiones por tratamiento. Las plantas fueron muestreadas a los 60 días después de la germinación, en la etapa fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Las variables evaluadas fueron: producción de biomasa total por planta, el rendimiento de fruto por planta, la actividad nitrato reductasa in vivo, y la concentración de clorofila total. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey a 95 %.

Resultados y Discusión

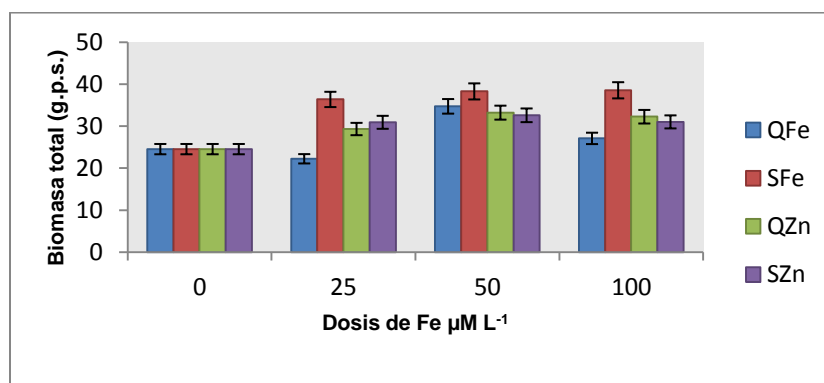


Figura 1. Biomasa total en plantas de frijol bajo diferentes dosis de sulfato y quelato de Fe y Zn. Los datos son las medias \pm error estándar (n=4).

En el presente experimento se observó un incremento significativo en la producción de biomasa por efecto de la aplicación de las dos formas de Fe y Zinc, destacando con la mayor acumulación de biomasa la forma de Sulfato de Hierro en comparación al Quelato de Hierro (Figura 1). En el caso del Sulfato de Hierro, la mayor producción de biomasa se obtuvo con la dosis de 100 μM , mientras que para la forma de Quelato de Hierro, la mejor dosis se presentó con 50 μM de Fe. Con respecto al Zn, las formas Sulfato de Zinc y Quelato de Zinc fueron muy similares en la producción de biomasa (Figura 1), no obstante para el Sulfato de Zinc la mejor dosis fue la 50 μM de Zn y para el Quelato de Zinc la dosis de 50 μM .

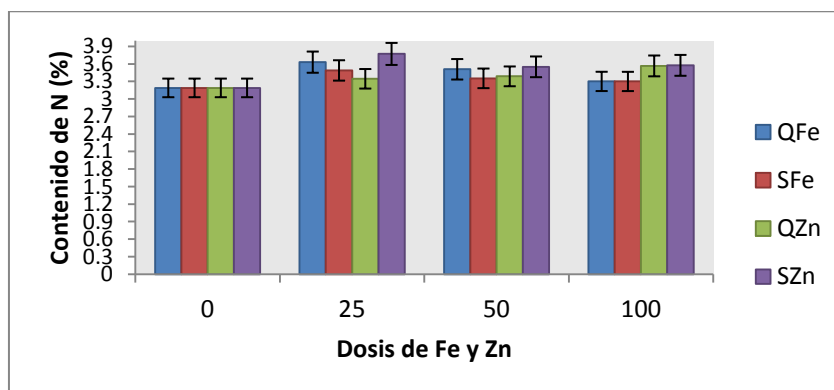


Figura 2. Concentración de nitrógeno total en semillas de frijol bajo diferentes dosis de sulfato y quelato de Fe y Zn. Los datos son las medias \pm error estándar (n=4).

Se observaron diferencias significativas con relación al testigo en la concentración de nitrógeno total en los tratamientos de QFe y SZn a dosis de 25 μM . De acuerdo con White y Broadley (2005), la concentración de nitrógeno debe mantenerse en concentraciones de entre 3 y 5 % para asegurar la adecuada producción de aminoácidos y proteínas en la planta, y por consecuencia, la absorción de micronutrientes del suelo (Figura 2). Con lo que respecta al rendimiento, se encontró un comportamiento muy parecido a la producción de biomasa, destacando con el mayor rendimiento el Quelato de Hierro en comparación a la forma de Sulfato de Hierro (Cuadro 1), representando las mejores dosis las de 50 a 100 μM de Fe, mientras que para la forma de Sulfato de Hierro la mejor dosis fue 25 μM de Fe. Con respecto



DIVISIÓN II

al Zinc, la mejor forma de aplicación fue el Sulfato de Zn en comparación al Quelato de Zinc, destacando las dosis de 50 a 100 μM y 50 μM para Sulfato de Zinc y Quelato de Zinc respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Efecto de las formas y dosis de Hierro sobre el rendimiento (g planta^{-1}), concentración de clorofila total (mg L^{-1}) y actividad nitrato reductasa in vivo ($\mu\text{M de NO}_2^- \text{ formados g}^{-1} \text{ p.f. h}^{-1}$) en frijol cv. Strike. Los datos son medias \pm desviación estándar ($n=4$).

Dosis Sulfato de Hierro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
0	29	0.64	35
25	52	0.65	37.8
50	53	1.04	39.36
100	56	0.74	38.68
Significancia	**	**	*
Dosis Quelato de Hierro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
0	29	0.64	35
25	58	2.08	39.53
50	71	1.66	41.77
100	74.5	1.65	40.94
Significancia	***	***	*

Los valores son medias ($n=4$) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

Cuadro 2. Efecto de las formas y dosis de Zinc sobre el rendimiento (g planta^{-1}), concentración de clorofila total (mg L^{-1}) y actividad nitrato reductasa in vivo ($\mu\text{M de NO}_2^- \text{ formados g}^{-1} \text{ p.f. h}^{-1}$) en frijol cv. Strike. Los datos son medias \pm desviación estándar ($n=4$).

Dosis Sulfato de Zinc ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
0	42	0.03	35
25	77	0.44	40.75
50	85	0.88	44.68
100	92	1.26	43.1
Significancia	**	***	*
Dosis Quelato de Zinc ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
0	42	0.03	35
25	67	0.14	43.41
50	103	1.30	43.46
100	87	0.04	39.05
Significancia	**	***	*

Los valores son medias ($n=4$) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

En relación a la actividad nitrato reductasa “*in vivo*” se encontraron diferencias significativas por efecto de la aplicación de Sulfato y Quelato de Hierro, destacando la forma de Quelato en relación al Sulfato de Fe (Cuadro 1). La mejor dosis de Quelato de Fe fue 25 μM , mientras que para Sulfato de Fe fue la dosis de 50 μM . Por otro lado, la mayor actividad de la nitrato reductasa in vivo por efecto de la aplicación de Zinc, predominó la forma de Sulfato de Zinc en comparación al Quelato (Cuadro 2), destacando la mayor actividad nitrato reductasa en la dosis de 100 μM de Sulfato de Zinc, mientras que para el Quelato de Zinc fue la dosis de 50 μM de



Zn. Referente al patrón de distribución de Fe comparando Quelato *versus* Sulfato fue de la siguiente manera: Quelato de Fe: raíz (7.75%), tallo (18.07%), peciolo (3.55%), hoja (56.46%) y fruto (14.4%) *versus* Sulfato: raíz (11.61%), tallo (16.50%), peciolo (6.12%), hoja (55.42%) y fruto (10.31%). Mientras que el patrón de distribución de Zn se comportó de la siguiente manera: Quelato de Zn: raíz (9.10%), tallo (31.41%), peciolo (4.76%), hoja (32.30%) y fruto (22.39%) *versus* Sulfato de Zn: raíz (11.92%), tallo (30.67%), peciolo (5.68%), hoja (59.76%) y fruto (20.54%).

Con lo que respecta a la concentración de clorofila total, observamos un comportamiento parecido a la producción de biomasa, sobresaliendo con la mayor concentración de pigmentos la forma de Quelato de Hierro en comparación al Sulfato de Hierro (Cuadro 1), siendo la mejor dosis la de 50 μM de Fe para ambas formas de aplicación. Con respecto al Zinc, las dos formas de aplicación de Zn (sulfato y quelato) tuvieron un comportamiento similar (Cuadro 2), destacando la dosis de 50 μM de Zn, respectivamente.

Conclusiones

Las mejores dosis de biofortificación con Fe y Zn que favorecieron de manera general el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, a la actividad nitrato reductasa y la concentración de clorofila fueron la forma de Quelato de Fe y Sulfato de Zinc a dosis de 50 μM de Fe y Zinc respectivamente.

Bibliografía

- Bouis, H.E. 2003. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? *Proc. Nutr. Soc.* 62: 403–411.
- Cichy, K.A. 2005. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. *Crop Sci.* 45: 864–870.
- Dietary References Intakes (DRI). 2000. National Research Council, Washington: National Academy Press. pp. 284-319.
- Graham, R.D. 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Adv. Agron.* 70: 77–142.
- Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis, R.D. Graham. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. *Nutr. Res. Rev.* 16: 45-60.
- Poletti, S. 2004. The nutritional fortification of cereals. *Curr. Opin. Biotechnol.* 15: 162–165.
- Sánchez, E., R.M. Rivero, J.M. Ruiz, L. Romero. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH_4NO_3 application rates. *Scientia Horticulturae*, 99:237-248.
- White, P.J., M.R. Broadley. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science.* 10 (12): 586-593.



REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES DEL CULTIVO DE PAPA MEDIANTE CURVAS ELÁSTICAS DE EXTRACCIÓN

Sifuentes-Ibarra, E.^{1*}; Solis-Montes, F.²; Macías-Cervantes, J.¹; Macías-Segura, M.A.²; Ojeda-Bustamante, W.³; Ruelas-Islas, J.R.²; Preciado-Rangel, P.³

¹INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte. Juan José Ríos, Sinaloa, México.

²Universidad Autónoma de Sinaloa-Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Juan José Ríos, Sinaloa, México.

³Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

³Instituto Tecnología de Torreón, Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: esiba68@yahoo.com.mx; sifuentes.ernesto@inifap.gob.mx; Carretera Internacional México-Nogales Km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, México C.P. 81110; Tel. +52 (55)-3871-8700 Ext. 81505

Resumen

Los estados de Sinaloa y Sonora son los mayores productores de papa en México, estableciendo más de 20 mil ha, contribuyendo en forma importante a la economía de estas regiones. Este cultivo demanda grandes cantidades de nutrimentos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante todo su ciclo y es una de las hortalizas de mayor rentabilidad con altos costos de producción que genera excesiva aplicación de insumos (pesticidas, agua y fertilizantes). Desafortunadamente no se cuenta con la información suficiente de extracciones nutrimentales, de tal manera que se utiliza la de otras regiones haciéndolas aplicables solo en las fechas y localidades donde fueron determinadas. Experimentos de campo se condujeron en el ciclo agrícola otoño-invierno 2013-2014 en el Campo Experimental del Valle del Fuerte (CEVAF), ubicado en el norte de Sinaloa para generar curvas de extracción nutrimental NPK elásticas bajo el concepto grados día (°DA) autoajustables a variabilidad climática y fechas de siembra, las cuales mostraron capacidad de ajustarse a la fenología del cultivo en diferentes fechas de siembra y alto nivel predictivo de las demandas nutrimentales.

Palabras clave

Tempo térmico; variabilidad climática; eficiencia nutrimental

Introducción

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno con los más altos costos de producción, lo cual hace necesario buscar nuevas alternativas y metodologías que optimicen su manejo cultural y agronómico para hacerlo más rentable sin deteriorar el medio ambiente. El estado de Sinaloa es el principal productor de papa a nivel nacional llegando a establecerse 12,215.40 ha, anualmente (31.09 % de la superficie nacional) (SAGARPA-SIAP, 2014). La alta variabilidad climática y la cultura del uso excesivo de agua e insumos como fertilizantes, entre otros, han ocasionado una tendencia hacia la baja rentabilidad y degradación de los recursos naturales. (Sifuentes *et al.*, 2013).

En México, este tubérculo se produce todo el año, prácticamente, desde el nivel del mar y hasta altitudes superiores a los 2,400 msnm, por lo que su oferta en el mercado en fresco es permanente.



La alta variabilidad climática influye de manera importante en la fenología del cultivo, alargándose o recortándose el ciclo de acuerdo a los cambios en la temperatura expresado en grados día, unidades calor o tiempo térmico y con ello a su vez la acumulación de materia seca y biomasa lo cual modifica las demandas y las tasas de acumulación nutrimental.

Estos cambios combinados con el criterio de fertilización del productor sin sustento técnico provocan que se apliquen cantidades excesivas de fertilizantes con el consecuente incremento en el costo de producción y el riesgo inminente de contaminación atmosférica, del subsuelo y cuerpos de agua como esteros y bahías. El presente trabajo propone el manejo de la nutrición en base a la demanda y curvas de extracción nutrimental, y tiempo térmico, como una medida de enfrentar las variaciones en los ciclos fenológicos y de crecimiento derivados de la variación climática actual y aquella provocado por las fechas de siembra que tradicionalmente siguen los productores (Martínez *et al.*, 2004).

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en el Distrito de Riego 075 localizado en la zona norte del estado de Sinaloa el cual colinda al norte con la Sierra Madre Occidental, al sur con el Mar de Cortés, al oeste con el Distrito 076 (Valle del Carrizo) y al este con el Distrito 063 (Guasave). La precipitación anual fluctúa de 200 a 350 mm concentrada en los meses de julio a octubre. Los valores anuales acumulados de la evapotranspiración de referencia (ET_o) varían de 1600 a 1700 mm, que son muy superiores a la precipitación acumulada anual. Los suelos del Valle del Fuerte tienen una textura predominantemente franco arcillosa (50% arcilla, 30% limo y 20% arena), bajos en materia orgánica (menos del 1%) y densidad aparente de 1.15 g cm⁻³. Las curvas elásticas de extracción se determinaron a partir de curvas NPK generadas en un trabajo experimental desarrollado durante el ciclo agrícola 2008-2009 (Flores *et al.*, 2009) en el CEVAF con la variedad Alpha, las cuales se evaluaron como tratamiento en un trabajo reciente llevado a cabo durante el ciclo OI 2013-2014 adaptándose a su vez con los mejores resultados de rendimiento y calidad de tubérculos para las variedades Fiana, Ágata, Atlantic y FL-1867. (Macias, 2014)

Los valores de las extracciones diarias y acumuladas de las curvas mencionadas se introdujeron en el programa Excel-2010, así como la temperatura media diaria del periodo de crecimiento del cultivo con la cual se calcularon los GD diarios y acumulados mediante la metodología propuesta por Ojeda *et al.*, (2006).

$$^{\circ}\text{DA} = T_a - T_{c\text{-mín}}, \text{ si } T_a < T_{c\text{-máx}}$$

$$^{\circ}\text{DA} = T_{c\text{-máx}} - T_{c\text{-mín}}, \text{ si } T_a \geq T_{c\text{-máx}}$$

$$^{\circ}\text{DA} = 0, \text{ si } T_a \leq T_{c\text{-mín}}$$

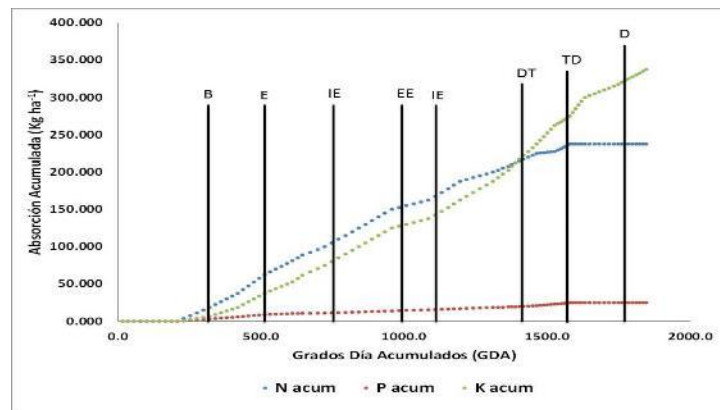
Donde T_a es la temperatura media diaria del aire (°C), $T_{c\text{-mín}}$ y $T_{c\text{-máx}}$ representan las temperaturas umbrales mínima y máxima del cultivo, las cuales son 2 y 29 °C respectivamente para el cultivo de papa. Los $^{\circ}\text{DA}$ están relacionados con la aparición de cada fase de desarrollo del cultivo y pueden tener un valor predictivo de la fenología de estos (Sifuentes *et al.*, 2010).

Posteriormente los datos ordenados se analizaron mediante regresión no lineal con el mismo programa hasta generar las funciones matemáticas que mostraron mejor ajuste estadístico. Se llevaron a cabo comparaciones estadísticas entre las extracciones medidas y modeladas con las funciones para diferentes fechas de siembra.



Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra las curvas NPK de papa variedad Alpha generadas en el CEVAF durante el ciclo OI 2008-09, expresadas en función de tiempo térmico o GDA utilizadas para generar las funciones matemáticas, las cuales muestran una absorción total de 245, 28 y , 352 kg ha⁻¹ de N, P, y K, respectivamente.



B: Brotación, E: Emergencia, EE: Elongación de Estolones, IE: Inicio de Tuberización, DT: Desarrollo De Tubérculo, TD: Tubérculo Desarrollado, D: Desvare

Figura 1. Curvas de extracción nutrimental de papa variedad Alpha en función de tiempo térmico

Las ecuaciones generadas de las curvas anteriores se presentan como funciones exponenciales no lineales en el **Cuadro 1**, donde la variable x representa los GDA y los valores constantes representan los parámetros de regresión.

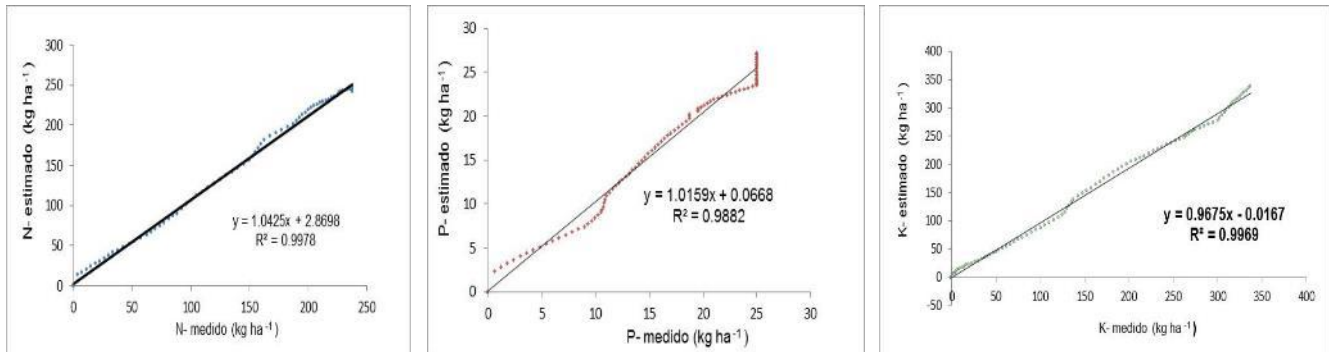
Cuadro 1. Modelos de predicción nutrimental de NPK en el cultivo de papa en el norte de Sinaloa, México.

Nutrimento	Función	R ²
N	$y = -7E-08x^3 + 0.00019x^2 + 0.0698x - 11.685$	R ² = 0.998
P	$y = 8E-10x^3 - 4E-06x^2 + 0.0206x - 2.1548$	R ² = 0.9828
K	$y = -2E-08x^3 + 0.0001x^2 + 0.0231x - 6.4158$	R ² = 0.9968

Obsérvese en todos los modelos una R² alta mayor al 0.9, lo cual indica buen nivel de precisión para el manejo de la nutrición del cultivo. Estos modelos tienen un gran valor predictivo de la nutrición, ajustando las demandas nutrimentales a las diferentes etapas fenológicas de la planta aún bajo condiciones variables de clima, permitiendo hacer una mejor planeación de la fertilización, similares a los generados por Sifuentes *et al.*, (2013). La comparación entre los valores de extracción NPK de las curvas determinadas experimentalmente y los valores estimados con las funciones se presentan en la **Figura 2**, se

DIVISIÓN II

demuestra estadísticamente que existe una relación directa entre ambas al obtener R^2 cercanas al 1.



a. Relación entre extracción de N medido y N estimado.

b. Relación entre extracción de P medido y P estimado

c. Relación entre extracción de K medido y K estimado

Figura 2. Relación de NPK extraído medido y extraído estimado mediante funciones no lineales para papa en el norte de Sinaloa.

Los resultados de la modelación de los requerimientos nutrimentales diarios de NPK por fecha de siembra se presentan en la **Figura 3**. Para N se observa gran variación entre la fecha del 01 de octubre y la del 01 de enero, en la primera la máxima demanda se presenta a los 30 días después de siembra ($4.8 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$) y en la segunda su máxima demanda es a los 70 días después de siembra con $3.5 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$. Para el caso de fósforo la demanda diaria modelada máxima para la fecha de siembra del 01 de octubre fue de $0.45 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$, mientras que para la del 01 de enero fue de solo $0.3 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$. La fecha de siembra de 01 de noviembre mostró el más alto valor de demanda diaria ($0.55 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$) a los 20 días después de siembra.

Para potasio la fecha de siembra que mostró el máximo valor de extracción ($5.44 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$) fue la del 01 de octubre a los 80 días después de siembra al final del desarrollo de tubérculos, mientras que la del 01 de noviembre su valor máximo fue de $4.2 \text{ kg ha}^{-1}/\text{día}$ a los 110 días después de siembra.

DIVISIÓN II

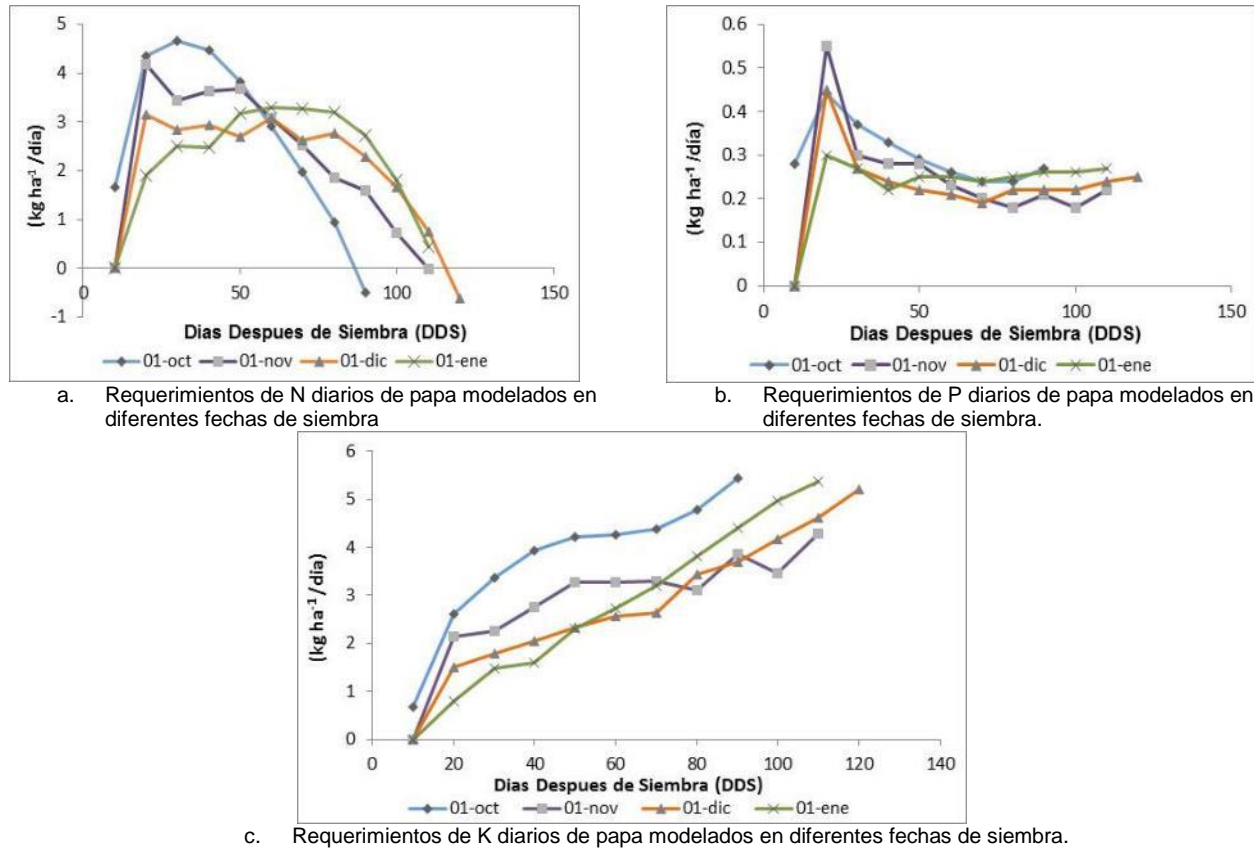


Figura 3. Requerimientos nutrimentales NPK modelados mediante funciones elásticas para diferentes fechas de siembra de papa en el norte de Sinaloa, México

Conclusiones

Las curvas elásticas NPK generadas para la estimación de la demanda nutrimental del cultivo de papa, demostraron su capacidad de acoplarse a diferentes fechas de siembra debido a que su principal insumo es la acumulación de tiempo térmico o grados-día (GD). Esta metodología permitirá prevenir a productores respecto a cambios significativos en las tasas de absorción nutrimental e incrementar la eficiencia en el uso de estos.

Bibliografía

- Flores G. H., Sifuentes I. E., Ojeda B. W., Gomes. A. H., Macías. C. J., Fonseca. M. H., (2009), Obtención de curvas para estimar la extracción de macronutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var. Alpha) en el norte de Sinaloa, México., México. Pp 5.
- Macías, S. M. A., (2014). Extracción nutrimental de las principales variedades de papa en Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Juan Jose Rios, Ahome Sinaloa. Pp. 85.
- Martínez, J.; Fernández, A.; 2004. El cambio climático global. Comprender el problema. Cambio climático: una visión desde México. México, DF.
- Ojeda, B. W., Sifuentes, I. E., y Unland, W. H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia* 40: 13-25 Pp.



DIVISIÓN II

- Sifuentes I. E., Ojeda B. W., Mendoza. P. C., Macias C. J., Ruelas I. J. R., Inzunza I. M. A., 2013. Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el “Valle del Fuerte” Sinaloa, México. In: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.4. Núm.4. p. 585-597. Sinaloa, México.
- Sifuentes, I.E.; Ojeda, B.W.; Quintana, Q.J.G. y Macías, C.J. 2010. Jornada sobre impacto y adaptación al cambio climático de la agricultura del estado de Sinaloa. Memoria técnica. Los Mochis Sinaloa México. 63 p.



FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES EN MANZANO 'GOLDEN DELICIOUS'

Soto Parra J.M.^{1*}, Piña Ramírez F.J., Sánchez Chávez E.², Flores Plascencia J.B.¹, Yáñez Muñoz R.M.¹, Basurto Sotelo M.¹, Pérez Leal R.¹, Cárdenas Casales G.A.³

¹Profesores-Investigadores. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua

²Investigador Titular. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Delicias

Alumno de la Carrera de Ingeniero en Producción y Comercialización Hortícola, FACIATEC-UACH
Campus Universitario I. Chihuahua, Chih. Tel. 614 439 1844

*Autor de correspondencia jmsotoparra@gmail.com

Resumen

Ante la creciente escasez del agua y alto costo de insumos agrícolas, son indispensables alternativas tecnológicas que aumenten rendimiento y mejoren calidad de la manzana. La nutrición vegetal es esencial para incrementar producción, mejorar calidad y capacidad de conservación del fruto. El objetivo del estudio fue evaluar fertilización edáfica con macronutrientes sobre producción, calidad de manzana en cosecha y postcosecha. Se utilizaron árboles 'Golden Delicious' /MM111 plantados en 1990, para generar los tratamientos se utilizó una estructura factorial Taguchi L25 con 5 factores y 5 niveles por cada factor en kg ha⁻¹: Nitrógeno (0, 60, 120, 180 y 240), fósforo (0, 24, 48, 72 y 96), potasio (0, 20, 40, 60 y 80), calcio (0, 48, 96, 144, 192) y magnesio (0, 10, 20, 30 y 40) con 25 tratamientos y 5 repeticiones por cada uno; en cosecha (125 días después de completa floración) y postcosecha (después de 5 meses en atmósfera controlada), se dejaron los frutos a temperatura ambiente por 7 días y entonces se determinaron color, firmeza, sólidos solubles, acidez titulable y relación azúcar acidez, el análisis estadístico fue por superficie de respuesta. Se generó una dosis de fertilización para alta producción con buena calidad del fruto en cosecha y postcosecha con 138N-45P-40K-110Ca-20Mg, destacó calcio con mayor intensidad y diversidad de las respuestas, en una proporción casi 1:1 con nitrógeno; se registró un mejoramiento en la calidad en grado de respuesta de cosecha a postcosecha.

Palabras clave

Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio; superficie de respuesta, calidad de fruto en cosecha y postcosecha.

Introducción

Para conocer las necesidades de la planta y evitar la contaminación ambiental, el manejo de fertilizantes en huertos de manzano requiere que la demanda de la planta sea entendida y que los métodos de aportación sean eficientes (Tagliavini *et al.*, 1996). La fertilización puede permitir una sincronización de la disponibilidad de nutrientes del suelo con los que la planta demanda, evitando así temporalmente la deficiencia de nutrientes, incluso en períodos de alta absorción (Malaguti *et al.*, 2006). Optimizar la nutrición mineral para un alto rendimiento y de buena calidad a menudo no requiere de alta aplicación de fertilizantes (Dris, 2002d), ya que no hay una correlación lineal de un aumento en la fertilización e incremento de la cosecha; la producción y



DIVISIÓN II

calidad, puede ser barata, conveniente y sustentable con el medio ambiente (Fallahiet *al.*, 2001). Existe la posibilidad de obtener una producción de manzana de 80 a 100 ton ha⁻¹ con una dosis correcta y moderada del fertilizante suministrada equilibradamente a lo largo de todo el ciclo productivo y complementada con un uso eficiente del agua de riego (Gispert, 2000). El Ca es especialmente importante en frutos de manzano debido a que son almacenados por largos periodos de tiempo, y el efecto del Ca sobre la calidad de almacenamiento no puede ser sustituido por otros factores (Wojcik, 2002). Los principales desórdenes fisiológicos que se ven afectados por calcio en el árbol son la mancha amarga, el corazón acuoso y la descomposición interna, estos tres problemas aumentan como consecuencia de una baja acumulación de calcio en el fruto (Westwood, 1993). Se evaluó el efecto de la fertilización edáfica con macronutrientes sobre calidad de manzana 'Golden Delicious' en cosecha y postcosecha.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en árboles 'Golden Delicious' plantados en 1990 sobre patrón MM 111, en camas en hileras de 5 árboles de ancho por 30 de largo (150 árboles por cama, 20 camas en total, aproximadamente 3000 árboles) espaciados a 3X3 m. Se utilizó un experimento factorial Taguchi L25, con cinco repeticiones (árboles), de esta manera, se utilizaron 125 unidades experimentales (árboles) en un área útil de 0.116 ha por tratamiento, los factores y niveles de aplicación en kg ha⁻¹ fueron: N 0, 60, 120, 180, 240; P 0, 24, 48, 72, 96; K 0, 20, 40, 60, 80; Ca 0, 48, 96, 144, 192; Mg 0, 10, 20, 30, 40; Las fuentes que se utilizaron para cada uno de los nutrientes: nitrógeno, Urea (46 % N); fósforo, ácido fosfórico (21.4 % P, D 1.61); potasio, thiosulfato de potasio (10.5 % K, D 1.46); calcio, cloruro de calcio (31.2 % Ca); magnesio, sulfato de magnesio (9.4 % Mg). La fertilización se fraccionó en seis aplicaciones en distintas concentraciones para cada nutriente según la fenología de la planta. La cosecha se realizó el 27 de agosto de 2011, 125 días después de completa floración (DDCF, ocurrida el 24 de abril). Además de producción, los parámetros de calidad de fruto en cosecha y postcosecha fueron color del fruto utilizando las escalas desarrolladas para 'Golden Delicious' por Hernández *et al.* (2002), expresándolas como porcentaje, considerando seis categorías, 1) verde; 2) verde rugoso lenticelas ásperas; 3) verde ceroso; 4) transición hacia el color amarillo; 5) amarillo blanquesino (amarfilado); y 6) amarillo fuertemente con tendencia hacia el anaranjado; firmeza de la pulpa (penetrómetro Effe-Gi 327, 0-28 lb in²), contenido de sólidos solubles totales, (refractómetro (Atago 0 - 32° Brix), acidez titulable expresado como porcentaje de ácido málico, relación azúcar acidez expresado como el cociente de sólidos solubles totales entre acidez titulable; para la determinación de los parámetros de calidad en cosecha y postcosecha, los frutos fueron dejados 7 días a temperatura ambiente y entonces se procedió a su procesamiento, lo que implicó una evaluación implícita de vida de anaquel. el análisis estadístico fue por superficie de respuesta cuadrática completa e interacción de factores al ajustar la superficie para determinar los niveles de los factores para óptima respuesta (Vargas *et al.*, 1991) máxima o mínima según la variable en cuestión, cuyos valores parten del promedio del mínimo y máximo para cada factor.

Resultados y discusión

En Chihuahua la mayor parte de la cosecha de manzana generalmente se almacena como una medida regulatoria de los mercados a lo hay que añadir que durante los últimos años la manzana de Estados Unidos ha abarrotado el mercado nacional acercándose más a la época de cosecha situación que causó crisis en 2013, año de producción récord con 34 millones de cajas; para el tiempo E.U.A. había introducido alrededor de 11 millones de cajas de manzana,



DIVISIÓN II

lo que además de la competencia por el mercado, significó la disminución de espacios de almacenamiento refrigerado. Esta situación será cada vez más frecuente, la forma de enfrentarla será incrementar producción (mayor a 50 toneladas por hectárea) con costos de producción cada vez menores, pero lo más importante será mejorar sustancialmente la calidad de la manzana en cosecha, con mejor capacidad de almacenamiento y una razonable vida de anaquel.

En el Cuadro 1 se presenta la superficie de respuesta para color de fruto en cosecha, a excepción de magnesio, todos los factores contribuyeron significativamente al ajuste de la regresión con tendencia lineal para N, P, K y Ca, y cuadrática para los dos primeros, el óptimo se considera de 45 a 50% que se consigue al para el primer valor con 91N-38P-49K-88Ca-21Mg, para alcanzar el segundo valor se requiere disminuir 30% N y 15% P, potasio incrementarlo 15%, en tanto que permanece constante. Destaca el comportamiento de calcio que para lograr los valores óptimos de color su relación con nitrógeno fue de 1:1 hasta ser superior 1:1:1/4, fósforo mantuvo una relación constante de 2/5, N:K desde 2:1 hasta 1¼: 1, la concentración más alta fue para calcio con 84 kg ha⁻¹. El óptimo de color de fruto en cosecha de 45 a 50%, consiste en una coloración de finalización verde rugoso lenticelas ásperas-verde ceroso lo que daría cierta atractividad de frescura (color verde), que deberá estar aparejada con una buena cantidad de azúcar y un balance adecuado azúcar-acidez para que el fruto no de sabor astringente con condiciones adecuadas de inmadurez que puede ser desfavorable durante el transporte o almacenamiento (arrugado del fruto, sabor muy ácido y astringente, este valor se consigue con una fertilización 79-34-52-86-22, una relación nutricional con referencia nitrógeno para fósforo, potasio, calcio y magnesio 2/5, 2/3, 1:1, 1/3, respectivamente, la proporción N:Ca 1:1 asegurará un suministro constante de este último para obtener una buena firmeza en cosecha, capacidad de almacenamiento y vida de anaquel, a la vez que contribuye a disminuir la incidencia de bitterpit, desorden fisiológico que en los últimos años ha aumentado su intensidad y frecuencia con la pérdida del valor comercial de la fruta.

La respuesta de color en postcosecha (Cuadro 2) fue más fuertemente para los nutrientes, en cosecha el R² fue de 21%, en postcosecha ascendió hasta 82%, con todos los factores altamente significativos en su contribución al ajuste del modelo con respuesta lineal para N, Ca y Mg e interacción de N, P y K con Ca y Mg. El color óptimo para postcosecha se considera de 56 a 66% (verde ceroso avanzado a inicios de transición que refleja frescura y madurez atractiva para el comprador (no muy verde en madurez) ni amarillo o muy amarillo que indicaría sobre madurez. El nivel de partida del valor de color (57%) estuvo asociado con 130N-48P-31K-114Ca-20Mg, nuevamente se conserva la relación N-Ca 1:1, N-P de 1/3 hasta 1/2, potasio de ¼ aumentó hasta 1/2 mientras que la relación con magnesio fluctuó desde 1/7 hasta 1/5. La mayor concentración de N y Ca (con relación 1:1) probablemente se origine como consecuencia de mayores necesidades de ambos para mantener color óptimo en postcosecha.



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Superficie de respuesta¹ máxima para color de fruto (%) de manzana ‘Golden Delicious’ en cosecha

Regresión		Factores kg ha ⁻¹				
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
		N	P	K	Ca	Mg
Linear (L)	0.7214 ²	0.0547 ²	0.0036	0.0144	0.0052	0.1540
Cuadrática (C)	0.9783	L ³ , C	C	L	L	
Productos	0.0073	P ⁴ , K, Ca	K			
Modelo	0.0539					
R ²	0.2125		C.V.	7.01	μ	44.04
%	Error E.					
40.8	1.36	120.0 ⁵	48.0	40.0	96.0	20.0
41.5	1.23	113.7	45.7	42.4	92.7	20.4
42.4	1.07	106.3	43.3	44.6	90.6	20.6
43.6	0.95	98.6	40.8	46.8	89.0	20.9
45.0	1.01	90.9	38.3	48.9	87.7	21.2
46.7	1.31	83.1	35.8	51.0	86.5	21.4
48.7	1.82	75.4	33.3	53.2	85.3	21.7
51.0	2.45	67.7	30.7	55.3	84.3	21.9
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados				
40.43		151.67	45.65	37.85	93.67	17.58

¹Análisis de cordillera (Ridge), incluye aquellos valores que se consideran óptimos para esa variable en cosecha de acuerdo a NOM-FF-061-SCFI-2003 y/o experiencia de años anteriores, considerar que una parte importante de cosecha se refrigera. μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R² Coeficiente de determinación. ²probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01. ³Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C); ⁴Productos significativos de ese nutriente con el resto. Dentro del rango de respuesta, recuadro señala los valores más adecuados.

La calidad de fruto involucra distintos parámetros que en su conjunto le dan el toque distintivo, su atractividad, palatabilidad (crujibilidad), sabor característico y sobre todo su frescura, capacidad de almacenamiento y vida de anaquel, conservando sus propiedades intrínsecas a través del tiempo.

Bajo esta óptica sería difícil definir cuál de las propiedades resulta ser más relevante y sobre la que se deberá poner mayor énfasis, sin embargo a la luz de la competencia que representa la manzana de importación, queda claro que deberemos tener un fruto que mantenga su frescura, capacidad de manejo sin daños colaterales como marcas, fricciones y magulladuras, crujiabilidad y jugosidad, pero sobre todo que conserven su característica distintiva que presenta un freno a la manzana de importación: la dulzura (balance azúcar acidez); en este tenor como se ha venido mencionando, las variables estrellas serán firmeza, acidez titulable y relación azúcar acidez, las restantes color y sólidos solubles, la primera está asociada con la atractividad para la compra por el consumidor y la cantidad de azúcar dependerá en gran medida de las condiciones ambientales en mayor medida y manejo del cultivo en menor medida.

El resumen de todas las variables en cosecha (incluye producción) y postcosecha se presentan en el Cuadro 3, para mantener porcentaje de color adecuado en postcosecha, se necesita un suplemento adicional con respecto a cosecha para N de 80 a 115 kg ha⁻¹, P de 35 a 47 kg ha⁻¹, Ca de 86 a 102 kg ha⁻¹, en tanto que K de 45 a 37 kg ha⁻¹ Mg de 22 a 230 kg ha⁻¹, ¿qué significa esto?, que si la necesidades son mayor en postcosecha. Entonces la



DIVISIÓN II

aplicación de esos nutrientes deberá enfocarse a asegurar un abasto preferentemente desde mediados hacia finales de la estación de desarrollo del fruto, mientras que si las necesidades son menores en postcosecha, entonces la aplicación del nutriente deberá preferentemente ser desde inicios hacia mediados del desarrollo del fruto, estas acciones deberán compaginarse con la promoción de la diferenciación y formación de flores en año previo y con el mantenimiento de la cosecha potencial el año actual.

Cuadro 2. Superficie de respuesta¹ máxima para color de fruto (%) de manzana ‘Golden Delicious’ en postcosecha

Regresión		Factores kg ha ⁻¹				
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
		N	P	K	Ca	Mg
Linear (L)	<.0001 ²	<.0001 ²	0.0016	0.0042	0.0063	0.0012
Cuadrática (C)	<.0001	L, C ³ ,			L	L
Productos	0.0010	K ⁴ , Ca	Mg	Ca, Mg		
Modelo	<.0001					
R ²	0.8228	0.7426	C.V.	9.52	μ	67.40
%	Error E.					
56.5	3.47	130.2	47.6	31.4	114.1	19.5
57.9	3.10	135.9	48.0	35.4	105.2	19.8
29.2	2.99	129.8	48.3	38.2	99.4	19.9
60.0	2.84	120.0	48.0	40.0	96.0	20.0
63.3	2.59	109.9	47.3	41.7	93.1	20.2
66.0	2.27	99.8	46.3	43.3	90.5	20.4
69.1	1.98	89.7	45.2	44.9	88.1	20.6
72.8	1.91	79.7	44.0	46.6	85.8	20.9
76.9	2.29	69.7	42.7	48.2	83.7	21.2
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados				
55.71		182.21	37.41	31.55	116.06	28.69

¹Análisis de cordillera (Ridge), incluye aquellos valores que se consideran óptimos para esa variable en cosecha de acuerdo a NOM-FF-061-SCFI-2003 y/o experiencia de años anteriores, considerar que una parte importante de cosecha se refrigera. μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R² Coeficiente de determinación. ²probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01. ³Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C); ⁴Productos significativos de ese nutriente con el resto. Dentro del rango de respuesta, recuadro señala los valores más adecuados.

Las variables que necesitan mayor aporte de N en postcosecha (mediados a finales de desarrollo del fruto) son color, y acidez titulable, en tanto aquellas que requieren un suplemento al inicio y mediados de desarrollo del fruto son firmeza, sólidos solubles y la relación azúcar acidez, ésta última fue la que registró las mayores necesidades de N con 145 kg ha⁻¹ y la que registró el menor requerimiento fue sólidos solubles con 67 kg ha⁻¹, ambas en cosecha, los correspondientes valores para postcosecha fueron 118 kg ha⁻¹ N para acidez titulable y color y 46 kg ha⁻¹ N para sólidos solubles.

Entonces, la influencia preponderante del N se concentra en la acidez titulable y la relación azúcar acidez (130 kg ha⁻¹ N en postcosecha y cosecha, respectivamente) y la de menor influencia fue sólidos solubles totales (56 kg ha⁻¹ N, en ambas etapas). En caso de fósforo, su mayor necesidad se registró con firmeza en postcosecha con 58 kg ha⁻¹ de P y las menores



DIVISIÓN II

necesidades para color de fruto en cosecha con 35 kg ha^{-1} de P. Destacan mayores necesidades en postcosecha para color y firmeza, mientras que las demás variables permanecen más o menos constantes en ambas etapas. Para potasio, la mayor concentración de aplicación se registró con 52 kg ha^{-1} K para color en cosecha y acidez titulable en postcosecha, y la menor necesidad fue para firmeza de la pulpa tanto en cosecha como en postcosecha, entonces, el K se requiere para conservar color y acidez titulable en postcosecha. Con respecto a calcio, su influencia definitivamente fue de mayor alcance y diversidad, se requiere para mayor firmeza en cosecha y postcosecha con alrededor de 120 kg ha^{-1} Ca también para acidez titulable y relación azúcar acidez 110 kg ha^{-1} , también con esta última cantidad para alcanzar valores adecuados de azúcar en cosecha y conservar color en postcosecha, por lo que su distribución es prácticamente a lo largo de toda la estación de desarrollo del fruto. Para magnesio sus concentraciones de aplicación estuvieron muy equilibradas para todas las variables, con ligeros incrementos para acidez titulable en ambas etapas con 22 kg ha^{-1} Mg hasta 24 kg ha^{-1} con la relación azúcar acidez en cosecha.



DIVISIÓN II

Cuadro 3. Resumen de superficies de respuesta para producción y calidad de manzana ‘Golden Delicious’

	Calidad de fruto			Intervalo macronutriente kg ha ⁻¹				
	Atributo / R ²	Rango	Media	N	P	K	Ca	Mg
Producción t ha ⁻¹	Cosecha	55.9	64.0	120.0	48.0	40.0	96.0	20.0
	0.5016	72.2		174.0	17.5	17.5	95.0	15.6
Color %	Cosecha	↑↑	40.0	↑↑↑	↓↓↓	↓↓↓	→	↓
		45.0		90.9	38.3	48.9	87.7	21.2
	0.2125	51.0		67.7	30.7	55.3	84.3	21.9
	↑	↓		↑	←	→		
Postcosecha	56.5	130.2	47.6	31.4	114.1	19.5		
	0.8228	66.0	67.4	99.8	46.3	43.3	90.5	20.4
Firmeza lb in ²	Cosecha	↑	18.8	↓	←	↑↑	←	→
		16.4		86.6	49.1	24.2	129.8	18.9
	0.2004	18.6		120.0	48.0	40.0	96.0	20.0
	↑	↑↑		←	↑↑↑	↓	→	
Postcosecha	13.0	83.4	55.8	27.4	112.2	19.0		
	0.2993	13.9	50.2	59.6	13.2	131.3	17.1	
Sólidos Solubles ° Brix	Cosecha	→	11.7	↓	→	↓↓	↑	←
		12.0		95.9	51.7	33.4	108.0	19.4
	0.3464	13.0		51.7	53.1	22.0	125.3	18.1
	→	↓		→	↓	↑	←	
Postcosecha	12.1	66.6	48.2	43.5	79.6	22.4		
	0.4757	13.0	24.2	47.5	43.6	62.4	24.1	
Acidez titulable %	Cosecha	→	0.63	↓	←	→	↓	→
		0.6534		95.5	50.4	31.8	98.4	21.2
	0.2164	0.7441		38.4	49.8	13.1	116.0	24.1
	↑	↓		←	↓	↑	↑	
Postcosecha	0.6233	120.0	48.0	40.0	96.0	20.0		
	0.4613	0.6849	114.8	48.7	61.6	114.5	23.4	
Relación Azúcar Acidez	Cosecha	↑	18.7	←	→	↑↑↑	↑	↑
		18.6		124.7	47.7	41.7	103.6	20.4
	0.1399	19.5		166.5	43.0	46.9	132.2	27.9
	→	↑↑		↓	↑	↑↑	↑↑	
Postcosecha	21.5	89.3	48.4	30.8	114.8	18.8		
	0.5036	25.3	61.9	49.9	25.3	128.3	18.5	
Medias	Cosecha	↑	18.7	↓	→	↓	↑	→
	Postcosecha	84.0		50.0	36.0	104.4	20.3	
Media General				138.0	45.0	40.0	110.	20.0

Cada flecha, considera 15% de incremento (↑) o decremento (↓), respectivamente; triángulo en negrillas significa 100% de incremento (▲) o decremento (▼); flechas horizontales significan decremento (←) o incremento (→) tenues por lo que se pueden considerar sin cambio. La media pondera el efecto del macronutriente según la importancia de cada atributo dentro del proceso de calidad: firmeza y acidez titulable su valor es 1 (de mayor importancia); para color es 10% (el valor mayor por 0.90 y el valor menor por 1.10), para SST y AZCAC es 5% para cada uno. Los valores en negrillas fueron los que se utilizaron para obtener los valores preponderantes. ¹Preponderante fisiológico se obtiene a partir de las medias de los valores señalados en negrillas.



DIVISIÓN II

Con el propósito de congeniar rendimiento y calidad a través del manejo nutricional, para una producción promedio de 64 t ha^{-1} se requieren $146\text{N}-32\text{P}-28\text{K}-95\text{Ca}-20\text{Mg ha}^{-1}$, destaca nuevamente la alta proporción de Ca:N que llega a ser de 2/3, lo que de por sí habla de la relevancia que tiene este nutrimento en producción y calidad, amén de su importancia sobre la prevención de desórdenes fisiológicos como biiterpit, de su importancia en la recuperación de la fertilidad del suelo, y en la prevención de enfermedades (VanderZwet y Beer, 1999).

El hecho de que las necesidades de nitrógeno se incrementen conforme la producción aumenta, indica la necesidad de este nutriente a lo largo de la estación lo que converge para una mayor relación azúcar acidez en cosecha y acidez titulable en postcosecha, también indica que las necesidades para un mejor calidad en cosecha y postcosecha son mayores en un 30% con respecto a aquellas de producción, de la misma manera que en el caso de nitrógeno, se requiere alrededor de incremento de ese porcentaje para mayor producción con respecto a calidad. Ese mismo porcentaje se requeriría para mayor calidad después de producción en el caso de fósforo y potasio y alrededor de 15% para mejorar calidad después de producción en el caso de magnesio, esos porcentajes adicionales deberán preferentemente ser distribuidos desde inicios a mediados o bien de mediados hacia finales de la estación de desarrollo según se requiera mayor efecto en cosecha o postcosecha, respectivamente. Finalmente la dosis general de fertilización con macronutrientes para esta variedad fue $138-45-40-110-20 \text{ kg ha}^{-1}$, las respectivas proporciones con respecto a N fueron 1/3, 1/4, 4/5, 1/8 para P, K, Ca y Mg respectivamente.

Conclusiones

La dosis para alta producción con buena calidad del fruto en cosecha y capacidad de conservación en postcosecha fue $138\text{N}-45\text{P}-40\text{K}-110\text{Ca}-20\text{Mg}$. Se registró un mejoramiento en la calidad de la respuesta de cosecha a postcosecha tanto en el coeficiente de determinación como en intensidad de la respuesta. Aquellos nutrientes que su efecto fue en cosecha, su aportación deberá ser mayormente desde inicios a mediados de la estación de desarrollo del fruto, mientras que aquellos nutrientes que su efecto fue hacia postcosecha, su aportación deberá ser mayormente desde mediados a finales de la estación, si su efecto es en ambas etapas, su aportación deberá ser a lo largo de la estación de desarrollo del fruto. Nitrógeno sobresalió para firmeza, sólidos solubles y relación azúcar acidez en cosecha y en postcosecha para color de fruto y acidez titulable; fósforo tuvo un mayor efecto para firmeza en postcosecha, mientras que potasio afectó color en cosecha y acidez titulable en postcosecha; el efecto de magnesio fue moderado para acidez titulable en cosecha y postcosecha.

Bibliografía

- Dris R. 2002. Crop Management and sustainable production. In: Plant Nutrition Growth and Diagnosis, Editors Dris R., Abdekaziz F.H., Jain S.M. p73-76.
- Fallahi E. W., Colt W. M., Fallahi B. 2001. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield, fruit quality, and photosynthesis in 'BC-2 Fuji' apple. Journal of the American Pomological Society. University Park. 55(2):68-76. <http://proquest.umi.com>. Recuperado 19/01/05.
- Gispert F. J. R. 2000. La fertirrigación en el cultivo del manzano. Revista Fruticultura Profesional. p83, 81-93.
- Hernández R. A.P., J.M. Soto, J.X. Uvalle, R.M. Yáñez, E. Sánchez, L. Romero. 2001. Contenido Nutricional Foliar y Calidad de Frutos en Manzano 'Golden Delicious' como Resultado de las Aplicaciones de Calcio Durante el Desarrollo del Fruto. Editorial Plácido Cuadros S.L. Granada, España.



DIVISIÓN II

- Malaguti D., Rombola A. D., Quartieri M., Lucchi A., Inderst C., Marangoni B., and Tagliavini M. 2006. Effects of the Rate of Nutrients by Fertigation and Broadcast Application in 'Gala' and 'Fuji' Apple. *Acta Horticulturae* 721:165-172.
- Tagliavini M., Scudellazi D., Marangoni B., Toselli M. 1996. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. *Fert. Res.* 43:93-102.
- Vander Z., Beer. 1999. Fire Blight-its Nature, Prevention, and Control. USDA.
- Vargas H. M., Zarate D. L. G. P., Burguete H., F. 1991. Factoriales fraccionados y superficie de respuesta, uso de paquetes estadísticos para microcomputadoras. *Monografías y Manuales de Estadística y Cómputo.* Vol.10 No. 1. p79-88.
- Westwood M. N. 1993. *Fruticultura de zonas templadas.* Versión española de Luis Rallo Romero, Fernando Pérez Camacho, Juan M. Caballero Reig, Ricardo Fernández Escobar, Diego Barranco Navero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Wojcik P. 2002. Yield and 'Jonagold' apple fruit quality as influenced by spring sprays with commercial boron material containing calcium and boron. *Journal of Plant Nutrition.* 25(5):999-1010.



CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NITRATOS EN SUELO EN NOGAL PECANERO

Yáñez-Muñoz, R. Ma.^{1*}; Soto-Parra, J.M.¹; Flores-Plascencia, J.B.¹; Piña-Ramírez, F.J.¹; Basurto-Sotelo, M.¹; Pérez-Leal, R.¹.

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih., México.

* Autor responsable: rosky1388@gmail.com; Ave. 20 de Noviembre 2305, Col. Obrera, Chihuahua, Chih., México. C.P. 31350.

Resumen

El Estado de Chihuahua es el principal productor de nuez con una superficie plantada de 51 mil 389 ha y una producción de 74 mil 226 t, aporta el 80% de la producción nacional. La materia orgánica es una de las principales características del suelo, se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre y es una fuente de ácidos húmicos y fúlvicos. El nitrógeno es el nutriente más demandado por las plantas y se convierte en un factor limitante para desarrollo y producción, un buen entendimiento de las etapas críticas en el cultivo del nogal pecanero es fundamental para su manejo. El trabajo se realizó durante los ciclos vegetativos 2009-2010, se utilizó como fuente al sulfato de amonio (20.5% de N), distribuidas en siete aplicaciones, según las diferentes etapas fenológicas planta-fruto, con cuatro dosis de nitrógeno 0, 160, 320 y 480 kg ha⁻¹, con 53 fechas de muestreo, con un total de 212 muestras. No hubo efectos significativos en el contenido de materia orgánica promedió 0.68 %, se encontró por debajo de los rangos óptimos; la dinámica nutricional de NO₃⁻ en suelo fue decreciente conforme avanzó el ciclo vegetativo con incremento hacia el final de la estación preparándose a la entrada de dormancia. La producción más alta fue de 3.28 t ha⁻¹ con 320 kg ha⁻¹ N, no se obtuvieron resultados significativos sobre calidad de la nuez.

Palabras clave

Carya illinoensis (Wangenh.) K Koch, nitrógeno, producción, calidad.

Introducción

El estado de Chihuahua es el principal productor de nuez con una superficie plantada de 51 mil 389 ha y una producción de 74 mil 226 ton, aportando el 80% de la producción nacional (SIAP, 2008). En el manejo agronómico del nogal pecanero la fertilización es una de las labores que eleva los costos de producción, esto puede representar el 25% al 50% del total FIRA (1999). La dinámica del nitrógeno en la relación suelo-planta es la más compleja de los nutrientes esenciales, es dependiente de las condiciones ecológicas de temperatura, humedad, pH, así como de la relación C/N de la materia orgánica y de la actividad microbiana (Uvalle, 2000). En particular, el nitrógeno (N), es el más demandado por las plantas, se convierte en un factor limitante para su desarrollo óptimo, por lo que un buen entendimiento de las relaciones entre las respuestas del N son fundamentales (Sánchez *et al.* 2009). Las aplicaciones apropiadas de N son una parte esencial en el programa de manejo de huertos para incrementar calidad y productividad (Smith *et al.* 2007; Wood, 2006). Sparks (1994) sugiere para obtener altos rendimientos y alta calidad de nueces es necesario tener los niveles óptimos de N pero



DIVISIÓN II

también un adecuado nivel de humedad en el suelo. La calidad de nuez, considera principalmente el porcentaje de nuez comestible, el tamaño de fruto, color, daños de la almendra (Herrera, 2004). El objetivo del estudio fue determinar la evolución temporal de la materia orgánica y nitratos bajo fertilización nitrogenada en suelo para detectar etapas críticas de demanda que permita mejorar la eficiencia de su utilización sobre los componentes de rendimiento y calidad de la nuez.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Aldama, Chih., durante el ciclo 2009-2010 en nogal ‘Western Schley’, los niveles de nitrógeno fueron, 0, 160, 320 y 480 kg ha⁻¹, utilizando como fuente al sulfato de amonio (20.5% de N), en siete aplicaciones distribuidas según las siguientes concentraciones en porcentaje con respecto al total, en función del estadio de desarrollo del fruto, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de la fertilización nitrogenada

Aplicación						
1	2	3	4	5	6	7
Fecha						
Febrero 28	Abril 17	Junio 05	Julio 05	Julio 31	Sept. 14	Diciembre 13
Estadio Fenológico						
Pre-brotación	Amarre Fruto	Crecimiento fruto	Estado acuoso	Inicia Estado mazoso	Maduración	Recarga de postcosecha
12.5 %	25 %	12.5 %	12.5 %	12.5 %	12.5 %	12.5 %

Brotación 20 de marzo, día juliano 79

Se recolectaron muestras de suelo de 0-30 cm de profundidad del 10 de Febrero 2009 al 22 de Febrero 2010; colectándose cuatro muestras por fecha de muestreo, con intervalos de muestreo de cada 8 días, siendo un total de 53 fechas de muestreo durante el año de estudio, con un total de 212 muestras, en un área de 16 m², dos metros de retirados del tronco por cada punto cardinal.

La cosecha se realizó el 16 de noviembre de 2009, donde se vibraron los árboles, se recolectó la nuez y se extrapoló a producción por hectárea en toneladas (t) al multiplicar la producción por árbol, por el número de árboles por hectárea corregida por un factor de 0.95 debido a la heterogeneidad de los árboles, y se clasificaron en base a la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009. El análisis estadístico fue mediante el procedimiento mixto para nivel de nitrógeno, se tomo como efecto aleatorio la fecha de muestreo

Resultados y discusión

En el Cuadro 2, la media anual de la dinámica de materia orgánica, donde no existe una significancia entre los diferentes niveles de fertilización nitrogenada, mientras que el contenido de nitratos mostró una diferencia significativa para 480 kg N ha⁻¹, presentando el valor más bajo de 33.6 ppm.

Cuadro 2. Parámetros de suelo

Nitrógeno kg ha ⁻¹	Suelo	
	M.O.	NO ₃
	0.2217	0.0176
0	0.67 a	37.1 a
160	0.70 a	36.8 a
320	0.64 a	35.8 a
480	0.70 a	33.6 b
μ	0.68	35.8
Error estándar	0.03	1.21

¹Probabilidad Pr ≥ 0.05 no significativo, 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01 significativo, Pr < 0.01 altamente significativo. Medias de mínimos cuadrados con letras distintas son estadísticamente diferentes (t, α 0.05).

Materia Orgánica del Suelo

En la Figura 1, no existen diferencias significativas en los distintos niveles de N con respecto a la materia orgánica, por lo que se obtuvo una gráfica promedio para representar la dinámica estacional, donde 45 fechas de muestreo de suelo caen por debajo del 0.81% y solo 8 fechas de muestro se ubican dentro del rango óptimo 0.81–1.20% (Uvalle, 2000), sin llegar a rebasar el 1.00%, siendo el primer punto de demanda durante la brotación, el 16 de marzo a 94 (DDD) con 0.86%; también en presencia de flores masculinas o amentos, el 29 de marzo a (107 DDD) con 0.89%; para luego decrecer y volver a tener un aumento durante la polinización y fecundación el 3 de mayo a (142 DDD) con 0.91%; y por último durante el inicio de crecimiento de fruto al 5 de junio a (175 DDD), con 0.89%. Siendo importante señalar que la materia orgánica presenta actividad en brotación, polinización y defoliación.

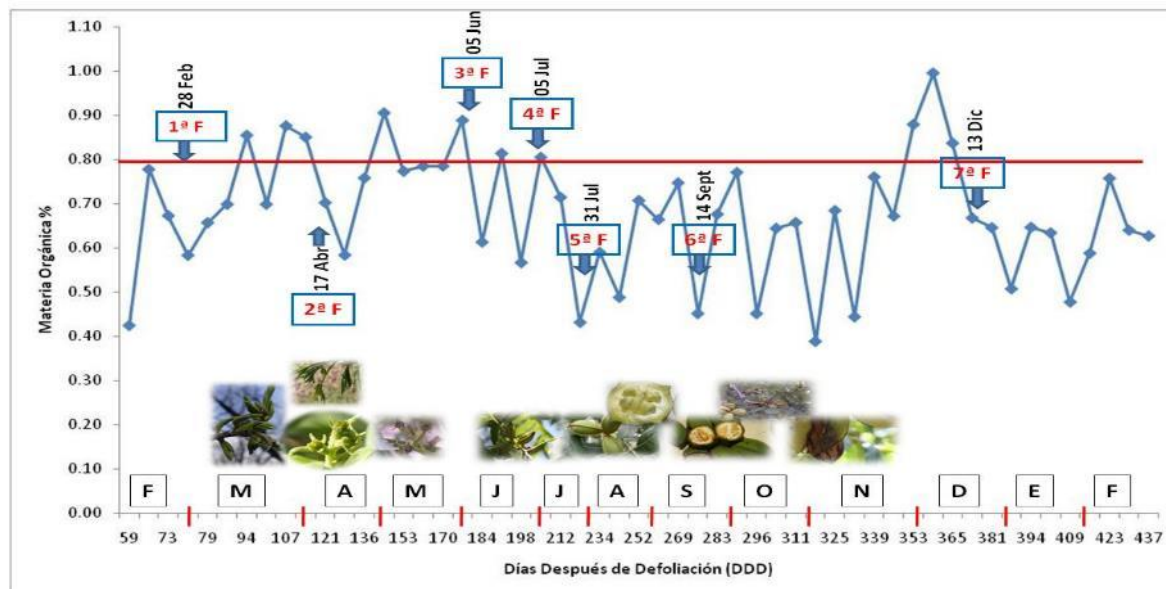


Figura 1. Dinámica estacional del contenido de materia orgánica en suelo bajo fertilización nitrogenada

Los beneficios de la materia orgánica en suelos agrícolas son físicos, químicos y biológicos, ya que mejora la estructura, evita la compactación y la erosión, mejora la retención de humedad y mejora la capacidad de intercambio catiónico (Tahboub *et al.* 2008).

Nitratos en Suelo

No se detectaron diferencias significativas para los distintos niveles de nitrógeno en la dinámica estacional de por lo que se obtuvo el promedio anual para cada fecha de muestreo que se muestra en la Figura 2, durante los meses de abril, mayo y mediados de julio fue la mayor acumulación de NO_3^- en suelo que probablemente se deba a que la planta no lo está demandando. Además, resaltar que el mayor contenido de nitratos se presentó en la fecha 06 de abril (115 DDB) con un valor de 56.88 ppm de NO_3^- , donde el rango óptimo de 40.0-80.0 ppm (Uvalle, 2000).

Lagarda (2007) menciona que la mayor demanda de N ocurre durante el crecimiento de los brotes (de abril a principios de junio), después de esta etapa la demanda de N baja considerablemente, hasta llegar a un segundo pico de menor demanda durante el crecimiento de la almendra (de agosto a septiembre), la magnitud de la tasa de mineralización depende de los factores ambientales, principalmente temperatura y humedad.

Finalmente, la dinámica nutricional de NO_3^- , se muestra en forma decreciente conforme avanza el ciclo vegetativo, mostrando que al fraccionar la dosis de fertilización, su manejo es más adecuado.

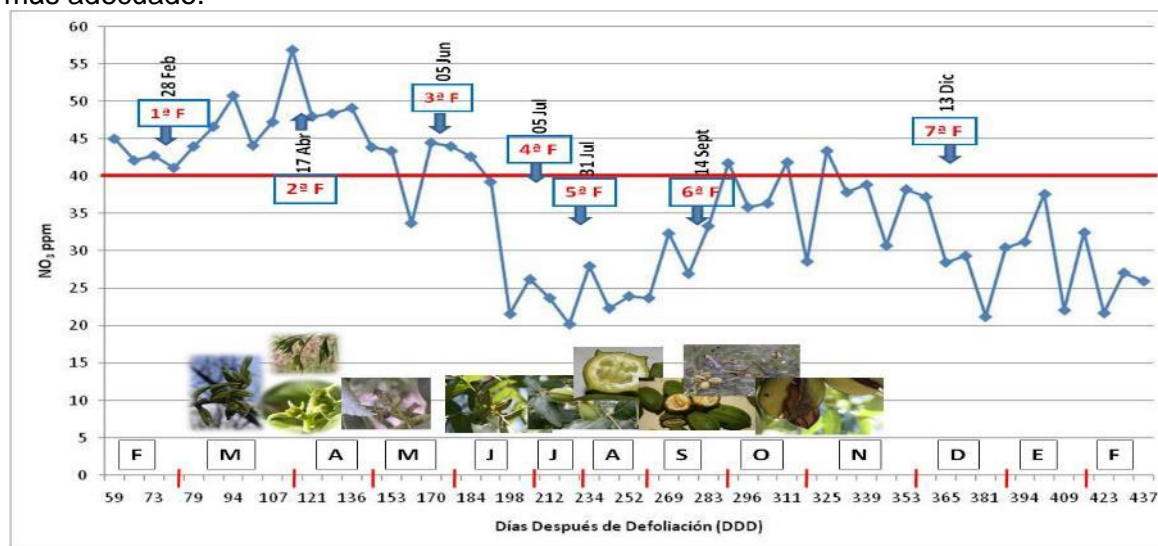


Figura 2. Dinámica estacional del contenido medio de nitratos en suelo

Se puede decir que existe una mayor acumulación de NO_3^- , debido a las bajas temperaturas ya a finales del ciclo vegetativo, preparándose a la entrada de dormancia durante el invierno. Existe un proceso muy dinámico del contenido de nitratos en suelo y planta y que su fluctuación dependerá básicamente de las necesidades para el desarrollo de la planta y fruto en pleno crecimiento y posteriormente para llenado de la nuez por lo que es necesario contar con un abastecimiento constante y oportuno para favorecer estos procesos, manteniendo a la planta con producciones altas y sostenidas con frutos de mejor calidad, evitando sobresaturación en tiempo y espacio de nitrógeno en el suelo, lo que puede traducirse en uso más eficiente de la



DIVISIÓN II

fertilización nitrogenada, evitando gastos innecesarios en fertilización y problemas de impacto ambiental (Sánchez *et al.* 2009).

En el Cuadro 3, tiene un efecto directo de la aplicación de las dosis nitrogenadas sobre el rendimiento del nogal, existe una diferencia significancia en relación a la producción, que fue 320 kg ha⁻¹ N, con una producción de 3.28 t·ha⁻¹, mientras que 160 y 480 kg ha⁻¹ N, mostraron una diferencia de producción de 2.72 y 2.31 t·ha⁻¹, respectivamente, y 480 kg ha⁻¹ N, que reportó el dato significativamente más bajo en producción puede deberse a que el nogal respondió mayormente a un crecimiento vegetativo debido a la cantidad de nitrógeno aplicado y por lo tanto obtuvo menor rendimiento, mientras que para en número de nueces por kilogramo y porcentaje de almendra comestible, no hay una diferencia significativa en la fertilización nitrogenada, mostrando los porcentajes de almendra de 60.5 a 61.2 (en el límite superior a los valores de referencia de 54 a 60% reportado Tarango (2007) y 58% que coincide con lo reportado por Medina *et al.* 2004).

Cuadro 3. Componentes de rendimiento

Nitrógeno ² kg ha ⁻¹	Producción t ha ⁻¹	Nueces kg ⁻¹	almendra comestible %
0	1.88 b	130 a	60.5 a
160	2.72 ab	126 a	60.6 a
320	3.28 a	126 a	61.0 a
480	2.31 a	127 a	61.2 a
μ	2.55	127	60.8
Error Estándar	0.53	3.4	0.61

¹t ha⁻¹, ²Probabilidad Pr ≥ 0.05 no significativo, 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01 significativo, Pr < 0.01 altamente significativo. Medias de mínimos cuadrados con letras distintas son estadísticamente diferentes (t, α 0.05).

Estos resultados no coinciden con lo señalado por Storey *et al.* (1986) donde las aplicaciones altas de N reducen la producción, ni con los resultados de Medina (2002), quien no encontró diferencias en la producción bajo tratamientos de fertilización; no obstante, McEachern (1985) y Wood (2002), indican que la fertilización nitrogenada incrementa significativamente los rendimientos en nogal, que coinciden con lo expresado por Figueroa *et al.* (2002). Al recomendar la aplicación de 100 kg de N por tonelada de nuez que se espera cosechar, lo que coincide con la mayor producción promedio de 3.28 ton·ha⁻¹ con 320 kg ha⁻¹ N.

Estudios demuestran que la dinámica de aplicación, toma y almacenamiento de N en frutos y árboles de nuez aplicándolo en diferentes etapas de desarrollo del árbol y/o fruto (Acuña-Maldonado *et al.* 2003, marzo y octubre; Kraimer *et al.* 2001, marzo a junio; Kraimer *et al.* 2004, marzo y junio; Rey *et al.* 2006, llenado de almendra en agosto y septiembre; Smith *et al.* 1995, marzo y octubre; Smith *et al.* 2004, marzo y junio; Smith *et al.* 2007, marzo y julio).

Distintos trabajos mencionan que las fertilizaciones hasta de 300 kg ha⁻¹ N pueden recomendarse en huertos donde se produzcan más de 3.0 t·ha⁻¹. Pero existen regiones como el municipio de Jiménez en el Estado de Chihuahua, que aplican de 540-702 kg ha⁻¹ N, obteniendo una producción de 28.6 kg/árbol (Tarango, 2007). El aplicar la cantidad de N de acuerdo a los requerimientos por la cosecha ayuda a reducir niveles de alternancia (Medina, 2001).



DIVISIÓN II

Soto *et al.* (2012) mencionan que en seis años evaluados, se detectaron diferencias significativas en cuatro de ellos, 320 kg ha⁻¹ N presentó de manera consistente la mayor producción de nuez durante los seis años de estudio con un promedio de 3.2 ton·ha⁻¹, superó al control 49%, el año de producción más bajo (2.4 t·ha⁻¹ en 2007) fue mayor al control en un 94%, mientras que en el año de producción más alta (3.98 ton·ha⁻¹ en 2008), 320 kg ha⁻¹ N fue mayor al control en 20%.

Conclusiones

La mayor producción se obtuvo con 320 kg ha⁻¹ N, con un promedio de 3.28 t·ha⁻¹, se obtuvo una diferencia significativa menor en producción con 480 kg ha⁻¹ N, con 2.31 t·ha⁻¹, debido a un mayor crecimiento vegetativo, teniendo un efecto de dilución. No se registraron respuestas significativas para el contenido de materia orgánica y nitratos número de nueces por kg y en el porcentaje de almendra comestible, no fueron afectados por los distintos niveles de fertilización nitrogenada.

Bibliografía

- Acuña-Maldonado L. E., M. W. Smith, N. O. Maness, B. S. Cheary, and B. L. Carrol. 2003. Influence of nitrogen application time on nitrogen absorption, partitioning, and yield of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128:155-162.
- Figueroa V. U., Medina M. M. C., Chávez G. J. F. 2002. Manejo del Suelo. En *Tecnología de Producción en Nogal Pecanero*. SAGARPA. INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental La Laguna, Coahuila, México. p77-125.
- FIRA 1999. Paquete Tecnológico y Costos del Cultivo del Nogal Pecanero para la Región de Jiménez, Chihuahua. México. Pp.59-63.
- Herrera E. 2004. El cultivo de nogal pecanero. Editorial Universidad Autónoma de Chihuahua. México. p. 178-181.
- Kraimer R. A., W. C. Lindemann and E. A. Herrera. 2001. Distribution of 15N-labeled fertilizer applied to pecan: A case Study. *HortScience* 36(2):308-312.
- Kraimer R. A., W. C. Lindemann, and E. A. Herrera. 2004. Recovery of lateseason 15N-labeled fertilizer applied to pecan. *HortScience* 39: 256-260.
- McEachern G. R. 1985. Pecan Fertilization. In: *Texas pecan orchard management handbook*. TAES-Texas A&M University. p. 90-91.
- Medina M. M. del C., Cano R. P. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 2(1):9-14.
- Medina M. M. C. 2002. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*. Vol. 20 No. 4:497-504.
- Medina M. M. del C., Lagarda M. Á., Arreola A. J. 2004. Productividad a Largo Plazo de 14 Cultivares de Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) en la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(1):31-36.
- Rey A, and Lindemann W. C. 2006. Recovery of ¹⁵N Fertilizer Applied at Different Stages of Pecan Kernel Fill. *HortScience* 41(3):794-798.
- Sánchez Ch. E, Soto P. J. M, Sosa C. M. Yáñez M. R. M, Ezequiel A. A, 2009. "Eficiencia de Uso del Nitrógeno en Nogal Pecanero" Publicado en *Terra Latinoamericana* 27: 311-317.
- SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Producción Agrícola Cíclicos y Perennes 2008*. <http://www.siap.gob.mx>, recuperado mayo 07, 2010.
- Smith M. W., Cheary B. S., Carroll B. 1995. Time of nitrogen and phosphorus effects on growth, yield, and fruit quality of pecan. *HortScience* 30(3): 532-534.
- Smith M. W., Rohla Ch. T., Maness N. O. 2007. Correlations of Crop Load and Return Bloom with Root and Shoot Concentrations of Potassium, Nitrogen, and Nonstructural Carbohydrates in Pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132(1):44-51.
- Smith M. W., Wood B. W., Raun W. R. 2007. Recovery and Partitioning of Nitrogen from Early Spring and Midsummer Applications to Pecan Trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132(6):758-763.
- Soto J. M; Sánchez E; Piña F. J; Basurto M; Yáñez R. M; Laos T. 2012. Componentes del rendimiento en nogal pecanero bajo fertilización nitrogenada. XIV Simposio Hispano-Luso de Nutrición Mineral de las Plantas. Madrid, España.



DIVISIÓN II

- Sparks D. 1994. Efectos nutricionales de la producción alternada y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el cultivo del nogal. San Carlos, Sonora.
- Storey J. B., Stein, L., and McEachern, G. R. 1986. Influence of nitrogen fertilization on pecan production in south Texas. HortScience 21:855.
- Tarango R.S.H. 2007. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Folleto Técnico No. 24. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p.39.
- Uvalle Bueno J. X. 2000. Diagnosis. Análisis de agua, suelo y planta, su interpretación y utilidad agrícola. Hermosillo, Sonora, México. 176p.
- Wood B. W. 2002. Late nitrogen fertilization in pecan orchards. *In*: A review. Proceedings 36th. Western Pecan Conference. NMSU-WPGA. P. 47-59.
- Wood B. W. 2006. Mineral nutrition of pecan with emphasis on nitrogen. *In*: Proceedings of Ciclo de Conferencias Internacional de Nogalero a Nogalero. Saltillo, Coahuila. México. p. 11-21.



EL RENDIMIENTO DEPENDE DE LAS CONCENTRACIONES DE FÓSFORO, CALCIO Y MAGNESIO EN MANZANO VARIEDAD 'SMOOTHEE GOLDEN'

Blanco-Macías, F.^{1*}, Valdez-Cepeda, R.D.¹, Llamas-Llamas, J.J.², Márquez-Madrid, M.¹, Magallanes-Quintanar, R.³, Méndez-Gallegos, S. de J.⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México.

³Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.

⁴Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Autor de Correspondencia, Correo-E.: fiblama63@gmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6167 Ext. 123.

Resumen

Los nutrimentos se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. Algunas evidencias han sugerido que *Pseudomonas putida* BA-8 y *Bacillus subtilis* (sinónimo de *Paenibacillus macerans*) OSU-142 por si solas o en combinación, aplicadas al follaje y flores, tienen el potencial de incrementar el rendimiento, el crecimiento y las concentraciones foliares de N y K en árboles de manzano 'Starkrimson' y de N y P en aquellos de 'Granny Smith', establecidos en una huerta experimental. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue identificar las relaciones entre el rendimiento y las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg por efecto de las aplicaciones de MicroSoil® (como fuente de RPCV) al follaje y las flores de árboles de manzano variedad 'Smoother Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas sobre la composición de las hojas y la producción de fruto. El rendimiento en manzano variedad 'smoother Golden' dependió significativamente del P ($r=-0.248$; $p=0.048$), Ca ($r=-0.394$; $p=0.001$) y Mg ($r=-0.397$; $p=0.001$). Las correlaciones positivas significativas entre N y Mg, K y Ca, K y Mg y Ca y Mg evidenciadas sugieren interacciones sinérgicas entre esos pares de nutrimentos.

Palabras clave

Nutrimento limitante; Rendimiento; Interacción nutrimental

Introducción

La superficie dedicada al cultivo del manzano en México es de 66,400 ha. Esta área representa el 6 % de la superficie total ocupada por todas las especies frutícolas (SAGARPA, 2002). El estado de Zacatecas tiene un potencial para el cultivo del manzano en 8,000 ha (Llamas-Llamas *et al.*, s/f). Sin embargo, solo se cultivan 1,200 ha debido a que los últimos inviernos han sido cálidos e irregulares de manera que han provocado desequilibrios fisiológicos (que inducen brotación tardía, escasa e irregular, mayor sensibilidad al ataque de plagas y enfermedades y reducción del rendimiento) en los árboles de las variedades 'Golden' y 'Red Delicious' (Llamas-Llamas *et al.*, s/f), lo cual ha conllevado a que la superficie cultivada haya disminuido notablemente desde más 2,000 ha en 1985. Muchos factores, como los nutrimentos, se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. En particular, los problemas de desórdenes nutrimentales por deficiencias y



DIVISIÓN II

excesos han sido resueltos con la implementación de prácticas de manejo como la fertilización. Por ello, ha sido preciso el desarrollo de tecnología y la estimación de los requerimientos nutrimentales a nivel local o regional. Pirlak *et al.* (2007) han sugerido que *Pseudomonas putida* BA-8 y *Bacillus subtilis* (sinónimo de *Paenibacillus macerans*) OSU-142 por si solas o en combinación, aplicadas al follaje y flores, tienen el potencial de incrementar el rendimiento, el crecimiento y las concentraciones foliares de N y K en árboles de manzano 'Starkrimson' y de N y P en aquellos de 'Granny Smith', establecidos en una huerta experimental en Karaman, Turquía. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue identificar las relaciones entre el rendimiento y las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg por efecto de las aplicaciones de MicroSoil® (como fuente de RPCV) al follaje y las flores de árboles de manzano variedad 'Smoothie Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas sobre la composición de las hojas y la producción de fruto.

Materiales y Métodos

Cepas bacterianas, condiciones de cultivo, medio y tratamientos

El producto comercial (MicroSoil®) se evaluó en un experimento como fuente de bacterias. En sí, dicho producto contiene *Azotobacter vinlandii*, *Clostridium pasteurium*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Rhodococcus*, *Azospirillum*, *Arthrobacter* y *Rhodobacter*. La suspensión bacteriana se diluyó en agua destilada estéril para obtener 3 dosis diferentes: 250 mL en 25 L de agua, 312.5 mL en 25 L de agua y 417 mL en 25 L de agua. También se incluyó el testigo (sin MicroSoil®). El experimento se estableció en una huerta de Rancho Nuevo, Zacatecas al considerar árboles de 6 a 10 años de edad (2010). El espaciado entre hileras fue de 4.5 m, mientras que entre árboles fue de 2.6 m. En el primer año, 48 árboles de la variedad 'Smoothie Golden' fueron seleccionados. Las 4 dosis se aplicaron en 4 bloques completos al azar. Cada dosis se aplicó en tres árboles; de esta manera: 4 dosis X 4 repeticiones X 3 árboles = 48 árboles. La aplicación de la dosis testigo o control (T1) consistió en rociar los árboles con agua estéril. La aplicación de las otras dosis consistió rociar la suspensión diluida en la etapa de plena floración y a los 30 y 60 días después de plena floración, durante 2010, 2011, 2012 y 2013. Las prácticas riego y control de plagas y enfermedades fueron realizadas por el productor cooperante. Cabe señalar que el control fitosanitario integral del cultivo está basado en la prevención y manejo del agente causal de la pudrición del cuello (*P. cactorum*) de los árboles, mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109') y la aplicación de fungicidas elaborados a base de hongos antagonistas *Trichoderma harzianum*. La prevención de daños a la raíz de los árboles, causados por pulgón lanígero, *E. lanigerum*, se ha llevado a cabo mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109', 'MM106' y 'MM111') y el bioinsecticida Bio-Metha, elaborado con base al hongo entomopatógeno, *Metharhizium anisopliae*. Los efectos de la aplicación de cantidades diferentes de RPCV se evaluaron al considerar el rendimiento (Peso de frutos Planta⁻¹). También se cuantificó el efecto de los tratamientos con bacterias al contemplar la concentración de los elementos nutrimentales en las hojas.

Análisis de Follaje

Hojas completamente desarrolladas de la parte media de la copa de cada uno de los 48 árboles fueron muestreadas a mediados julio en todos los años de estudio (2010, 2011, 2012 y 2013). Con el fin de determinar el contenido mineral en las hojas, las muestras fueron secadas en estufa a 68°C durante 48 horas y, posteriormente, molidas. El procedimiento micro-Kjeldahl



DIVISIÓN II

se usó para la determinación de N (AOAC, 1990). En las digestiones diluidas, el P se midió por espectrofotometría al usar el método del azul de indofenol, después de la reacción con ácido ascórbico (AOAC, 1990). Los elementos K, Ca y Mg también se analizaron con espectrofotometría.

Análisis de datos

Los datos de los 4 años de estudio con respecto a rendimiento, así como de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) fueron analizados mediante correlaciones bivariadas (*r* de Pearson). Para ello, los datos se capturaron y procesaron en Excel.

Resultados y Discusión

Los estimadores estadísticos de las variables registradas se aprecian en el Cuadro 1. Los coeficientes de variación de rendimiento, Ca y Mg son grandes, mientras que los de P y K son medios. El coeficiente de variación de N es pequeño.

Cuadro 1. Estimadores estadísticos de rendimiento y concentraciones de los nutrimentos en hojas de manzano variedad 'Smoothie Golden'.

Variable	Media	Error Estándar de la Media	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Peso de frutos (Kg) Planta ⁻¹	17.460	1.440	11.490	65.79	0.88	62.61
N (%)	2.576	0.026	0.206	7.99	2.090	2.93
P (%)	0.152	0.003	0.024	15.86	0.110	0.21
K (%)	1.504	0.038	0.308	20.51	0.699	2.09
Ca (%)	1.159	0.039	0.313	27.02	0.580	1.69
Mg (%)	0.202	0.007	0.055	27.35	0.093	0.32

Correlaciones Bivariadas

El rendimiento dependió significativamente del P ($r=-0.248$; $p=0.048$), Ca ($r=-0.394$; $p=0.001$) y Mg ($r=-0.397$; $p=0.001$) (Cuadro 2). El signo negativo de esos coeficientes de correlación sugiere que el rendimiento decrece conforme la concentración de dichos elementos en la hojas se incrementa. Esto implica que muchas de las observaciones corresponden a árboles con rendimientos limitados por los nutrimentos P, Ca y Mg. Por consiguiente, las concentraciones medias de estos elementos deberían ser mayores que sus concentraciones óptimas. En este contexto, las concentraciones mínimas de los rangos de suficiencia para manzano variedad 'Golden Delicious' son 0.15, 0.1 y 0.2 % para los casos P, Ca y Mg, respectivamente (Campbell, 2000). Con ello, el supuesto efecto limitativo de P, Ca y Mg sobre el rendimiento en manzano variedad 'Smoothie Golden' se confirma parcialmente. En otras palabras, aún permanece la necesidad de definir los requerimientos nutrimentales de este material genético.

Las correlaciones significativas entre N y Mg, K y Ca, K y Mg y Ca y Mg son positivas. Ello sugiere que, en esas asociaciones bivariadas, cuando la concentración de alguno de esos nutrimentos aumenta, la del otro se incrementa. Llama la atención que el Mg esté involucrado en tres relaciones bivariadas significativas y que también se haya identificado que limita el rendimiento de muchos de los árboles de manzano del experimento. En lo que concierne a las



DIVISIÓN II

interacciones del Mg con K y K, los resultados son contradictorios a las interacciones negativas predominantes en árboles frutales (e.g. Vang-Petersen, 1980). Por el contrario, las deficiencias de Mg son asociadas, en general, a concentraciones pequeñas de N en hojas de plantas de las especies cultivadas; entonces, la asociación positiva evidenciada entre ambos elementos es congruente con la interacción sinérgica predominante en la literatura científica.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones (r de Pearson) entre rendimiento y concentración de los nutrimentos en hojas de manzano variedad 'Smoothie Golden'.

	Peso de Frutos (Kg) Planta ⁻¹	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)
N (%)	0.083				
p	0.516				
P (%)	-0.248	-0.194			
p	0.048	0.125			
K (%)	-0.239	0.080	-0.122		
p	0.057	0.528	0.338		
Ca (%)	-0.394	-0.026	0.091	0.495	
p	0.001	0.840	0.475	0.0001	
Mg (%)	-0.397	0.250	0.201	0.390	0.567
p	0.001	0.046	0.112	0.001	0.0001

Conclusiones

El rendimiento en manzano variedad 'smoothie Golden' dependió significativamente del P ($r=-0.248$; $p=0.048$), Ca ($r=-0.394$; $p=0.001$) y Mg ($r=-0.397$; $p=0.001$).

Las correlaciones positivas significativas entre N y Mg, K y Ca, K y Mg y Ca y Mg evidenciadas sugieren interacciones sinérgicas entre esos pares de nutrimentos.

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó éste informe.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Copper catalyst Kjeldahl method. p. 15. In: K. Helrich (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition AOAC. Arlington, VA, USA.
- Campbell, R. 2000. Reference Sufficiency Ranges For Plant Analysis In The Southern Region Of The United States. Southern Cooperative Series Bulletin #394. Reedy Creek Road, Raleigh, NC, USA. URL: www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf.
- Llamas-Llamas, J.J., J.J. Avelar-Mejía, A. Lara-Herrera, J.O. Cortés-Bañuelos y M.A. Salas-Luévano. s/f. Evaluación de variedades de manzano con bajos requerimientos de frío invernal. Universidad Autónoma de Zacatecas-Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México. 6 p.
- <http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/vijornadasdeinvestigacion/mesa9/Evaluaci%F3n%20de%20variedades%20de%20manzano.pdf>.
- Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin and A. Esitken. 2007. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. J. Sustainable Agriculture 30(4): 145-155.
- SAGARPA. 2002. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Vang-Petersen, O. 1980. Calcium, potassium and magnesium nutrition and their interactions in 'Cox's Orange' apple trees. Scientia Horticulturae 12 (2), 153-161.



CARACTERIZACIÓN Y OBTENCIÓN DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN TRES CULTIVARES DE FRIJOL ORGÁNICO; YORIMÓN, DOLICHUS NEGRO Y DOLICHUS CAFÉ, EN LA COMARCA LAGUNERA DE DURANGO.

Gress-Hernández, G.E.^{2*}; Luna-Ortega, J.G.¹; Torres-Castañuela, D.C.²; Pérez-Juárez, Y. D.²; Adame-Ramos, D.²; Robles Solis, Z.I.²; Alcalá-González, M.C.²

¹ Universidad Politécnica de la Región Laguna, Coahuila, México. Maestro Investigador

² Universidad Politécnica de la Región Laguna, Coahuila, México. Estudiantes

*Autor responsable: gresia.gress.hedez@gmail.com; Ant. Carretera Torreón-San Pedro #32, Col. Nuevo Jaboncillo, Francisco I. Madero, Coahuila. México. CP 27900.

Resumen

Con el objetivo de caracterizar, evaluar variables determinantes para forraje verde y de obtener funciones para producción de biomasa en estadio de prefloración, utilizando un método destructivo en tres genotipos de frijol orgánico, se realizó el presente trabajo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue de 300 plantas, utilizando únicamente 10 plantas por parcela útil. En cuanto a los resultados del análisis de varianza, los genotipos presentaron diferencias significativas al ($P \leq 0.05$), para peso de forraje verde y de ($P \leq 0.01$) para peso de materia seca, altura de planta, peso de las hojas y área foliar. Con respecto a la interacción de dosis de fertilización por genotipo, el carácter área foliar, resultó con significancia estadística significativa al ($P \leq 0.05$), y la variable altura de planta resultó con alta significancia al ($P \leq 0.01$). En cuanto a las medias, estas variaron desde 0.04 gramos de peso de las hojas hasta 12 290 Kg ha⁻¹ para peso de forraje verde. Los coeficientes de variación de los análisis de varianza son considerados desde 12.64 de altura de la planta hasta 21.50 del peso de las hojas. En la producción de forraje verde en el rendimiento promedio de forraje, para el cultivar Dolichus café, este fue superior a los demás con 18 145 kg ha⁻¹, siguiéndole el Dolichus negro con 9 555 kg ha⁻¹ y después el Yorimón con 9170 kg ha⁻¹.

Palabras clave

Genotipos; forraje; caracteres

Introducción

El frijol orgánico presenta características para su adaptación a las condiciones de las zonas áridas, Murillo et al, (2001), (2002a), (2002b), (2002c), donde se diversifica su uso; entre ellos el control de malezas, Gutiérrez et al (1995), abono verde, especialmente como alternativa para productores orgánicos, ya que incorporado al suelo cuando aún está verde, mejora la fertilidad y calidad de éste. El chícharo de vaca en asociación con maíz funciona para ensilaje y con el pasto Sudán para henificarse, incrementando con ello los rendimientos de forraje fresco o seco, Pandey (1990). El heno de chícharo de vaca es un excelente pienso para el ganado; si se pica y humedece, es también adecuado para las aves de corral. Para las cerdas de vientre se



DIVISIÓN II

obtienen buenos resultados mezclándolo con maíz molido Chase (1989), una de las características importantes que posee esta leguminosa, es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, evitando de esta forma la erosión del mismo, mejorando su estructura, aumentando su actividad biológica y disminuyendo la filtración y pérdida de nutrientes, Rosa et al, (1995), la cual es a través de la simbiosis Rhizobium-leguminosa, aún cuando esta asociación puede estar influenciada por el tipo de cepa, el estado nutricional de la planta, así como el nivel de nutrientes en el suelo. La formación de nódulos (engrosamientos o hinchazones de las raíces de las leguminosas y algunas otras plantas habitadas por bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno) en la raíz de las plantas de frijol la respuesta es positiva a la eficiencia de la simbiosis entre las bacterias (cepa específica presente en el suelo o mediante una cepa específica inoculada) y las plantas. Sin embargo, no todas las cepas de Rhizobium son capaces de producir una fijación efectiva en todas las leguminosas y pueden mostrar diferentes habilidades para nodular; por lo que, mientras mayor sea la producción de nódulos a través de esta simbiosis, se hará un mayor uso del nitrógeno atmosférico presente en el suelo, y esto influirá en la producción de biomasa (materia verde y seca) y producción de grano. El área foliar y la producción de biomasa (materia verde y seca) son variables importantes en la evaluación del rendimiento de las plantas, de ahí la importancia de su determinación y del conocimiento de los factores que las afectan para la interpretación de los procesos de crecimiento y desarrollo de un cultivo Ascencio (1985). De acuerdo con lo anterior y en las condiciones de escasas de agua que existen en la Comarca Lagunera, México; se desarrolló el presente estudio con el objetivo de caracterizar, evaluar la producción forrajera de cultivares de frijol Yorimón, Dolichus negro y Dolichus café, en la etapa fenológica de prefloración, determinando la producción de biomasa vegetal o materia verde y seca. El presente trabajo se realizó de julio a octubre de 2011 en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2011, en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Se ubica geográficamente en el paralelo 25° 46' 58" de latitud norte y el meridiano 103° 20' 56" de longitud Oeste y a una altura de 1,110 metros sobre el nivel del mar. Tiene un clima seco semi-desértico con lluvias en verano e invierno frío, el promedio de precipitación pluvial es de 220 mm anuales. La temperatura media anual es de 21 °C y la evaporación anual es de 2000 mm. El período comprendido de mayo a agosto (con una temperatura media de 35 °C) es el más caluroso del año y los meses de diciembre y enero (con una temperatura media de 12 °C) son considerados los más fríos. Las variables a evaluar fueron: Peso de forraje verde (PFV), Peso de materia seca (PMS), Altura de planta (AP), Peso de las hojas (PH), Peso del tallo (PT), Numero de hojas de la planta (NHP), Área foliar (AF) y Peso de la planta verde (PPV). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa (SAS, 2001).

Material genético evaluado

Los genotipos de frijol son: 1.- yorimón 2.- dolichus negro 3.- dolichus café

Manejo agronómico La siembra se realizó en julio de forma manual en surcos de 70 cm de ancho y 5 m de largo, con 10 cm de distancia entre plantas dando una población de 123 000 plantas ha⁻¹, depositando la semilla en la parte superior del surco a una profundidad de 4 cm, previo a la siembra se realizó barbecho, rastreo y nivelación del terreno, implementándose el



DIVISIÓN II

riego por goteo con agua de calidad (buena calidad). Para mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron deshierbes manuales periódicamente y con respecto al control de plagas y enfermedades, no se presentaron daños significativos durante el cultivo por lo cual no se realizó ningún tipo de aplicación para el control de éstas. Los muestreos y/o cosecha de forraje en los genotipos se realizaron durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

Variables cuantificadas

En cada uno de los cultivares se midieron las variables consideradas como componentes del rendimiento en forraje verde y fueron las siguientes; altura de planta (AP), Peso de materia seca (PMS), Peso de forraje verde (PFV), Peso de las hojas (PH), Peso del tallo (PT), Numero de las hojas de la planta (NHP), Área foliar (AF) y Peso de la planta verde (PPV). Se consideraron el promedio de 10 plantas en la etapa de floración (50 %) por cada cultivar en cada bloque. El peso de las muestras se obtuvo con una balanza eléctrica de precisión (Marca AND, modelo HF-6000G con capacidad de espacio 6100 g). La determinación de las variables que caracterizan a cada uno de los cultivares utilizados en el presente estudio se realizó mediante análisis estadístico.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, donde las unidades experimentales estuvieron representadas por seis surcos de 5 m de largo y 70 cm de ancho. Para medir los principales componente de rendimiento de forraje verde y el resto de los caracteres de cada uno de los cultivares en los seis surcos de la parcela experimental, se consideraron los tres surcos centrales, a los cuales se les eliminó 100 cm de cada extremo, para un total de 3 m de longitud de cada surco, con una superficie como parcela útil de 12 m². Se realizó un análisis de varianza y en los factores que resultaron con significancia estadística, se realizaron las comparaciones de medias respectivamente utilizando la prueba de LSD ($P \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete (SAS, 2001).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para ocho variables agronómicas en tres cultivares de frijol orgánico para forraje FAZ-UJED 2011.

FV	GL	PFV	PMS	AP	PH	PT	NHP	AF	PPV
G	3	154486950*	56.35**	4862.5**	.0022**	.001	.49	1825227**	.001
F	2	40266450	1.04	101.58	.0003	.000	.56	103077	.005
R	1	52020000	0.00	4.34	.0000	.001	.20	215876	.000
F*G	3	23452125	11.19	65.56**	.0001	.000	.58	44941*	.006
R*G	3	36528450	3.90	54.12	.0001	.000	.35	284227	.013
R*F	2	59945550	7.40	35.67	.000	.000	.76	26965	.009
ERROR	3	51561975	19.81	302.12	.000	.000	230.48	116060	.007
MEDIA		12290	14.84	68.62	.040	.041	75.06	1355	.103
C.V.(%)		18.12	15.99	12.64	21.50	14.6	20.22	17.61	20.12

PFV=producción de forraje verde, PMS=peso de materia seca, AP=altura de la planta, PH=peso de las hojas, PT= peso del tallo, NHP=número de hojas por planta, AF=área foliar y PPV=peso de la planta verde.



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Rendimiento promedio en tres cultivares de frijol orgánico para forraje en los principales componentes del rendimiento FAZ-UJED 2011

GENOTIPO	PFV Kg ha ⁻¹	PMS %	AP cm	PH gr	PT gr	NHP	AF cm ²	PPV gr
YORIMON	9170B	13.99A	35.77 B	0.02 B	0.03 A	75.80 A	779.3C	0.11 A
DOLICHUS NEGRO	9555B	18.24A	86.06 A	0.02 B	0.03 A	69.06 A	1409.6B	0.08 A
DOLICHUS CAFE	18145A	12.26A	84.03 A	0.06 A	0.05 A	80.33 A	1878.5 A	0.11 A

Resultados y Discusión

En el análisis de varianza (cuadro 1), se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los diferentes genotipos de frijol orgánico, para los caracteres del rendimiento de forraje o biomasa como son: peso de forraje verde, peso de materia seca, altura de planta, peso de las hojas y área foliar, en el resto de los caracteres no hubo significancia, encontrando resultados similares a los de otros investigadores en las variables de rendimiento de forraje verde (Ávila et al, 2005), que muestran la variabilidad presentada entre los cultivares en las diferentes características determinantes de biomasa. Para la interacción de los genotipos con las diferentes dosis de estiércol, en el carácter altura de planta, mostro diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mostrando el efecto diferente de cada dosis de estiércol sobre cada uno de los cultivares evaluados y la variable área foliar resulto con significancia al ($P \leq 0.05$), manifestando el efecto que el fertilizante orgánico tuvo sobre el incremento en el área o en el número de hojas de la planta, en el resto de los caracteres evaluados para la misma interacción no hubo significancia, donde queda de manifiesto el mismo efecto de las diferentes dosis de estiércol aplicadas en los diferentes genotipos. Las medias de los caracteres evaluados variaron, desde la más alta que fue para peso de forraje verde con 12 290 kg, hasta la menor que fue para el peso de las hojas con 0.04 kg. Los coeficientes de variación fueron desde 21.5 % de peso de las hojas de la planta (PH) a 12.64 % para altura de la planta (AP), lo que muestra que estuvieron dentro de los rangos aceptables y la confiabilidad de la conducción del experimento.

En el rendimiento promedio de biomasa (cuadro 2), para el rendimiento de forraje verde, el genotipo Dolichus café obtuvo el mayor valor con 18 145.0 kg ha⁻¹, le siguió el genotipo Dolichus negro con 9 555.0 kg ha⁻¹, y el tercer lugar resulto el Yorimon con 9 170 kg ha. Para la variable peso de materia seca donde todos los genotipos estadísticamente resultaron con la misma significancia obtuvieron los siguientes valores, Dolichus negro resulto con 18.24 kg ha⁻¹, el Yorimon con 13.99 kg ha y el Dolichus café con 12.26 kg ha⁻¹. Para la altura de la planta Dolichus negro y Dolichus café estadísticamente resultaron iguales con 86.06 y 84.03 cm respectivamente, siguiendo el Yorimon con 35.77 cm, esta característica explica el habito de crecimiento de los cultivares y la importante contribución en la diversidad genética existente entre los cultivares de frijol (Borah et al, 2001). Para el peso de las hojas, Dolichus café resulto con el promedio más alto 0.06 kg ha⁻¹ siguiendo Dolichus café y Yorimon con 0.02 Kg ha⁻¹. En el peso del tallo todos los genotipos resultaron estadísticamente iguales, donde el Dolichus café resulto con 0.05 Kg ha⁻¹ y los otros dos con 0.03 Kg ha⁻¹. En el carácter número de hojas de la planta el genotipo Dolichus café obtuvo 80.33, siguiéndole el Yorimon con 75.80 y en tercer lugar el Dolichus negro con 69.06. En la variable área foliar, el genotipo Dolichus café obtuvo el



DIVISIÓN II

mayor valor con 1 878.5 cm², le siguió *Dolichus negro* con valor de 1 409.6 cm² y el tercer lugar fue para Yorimon con 779.3 cm², lo que indica que el *Dolichus café* tuvo mayor número de hojas pero de menor tamaño y que el *Dolichus negro* tuvo menor número de hojas pero de mayor tamaño, o un número intermedio en ambos, resultados similares encontraron (Avila *et al*, 2005) en frijol Yorimon. En PPV todos los genotipos resultaron iguales estadísticamente, con valores de 0.11 kg ha⁻¹ para el *Dolichus café* y el Yorimon, y 0.08 kg ha⁻¹ para *Dolichus negro*.

Conclusiones

En los resultados del análisis de varianza, los genotipos evaluados resultaron con alta significancia para las variables PFV, PMS, AP, PH y AF. Para la interacción genotipo por dosis de estiércol solo las variables AP y AF tuvieron significancia. El genotipo *Dolichus café* fue el que obtuvo los valores medios más altos en todos los componentes del rendimiento PFV, PH, PT, NHP, AF y PPV, excepto para PMS y AP, se necesita seguir evaluando este genotipo para conocer más su capacidad de producción forrajera y poder recomendarlo a algunos agricultores de la región por sus altos rendimientos.

Bibliografía

- Ascencio J. Determinación del área foliar en plantas de carotabata (*Ipomoea batatas* (L.) Poir) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba 1985;35(1):55-64.
- Gutiérrez W, Medrano C, Gómez A, Urrutia E, Urdaneta M, Esparza D, Báez J, Villalobos Y, Medina B. Efecto del control de malezas en dos genotipos del cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) bajo siembra planicie de Maracaibo, Venezuela. Rev Fac Agron (LUZ); 1995; 16:597-609.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Cortés A, Jones HG, Ayala-Chairez, F, Tinoco-Ojanguren CL. Salt tolerance of cowpea genotypes in the emergence stage. Australian J Exper Agric 2001;(41):1-8.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, García-Hernández JL, Larrinaga-Mayoral JA, Nieto-Garibay A, López-Cortés A. Efecto de la salinidad en genotipos de chícharo de vaca (*Vigna unguiculata* L. Walp.) durante la etapa de plántula. Agrochimica 2002; XLVI (1-2):73-86.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar R, Kaya C, Larrinaga- Mayoral JA, Flores-Hernández A. Comparative effects of NaCl and polyethyleneglicol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. J Agron Crop Sci 2002;(188):235-247.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Aguilar R, López- Cortés A, Tinoco-Ojanguren CL, Jones HG, Kaya C. Matching physiological traits and ion concentrations associated with salt stress in cowpea genotypes. Australian J Agric Res 2002;(53):1243-1255.
- Pandey RK. Guía del agricultor para el cultivo del chícharo de vaca en arrozales. México, DF: Ed. Limusa; 1990.
- Rosa R, Clavero T, Pérez JJ, González L, Giurdanela J. Efecto de la Fertilización con N y P sobre la nodulación de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala*. Rev Fac Agron (LUZ) 1995;(12):187-192.
- Ascencio J. Determinación del área foliar en plantas de carotabata (*Ipomoea batatas* (L.) Poir) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba 1985;35(1):55-64.
- SAS. 2001. SAS/STAT User's Guide. Release 8.1. SAS. Inst. Inc., Cary, NC, USA.



RESPUESTA AL ESTRÉS HÍDRICO EN ALGUNAS ESPECIES CONSIDERADAS MADERABLES DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

Guevara-Pérez, C¹; González-Rodríguez, H.^{1*}; Cantú-Silva, I.¹; Pando-Moreno, M.¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales Linares, Nuevo León. México.

*Cecilia Isabel Guevara Pérez: cecisabelg@gmail.com. Carr. Nac. No 85, km 145, Linares, NL. México. CP 67700
Tel. +52(821) 2124251.

Resumen

El déficit hídrico es un factor limitante para la vegetación del noreste de México. El presente estudio se enfoca en relacionar el contenido de humedad del suelo y componentes de la demanda evaporativa con el estrés hídrico en cuatro especies arbóreas nativas del matorral espinoso tamaulipeco: *Diospyros texana*, *Zanthoxylum fagara*, *Condalia hookeri* y *Prosopis laevigata*; con valor de importancia maderable. El estudio se estableció en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México en abril-septiembre 2014. Los muestreos de potencial hídrico (Ψ) se realizaron en intervalos de 15 días; a las 06:00 horas (pre-amanecer) y 14:00 horas (mediodía). A su vez, se tomaron variables ambientales (humedad del suelo, temperatura del aire, humedad relativa, y precipitación). En general, las cuatro especies vegetales mostraron un patrón típico diurno de variación en el Ψ , donde este disminuyó gradualmente de los valores máximos al pre-amanecer y alcanzó valores mínimos al mediodía. Este comportamiento indica que la capacidad de las especies para controlar su estado hídrico depende de la respuesta y capacidad de absorción de agua y para controlar la pérdida de agua durante el día.

Palabras clave

matorral; potencial hídrico; déficit hídrico.

Introducción

Parte de la ubicación del matorral espinoso tamaulipeco se encuentra en el estado de Nuevo León. Este tipo de comunidad vegetal está compuesto de arbustos y árboles diversos, densos y espinosos, que se distinguen por un amplio rango de grupos taxonómicos mostrando diferencias en patrones de crecimiento, diversidad en la longevidad foliar, dinámicas de crecimiento y desarrollo fenológico (Ramírez et al., 2010). El factor climático de mayor relevancia es la sequía y es considerada como una deficiencia constante de la precipitación que afecta amplias zonas de una determinada región y da lugar a un periodo de clima anormalmente seco y lo suficientemente prolongado como para que la escasez de agua de pauta a un preocupante desequilibrio hídrico, dado que la disponibilidad de agua es el factor limitante que controla el crecimiento, la supervivencia y distribución de plantas en los climas secos (Kramer, 1983; López, 2010). Como resultado las plantas nativas del matorral han desarrollado características morfológicas y fisiológicas apropiadas para la adaptación a factores ambientales adversos, particularmente al estrés por sequía y altas temperaturas. Tales características incluyen: dimensión y orientación foliar, morfología, dimensión y densidad de



DIVISIÓN II

estomas, abscisión de folíolos, pubescencia foliar, cutícula gruesa y cerosa, disminución en el potencial osmótico en forma activa y pasiva, y resistencia al flujo de agua (López, 2010). Se ha demostrado variación genética de los mecanismos fisiológicos para evitar la deshidratación del tejido vegetal en plantas cultivadas, pero son limitados los estudios sobre las relaciones hídricas y adaptaciones a la sequía en plantas arbustivas de la región Noreste de México. Por tanto, esta región proporciona una oportunidad para investigar la fisiología de las especies arbustivas nativas y sus respuestas a las variaciones en la disponibilidad de recursos, específicamente, el contenido hídrico del suelo (González y Cantú, 2001). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el estado hídrico de cuatro especies y relacionarlo al contenido de humedad en el suelo.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló de abril a septiembre 2014 en el Campus "Matorral Escuela" de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son 24°47'N; 99°32'O, con una elevación de 350 m snm. La vegetación predominante en el sitio de estudio es el Matorral Espinoso Tamaulipeco o Matorral Subtropical Espinoso. El clima característico de la región se clasifica semicálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre los 16 a 24°C, con una precipitación media anual de 500 mm (INEGI, 2009). Se seleccionaron cinco individuos (repeticiones) de cuatro especies nativas de una parcela previamente delimitada con dimensiones de 50 m x 50 m sin disturbio de la comunidad vegetal Matorral Espinoso Tamaulipeco. Las especies seleccionadas fueron: *Diospyros texana* (Ebenaceae) Schelle, *Zanthoxylum fagara* (Rutaceae) (L.) Sarg, *Condalia hookeri* (Rhamnaceae) Cav. y *Prosopis laevigata* (Fabaceae) Humb. Et Bonpl. ex Wild. Los potenciales hídricos del xilema (Ψ , MPa) de cada individuo se tomaron de ramillas terminales con una frecuencia de 15 días a las 06:00 (pre-amancer) y 14:00 hrs (mediodía). Para determinar el potencial hídrico, se utilizó la cámara de presión, tipo Scholander (Richie y Hinckley, 1975). Los suelos dominantes son profundos, de color gris oscuro, vertisoles de textura arcillo-limosa, con montmorillonita, el cual se expande y contrae notablemente conforme el contenido de humedad del suelo varía. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo a dos perfiles de profundidad en el sitio de estudio han sido previamente documentadas (González-Rodríguez et al., 2011). La temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) se obtuvieron en base horaria con una estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Forestales, ubicada en el sitio de estudio usando sensores automatizados Davis Vantage PRO2. El contenido gravimétrico de humedad del suelo (kg kg^{-1}) en cada fecha de muestreo se determinó en muestras de suelo a profundidades de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40 y 40 a 50 cm mediante el uso de una barrena de suelos (SoilMoisture Equipment Corp.). El contenido gravimétrico de la humedad del suelo se determinó mediante el secado de muestras de suelo en un horno a 105°C durante 72 horas. En cada fecha de muestreo y perfil de profundidad del suelo, se utilizaron cuatro repeticiones para cada determinación del contenido de agua del suelo. Dado que los datos del contenido de humedad del suelo mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianzas se realizó un análisis de varianza con un criterio de clasificación y la comparación de medias a diferentes profundidades, se efectuó mediante la prueba de Tukey $p=0.05$. Por el contrario, los datos de los potenciales hídricos no mostraron distribución normal ni homogeneidad de varianzas por lo que se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para detectar diferencias significativas entre las especies. Para encontrar relación entre el contenido de humedad del suelo y los potenciales hídricos se realizó el análisis de correlación de Pearson. Todos los métodos estadísticos aplicados fueron de acuerdo con el programa SPSS® (Statistical Package for

Social Sciences) paquete de software (versión estándar lanzada 13.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultados y Discusión

El comportamiento de los potenciales hídricos al pre-amanecer y al mediodía se ilustra en la Figura 1. Se detectaron en 3 (01-abr, 20-abr, 17-sep) de 12 muestreos realizados diferencias ($p < 0.05$) en el potencial hídrico al pre-amanecer, mientras que al mediodía, se detectaron 2 (15-jul y 14-ago) diferencias entre las especies estudiadas. El comportamiento de las especies al pre-amanecer (Figura 1a) fluctuó con un patrón muy similar, a excepción de *D. texana* se mantuvo estable del 1 de abril -0.76 MPa al 31 de mayo -0.34 MPa, el 27 de junio descendió el valor a -2.29 MPa y se recuperó hasta el 9 de septiembre alcanzando un valor de -0.52 MPa y nuevamente en septiembre 17 bajó a -3.6 MPa. Sin embargo, *Z. fagara* y *C. hookeri* obedecen una tendencia similar al no presentar mayor variabilidad. Con respecto al potencial hídrico al mediodía, las cuatro especies respondieron con valores por arriba de -2 MPa de abril 1 a septiembre 9, donde mostraron estrés, disminuyendo el potencial hídrico de -1.16 MPa hasta -1.82 MPa. La tendencia del potencial hídrico al mediodía se muestran en la (Figura 1b).

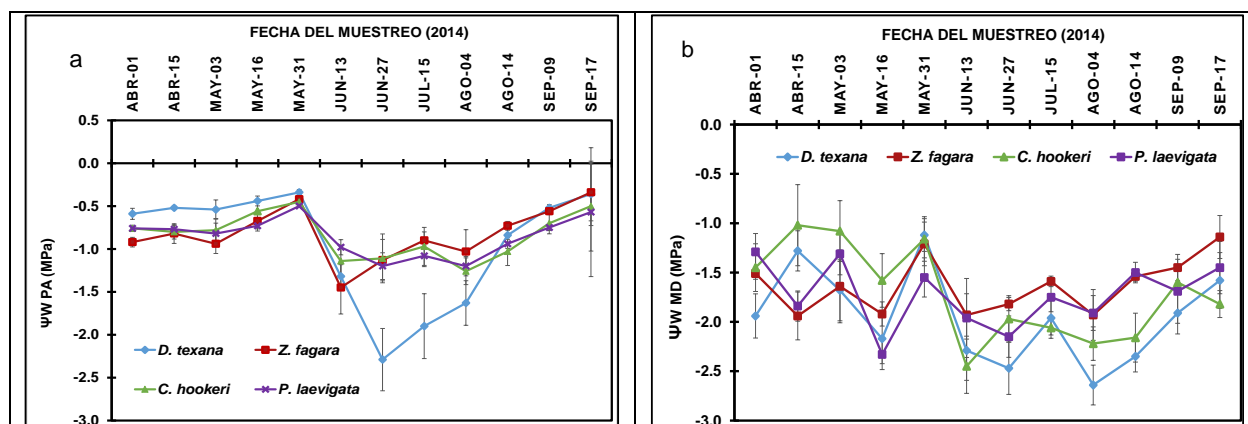


Figura 1. Comportamiento del potencial hídrico al pre-amanecer (a) y al mediodía (b) en cuatro especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco determinados a diferentes fechas entre abril y septiembre, 2014. Cada valor graficado representa la media ($n=5$) \pm error estándar.

En relación con el ambiente físico durante el periodo experimental en el sitio de estudio, la temperatura media mensual fluctuó de 17.5°C (Marzo) a 25.4°C (Septiembre). Con respecto a la humedad relativa media mensual, los valores oscilaron de 69.7% a 84.1%. Adicionalmente, la cantidad de la precipitación registrada de Marzo a Septiembre fue de 196 mm. La precipitación mínima (3.7 mm) y máxima (97 mm) mensual registrada corresponde a los meses de Agosto y Septiembre, respectivamente. Los resultados del análisis estadístico para el contenido gravimétrico de humedad en el suelo, mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) el 15 de abril, 16-31 de mayo, 4-agosto y 17 de septiembre (Figura 2). Los valores del contenido gravimétrico de humedad en el suelo (Figura 2) a diferentes perfiles de profundidad, para las 12 fechas de muestreo, mostraron que los contenidos máximos y mínimos de humedad en el suelo fluctuaron para 0-10 cm de 0.12 a 0.25 kg.kg^{-1} , en 10-20 cm de 0.11 a 0.25 kg.kg^{-1} , en la profundidad 20-30 cm de 0.11 a 0.24 kg.kg^{-1} , en el estrato de 30-40 cm 0.10 a 0.23 kg.kg^{-1} y en 40-50 cm de 0.10 a 0.23 kg.kg^{-1} ; los resultados indican que los contenidos de humedad en el

DIVISIÓN II

suelo variaron y obedecieron un patrón conforme a la incidencia o ausencia de precipitación pluvial.

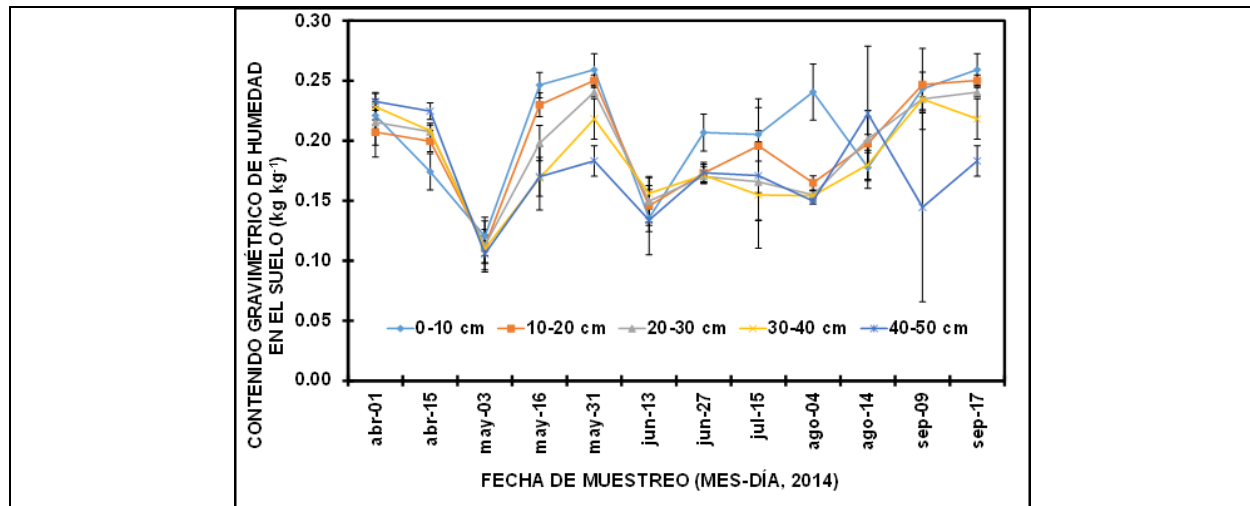


Figura 2. Comportamiento del contenido gravimétrico de humedad en el suelo a diferentes perfiles de profundidad. Cada valor graficado representa la media (n=4) ± error estándar.

Los potenciales hídricos de las especies *Z. fagara*, *C. hookeri* y *P. laevigata* al pre-amanecer mostraron una relación significativa y positiva respecto al contenido gravimétrico de humedad en el suelo entre los 0-10 cm a 30-40 cm de acuerdo a los análisis de correlación (Cuadro 1). Similarmente, se detectó una correlación significativa y positiva entre la humedad del suelo y los potenciales hídricos al mediodía para las especie *Z. fagara* en las profundidades 10-20 y 20-30 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficiente de correlación de Pearson y significancia entre los potenciales hídricos de cuatro especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco con respecto al contenido de humedad gravimétrica en el suelo a diferentes profundidades.

Profundidad (cm)	Especie Vegetal				Especie Vegetal			
	<i>D. texana</i>	<i>Z. fagara</i>	<i>C. hookeri</i>	<i>P. laevigata</i>	<i>D. texana</i>	<i>Z. fagara</i>	<i>C. hookeri</i>	<i>P. laevigata</i>
0-10	-0.219	0.661**	0.454	0.325	0.095	0.442	0.033	-0.125
10-20	-0.051	0.813**	0.681**	0.625**	0.398	0.585*	0.197	0.019
20-30	-0.005	0.767**	0.650**	0.672**	0.457	0.611*	0.257	0.165
30-40	0.033	0.580**	0.513	0.571**	0.416	0.522	0.258	0.215
40-50	0.056	0.285	0.158	0.208	0.192	0.168	0.143	0.160
	Potencial hídrico al pre-amanecer				Potencial hídrico al mediodía			

*p<0.05; **p<0.01.

Las cuatro especies vegetales mostraron los valores máximos y mínimos del potencial hídrico al pre-amanecer (06:00 horas) y al medio-día (14:00 horas), respectivamente, comportándose éste último muy variable. Este patrón estacional en la fluctuación de los potenciales hídricos de las especies estudiadas en diferentes fechas de muestreo obedeció a los componentes de demanda evaporativa atmosférica y la ausencia y presencia de precipitación pluvial registrada. Resultados similares concuerdan con estudios previos realizados en el sitio de estudio (González *et al.*, 2004; González-Rodríguez *et al.*, 2011). Las especies nativas que mostraron altos potenciales hídricos al pre-amanecer bajo condiciones de sequía (Jun-27 a Ago-04) fueron *Z. fagara*, *C. hookeri* y *P. laevigata*. No obstante, cuando las



DIVISIÓN II

condiciones de humedad edáfica aumentan, los potenciales hídricos de la especie *D. texana* (especie sensible a la sequía) se recuperan hasta llegar a valores máximos (Figura 1 y 2). Estos resultados están asociados a la capacidad e las plantas de controlar su pérdida de agua durante el día a través del flujo transpiracional. La especie susceptible *D. texana*, con valores muy bajos y a lo largo de los muestreos se recuperó lentamente hasta que ocurrió una precipitación abundante en el mes de septiembre (Figura 2). Esta plasticidad de adaptación fisiológica esta intrínsecamente relacionado con la distribución biogeográfica y su variación ambiental (Adhikari y White, 2014). También estas observaciones pueden indicar diferencias entre las especies para controlar la mecánica hidráulica a través del xilema, para un uso eficiente de agua así como las tasas de absorción de agua bajo condiciones desfavorables de humedad en el suelo.

Conclusiones

La respuesta de los potenciales hídricos muestra una correlación con el contenido de humedad del suelo; entonces las diferencias en los potenciales hídricos indican diferencias en las estrategias de las especies para controlar la mecánica hidráulica a través del xilema, para un uso eficiente de agua, así como las tasas de absorción de agua bajo condiciones desfavorables de humedad en el suelo.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindar una beca para realizar estudios de Posgrado. Los autores agradecen la colaboración y apoyo técnico a Manuel Hernández Charles, Joel Garza y Elsa González.

Bibliografía

- Adhikari A., White J.D. 2014. Plant water use characteristics of five dominant shrub species of the Lower Rio Grande Valley, Texas, USA: implications for shrubland restoration and conservation. *Conservation Physiology* Vol 2: doi:10.1093/conphys/cou005.
- González R., Cantú Silva H.I., Gómez Meza M.V., Ramírez Lozano R.G. 2004. Plant water relations of thronscrub shrub species, north-eastern Mexico, *Journal of Arid Environments*, 58:483-503.
- González R., H., I. Cantú Silva. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas de matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, IV:454-461.
- González-Rodríguez H., Cantú-Silva I., Ramírez-Lozano R.G., Gómez-Meza M.V., Sarquís-Ramírez J.I., Coria-Gil N., Cervantes-Montoya J.R., Maiti R.K. 2011. Xylem water potentials of native shrubs from northeastern Mexico. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, 61(3):214-219.
- INEGI. 2009. *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Linares, Nuevo León, México. Clave Geo-estadística 19033.
- Kramer P. J.1983. *Water relations of plants*, Academic Press, New York. Pp 390-415.
- López H.J.M. 2010. *Relaciones hídricas en cuatro especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco, Noreste de México*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Tesis de maestría. Linares, N. L. 83 p.
- Muraoka T., Tzi E.A. 2000. *Mejoramiento del uso del agua en la agricultura; el papel de la técnicas nucleares*. Piracicaba, CENA, Brasil, pp. 131.
- Ramírez-Lozano R.G., González R.H., Gómez M.M.V., Cantú S.I., Uvalle S.J.I. 2010. Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12:267-281.
- Ritchie, G.A., Hinckley, T.M. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research*, 9:165-254.



TELECONEXIONES ENTRE LA SEQUÍA CON EL ENSO, NAO Y PDO PARA LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Lechuga G, L. M.¹; Gómez D., J.D.¹; Monterroso R., A.I.¹

¹Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor de contacto: al0811799-4@chapingo.mx; Km 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México, México. CP 56230; Tel. +52(595)-9521500 Ext. 6204

Resumen

Para la Península de Yucatán se realizó un análisis estadístico para establecer las correlaciones a nivel mensual del valor del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) como un indicador de la sequía, con el Índice Oceánico del Niño (ONI) y se incluyeron los efectos de este fenómeno para las fases negativas y las positivas de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) en el periodo de enero de 1960 a diciembre de 2012. Existen interacciones entre el SPI y los valores del ONI en las diferentes regiones de precipitación del Noroeste de México. Para la mayoría de las regiones en los meses de invierno se observa una tendencia de mayores precipitaciones cuando se intensifica la presencia del Niño, en cambio para los meses de verano, la precipitación tiene tendencia de disminución cuando El Niño se presenta intenso. Para los meses de invierno, los valores de correlación entre el SPI y el ONI se incrementan cuando se incluye el efecto de la PDO se encuentra en fase negativa y con fase indistinta de la NOA. Para los meses de verano se presenta un incremento en la correlación del SPI con el ONI en algunas regiones de precipitación cuando el PDO esté en fase positiva y la NAO en fase negativa.

Palabras clave

Interconexiones, Índice Estandarizado de Precipitación, Índice Oceánico del Niño.

Introducción

La sequía es un fenómeno natural que tiene impactos adversos en los humanos y en los ecosistemas y puede afectar todos los regímenes climáticos (Rhee y Carbone, 2011). La estimación de los índices de sequía se hace a partir de las condiciones normales y requieren de datos históricos con un periodo mayor a 30 años, el índice de sequía más comúnmente usado es el Standard Precipitation Index (SPI), el cual fue desarrollado por McKee et al., (1993) y estima el déficit de precipitación a diferentes tiempos y escalas. Se presentan importantes interacciones entre la atmosfera y el océano especialmente en el patrón de vientos y las condiciones de presión y temperatura de los océanos, destacando entre varias, las determinadas por el Índice Oceánico del Niño (ONI), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NSO) (Ahrens, 2009). El Niño es un patrón climático recurrente que involucra cambios en la temperatura del Océano Pacífico Oriental y Central en periodos que van de tres a siete años, estos cambios afectan directamente la distribución de la precipitación en los trópicos y en diferentes partes del planeta (Lima et al., 2009). La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) es un patrón de anomalías en la temperatura de la superficie del mar en el Norte del Pacífico con periodos de 20 a 30 años que influye en el tiempo invernal a lo



DIVISIÓN II

largo de la costa de Norte América (Mantua, et al., 1997), que presenta una fase positiva, cuando el agua superficial a lo largo de la costa oeste del Pacífico Norte es más cálida que lo normal y en el Pacífico Norte Centro la temperatura del agua superficial es más fría que lo normal y una fase negativa que se caracteriza por presentarse temperaturas más frescas que el promedio en las aguas superficiales a lo largo de la costa oeste de Norte América y temperaturas más cálidas en las aguas superficiales desde Japón hasta el pacifico Norte Centro. La Oscilación del Atlántico Norte (NAO), se describe como un cambio de presión atmosférica sobre el Atlántico Norte que tiene efectos en el tiempo de Europa y a lo largo de la costa Este de Norteamérica. La fase positiva de este fenómeno se describe como el descenso de la presión atmosférica en las cercanías a la zona de baja presión de Islandia y la presión en la región de alta presión de Bermudas-Azores se eleva, por lo que la diferencia en la presión atmosférica entre estas dos regiones se hace aún más pronunciada y los vientos del Oeste se presentan más intensos. La fase negativa del NAO ocurre cuando la presión atmosférica se eleva en las cercanías de la zona de baja presión de Islandia mientras que desciende en la región de alta presión de Bermudas-Azores, este cambio en la presión conlleva a una reducción del gradiente de presión y por consiguiente en los vientos del Oeste son débiles (Ahrens, 2009). Se han realizado trabajos relacionados a las interrelaciones entre las anomalías en la precipitación y el Niño en conjunto con las fases tanto del PDO y la NAO especialmente para Estados Unidos y Canadá (Piechota y Dracup, 1996, Newman, et al., 2003) y uno general en México (Pavia et al., 2006), este último incluyo en su analisis el comportamiento de la precipitación y temperatura de estaciones meteorologicas a lo largo de todo el país.

En este trabajo se estimó la severidad de la sequía a nivel mensual a partir del cálculo del SPI para estaciones de referencia del Servicio Meteorológico Nacional para el periodo de 1960 al 2012, las cuales se agruparon de acuerdo a su ubicación en cada una de las cinco Regiones de Precipitación del Noroeste de México delimitadas por Monterroso et al., (2014). Para cada una de las estaciones meteorológicas, se realizó un análisis estadístico, buscando establecer correlaciones a nivel mensual del valor del SPI con el Índice Oceánico del Niño (ONI) reportado a nivel mensual por el Climate Prediction Center de la NOAA (2013), que indica los valores promedios de la temperatura del agua en la Región 3.4 y que define la fase del Niño-Oscilación del Sur (Lima et al., 2009) esto para las fases positivas o negativas del PDO y de la NAO. Para cada una de las estaciones meteorológicas, se realizó un análisis estadístico, buscando establecer correlaciones a nivel mensual del valor del SPI con el ONI reportado a nivel mensual por el NOAA (2013) para las fases positivas o negativas del PDO y de la NAO.

Materiales y Métodos

Generación de bases de datos y estimación de la sequía a nivel regional.

De las estaciones de referencia que tiene el Servicio Meteorológico Nacional para realizar el reporte de la sequía para América del Norte en conjunto con Canadá y Estados Unidos, se seleccionaron aquellas que se ubicaran en la Península de Baja California, dando un total de 12 estaciones con información de precipitación media mensual y anual de enero de 1960 a diciembre de 2012. Los datos faltantes y observaciones incongruentes se estimaron con el procedimiento modificado de Normal-Ratio Method definido por Paulhus y Kohler (1952). Con los datos completos de precipitación mensual de cada una de las estaciones seleccionadas se estimaron los valores del SPI.

Estimación de interconexiones de la sequía con los sistemas oceánicos atmosféricos del Índice Oceánico del Niño, de la Oscilación Decadal del Pacífico y de la Oscilación del Atlántico Norte.

A partir de la información reportada por NOAA (2013) se obtuvo la información del Oceanic Niño Index (ONI), el PDO Index y el NAO Index y se generó la base de datos para todos los meses del periodo de 1960 al 2012. Para cada una de las estaciones meteorológicas se realizó un análisis estadístico, buscando establecer correlaciones a nivel mensual del valor del SPI de 1960 al 2012, con el Índice Oceánico del Niño (ONI), las fases positivas o negativas del PDO y de la NAO, teniendo las siguientes cinco combinaciones: SPI solo con ONI, SPI con ONI-PDO(+)-NAO(+), ONI-PDO(+)-NAO(-), ONI-PDO(-)-NAO(+), ONI-PDO(-)-NAO(-). En el presente trabajo se reportan las correlaciones para el mes de enero del valor del SPI y los sistemas oceánicos atmosféricos descritos.

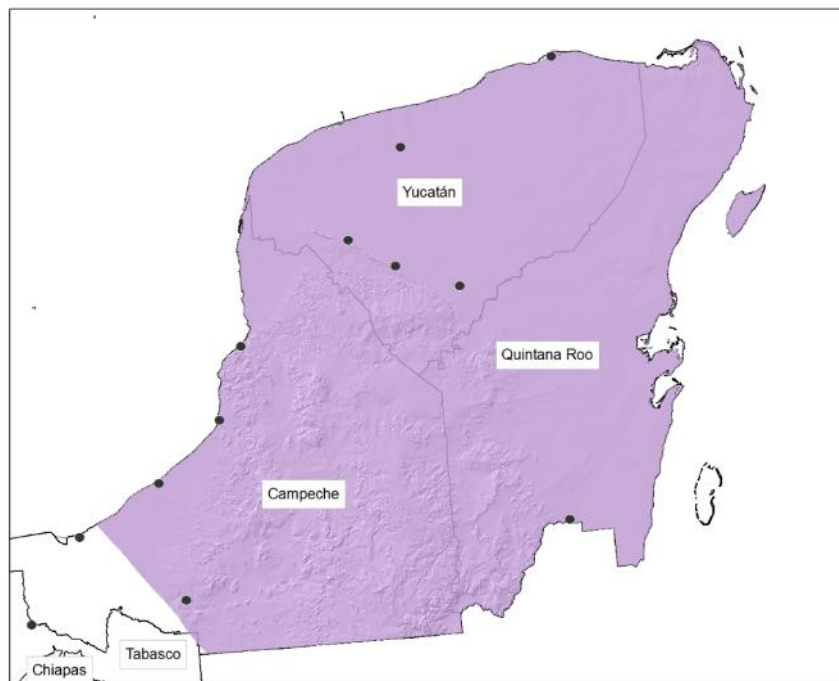


Figura 1 Estaciones analizadas dentro de la Península de Yucatán

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los modelos de regresión lineal simple entre el SPI y el ONI para el mes de enero en dos estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Península de Yucatán. Para la estación 31024 Río Lagartos, Yucatán, los coeficientes de regresión (R^2) son muy malos en todas las condiciones analizadas en el estudio. Para la estación 4004 Candelaria, Campeche se encontró una ligera tendencia en el efecto del ONI sobre las precipitaciones en la fase negativa del PDO y positiva del NAO para este mes en particular



DIVISIÓN II

Cuadro 1 Interacciones para el mes de enero entre el SPI, el ONI y las fases positiva y negativa del PDO y NAO.

Estación	SPI - ONI solamente		SPI – ONI							
	Modelo	R ²	PDO-				PDO+			
			NAO-		NAO+		NAO-		NAO+	
			Modelo	R ²	Modelo	R ²	Modelo	R ²	Modelo	R ²
31024 Río Lagartos, Yuc.	SPI=- 1.1338 (ONI)- 0.0185	0.0185	SPI=- 0.004 (ONI)- 0.0008	4 × 10 ⁵	SPI=0.09 41(ONI)- 0.1253	0.0071	SPI=0.20 16(ONI)- 0.2777	0.0432	SPI=0.36 91(ONI)+ 0.2717	0.0489
4004 Candelaria, Camp.	SPI= 0.0213 (ONI)- 0.0185	0.0005	SPI=- 0.2044 (ONI)+0. 0759	0.0294	SPI=0.18 02(ONI)- 0.187	0.1138	SPI=0.01 83(ONI)- 0.2212	0.0004	SPI=- 0.0086(O NI)+0.48 31	6 × 10 ⁵

Dónde: SPI= Índice de precipitación estandarizado; ONI= Índice Oceánico del Niño; PDO⁻= Oscilación Decadal del Pacífico negativo; PDO⁺= Oscilación Decadal del Pacífico positivo; NAO⁻= Oscilación del Atlántico Norte negativo; NAO⁺= Oscilación del Atlántico Norte positivo

Cuadro 2. Interacciones para el mes de julio entre el SPI, el ONI y las fases positiva y negativa del PDO y NAO.

Estación	SPI - ONI solamente		SPI – ONI							
	Modelo	R ²	PDO-				PDO+			
			NAO-		NAO+		NAO-		NAO+	
			Modelo	R ²	Modelo	R ²	Modelo	R ²	Modelo	R ²
31024 Río Lagartos, Yuc.	SPI=- 0.1722(ONI)- 0.0125	0.0125	SPI=- 0.193(O NI)- 0.0431	0.0135	SPI=- 0.7694(O NI)+0.127 8	0.4533	SPI=-0.328(ONI)+0.645 6	0.0365	SPI=0.12 04(ONI) – 0.4179	0.0052
4004 Candelaria, Camp	SPI=- 0.2288 (ONI)+ 0.0091	0.0227	SPI=- 0.6428 (ONI)- 0.2366	0.1223	SPI= 0.3009 (ONI)- 0.0247	0.1223	SPI=- 0.2402 (ONI)+ 0.2718	0.0124	SPI=- 0.7419 (ONI)+ 0.2311	0.1863

Dónde: SPI= Índice de precipitación estandarizado; ONI= Índice Oceánico del Niño; PDO⁻= Oscilación Decadal del Pacífico negativo; PDO⁺= Oscilación Decadal del Pacífico positivo; NAO⁻= Oscilación del Atlántico Norte negativo; NAO⁺= Oscilación del Atlántico Norte positivo

En el Cuadro 2 se muestran los modelos de regresión lineal simple entre el SPI y el ONI para el mes de enero en dos estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Península de Yucatán. Se puede observar un aumento en los ajustes de los modelos comparándolos con los modelos del mes de enero. Para la estación 31024 Río Lagartos, Yucatán, se incrementa considerablemente el coeficiente de regresión (R²) en la condición de fase negativa del PDO y NAO en fase positiva. Para la estación 4004 Candelaria, Campeche el efecto es notorio comparando el efecto del ONI con el SPI con las diferentes condiciones que presentan con las fases del PDO y del NAO para este mes en particular.



Conclusiones

Existen tendencias de las interacciones entre el SPI y el ONI para la estación 31024 de Río Lagarto para julio, los valores de correlación entre el SPI y el ONI se incrementan cuando se incluye el efecto del PDO en fase negativa y con fase positiva de la Oscilación del Atlántico Norte, para la estación 4004 las correlaciones aumentan significativamente cuando se diferencian las diferentes condiciones presentadas por las combinaciones de las fases de PDO y el NAO. La precipitación de esta región es de verano, por lo que los efectos del ENSO sobre la precipitación para el mes de julio tengan mejores correlaciones se deba a que las mayores precipitaciones se concentran en esta época del año.

Bibliografía

- Ahrens, C. D. 2009. *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. 9th ed. Brooks Cole. Pacific Grove, CA: USA.
- Climate Prediction Center. 2013. Consultado en línea en: www.noaa.gov
- Hayes, M., M. Svoboda, N. C. Wall, and M. Widhalm. 2001. The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended, Reprints, International Workshop on Indices and early Warning Systems for drought. Lincoln, Nebraska December 8-11. American Meteorological Society 485-488
- McKee, T. B, N. J. Doeskin, and J. Kleist, 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, January 17-22, 1993, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, pp. 179-184.
- Lima, C., V. Lall, T. Jebara, A.G. Barnston. 2009. Statistical prediction of ENSO from subsurface sea temperature using a nonlinear dimensionally reduction. *Journal of Climate* 22: 4501-4519.
- Mantua, N. J. , S.R. Hare, Y.Z. Zhang, J.M. Wallace and R.C. Francis. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 78: 1069-1079.
- Monterroso, A.I., Gómez, J.D y L.M. Lechuga. 2014. Delimitación de regiones de influencia de precipitación para México. Preliminar presentado en el 9º Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología (AEC). Almería, España.
- Newman, M., Compo, G. P. & Alexander, M. A., 2003. ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation. *J. Climate*. 16: 3853-3857.
- Paulhus, J.L.H., and M.A. Kohler, 1952. Interpolation of missing precipitation records. *Monthly Weather review*, 80: 129-133.
- Pavia, E. G., Graef, F. & Reyes, J., 2006. PDO- ENSO Effects in the Climate in Mexico. *Journal of Climate*. 19: 6433-6438.
- Piechota, T. C. & Dracup, J. A., 1996. Drought and regional hydrologic variation in the United States: association with the El Niño-Southern Oscillation. *Water Resources Research*. 32: 1359-1373.
- Rhee, J., and G.J. Carbone. 2011. Estimating Drought Conditions for Regions with Limited Precipitation Data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50: 548-559.



ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE TEMPERATURA MEDIA PARA EL ESTADO DE ZACATECAS

Magallanes-Quintanar, R.¹, Blanco-Macías, F.², Valdez-Cepeda, R.D.², Arturo Moreno Báez A.¹, Méndez-Gallegos, S. de J.³

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.

³Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Autor de Correspondencia, Correo-E.: tiquis@gmail.com; Edificio de computación y software, Campus UAZ, Siglo XXI, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-132-5519

Resumen

Se analizaron series de tiempo de temperatura de estaciones climatológicas ubicadas en el estado de Zacatecas. El objetivo del análisis fue evidenciar sus tendencias de incremento o decremento en °C por decenio. El análisis se efectuó mediante técnicas estadísticas no paramétricas. Los resultados permitieron constatar que existen tendencias significativas para la mayoría de las estaciones analizadas. Las tendencias positivas significativas encontradas concuerdan con los valores de tendencia global reportados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.

Palabras clave

Cambio climático; Series de tiempo;

Introducción

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. (IPCC 2013).

A nivel global, la temperatura del aire ha presentado una tendencia positiva significativa especialmente durante los últimos 30 años (Milošević et al. 2013).

Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0.85 [0.65 a 1.06] °C, durante el período 1880-2012 (IPCC, 2013).

Las posibles implicaciones de esos resultados, han llevado a muchos científicos a examinar los registros climáticos de diferentes regiones del mundo, con el fin de comprender la variación de la temperatura (Valdez-Cepeda et al., 2003ab) y otros elementos climáticos. Un gran número de esos estudios se ha realizado con base a datos registrados de más de dos siglos en estaciones europeas (Valdez-Cepeda et al., 2003a; 2003b). Desafortunadamente, se carece de registros de largo plazo de elementos climáticos de un siglo a siglo y medio para muchas estaciones a través del continente americano, en particular para Latinoamérica (Valdez-Cepeda et al., 2003a; 2003b).



DIVISIÓN II

Para el caso de nuestro país, se tienen datos de los últimos 100 años (Lozano, 2004), sin embargo, aunque existen registros a nivel estatal, son pocos los trabajos que dan cuenta de las tendencias de la temperatura. Por ejemplo Santillán-Espinoza et al. (2011) encontraron que para el estado de Zacatecas la temperatura máxima se está incrementando y la temperatura mínima está disminuyendo.

Con el propósito de evidenciar tendencias de incremento o decremento en series de tiempo, lo más común es evidenciar la tendencia a largo plazo a través del análisis de regresión lineal simple (Montgomery et al., 2007). Adicionalmente, se han utilizado técnicas no paramétricas para demostrar la significancia estadística de las tendencias (Milošević et al. 2013). Por lo anterior, el propósito del presente trabajo fue el analizar el comportamiento de la temperatura media a nivel mensual en las estaciones climatológicas del estado de Zacatecas mediante el método no paramétrico de Mann-Kendall y la pendiente Sen, con el objetivo de generar conocimiento sobre cambio climático a nivel estatal.

Materiales y Métodos

Datos

Los datos fueron registros de largo plazo de temperatura media mensual. Los datos se obtuvieron de estaciones climatológicas ubicadas en el estado de Zacatecas. El área de estudio cubre una extensión territorial de 75 040 km²; esto representa el 3.83% del territorio nacional. Las coordenadas extremas son 25° 09' y 21° 04' latitud norte, y 100° 49' y 104° 19' longitud oeste. El territorio estatal se ubica en la Meseta Central de México, entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental.

Para el análisis se consideraron estaciones con al menos 30 años de registros (24 de 108 estaciones). Todos los meses faltantes se consideraron igual a su promedio mensual histórico. Los datos generales de cada estación se pueden apreciar en el cuadro 1. Los datos fueron proporcionados por la 'Comisión Nacional del Agua', institución oficial a cargo del registro de los datos climatológicos.



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Características generales de las estaciones climatológicas del estado de Zacatecas, México.

Estación	Nombre	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Período
1	Agua nueva	Villa de Cos	23° 46' 55" N	102° 09' 39" W	1932	1963-2013
2	Boca del tesorero	Jeréz de Salinas García	22° 49' 20" N	102° 57' 05" W	2045	1967-2013
3	Calera	Calera de Víctor Rosales	22° 54' 00" N	102° 39' 00" W	2192	1958-2013
4	Caopas	Mazapil	24° 46' 52" N	102° 10' 16" W	2000	1971-2013
5	Cedros	Mazapil	23° 40' 43" N	101° 46' 26" W	1763	1971-2013
6	Concepción del Oro	Concepción del Oro	24° 37' 16" N	101° 23' 26" W	1940	1960-2013
7	El arenal	Sombrerete	23° 39' 01" N	103° 26' 52" W	2010	1974-2013
8	El cazadero	Río Grande	23° 41' 35" N	103° 26' 50" W	1898	1960-2013
9	El platanito	Valparaíso	22° 36' 43" N	104° 03' 05" W	990	1958-2013
10	El Sauz	Fresnillo	23° 10' 47" N	103° 12' 26" W	2090	1947-2013
11	Excamé III	Tepechitlán	21° 38' 58" N	103° 20' 23" W	1740	1947-2013
12	Gruñidora	Mazapil	24° 16' 19" N	101° 53' 05" W	1825	1964-2013
13	Jiménez del Téul	Jiménez del Téul	23° 15' 18" N	103° 47' 54" W	1900	1963-2013
14	La Bufa	Zacatecas	22° 47' 00" N	102° 34' 00" W	2612	1988-2013
15	La Villita	Tepechitlán	21° 36' 08" N	103° 20' 13" W	1790	1958-2013
16	Los campos	Villa García	22° 01' 05" N	101° 51' 15" W	2102	1980-2013
17	Nochistlán	Nochistlán	22° 19' 32" N	103° 29' 38" W	1850	1950-2013
18	Ojocaliente	Ojocaliente	22° 24' 38" N	102° 16' 09" W	2050	1962-2013
19	Potrero de Gallegos	Valparaíso	22° 38' 52" N	103° 41' 54" W	2000	1978-2013
20	Sombrerete	Sombrerete	22° 38' 20" N	103° 37' 55" W	2351	1984-2013
21	Jalpa	Jalpa	21° 39' 08" N	103° 58' 47" W	1400	1978-2013
22	Villa García	Villa García	22° 10' 10" N	101° 57' 27" W	2120	1950-2013
23	Villa Hidalgo	Villa Hidalgo	22° 20' 49" N	101° 42' 55" W	2167	1966-2013
24	Zacatecas	Zacatecas	22° 45' 39" N	102° 34' 30" W	2485	1953-2013



Métodos

En muchos casos al trabajar con series climatológicas, se puede tener el problema de datos faltantes, atípicos o inconsistentes. Por ello, es necesario utilizar métodos estadísticos robustos que superen estos problemas. Este es el caso de la prueba estadística de Mann - Kendall y el método de estimación de pendiente de Sen. Estos métodos han sido utilizados para la detección y estimación de tendencias en series de tiempo de variables atmosféricas tales como temperatura, precipitación o concentración de contaminantes en la atmósfera (Salmi et al., 2002; Yunling y Zhang, 2005; Rojas et al., 2010).

La detección de una tendencia en las series de tiempo de temperatura, se realizó la mediante la prueba de Mann – Kendall (Sneyers, 1992; Aksu et al., 2010; Rojas et al., 2010), la cual es una prueba no-paramétrica que calcula el valor τ (Tau) de Kendall. Esta prueba está basada en los rangos de los datos, y no en valores individuales, por lo cual se considera robusta incluso cuando hay presencia de datos atípicos. En particular en cada serie de tiempo de temperatura se probó un nivel significativo $\alpha=0.05$; las hipótesis que se probaron fueron H_0 : No existe tendencia en la serie contra H_a : Existe una tendencia en la serie.

La pendiente anual de las series de tiempo de temperatura se estimó mediante el método no paramétrico de Sen, éste método asume que se está calculando una pendiente lineal, la cual se estima mediante la tendencia de la mediana de todas las posibles pendientes que pueden ser calculadas entre todo los datos de la serie de tiempo.

El cálculo de la prueba Mann-Kendall y la estimación de la pendiente Sen se efectuaron mediante el programa XLSTAT Versión 2015.2.02. (Addinsoft, 2015).

Resultados y Discusión

Los resultados presentados en el cuadro 2 señalan que la mayoría las tendencias fueron significativas (15 de 24 series) a un nivel significativo $\alpha=0.05$. El promedio de todas las tendencias fue de -0.03 °C/decenio. Se presentaron tendencias negativas en la mayoría de las series (14 de 24), aunque de éstas solo fueron significativas 9 tendencias. El promedio de las tendencias negativas fue de -0.25 °C/decenio y el promedio de tendencias negativas significativas fue de -0.35 °C/decenio.

Por otra parte, se presentaron tendencias positivas en 7 de 24 series, y de éstas, fueron significativas 7 tendencias. El promedio de las tendencias positivas fue de 0.41 °C/decenio y el promedio de las tendencias positivas significativas fue de 0.47 °C/decenio.

Adicionalmente, podemos mencionar que aunque la mayoría de las tendencias significativas fueron negativas, son notables los resultados de las series correspondientes a "La villita" con una tendencia positiva de 0.84 °C/decenio y de la serie correspondiente a la estación "Jalpa" con 0.85 °C/decenio; ambos resultados son cercanos a los valores de cambio climático reportados por el IPCC para el período 1880-2012 (IPCC, 2013) el cual es de 0.85 °C.



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Análisis de tendencias de series de tiempo de temperatura media de estaciones climatológicas del estado de Zacatecas, México.

Estación	Nombre	Estadístico Mann-Kendall	τ de Kendall	Valor P	Pendiente Sen ($^{\circ}\text{C decenio}^{-1}$)
1	Agua nueva	-2288.00	-0.151	< 0.0001	-0.18
2	Boca del tesorero	-422.00	-0.033	0.264	-0.04
3	Calera	938.00	0.051	0.056	0.03
4	Caopas	-388.00	-0.036	0.242	-0.08
5	Cedros	-2292.00	-0.213	< 0.0001	-0.36
6	Concepción del Oro	3076.00	0.183	< 0.0001	0.17
7	El arenal	-3033.00	-0.327	< 0.0001	-0.82
8	El cazadero	-645.00	-0.038	0.165	-0.04
9	El platanito	-4545.00	-0.249	< 0.0001	-0.30
10	El Sauz	-2278.00	-0.087	0.000	-0.05
11	Excamé III	-2710.00	-0.104	< 0.0001	-0.07
12	Gruñidora	-4260.00	-0.416	< 0.0001	-0.90
13	Jiménez del Téul	2118.00	0.140	< 0.0001	0.17
14	La Bufa	680.00	0.177	< 0.0001	0.48
15	La Villita	11241.00	0.613	< 0.0001	0.84
16	Los campos	-492.00	-0.078	0.028	-0.15
17	Nochistlán	-1861.00	-0.080	0.001	-0.006
18	Ojocaliente	9.00	0.001	0.985	0
19	Potrero de Gallegos	-430.00	-0.061	0.078	-0.11
20	Sombrerete	779.00	0.151	< 0.0001	0.31
21	Jalpa	3012.00	0.401	< 0.0001	0.85
22	Villa García	680.00	0.028	0.256	0
23	Villa Hidalgo	-4533.00	-0.339	< 0.0001	-0.43
24	Zacatecas	-85.00	-0.004	0.880	0

Nota: Los valores en negrita son significativos a un nivel $\alpha=0.05$.

Conclusiones

El análisis de las series de tiempo de temperatura media del estado de Zacatecas nos permitió detectar que en la mayoría de las series analizadas existen tendencias significativas. La mayoría de las tendencias significativas encontradas tienen pendiente negativa, lo cual indica que existen ligeros decrementos de temperatura, sin embargo, en las series con tendencia positiva se encontraron al menos dos estaciones en las cuales el valor de la tendencia es similar al reportado por Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Los anteriores resultados aunque no son concluyentes e indicadores de un cambio climático global, nos dan una idea de la dinámica del clima a nivel local o regional.

Bibliografía

- Addinsoft. 2015. XLSTAT. Programa computacional descargado de <http://www.xlstat.com/es/>
- Aksu H., Koscu S., y Simsek O. 2010. Trend analysis of hydrometeorological parameters in climate regions of Turkey. En: State Hydraulic Works.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. IPCC, 2013. <http://ipcc.ch/> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2014, Synthesis Report. IPCC, 2014. <http://ipcc.ch/>



DIVISIÓN II

- Lozano García Ma. Del S. 2004. Evidencia de cambio climático: cambios en el paisaje. En: Martínez J. y Fernández A. (eds.), Cambio climático: una visión desde México. pp: 65-76. México D.F.
- Milošević, D., Savić, S. y Žiberna, I. 2013. Analysis of the climate change in Slovenia: Fluctuations of meteorological parameters for the period 1961-2011 (part I). Bulletin of the serbian geographical society. TOME XCIII – No 1. 1-8.
- Montgomery, D. C.; Peck, E. A. and Geoffrey, V. G. 2007. Introducción al análisis de regresión lineal. 3ra. Edición, 4ta Reimpresión, Grupo Editorial Patria. D. F., México. 588 p.
- Rojas, E., Arce, B., Peña, A., Boshell, F., y Ayarza, M. 2010. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(2), 173-182.
- Salmi T., Määttä P., Anttila T., Ruoho-Airola, A. T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann Kendall test and Sen's slope estimates. Publications on Air Quality No. 31. Finnish Meteorological Institute. Finlandia, Finlandia.
- Santillán Espinoza, L. E., Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., García-Hernández J.L., Cerano-Paredes j., Delgadillo-Ruiz, O., y Valdez-Cepeda R.D. 2011. Tendencias de temperaturas extremas en Zacatecas, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas 2 (2011): 207-219.
- Sneyers R. 1992. Use and misuse of statistical methods for the detection of climate change. Report on the informal planning meeting of statistical. Procedures for climate change detection. World Climate Data Programme Series 20, annex 3, WMO. Ginebra, Suiza.
- Valdez-Cepeda, R. D.; Hernández-Ramírez, D.; Mendoza, B.; Valdés-Galicia, J. and Maravilla, D. 2003a. Fractality of monthly extreme minimum temperature. Fractals. 11:137-144.
- Valdez-Cepeda, R. D.; Mendoza, B.; Díaz-Sandoval, R.; Valdés-Galicia, J.; López-Martínez, J. D. and Martínez-Rubín de Celis, E. 2003b. Powerspectrum behavior of yearly mean grain yields. Fractals. 11(3):295-301.
- Yunling H., y Zhang Z. 2005. Climate change from 1960 to 2000 in the Lancang River Valley, China. Mountain Research and Development 25(4):341-348.



DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA EN BIOSÓLIDOS CON DIFERENTES TIEMPOS DE SECADO A TEMPERATURA AMBIENTE ANTES DE SER INCORPORADOS AL SUELO

Almiray Pinzon de Dios R. del C.¹, Campero R. E.², Castro Castro. A.⁴, Hidalgo Aguirre. M.², *Ticante Roldán. J. A.³, Tamariz Flores. J. V.³

- 1.- Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP. Puebla. Pue.
- 2.- Colegio de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Química, BUAP. Puebla, Pue.
- 3.- Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, BUAP. Puebla, Pue.
- 4.- Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico Superior de la Montaña.

*14 sur 1603, Jardines de San Manuel, Ciudad Universitaria. e-mail, antonio.ticante@correo.buap.mx Tel 012222295500, ext. 7358

Resumen

Como subproducto del tratamiento de agua residual que se genera en la ciudad de Puebla, a través de 5 plantas tratadoras, se obtiene diariamente en promedio 150 m³ de biosólido, el cual representa una fuente importante de materia orgánica y nutrientes para la siembra de maíz que al ser adicionado al suelo agrícola, contribuye al mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo en la zona sur del municipio de Puebla; como consecuencia de este mejoramiento, se obtiene un significativo incremento hasta del 600% en el rendimiento de cosecha de maíz, pues funciona como fertilizante natural.

Desde el 2002 el SOAPAP ha demostrado sus beneficios en las Juntas Auxiliares, como San Francisco Totimehuacán, San Baltazar Tetela, Santa María Melacatepec, San Andrés Azumiatla y La Paz Tlaxcolpan, en donde las cosechas pobres de maíz de 500 kg/Ha. actualmente se han convertido en abundantes cosechas de 3 Ton/Ha.

Este proyecto se rige en base a las siguientes normas:

NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-052-ECOL-1993; la Ley General de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente, Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla y Certificado de No Peligrosidad extendido por SEMARNAT.

El beneficio se ha extendido a más de **1900 familias** con sustanciosos incrementos en el rendimiento de sus cosechas de maíz, con el inminente mejoramiento del suelo agrícola.

Palabras clave

Biosólidos, Microbiología, Coliformes,

Introducción

Es frecuente que los lodos residuales se sometan a procesos de composteo antes de aplicarlos al suelo ya que así se reduce el riesgo de diseminación de organismos patógenos y se forma un producto aceptable para la agricultura (Bernal et al. 1998). El composteo es una transformación orgánica hacia un material homogéneo y biológicamente estable que actúa



DIVISIÓN II

como fuente de lenta liberación de nutrimentos para las plantas (Sullivan et al. 2002). La transformación de los lodos residuales a través de este proceso causa la degradación de compuestos orgánicos lábiles durante la primera etapa (Bernal et al. 1998). Diversas investigaciones han mostrado que el composteo modifica la composición y las características de la materia orgánica soluble (MOS) de los residuos así como la actividad de la microbiota del sustrato (Baziramakenga y Simard 1998, Zhou y Wong 2001). Los biosólidos, son materiales orgánicos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales que han sido sometidos a procesos de estabilización; por lo que pueden ser susceptibles de aprovechamiento. Además de contener una gran cantidad de materia orgánica y humedad; también poseen: Macronutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio y azufre Micronutrientes, como cobre, zinc, calcio, magnesio, hierro, boro, molibdeno y manganeso, por lo que pueden ser aplicados como fertilizantes para mejorar y mantener la productividad del suelo y así estimular el crecimiento de las plantas. También pueden ser utilizados para fertilizar jardines y parques. Los nutrientes contenidos en los biosólidos ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos debido a que son orgánicos y pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento, también son menos solubles en agua y, por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales. Se conoce que como consecuencia del mejoramiento al aplicarlos al suelo, se obtiene un significativo incremento hasta del 600% en el rendimiento de cosechas de maíz. Sin embargo por su procedencia, existe el riesgo de presencia de patógenos como coliformes fecales, *Salmonella spp.*, huevos de helmintos, además de contenido de metales pesados. También el exceso de nutrientes puede lixiviarse del suelo y llegar al agua subterránea. Produce malos olores.

Materiales y Métodos

En 8 muestras de biosólidos, se realizó el estudio microbiológico de acuerdo con la legislación existente, de manera particular lo que especifica el método para la cuantificación de coliformes fecales en lodos y biosólidos así como el método para la cuantificación de *Salmonella ssp.*, esto en el anexo III de la norma NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, lo anterior con la finalidad de evaluar la calidad de los mismos.

Resultados y Discusión

Las muestras analizadas contienen un porcentaje rico en materia orgánica, el pH oscila entre 6.8 y 7.4. Se hace notar en los primeros resultados microbiológicos la presencia de *E. coli*, *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*.

Conclusiones

El uso de los biosólidos debe regularse por las siguientes normas:
NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
-Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente



DIVISIÓN II

-Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

-SEMARNAT otorga un Certificado de No Peligrosidad, el cual faculta al SOAPAP para disponer de los biosólidos como mejorador.

Bibliografía

- Baziramakenga R. y Simard R.R. (1998). Low molecular weight aliphatic acid contents of composted manure. *J. Environ. Qual.* 7, 557-561.
- Bernal M.P., Navarro, F.A., Sánchez-Monedero A.M., Roig A. y Cegarra J. (1998). Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.* 30, 305-313.
- Diario oficial de la federación. NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes, técnica del número más probable.
- NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- Sullivan D.M., Bary A.I., Thomas D.R., Fransen S.C. y Cogger C.G. (2002). Food waste effects on fertilizer nitrogen efficiency, available nitrogen, and tall fescue yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 154-161.
- Tejeda, T. F. y Hernández, R. M. E. 2009. Microbiología Sanitaria (Inocuidad Microbiana de los Alimentos: Teoría y Laboratorio. BUAP.



LA PROPORCIÓN N:P EN *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad 'Rojo Pelón' DESDE LA PERSPECTIVA ESTEQUIOMETRICA

Valdez-Cepeda, R.D.^{1,2,3*}, Blanco-Macías, F.¹, Lara-Herrera, A.⁴, Márquez-Madrid, M.¹, Magallanes-Quintanar, R.⁵, Méndez-Gallegos, S. de J.⁶, Villarreal-Guerrero, F.³

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.

³Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, Chih., México.

⁴Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México.

⁵Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.

⁶Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Valdez-Cepeda, R.D. vacrida@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6147

Resumen

La proporción N:P puede ser usada para investigar como la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y como es afectada por impactos humanos y de manejo. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue definir si el rendimiento de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad 'Rojo Pelón' depende de la proporción estequiométrica N:P estimada en cladodios de fructificación de un año de edad. La proporción N:P óptima estimada (100:17.46). Trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* deben incluir el análisis estequiométrico con mas nutrimentos.

Palabras clave

Nitrógeno; Fósforo; ; Proporción estequiométrica; Rendimiento

Introducción

En fitoplancton, los átomos de carbono, nitrógeno y fósforo estuvieron presentes en la proporción 106:16:1 (i.e., 568:100:14) con base en masa (Redfield, 1958). En este contexto, Knetch y Göranson (2004) reportaron que la proporción N:P óptima para plantas herbáceas es 100:14.3 al considerar al N ajustado a 100, como referencia. Desde esta perspectiva, la proporción N:P en los tejidos de las especies vegetales cultivadas puede ser usada para investigar si la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y si es afectada por impactos humanos y de manejo (Güsewell et al., 2003). Los valores de N:P reflejan la disponibilidad relativa de N y P y pueden indicar el nivel de deficiencia de N o P experimentada por las plantas; en ocasiones son mas confiables que los experimentos de fertilización (Güsewell et al., 2003).

En general, valores de N:P > 16 indican que el P es factor limitante, < 14 indican que el N es limitante, y entre 14 y 16 indican que ambos, N y P, pueden ser limitantes (Koerselman et al., 1996). Este tipo de conocimiento es limitado con respecto a *O. ficus-indica*. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue identificar si el rendimiento de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad 'Rojo Pelón' depende de la proporción N:P.



Materiales y Métodos

Parcela Experimental

Una huerta fue establecida en junio de 2006 en el campo experimental del 'Centro Regional Universitario Centro Norte' de la 'Universidad Autónoma Chapingo' a 22° 44' 49.6" latitud Norte, 102° 46' 28.2" longitud Oeste, y 2 296 m snm, localizada cerca de la Ciudad de Zacatecas, México. El clima que caracteriza a la región puede ser clasificado como BS1kw(w), el cual corresponde al menos seco de los del tipo estepario seco, con una temperatura media anual que varía entre 12 y 18°C y una precipitación media anual de 472 mm. La mayor parte de la precipitación (65%) ocurre de junio a agosto.

La huerta se estableció con el propósito de propagar la especie *O. ficus-indica* variedad 'Rojo Pelón'. Veinte cladodios madre fueron usados. Sus estimadores estadísticos básicos fueron los siguientes: longitud de cladodio de 28.5±5.4 cm; y ancho de cladodio de 16.3±2.2 cm. Los 20 árboles considerados tenían estructura en forma de vaso. Dentro de la parcela experimental, una densidad de 625 plantas·ha⁻¹ fue usada. Después del establecimiento de la huerta, las malezas fueron removidas a finales de primavera y verano cada año de manera manual. La fertilización, irrigación y otras prácticas agronómicas no se realizaron. Cabe mencionar que desde el establecimiento de la huerta hasta desprender los cladodios experimentales en el primer año de cosecha (2012), la práctica de poda en los árboles no se realizó.

Datos

Ciento once cladodios terminales de fructificación (59 en 2012 y 52 en 2013) y sus 838 frutos (474 y 364 en 2012 y 2013, respectivamente) de *O. ficus-indica* variedad 'Rojo Pelón' fueron considerados en este estudio. Todos los cladodios fueron seleccionados de la parte superior de las plantas para asegurar que tuvieran un año de edad. Solo cladodios que tuvieron de uno a 15 frutos fueron involucrados con el propósito de incluir cuatro cladodios que soportaran cada uno de esos números de frutos. En 2012, cladodios con 1 hasta 15 frutos fueron considerados (4 con cada número de frutos; la excepción fue el caso de 3 cladodios con 6 frutos cada uno). En 2013, 4 cladodios con 1 hasta 13 frutos fueron considerados. Un cuidado especial se tuvo para considerar un cladodio de cada parte de la planta (norte, sur, este y oeste) asociado a cada número de frutos, así como que la mayoría de los frutos mostraran cambio de color en su cáscara. Todos los frutos fueron cosechados y pesados. Los cladodios desprendidos de los árboles se limpiaron con agua destilada e inmediatamente pesados. Esas actividades fueron realizadas durante los días 9 y 10 de agosto de 2012; mientras que en 2013 se realizaron durante los días 18 y 19. Después de que fueron desprendidos de los árboles, todos los cladodios fueron cortados en rebanadas y deshidratados hasta peso seco constante en estufa a 75°C durante 36 horas; luego sus pesos fueron registrados. Las muestras de cladodios deshidratados se usaron para determinar N (micro-Kjeldahl, AOAC, 1990) y P (molibdo-vanadato).

Análisis

Los datos de rendimiento de fruto por cladodio (obtenido al pesar todos los frutos de cada cladodio), así como de las concentraciones de N y P fueron capturados en una hoja de cálculo con el programa Microsoft Office Excel. La base de datos fue usada para elaborar los



DIVISIÓN II

diagramas de dispersión por pares de variables: N vs Rendimiento, P vs Rendimiento, N/P versus Rendimiento. Dado que la variable N:P no se distribuyó normalmente fue transformada con logaritmo natural (ln) al considerar la concentración de N, para cada observación como el 100%.

Resultados y Discusión

Los estimadores estadísticos sugieren que la variación fue relativamente (Coeficientes de variación >25%). Ello permitió elaborar diagramas de dispersión bivariados al considerar a la variable rendimiento como dependiente. Dado que la variable N:P no se distribuyó de manera normal, la transformación de sus valores a logaritmo natural (ln) fue realizada para luego elaborar el diagrama de dispersión bivariado al considerarla como variable independiente.

El rendimiento de fruto por cladodio dependió de la proporción ln N:P (N=100%) en cladodios de fructificación de un año de edad de manera clara (Figura 1). La mayoría de los puntos se agruparon en la parte inferior del diagrama de dispersión (Figura 1). Entonces, los rendimientos grandes son raros en las diferentes clases de frecuencia.

El diagrama de dispersión bivariada permite inferir que el valor óptimo se ubica entre los valores 2.68 y 2.77 de la variable independiente (ln N:P (N=100)). Resalta que el valor 2.86 es la media (Cuadro1). El valor re-transformado, 17.46 es menor a 18.28, el valor de la media de la variable sin transformar a ln (Cuadro 1, variable N:P (N=100)).

Así entonces, el valor óptimo estimado de la proporción estequiométrica (N:P=100:17.46) es ligeramente mayor al reportado como óptimo para especies de plantas herbáceas (N:P=100:14.3) por Knetch y Göranson (2004). Inclusive, también es ligeramente mayor al valor (N:P=100:16) que se usa como indicador de que el P es factor limitativo del crecimiento y rendimiento de plantas. Sin embargo, la Figura 1 permite inducir que la diferencia es pequeña; cabe señalar que tanto las hojas de las herbáceas como los cladodios de *O. ficus-indica* son tejidos fotosintéticos. Además, la proporción N:P=100:17.46 permite que los cladodios puedan producir un rendimiento bueno (≈ 1400 g de fruto) en el caso de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón; valores mayores o menores a N:P=100:17.46 están asociados a rendimientos menores a 1400 g en cladodios de un año de edad. Sin embargo, los resultados son preliminares; por lo tanto, trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* deben incluir el análisis estequiométrico con mas elementos.

Conclusión

La proporción N:P óptima preliminar estimada es N:P=100:17.46 para *O. ficus-indica* (L.) Miller.

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó éste informe. A la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua por las facilidades brindadas a RDVC durante su estancia de año sabático.



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Estimadores estadísticos para las concentraciones de Nitrógeno (N), Fósforo (P), y las proporciones entre ambos nutrimentos (N:P; N:P (N=100), al considerar al N como referencia; y ln (N:P) (N=100) en su transformación logaritmo natural) y rendimiento por cladodio de fructificación en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón'.

Estimador estadístico	N (%)	P (%)	N:P	N:P (N=100)	ln (N:P) (N=100)	Rendimiento (fruto) por Cladodio (g)
Media	1.42	0.24	5.98	18.28	2.86	633.26
Mínimo	0.7	0.14	2.88	9.46	2.25	72.00
Máximo	2.1	0.38	10.57	34.69	3.55	1356.00
Desviación Estándar	0.38	0.05	1.74	5.70	0.30	331.16
Coefficiente de Variación	27.04	20.58	29.05	31.18	10.53	52.29

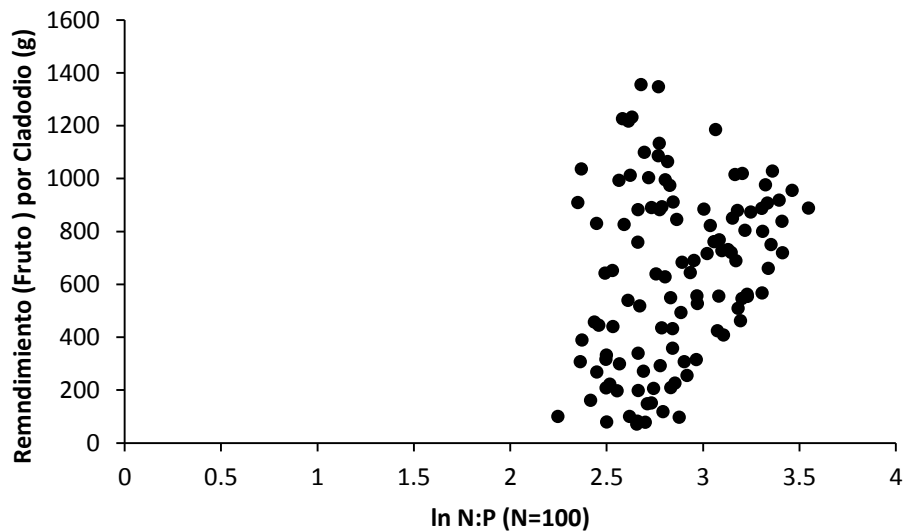


Figura 1. El rendimiento (fruto) de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad 'Rojo Pelón' en función de la proporción Nitrógeno:Fósforo (ln N:P (N=100)) en cladodios de fructificación de un año de edad.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Copper catalyst Kjeldahl method. p. 15. In: K. Helrich (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition AOAC. Arlington, VA, USA.
- Güsewell, S., Koerselman, W. and Verhoeven, J.T.A. 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. Ecological Applications 13: 372-384.
- Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M. 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. J. Applied Ecology 33: 1441-1450.
- Knecht, M.F., and A. Göranson. 2004. Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. Tree Physiol. 24: 447-460.
- Redfield, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. Am. Sci. 46: 447-460.



RESPUESTA DEL MAÍZ Y FRIJOL AL ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

Acuayte-Valdés, M. C.¹; Tijerina-Chávez, L.¹; Hernández-López, J. C.¹

¹ Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México – Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. México.

*Autor responsable: c.acuayte@hotmail.com; Calle Ignacio Allende Mzna. 2 Lote 26, Col. Las Peñas, Iztapalapa, D.F. México. CP 09750; Tel. +52(045)-554-6781571

Resumen

Siendo el agua uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés, así como la presencia de salinidad. Muchas plantas han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit de agua, que van desde un estrés hídrico leve, causado por la disminución del potencial hídrico de las hojas al mediodía, hasta aquellas que les permiten sobrevivir en hábitat desérticos. En esta investigación se revisan las diferentes respuestas a nivel morfológico en los cultivos de frijol y maíz en tres niveles de humedad a 20, 50 y 70% de consumo de agua aprovechable y con contenido de salinidad. Estas respuestas incluyen modificaciones en el crecimiento, cierre de estomas, que regulan la expresión de genes inducida por el estrés, como en el cultivo de frijol y maíz se presenta disminución en el crecimiento foliar y porte muy notorio. Se implementó en el experimento un diseño experimental completamente al azar (DECA), las variables estudiadas fueron: crecimiento de la hoja, temperatura, transpiración, conductancia estomática, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa (quantum), índice de clorofila, potencial de la hoja en ambos cultivos y la biomasa.

Palabras clave

Crecimiento; déficit hídrico; contenido de humedad.

Introducción

Todos los organismos vivos están expuestos a diferentes tipos de estrés, los cuales pueden ser originados por la actividad del hombre o causas naturales como la contaminación del aire, sequía, alta y baja temperatura, intensidad luminosa y limitaciones nutricionales. Debido a que las plantas poseen limitados mecanismos para evitar el estrés, estas han desarrollado mecanismos para adaptarse a los cambios medioambientales (Zhu, 2001). La salinidad de los suelos precede al origen de la civilización humana y continúa siendo en la actualidad uno de mayor estrés abiótico que perjudica la productividad y calidad de las cosechas (Malik *et al.*, 1986). Las plantas sufren estrés por déficit de agua cuando hay sequía y puede definirse como un período sostenido de baja cantidad de lluvia que coincide con una demanda evaporativa de moderada a alta y es dependiente del clima y el tiempo. El estrés por déficit hídrico viene definido por el valor negativo de Ψ del sustrato, lo cual nos determina la dificultad de la planta para absorber agua del suelo (Nilsen y Orcutt, 1996). Existen diferentes formas de expresar la tensión interna:

- Estrés ligero: el potencial hídrico de la célula (Ψ_w) baja unos pocos bares.
- Estrés moderado: Ψ_w celular baja más, pero menos de 12-15 bares.
- Estrés severo: Ψ_w celular baja más de 15 bares.



Cuando el déficit hídrico se desarrolla lentamente, los cultivos pueden presentar respuestas de adaptación que tienen efectos sobre el crecimiento como es el caso de la disminución de la expansión foliar (Potters *et al.*, 2007; Shao *et al.*, 2008). Otro mecanismo de resistencia a nivel fisiológico es el cierre de estomas que son estructuras responsables de la mayor proporción de pérdida de agua por las plantas (Taiz y Zieger, 2006). El estrés por salinidad en la planta principalmente se manifiesta en aquellas que se desarrollan en suelos salinos. Estas sales son disueltas por el agua y se van depositando en los suelos y depresiones, haciendo que se produzcan mantos freáticos salinos. Todas las aguas de riego poseen sales solubles en mayor o menor medida, provocando la salinización de los suelos y provocando dificultades en el desarrollo de los cultivos (Villa *et al.*, 2006).

Materiales y Métodos

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero ubicado cerca de la Estación Agrometeorológica perteneciente al posgrado de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados situado en Montecillo Estado de México. Se establecieron veinticuatro macetas de frijol y maíz en un diseño experimental completamente al azar (DECA), doce macetas para cada cultivo, las cuales se llenaron con suelo (el cual es una mezcla en proporción 1/2 suelo orgánico y 1/2 suelo mineral) con una densidad de 1.3 gr/cm³ aproximadamente, se les agrego suficiente agua y se drenó el exceso de agua y se taparon todas las macetas para evitar la evaporación del agua. La siembra se realizó el 22 de mayo de 2014, después de que las plantas emergieron y apareció la cuarta hoja, se realizó un aclareo dejando dos plantas por maceta. Se llevó un registro del agua agregada durante el experimento, se utilizó un TDR 300 para medir el contenido de humedad, de esta forma se controló los tratamientos de humedad en tres niveles a 20, 50 y 70%, 35 DDS (días después de la siembra) se inició con el tratamiento de salinidad, que consistió en 1000ppm de NaCl en 20 litros de agua, se marcó una hoja de cada planta de frijol para el registrar su crecimiento y por último se hicieron mediciones de temperatura, transpiración, conductancia estomática, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa (quantum) utilizando un Porometro LI – COOR 1600, con el SPAD 502 MINOLTA se midió el índice de clorofila y por último con la ayuda de una bomba de Scholander se midió el potencial de la hoja en ambos cultivos a los 57 DDS a las 12:00 del día. A los 64 DDS se obtuvo el peso en fresco de ambos cultivos utilizando una balanza electrónica BRAINWEIGH 3000.

Se determinó el contenido de humedad a capacidad de campo para seis tratamientos distintos en ambos cultivos. Tres tratamientos corresponden a la aplicación de agua de la llave a tres diferentes niveles de humedad aprovechable (20, 50 y 70%) y los otros tres tratamientos se aplicaron agua con 1000 ppm de NaCl a 20, 50 y 70% de consumo de humedad aprovechable (**Cuadro 1**). Se llevó un registro del contenido de humedad de las macetas y crecimiento de la hoja marcada para frijol (**Figura 1**).

Cuadro 1. Condiciones de los tratamientos.

N°	Condición	% HA	Salinidad	N°	% HA + 1000 ppm NaCL
1	Estrés severo	20	0	4	20
2	Estrés moderado	50	0	5	50
3	Estrés ligero	70	0	6	70



Figura 1. Medición de los parámetros en el experimento.

Resultados y Discusión

Con las mediciones se obtuvieron funciones para el crecimiento foliar de las seis condiciones para el cultivo de frijol. Como se observa en la **Figura 2**, hay una variación notoria cuando no se somete a estrés al cultivo y cuando no presenta salinidad, tratamiento 1, siendo este más productivo y el más bajo se presenta en la condición más crítica cuando se lleva a mayor estrés en combinación de la aplicación de agua con contenido de sales (1000 ppm de NaCl), tratamiento 6.

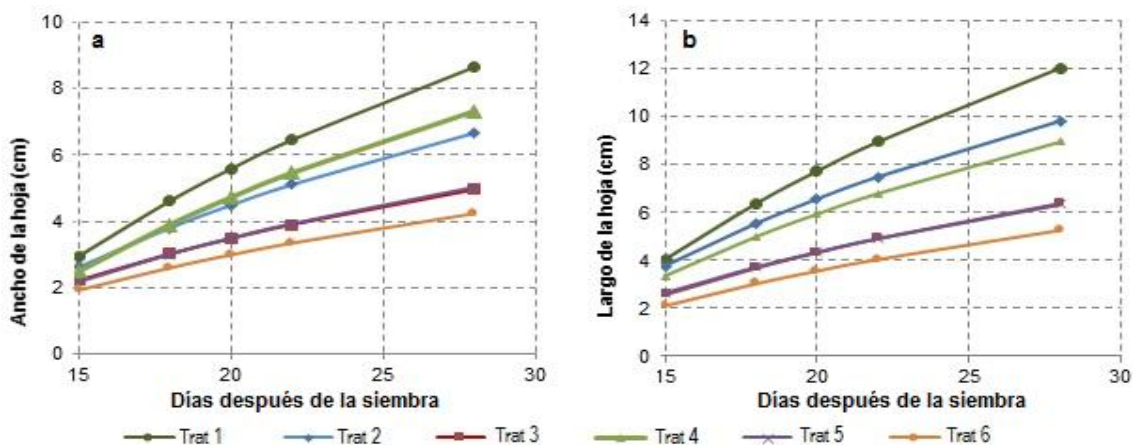


Figura 2. Crecimiento de la hoja en Días Después de la siembra (DDS), (a) ancho de la hoja y (b) largo de la hoja.

El registro de porimetría y contenido de clorofila para ambos cultivos se presenta a continuación (**Cuadro 2** y **Cuadro 3**).



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Registro de porometría y contenido de clorofila para el cultivo de frijol a los 57 DDS.

Condición No.	Temp Cubeta (°C)	Temp Hoja (°C)	H. R. (%)	Quantum ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	Resistencia a la difusión (s/cm)	Transpiración ($\mu\text{mol/m}^2 \text{s}^{-1}$)	Contenido de clorofila
1	32.9	33.8	28.2	215.0	214.5	10.4	42.0
2	32.9	33.8	27.0	215.0	287.5	14.2	50.4
3	32.9	33.8	30.6	215.0	810.0	37.8	51.3
4	33.1	34.0	30.2	215.0	722.0	34.1	44.6
5	33.1	34.0	31.2	215.0	756.0	35.6	52.7
6	33.0	33.9	28.8	215.0	600.5	28.8	46.7

Cuadro 3. Registro de porometría y contenido de clorofila para el cultivo de maíz a los 57 DDS.

Condición No.	Temp Cubeta (°C)	Temp Hoja (°C)	H. R. (%)	Quantum ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	Resistencia a la difusión (s/cm)	Transpiración ($\mu\text{mol/m}^2 \text{s}^{-1}$)	Contenido de clorofila
1	29.6	30.5	31.0	223.0	402.0	15.5	48.4
2	29.2	30.1	29.8	199.0	262.5	10.1	44.9
3	28.9	29.8	29.0	223.0	296.0	11.4	48.9
4	32.2	33.1	33.8	223.0	551.0	23.9	48.3
5	31.7	32.6	33.4	223.0	686.0	29.0	47.0
6	31.4	32.3	32.0	223.0	653.5	27.5	50.4

El registro del potencial del foliolo y hoja en el cultivo de frijol y maíz se presenta en el **Cuadro 4**, en el cual se observa que el potencial es más negativo cuando se tiene la condición más dañina en comparación cuando se presentan las mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos su presión se acerca más a cero.

Cuadro 4. Potencial del foliolo del frijol y hoja del maíz a los 57 DDS.

Frijol		Maíz	
Condición	Potencial (bar)	Condición	Potencial (bar)
5	-13	5	-28
4	-12	4	-26
2	-10.5	3	-25.5
1	-6	1	-8

Se obtuvo el peso en verde de ambos cultivos a los 64 DDS, se realizó una prueba de comparación de medias para obtener el o los mejores tratamientos, como se observa en el **Cuadro 5** y **Figura 3**, el mejor tratamiento que influyo de forma positiva en la producción de biomasa fue el tratamiento 1 en ambos casos

Cuadro 5. Efecto del contenido de humedad y salinidad en el cultivo del frijol y maíz a los 64 DDS, los valores son la media de 4 muestras por tratamiento, \pm error estándar.

Trat	Rep	Peso frijol (g)	Peso maíz (g)
1	4	59.45 \pm 10.03 a	271.33 \pm 59.31 a
2	4	42.98 \pm 6.64 b	235.47 \pm 19.25 b
3	4	38.33 \pm 4.11 b	203.90 \pm 68.33 b
4	4	44.00 \pm 2.78 b	203.80 \pm 56.70 b
5	4	37.80 \pm 8.12 b	153.77 \pm 85.68 b
6	4	26.70 \pm 6.68 c	177.43 \pm 39.33 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con $P \geq 0.05$, LSD (Diferencias mínimas significativas).

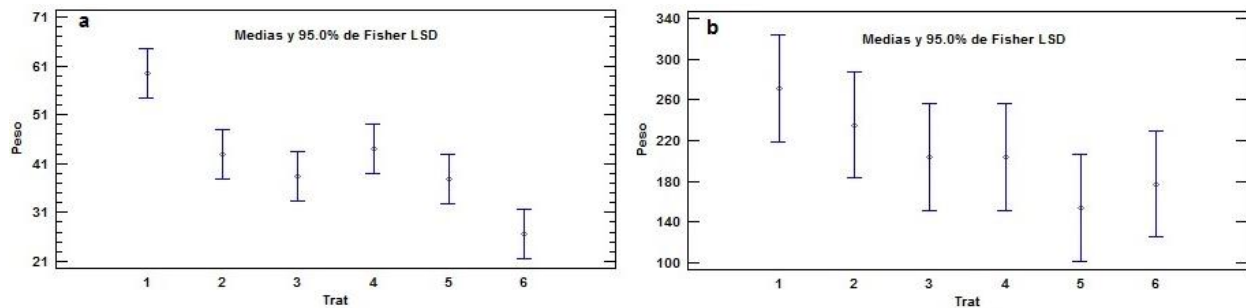


Figura 3. Diagrama de cajas: biomasa de (a) frijol y (b) maíz en sus diferentes tratamientos.

Conclusiones

Tanto para el frijol como para el maíz presenta más dificultad para absorber agua del suelo cuando se aplica agua con sales en condiciones de estrés hídrico, así como su crecimiento foliar se ve disminuido e incluso también en su peso en verde, en comparación de aplicación de agua libre de sales sin ser sometido a estrés hídrico.

Bibliografía

- Malik, K.A.; Z. Aslam y M. Naqui. 1986. Kallar grass-a plant for saline land. The Nuclear Institute for Agriculture and Biology. Faisalabad.
- Nilsen, E.T. y D.M. Orcutt. 1996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Potters, G., T.P. Pasternak, Y. Guisez, K.J. Palme y M.A.K. Jansen. 2007. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble. Trends Plant Sci. 12(3), 99-105.
- Shao, H.B., L.Y. Chu, C.A. Jaleel y C.X. Zhao. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. C.R. Biol. 331, 215-225.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Tijerina, Ch. L. 2014. Relaciones agua – suelo – planta – Atmósfera II, Notas de Curso. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 189 p.
- Villa, M.; E.A. Catalán; M.A. Inzunza y A.L. Ulery. 2006. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de Chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. Fitotecnia Mexicana. 29(1); 79-88.
- Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Sci. 6, 66-71.



EFFECTO DE TRES TIPOS DE SALES Y CUATRO NIVELES DE CONCENTRACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Ligustrum japonicum*

Bolívar-Duarte, M.¹; Cepeda-Dovala, J. M.²; Rodríguez-Gutiérrez, L.³; Antonio-Bautista, A.⁴; Del Toro-Jáuregui, I. J.⁵.

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Estadística y Cálculo. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

⁴Secretaría del Medio Ambiente. Saltillo, Coah. México.

⁵Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México

*Autor responsable: m_bolivard@hotmail.com; Calle Lerdo de Tejada Núm.570, Col. Zona Centro, Saltillo, Coah. México. CP 25000; Tel. +52(844)-410-1072

Resumen

La salinidad en México se presenta en las zonas áridas y zonas costeras principalmente y es uno de los problemas ambientales más antiguos que afecta la distribución y producción de los cultivos. El uso de agua de mala calidad y un mal drenaje, son factores que favorecen el proceso de la salinización. El uso de aguas residuales tratadas se ha enfocado principalmente al sector agrícola, siendo otra alternativa el reuso en la producción forestal. La salinidad limita la germinación y el desarrollo de los cultivos reduciendo el porcentaje de semillas germinadas. Por lo anterior con el presente trabajo se buscó evaluar el efecto en la germinación de tres tipos de sales: $MgCl_2$, $CaCl_2$ y $NaCl$ en *Ligustrum japonicum* (Trueno) con 5 niveles diferentes de salinidad: 1, 2, 3 y 4 $dS.m^{-1}$ en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×4 y un tratamiento extra como testigo (agua destilada) con tres repeticiones cada una. En los resultados se observó que la sal que presentó mayor germinación fue la de $CaCl_2$ con 2 $dS.m^{-1}$ seguida por $NaCl$ a 1 $dS.m^{-1}$ en el 70avo día. El presente estudio muestra que la germinación está influenciada por la naturaleza de los iones presentes en los tratamientos. Los efectos causados por las sales presentes fueron: toxicidad e inhibición de la germinación.

Palabras clave

Salinidad; germinación; *Ligustrum japonicum*

Introducción

El agua ha jugado desde siempre un papel fundamental para la humanidad; el desarrollo de las grandes civilizaciones fue posible gracias a que éstas se asentaron en las márgenes de los grandes ríos y lagos.

La agricultura es el uso que mayor demanda de agua tiene a nivel mundial, donde en los países en vías de desarrollo representa hasta un 95 por ciento. Particularmente en México este porcentaje es menor, representando un 76.6 por ciento del uso total, jugando un papel esencial en la producción de los alimentos en nuestro país (Comisión Nacional del Agua -CNA-, 2013).



DIVISIÓN II

El agua utilizada en el sector agrícola puede provenir de fuentes naturales o alternativas: las primeras incluyen el agua de lluvia y superficial de escorrentía, mientras que las fuentes alternativas de riego incluyen el reuso de agua municipal y agua de drenaje, en cualquier caso la utilización de agua reciclada puede tener efectos adversos para la seguridad pública y el medio ambiente. Esto dependerá de la aplicación y uso que se le dé, de las características y limitaciones de suelo, condiciones y prácticas agrícolas.

El uso de aguas residuales tratadas se ha enfocado principalmente al sector agrícola seguido por el piscícola pero cabe señalar que otra alternativa donde se emplea el agua de reuso es la producción forestal. Los volúmenes de agua requeridos dicha actividad son significativamente menores que los demandados por la acuicultura y la agricultura. Estos requerimientos dependen de las condiciones climáticas locales, características del suelo y requerimientos de la especie forestal manejada (Moscoso, 2002).

Las prácticas de producción y manejo de las plantas forestales, en invernaderos, tienen gran ventaja para adquirir características morfológicas y fisiológicas encontradas, ya que tienen un rápido crecimiento inicial dentro del vivero como en su comportamiento en el sitio de la plantación.

La salinidad no es un problema nuevo, sino uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad que limita la distribución de las plantas en la naturaleza y la productividad de cultivos. En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa, que abarcan gran parte del País. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en el perfil del suelo (Martínez *et al.*, 2011).

Los mismos autores afirman que la salinidad limita los procesos germinativos y fisiológicos de los cultivos reduciendo el porcentaje de semillas germinadas, por ello con el presente trabajo se buscó evaluar el efecto de tres tipos de sales: $MgCl_2$, $CaCl_2$ y $NaCl$ en *Ligustrum japonicum* (Trueno) con 5 niveles diferentes de salinidad: 1, 2, 3 y 4 $dS.m^{-1}$ y un tratamiento extra como testigo (agua destilada).

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de Junio a septiembre del 2013 en el Laboratorio de Análisis de Calidad de Semilla del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila, perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente del gobierno del estado de Coahuila de Zaragoza. Ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera a Zacatecas en la Ciudad de Saltillo. Geográficamente sus coordenadas son: Latitud $25^{\circ}22'29.7''$ Norte y Longitud $101^{\circ}00'42.7''$ Oeste a 1757 msnm.

La preparación de los tratamientos se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La semilla empleada de *Ligustrum japonicum* perteneciente a la reserva del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila, recolectada en Enero 2012 procedente del Parque Central de Parras de la Fuente, Coah.

Se colocaron 20 semillas en cada caja Petri de plástico de 100 x 15 mm en una cama de algodón y papel filtro esterilizado; se regaron con los tres tipos de sal: Cloruro de Magnesio ($MgCl_2$), Cloruro de Calcio ($CaCl_2$) y Cloruro de Sodio ($NaCl$) en sus cuatro concentraciones: 1, 2, 3 y 4 $dS.m^{-1}$ y el tratamiento de agua destilada (testigo); repitiéndose cada uno de ellos tres veces, siendo considerada cada caja como una unidad experimental. Se introdujeron a una cámara de germinación de alta capacidad con las siguientes condiciones; temperatura de $25^{\circ}C$, humedad del cinco por ciento y 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, por un periodo de 70 días.



DIVISIÓN II

Las variables evaluadas fueron: germinación fisiológica, utilizándose el modelo estadístico completamente al azar con arreglo factorial 3x4 con un tratamiento extra, teniendo como factor A los tipos de sales y factor B los niveles de salinidad.

Los resultados de las variables evaluadas estuvieron expresados en conteo directo, por lo que fueron transformados como lo recomienda Steel y Torrie (1988) mediante la siguiente ecuación:

Transformación logarítmica.

$\log(y)$

Donde (y) es el valor entero y positivo del dato a transformar.

Debido a que las variables evaluadas presentaron valores de cero se realizó un ajuste empleándose la siguiente ecuación:

$\log(y+1.5)$

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Microsoft Excel 2013 para obtener el análisis de varianza (ANOVA) en cada caso según la variable evaluada y se procedió a hacer la prueba estadística de comparación de medias con la prueba de "Tukey" cuando fue necesario.

Resultados y Discusión

A pesar de que para el presente experimento se determinó a un plazo de 70 días para la germinación de *L. japonicum* en ninguno de los tratamientos se logró obtener el 100 por ciento de semillas germinadas. Los conteos se realizaron los cada 14 días.

Bajo condiciones salinas el porcentaje más alto (30 por ciento) de germinación fisiológica se obtuvo con el CaCl_2 a una concentración de 2 dS.m^{-1} ; seguido por el alcanzado en la concentración salina más baja (1 dS.m^{-1}) reportándose para ésta un 21.6 por ciento. Para las concentraciones más altas de CaCl_2 (3 y 4 dS.m^{-1}) se obtuvo un 18 por ciento y un 15 por ciento, respectivamente en el mismo periodo de tiempo (Figura 1).

Si tomamos en cuenta los días que tardó la semilla para germinar en condiciones normales (testigo) podemos decir que el CaCl_2 aceleró la germinación de las mismas.

Para el MgCl_2 con las concentraciones 3 y 4 dS.m^{-1} se obtuvo el mejor porcentaje de germinación lográndose un 21.67 por ciento para ambos niveles de salinidad al 70avo día (Figura 2).

Jiménez (2010) especifica que niveles moderados y altos de salinidad generalmente además de retardar la germinación afecta el porcentaje de emergencia de las plántulas, aunque especifica que depende del cultivo forestal y el tipo de sal presente.

Con el NaCl el porcentaje más alto de germinación al final del trabajo (28.33 por ciento) se logró con el nivel más bajo de salinidad (1 dS.m^{-1}); el 23.3 por ciento con 2 dS.m^{-1} y el menor porcentaje (13.3 por ciento) con el nivel más alto de salinidad (4 dS.m^{-1}) (Figura 3).

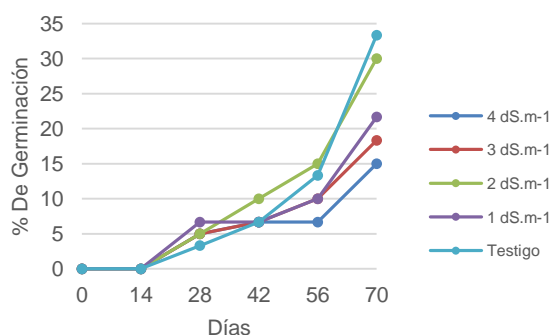


Figura 1. Porcentaje de germinación con CaCl_2

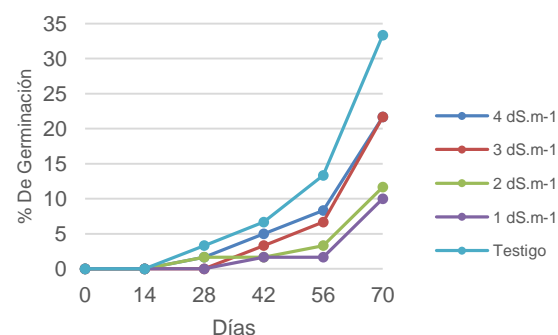


Figura 2. Porcentaje de germinación con MgCl_2

DIVISIÓN II

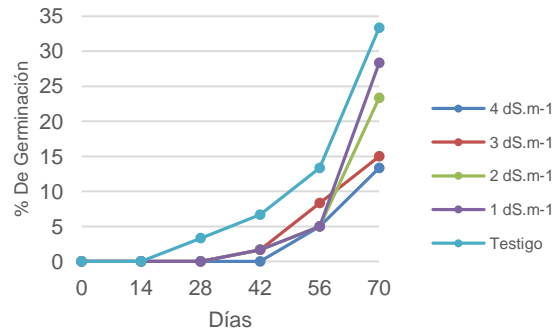


Figura 3. Porcentaje de germinación con NaCl

Conclusiones

En la germinación fisiológica ningún tratamiento alcanzó el 100 por ciento. La sal que presentó mejor porcentaje fue CaCl_2 a 2 dS.m^{-1} (30 por ciento) seguida por NaCl a 1 dS.m^{-1} (28.33 por ciento).

El presente estudio demuestra que la germinación está influenciada por la naturaleza de los iones presentes en los tratamientos. Los efectos causados por las sales presentes fueron; toxicidad, anormalidad en inhibición de la germinación.

La afectación por sales y su concentración presenta efectos adversos que van desde la pérdida de crecimiento hasta la muerte de semillas.

Bibliografía

- Comisión Nacional del Agua, 2013. Estadísticas del agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 176 p.
- Jiménez, A. A. 2010. Evaluación de Diferentes Tipos y Niveles de Sales Sobre la Germinación de Pino (*Pinus Greggii*) Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 49 p.
- Martínez, V. N., Lopez, A. C., Basurto, S. M. y Pérez, L. R. 2011. Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus 1. Chihuahua, Chihuahua México. Rev. Tecnociencia Chihuahua. Vol. V. N° 3.
- Moscoso Cavallini, J. (2002). Aspectos técnicos de la forestación con aguas residuales. In Tratamiento y uso de aguas residuales CEPIS/OPS. pp. 1-7.
- Steel, R. G. C. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística principios y procedimientos 2° edición 1988- México McGraw-Hill Pp. 163, 228-229



ANÁLISIS TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS TENDENCIAS EN TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS MENSUALES EN MÉXICO

Chavez-Mota R.^{1,2}; Singh V.P.²

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Chapingo, Mex., México

²Texas A&M University, College Station, Texas, USA.

Autor de contacto: chavezramiro@hotmail.com; Carr. México-Texcoco Km 38.5, Departamento de Suelos, Chapingo, México. CP 56230; +525959521500 Ext 6207.

Resumen

Fueron analizadas las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas comparando dos periodos. Se analizaron inicialmente 5400 del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) estaciones, siendo depuradas usando ciertos controles de calidad y quedando finalmente de 1760 a 1831 en el primer periodo y de 2612 a 2748 en el segundo variando de acuerdo al mes. Para las temperaturas mínimas se encontró una disminución en el periodo 1960-1985 y un incremento en el periodo de 1985-2011, Mientras que la temperatura máxima se decremento de 1950-1980 y aumento de 1980-2011.

Para la temperatura mínima la gran mayoría de los meses se tienen diferencias positivas en la pendiente promedio por estación con excepción del mes de agosto. Mientras que la diferencia en los porcentajes de las estaciones calientes es positiva en la mitad de los meses (ver cuadro 1). Para la temperatura máxima el porcentaje de las estaciones calientes se incrementó en todos los meses de un periodo a otro, presentándose la mayor diferencia en el mes de febrero con un 25% y el menor en Diciembre con un 2.39%. En cuanto a la pendiente promedio por estación caliente se decremento en la mayoría de los meses presentándose la mayor diferencia en el mes de Julio con 0.0 y la menor de -0.05 en Febrero. (Ver cuadro 2). Por lo cual, la pendiente de las estaciones calientes fue el factor que más influyó para que se diera el cambio de tendencia en la temperatura mínima, mientras que en la temperatura máxima fue el incremento en el porcentaje de estaciones calientes.

Palabras clave

Cambio climático; tendencias de temperaturas; Metodología de Mann-Kendall.

Introducción

La identificación de las variaciones de la temperatura tanto temporal como espacialmente es fundamental para tener el conocimiento exacto de la magnitud del impacto del cambio climático en una región o país para que de esta forma se puedan tomar las medidas necesarias y mitigar en forma adecuada en impacto que pueda tener tanto en los recursos naturales como en el nivel de vida de la población. Existen en México varios estudios orientados a la identificación de tendencias en series de variables climatológicas en general y de temperaturas en particular (Pavia et al 2009; Englehart and Douglas 2004). Utilizando técnicas estadísticas diversas para su análisis e interpretación, aunque todas ellas caen en la categoría de las técnicas llamadas paramétricas porque prueban hipótesis sobre los parámetros de la distribución de la población. Sin embargo, algunas conjuntos de variables climatológicas como son las temperaturas no



cumplen con algunos requisitos de las pruebas paramétricas como son el normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas) por lo cual es necesario el uso de pruebas no paramétricas. El uso de varias pruebas no paramétricas constituye una de las principales ventajas de este estudio. Para la identificación de la existencia o no de tendencias en las series se usó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall (MK) que es la que mejores resultados ha dado en el análisis de variables climatológicas. Otra de las ventajas es el uso de la técnica llamada pre-blanqueo para eliminar la auto-correlación (Yue et al., 2002) presente en algunas de estas series ya que la presencia de auto-correlación positiva tiende a aumentar la probabilidad de detección de tendencia mientras que la auto-correlación negativa tiende a disminuirla (Haan, 2002).

Materiales y Métodos

Se obtuvieron datos de aproximadamente 5400 estaciones meteorológicas de la página del Servicio Meteorológico Nacional del año 1902 al año 2012. Fueros depurados usando ciertos criterios de calidad usando solo aproximadamente la mitad de las estaciones y usando el periodo de 1950 a 2011.

Para cada una de las series de temperaturas se hizo el análisis para detectar auto-correlación en las series usando el coeficiente de Pearson y a todas las series que salieron positivas se les aplico el procedimiento denominado pre-blanqueo libre de tendencia (trend-free pre-whitening, TFPW) para eliminar la auto-correlación. Una vez eliminada la auto-correlación se aplicó la metodología no paramétrica para detección de tendencias de Mann-Kendall (MK). Enseguida se determinó la significancia de las tendencias detectadas usando la pendiente calculada por un método no-paramétrico robusto.

La prueba MK calcula la pendiente de la línea formada al graficar la variable de interés a través del tiempo, considerando solo el signo, no la magnitud de la pendiente. La estadística de la prueba MK es calculada con la suma de los signos de las pendientes. Cada valor en las series de tiempo X para $t=t+1, t+2, \dots$, donde N es el número de observaciones, es comparada con $X(t)$ y asignada a un score $Z(k)$ dada por:

$$\begin{aligned} Z(k) &= 1 \text{ si } x(t) > x \\ Z(k) &= 0 \text{ si } x(t) = x \\ Z(k) &= -1 \text{ si } x(t) < x \end{aligned}$$

La suma de pendientes es dada por:

$$S = \sum_{k=1}^{N(N-1)/2} Z(k)$$

La estadística de la prueba MK, Uc para $N > 10$ es calculada como:

$$Uc = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{si } S > 0 \\ 0, & \text{si } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases}$$



Y la varianza S, es dada por:

$$\text{Var}(S) = [N(N-1)(2N+5)]/18$$

La hipótesis de no tendencia es rechazada si

$$\text{Abs}(U_c) > Z_{1-\alpha/2}$$

Donde Z tiene una distribución normal estándar y α es el nivel de significancia.

Resultados y Discusión

Los periodos con tendencias similares para la temperatura máxima y mínima son diferentes. Se encontró que la temperatura mínima tiene una tendencia con pendiente negativa en el periodo 1960-1985 y una tendencia con pendiente positiva en el periodo 1985-2011. Mientras que la temperatura máxima siguió estas mismas tendencias pero en los periodos 1950-1980 y 1980-2011. Estos periodos son un poco diferentes con los periodos que reportan Pavia et al., 2009 y Englehart and Douglas (2004). El cambio de tendencia en la temperatura mínima fue debido principalmente al incremento en la pendiente promedio por estación, ya para la gran mayoría de los meses se tienen diferencias positivas con excepción del mes de agosto. Mientras que la diferencia en los porcentajes de las estaciones calientes es positiva en la mitad de los meses (Cuadro 1). El cambio de tendencia en la temperatura máxima se debió principalmente al cambio en el porcentaje de la estaciones con tendencias positivas de un periodo a otro, ya que las diferencias en los porcentajes son positivas en todos los meses, mientras que las diferencias en las pendientes promedio por estación es en todos los meses no positiva (Cuadro 2).

Cuadro 1. Número de estaciones totales y con tendencia positiva (calientes) para cada periodo de la temperatura mínima, el porcentaje de estaciones con tendencia positiva así como la pendiente promedio por estación (estaciones calientes). Además de las diferencias de los porcentajes y pendientes entre los dos periodos.

Mes	1960-1985				1985-2011				Diferencias	
	N total	N calientes	Calientes(%)	m prom/Est	N total	N calientes	% Calientes	Pte. prom/Est	Porcentaje	Pendiente
Ene	2328	430	18.47	0.12	2714	459	16.91	0.16	-1.56	0.036
Feb	2346	508	21.65	0.13	2715	436	16.06	0.15	-5.59	0.021
Mar	2337	486	20.80	0.13	2736	502	18.35	0.15	-2.45	0.021
Abr	2344	290	12.37	0.13	2709	518	19.12	0.14	6.75	0.005
May	2366	485	20.50	0.11	2713	479	17.66	0.13	-2.84	0.023
Jun	2364	385	16.29	0.11	2709	516	19.05	0.12	2.76	0.005
Jul	2362	324	13.72	0.10	2699	703	26.05	0.11	12.33	0.005
Ago	2386	341	14.29	0.10	2691	698	25.94	0.10	11.65	-0.001
Sep	2369	294	12.41	0.11	2688	810	30.13	0.11	17.72	0.000
Oct	2371	395	16.66	0.11	2681	546	20.37	0.13	3.71	0.020
Nov	2367	231	9.76	0.13	2661	256	9.62	0.16	-0.14	0.027
Dic	2368	370	15.63	0.13	2572	196	7.62	0.17	-8.01	0.037



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Misma información que el cuadro 1, pero para temperatura máxima.

Mes	1950-1980				1980-2011				Diferencias	
	N total	N calientes	Calientes(%)	m prom/Est	N total	N calientes	% Calientes	Pte. prom/Est	Porcentaje	Pendiente
Ene	1760	290	16.48	0.16	2740	883	32.23	0.14	15.75	-0.02
Feb	1770	177	10	0.18	2737	958	35	0.13	25	-0.05
Mar	1789	354	19.79	0.16	2748	896	32.61	0.12	12.82	-0.03
Abr	1789	209	11.68	0.15	2728	898	32.92	0.13	21.24	-0.02
May	1787	350	19.59	0.13	2740	943	34.42	0.13	14.83	-0.01
Jun	1791	277	15.47	0.14	2734	740	27.07	0.13	11.6	-0.02
Jul	1797	421	23.43	0.12	2730	953	34.91	0.12	11.48	0.00
Ago	1803	206	11.43	0.13	2722	956	35.12	0.11	23.69	-0.03
Sep	1808	246	13.61	0.12	2706	801	29.6	0.11	15.99	-0.01
Oct	1808	328	18.14	0.13	2707	703	25.97	0.11	7.83	-0.02
Nov	1827	240	13.14	0.14	2690	577	21.45	0.13	8.31	-0.01
Dic	1831	376	20.54	0.14	2612	599	22.93	0.12	2.39	-0.02

En cuanto a la distribución espacial de la temperatura mínima se encontró que las regiones donde no existen estaciones se encuentran principalmente en la parte norte del país (Chihuahua y Coahuila). Las regiones donde ambas diferencias son positivas (aumento el número de estaciones con tendencia positiva y pendiente promedio por estación) son principalmente en la zona de la sierra madre oriental y en la llanura costera del golfo norte en los meses de enero y abril. En el eje neovolcánico, sierra madre del sur y península de Yucatán en los meses de Mayo a Octubre. En los meses de Enero-Octubre se presenta un enfriamiento (disminución del número de estaciones con tendencia positiva y pendiente promedio por estación) en la parte norte del país mientras que en los meses de Noviembre-Diciembre estas zonas frías las podemos encontrar en todas las regiones del país.

Bibliografía

- Englehart, Phil J. and Arthur V. Douglas. 2004. "Characterizing regional- scale Variations in Monthly and Seasonal Surface Air Temperature Over Mexico." *International Journal of Climatology* 24, no. 15 (2004): 1897-1909.
- Haan, Charles Thomas. 2002. "Statistical Methods in Hydrology. (2002).
- Pavia, Edgar G., Federico Graef, and Jorge Reyes. 2009 "Annual and Seasonal Surface Air Temperature Trends in Mexico." *International Journal of Climatology* 29, no. 9 (2009): 1324-1329.
- Solomon, Susan. 2007. *Climate Change 2007-the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Vol. 4 Cambridge University Press, 2007.*
- Yue, Sheng and Chun Yuan Wang. 2002. "Applicability of Prewhitening to Eliminate the Influence of Serial Correlation on the Mann- Kendall Test." *Water Resources Research* 38, no. 6 (2002): 4-1-4-7.

DIVISIÓN II

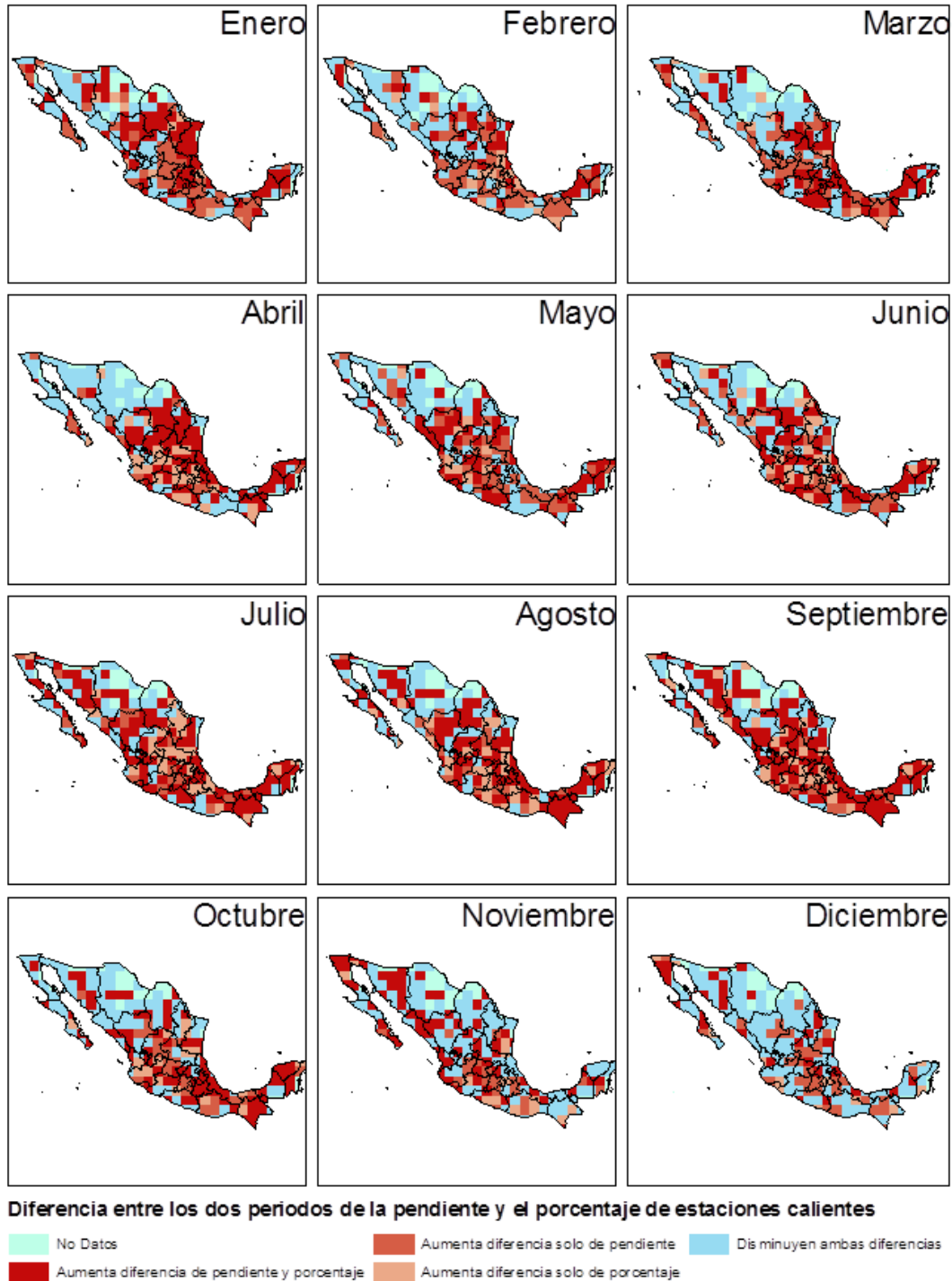


Figura 1. Comportamiento de la diferencia de la pendiente y el porcentaje de la temperatura mínima entre los periodos de 1960-1985 y 1985-2011. Solo para las estaciones calientes.

DIVISIÓN II

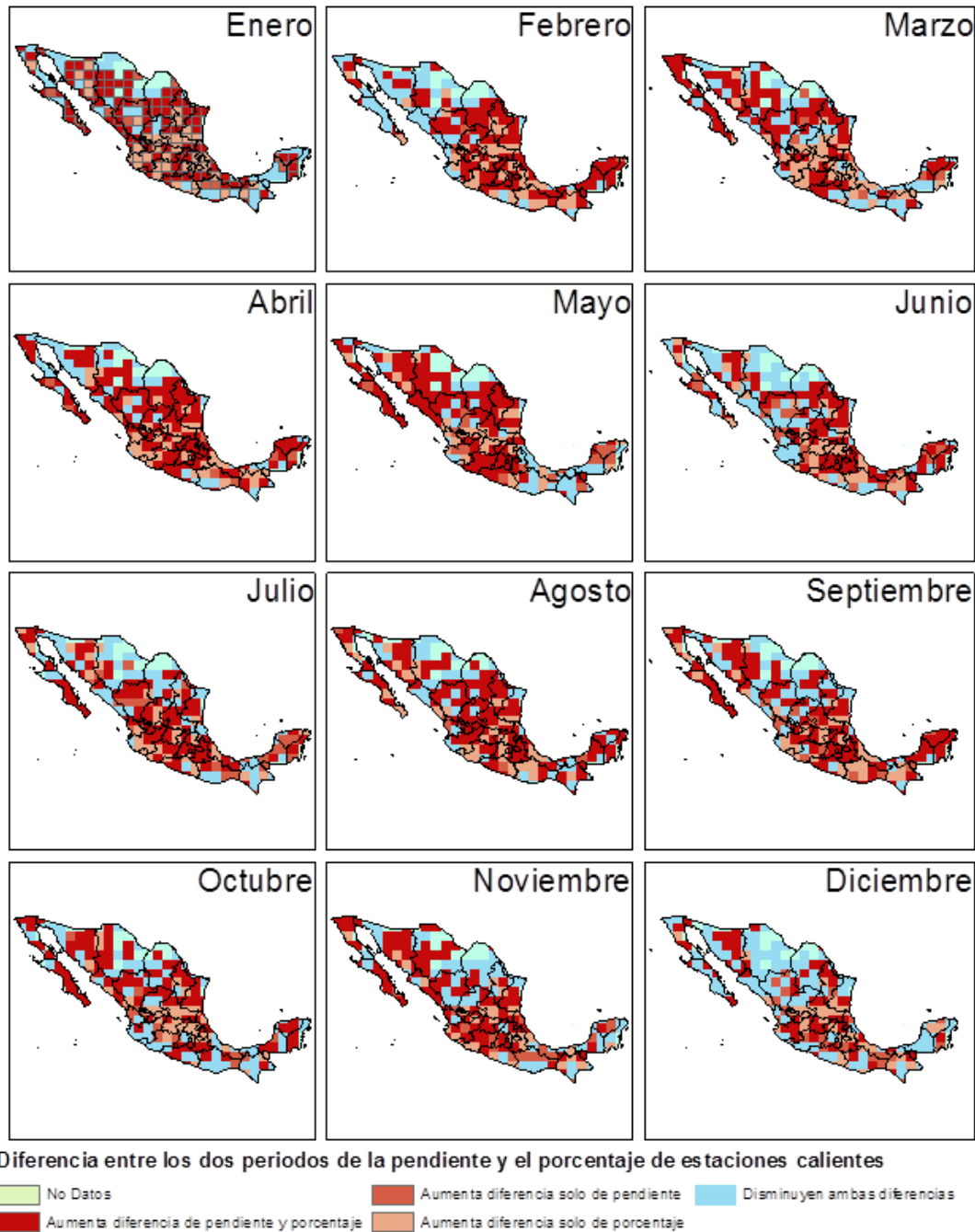


Figura 2. Comportamiento de la diferencia de la pendiente y el porcentaje de la temperatura máxima entre los periodos de 1950-1980 y 1980-2011. Solo para las estaciones calientes.



APLICACIÓN DE IRRADIACIÓN UV-B EN SEMILLAS DE TOMATE Y EL EFECTO EN LA GERMINACIÓN Y EL VIGOR

Díaz-Leyva, C. E.¹; Bacópulos-Mejía, E¹; Ruiz-Torres, N. A.²; Ibarra-Jiménez, L.³; Benavides-Mendoza, A.^{1*}

1 UAAAN, Departamento de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

2 UAAAN, Departamento de Fitomejoramiento, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

3 CIQA, Departamento de Plásticos en la Agricultura, Saltillo, Coahuila, México.

*abenmen@gmail.com; UAAAN. Departamento de Horticultura. Blvd. Antonio Narro s/n., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, CP:25315; Tel. +52(844)411-0303 y 04

Resumen

La radiación ultravioleta B (280-320 nm) es un tipo de radiación de onda corta muy energética que induce un gran número de cambios en el metabolismo y morfología de las plantas. Dichos cambios van enfocados a la aclimatación a la radiación, para que de esta manera la planta pueda tener su óptimo crecimiento y desarrollo. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto de la irradiación UV-B en semillas de tomate del híbrido Big Rio. El experimento se realizó en los meses de noviembre-diciembre del 2014 en el laboratorio de fisiología y bioquímica de semillas de la UAAAN. Las semillas fueron sometidas a distintas dosis de irradiación UV-B, los tratamientos fueron determinados variando los minutos de exposición a la irradiación: T1 (testigo)= 0 min, T2= 5 min, T3= 15 min, T4= 30 min, T5= 45 min, T6= 60 min, T7= 75 min y T8= 90 min. Posteriormente las semillas se llevaron a una cámara de germinación a 25 C° y luz controlada, después de 11 días y usando la metodología definida por ISTA se evaluaron la germinación y el vigor con las variables de % de plántulas normales, % de semillas germinadas, longitud de hipocótilo (cm), longitud de raíz (cm) y peso seco (mg). Los tratamientos 2 (5 minutos) y 3 (15 minutos) mostraron resultados favorables en la expresión de todas las variables, Sin embargo, a partir del tratamiento 4 (30 minutos) se obtuvieron resultados desfavorables en todas las variables. Se concluyó que la aplicación de UV-B en las semillas de tomate puede favorecer la germinación y el vigor al aplicarse en ciertas dosis.

Palabras clave:

Priming; pretratamiento de las semillas; inducción de tolerancia; estrés.

Introducción

La radiación solar es uno de los principales factores ambientales que afectan la vida en nuestro planeta. Esta radiación controla el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos a través del control de procesos fotobiológicos (fotosíntesis, fotoperiodo, fototropismos, etc.) como por medio de su acción sobre otros factores ambientales (temperatura, humedad, etc.) y ciclos naturales (ciclos diarios, anuales, hídricos, etc.) que finalmente inciden en la distribución de los organismos en el planeta (Carrasco-Río 2009) y que plantas utilizan como información para ajustar su crecimiento y desarrollo (Kami *et al.*, 2010).



DIVISIÓN II

Como parte de la radiación electromagnética que llega a la superficie de la Tierra están la radiación UV, PAR y la radiación infrarroja. En longitudes de onda por debajo de 400 nm está la radiación ultravioleta, esta radiación es dividida en tres componentes: UV-A (320-400nm), UV-B (280-320nm) Y UV-C (200-280nm) (Brian L. Diffey 2002; Carrasco-Río 2009).

Algunas respuestas reportadas de la radiación UV-B en las plantas son las siguientes: inhibición del crecimiento del hipocótilo, acumulación de glucósidos de flavonol que absorben la radiación UV-B (Kliebenstein *et al.*, 2002; Favory *et al.*, 2009; Stracke *et al.*, 2010; Morales *et al.*, 2013), diferenciación estomática (Wargent *et al.*, 2009), eficiencia fotosintética (Davey *et al.*, 2012), resistencia a los patógenos (Demkura *et al.*, 2012; Ballare *et al.*, 2012), regulación estomática, fototropismo (Eisinger *et al.*, 2003; Shinkle *et al.*, 2004), biosíntesis de vitamina B6 (Brosche *et al.*, 2002, Ristilä *et al.*, 2011, Morales *et al.*, 2013), alteraciones en los metabolitos secundarios (Jansen *et al.*, 2008; Kusano *et al.*, 2011), daños al fotosistema II (Britt 2004; Takahashi *et al.*, 2010), algunos autores reportan cambios en la orientación de las hojas, tallos y ramas cortas, plantas compactas con entrenudos más cortos (Searles *et al.*, 1995), en general existen muchos cambios mediados por la radiación UV-B.

Materiales y métodos

La irradiación de las semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Big Rio se llevó a cabo el día 7 de noviembre del 2014, esta actividad se realizó con una lámpara de irradiación ultravioleta modelo 3UV-36 en el laboratorio de fisiología vegetal del departamento de horticultura de la UAAAN. Los tratamientos fueron los tiempos de irradiación, T1= 0 min (0 KJ/m²), T2= 5 min (1.8 KJ/m²), T3= 15 min (5.4 KJ/m²), T4= 30 min (10.8 KJ/m²), T5= 45 min (16.2 KJ/m²), T6= 60 min (21.6 KJ/m²), T7= 75 min (27 KJ/m²) y T8= 90 min (32.4 KJ/m²), cada tratamiento consistió de cuatro repeticiones, cada repetición contenía 25 semillas.

Cuando las semillas ya estaban irradiadas, estas se trasladaron al laboratorio de fisiología y bioquímica de semillas de la misma universidad, allí se sembraron las semillas en tacos de papel anchor (previamente humedecidos), cada taco contenía 25 semillas, después de que todos los tacos estaban preparados se guardaron en bolsas plásticas y se metieron a la cámara de germinación (LAB-LINE) a 25C°. Cada tercer día se revisó la humedad de los tacos y se le agregaba agua en caso de ser necesario, las semillas permanecieron allí por 15 días.

Una vez transcurridos los 15 días, se sacaron los tacos para hacer la medición de las siguientes variables: % plántulas normales, % plántulas anormales, % de semillas germinadas, % de semillas sin germinar, longitud de plúmula (cm), longitud de radícula (cm) y peso seco (g).

Se verificó si los datos se ajustaban a lo esperado de una distribución normal por medio de la prueba de Shapiro Wilks, el resultado indicó ausencia de ajuste por lo tanto se procedió a hacer el análisis de los datos por medio de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Resultados y discusión

La radiación UV provoca alteraciones metabólicas en la semilla (N. Kacharava *et al.*, 2009), estas alteraciones pueden afectar el crecimiento de diferentes órganos de las plantas, en este experimento las aplicaciones de las diferentes dosis de UV-B modificaron el comportamiento de las diferentes variables medidas en plántulas.



DIVISIÓN II

En la variable de plántulas normales (Figura 1) se observó que a dosis bajas de UV-B (1.8 y 5.4 KJ/m²) se obtuvo un aumento en el porcentaje, lo cual es un efecto benéfico ya que las plántulas normales tienen perfectamente desarrolladas sus raíces y el hipocótilo lo cual asegura un crecimiento óptimo, logrando de esta manera una potencial alta productividad de los cultivos (Delibaltova and Ivanova, 2006).

Tanto en la Figura 1 como en las restantes gráficas (Figuras 2 a 5) se alcanza a observar una tendencia de efectos positivos cuando se utilizan dosis bajas de UV-B, a dosis medias los efectos son negativos, pero en las dosis más altas utilizadas se vuelve a observar efectos positivos, en la variable longitud de hipocótilo se ve un incremento en la altura, esto coincide con lo mencionado por Kacharava (2009), quien haciendo aplicaciones de irradiación UV-B (30 min) a semilla de frijol encontró un incremento en la altura de plantas y con aplicaciones de 90 minutos la altura decreció en relación al testigo, este mismo autor reporta un incremento en materia seca aplicando 60 minutos de radiación ultravioleta.

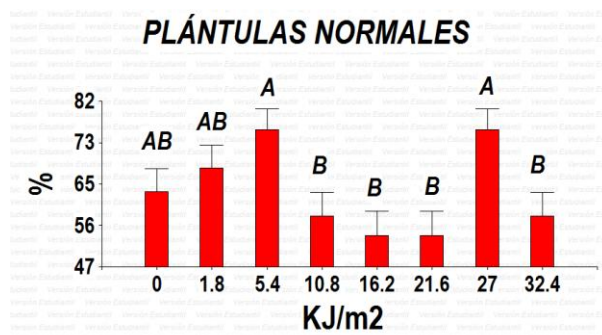


Figura 1: % de plántulas normales en relación a la energía aplicada

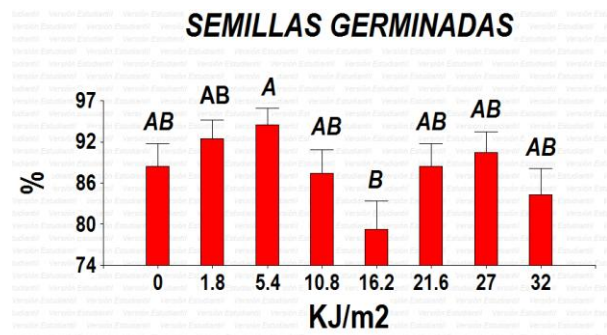


Figura 2: % de semillas germinadas en relación a la energía aplicada

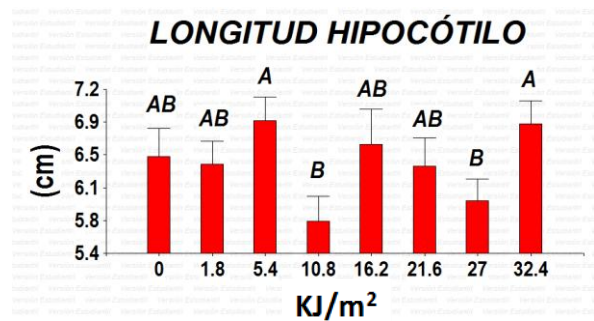


Figura 3: Longitud de hipocótilo en relación a la energía aplicada

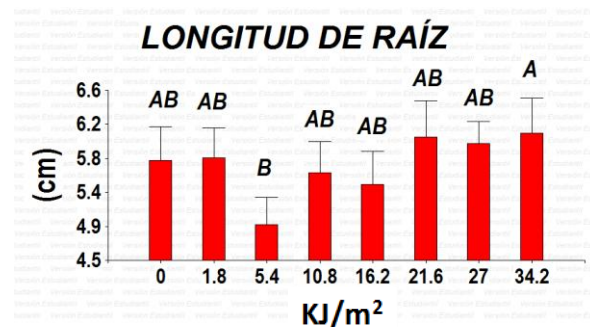


Figura 4: Longitud de la raíz en relación a la energía aplicada

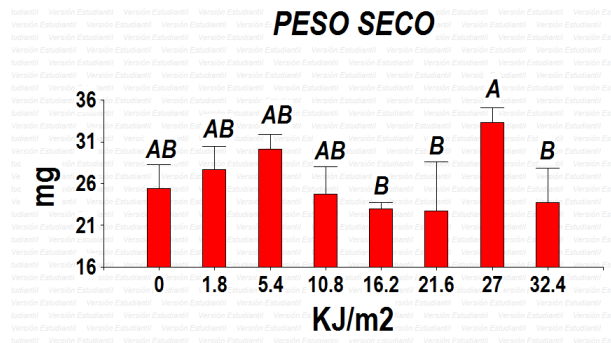


Figura 5: Peso seco en relación a la energía aplicada

Conclusiones

Las aplicaciones de irradiación UV-B en dosis bajas incrementa la germinación de la semilla de tomate híbrido Big Rio, también da como resultado un mayor número de plántulas normales, mayor biomasa seca, también hay respuestas favorables en longitud de hipocótilo y de radícula, por lo tanto la irradiación ultravioleta B pudiera utilizarse como pretratamiento en semillas de diferentes cultivos para lograr una mayor uniformidad en germinación y calidad de plántulas.

Bibliografía

- Ballare, C.L., Mazza, C.A., Austin, A.T., and Pierik, R. 2012. Canopy light and plant health. *Plant Physiol.* 160: 145-155.
- Brian L. Diffey. 2002. Sources and measurements of ultraviolet radiation. Regional Medical Physics Department, Newcastle General Hospital, Newcastle upon Tyne NE4 6BE, UK.
- Britt, A.B. 2004. Repair of DNA damage induced by solar UV. *Photosynth. Res.* 81: 105-112.
- Brosche, M., Schuler, M.A., Kalbina, I., Connor, L., and Strid, A. 2002. Gene regulation by low level UV-B radiation: identification by DNA array analysis. *Photochem. Photobiol. Sci.* 1: 656-664.
- Carrasco-Ríos, Libertad. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas, IDESIA (Chile) Volumen 27, Nº 3, Páginas 59-5796
- Davey, M.P., Susanti, N.I., Wargent, J.J., Findlay, J.E., Paul Quick, W., Paul, N.D., and Jenkins, G.I. 2012. The UV-B photoreceptor UVR8 promotes photosynthetic efficiency in *Arabidopsis thaliana* exposed to elevated levels of UV-B. *Photosynth. Res.* 114: 121-131.
- Delibaltova V and Ivanova R. 2006. Impact of the pre-sowing irradiation of seeds by helium-neon laser on the dynamics of development of some cotton varieties. *Journal of Environmental Protection Ecology.* 7(4), 909-917.
- Eisinger, W.R., Bogomolni, R.A., and Taiz, L. 2003. Interactions between a blue-green reversible photoreceptor and a separate UV-B receptor in stomatal guard cells. *Am. J. Bot.* 90: 1560-1566.
- Favory, J.J., Stec, A., Gruber, H., Rizzini, L., Oravec, A., Funk, M., Albert, A., Cloix, C., Jenkins, G.I., Oakeley, E.J., Seidlitz, H.K., Nagy, F., and Ulm, R. 2009. Interaction of COP1 and UVR8 regulates UVB- induced photomorphogenesis and stress acclimation in *Arabidopsis*. *EMBO J.* 28: 591-601.
- Jansen, M.A.K., Hectors, K., O'Brien, N.M., Guisez, Y., and Potters, G. 2008. Plant stress and human health: Do human consumers benefit from UV-B acclimated crops? *Plant Sci.* 175: 449-458.
- Kacharava, N., Chanishvili, Sh., Badridze, G., Chkhubianishvili, E., and Janukashvili, N. 2009. Effect of seed irradiation on the content of antioxidants in leaves of Kidney bean, Cabbage and Beet cultivars. *Australian Journal of Crop Science Southern Cross Journals*©2009. Botanical garden and Institute of Botany, Tbilisi, Georgia.
- Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P., and Fankhauser, C. 2010. Light-regulated plant growth and development. *Curr. Top. Dev. Biol.* 91: 29-66.



DIVISIÓN II

- Kliebenstein, D.J., Lim, J.E., Landry, L.G., and Last, R.L. 2002. Arabidopsis UVR8 regulates ultraviolet-B signal transduction and tolerance and contains sequence similarity to human Regulator of Chromatin Condensation 1. *Plant Physiol.* 130: 234-243.
- Kusano, M., Tohge, T., Fukushima, A., Kobayashi, M., Hayashi, N., Otsuki, H., Kondou, Y., Goto, H., Kawashima, M., Matsuda, F., Niida, R., Matsui, M., Saito, K., and Fernie, A.R. 2011. Metabolomics reveals comprehensive reprogramming involving two independent metabolic responses of Arabidopsis to UV-B light. *Plant J.* 67: 354-369.
- Morales, L.O., Brosche, M., Vainonen, J., Jenkins, G.I., Wargent, J.J., Sipari, N., Strid, A., Lindfors, A.V., Tegelberg, R., and Aphalo, P.J. 2013. Multiple roles for UV RESISTANCE LOCUS8 in regulating gene expression and metabolite accumulation in Arabidopsis under solar ultraviolet radiation. *Plant Physiol.* 161: 744-759.
- Ristilä, M., Strid, H., Eriksson, L.A., Strid, Å., and Sävenstrand, H. 2011. The role of the pyridoxine (vitamin B6) biosynthesis enzyme PDX1 in ultraviolet-B radiation responses in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 49: 284-292.
- Searles, P.S.; Caldwell, M.M.; Minter, K. 1995. The response of five tropical dicotyledon species to solar ultraviolet-B radiation. *Am J Bot* 82: 445-453.
- Shinkle, J.R., Atkins, A.K., Humphrey, E.E., Rodgers, C.W., Wheeler, S.L., and Barnes, P.W. 2004. Growth and morphological responses to different UV wavebands in cucumber (*Cucumis sativum*) and other dicotyledonous seedlings. *Physiol. Plant.* 120: 240-248.
- Stracke, R., Favory, J.J., Gruber, H., Bartelniewoehner, L., Bartels, S., Binkert, M., Funk, M., Weisshaar, B., and Ulm, R. 2010. The Arabidopsis bZIP transcription factor HY5 regulates expression of the *PFG1/ MYB12* gene in response to light and ultraviolet-B radiation. *Plant Cell Environ.* 33: 88-103.
- Takahashi, S., Milward, S.E., Yamori, W., Evans, J.R., Hillier, W., and Badger, M.R. 2010. The solar action spectrum of photosystem II damage. *Plant Physiol.* 153: 988-993.
- Wargent, J.J., Gegas, V.C., Jenkins, G.I., Doonan, J.H., and Paul, N.D. 2009. UVR8 in *Arabidopsis thaliana* regulates multiple aspects of cellular differentiation during leaf development in response to ultraviolet B radiation. *New Phytol.* 183: 315-326.



CONTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES DE ENCINO AL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA Y DE BAJO DEL SUELO, EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Domínguez-Cabrera G¹; Miranda-Aragón L.²; Escoto-Rodríguez M.²; Méndez-Cortez H.²; Flores-Cano J. A.², Marín-Sánchez J.².

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

²Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

*Autor responsable: gabdoca@hitmail.com; Carretera San Luis-Matehuala, Kilometro 14.5, Col. Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México. CP 78.31; Tel. +52(444)- 374-98-74.

Resumen

Es importante estudiar la biomasa en los bosques puesto que ellos representan grandes almacenes de carbono. El objetivo del presente trabajo fue ajustar ecuaciones de volumen, adaptar un modelo empírico para estimar biomasa aérea y subterránea, en las especies de *Quercus mexicana* y *Quercus furfuracea* en la Sierra de Álvarez. El área de estudio se encuentra dentro de los límites del ejido San Francisco, ubicado en el Municipio de Zaragoza. Se midieron variables dasométricas en 19 árboles en pie. Éstos se derribaron, trocearon, para obtener el volumen real. Se ajustaron 5 modelos predictivos de volumen, se estimó la biomasa mediante un modelo que incluye volumen, peso específico y factor de expansión. Los resultados se extrapolaron por hectárea y se multiplicaron por el factor de conversión de carbono (0.5). Los criterios estadísticos fueron: R^2_{Ajust} , RCME, CV%, y IAC.

El modelo mejor ajustado para volumen fue: $V=a_0+a_1D^2$, los valores de decisión fueron: $R^2_{Ajust} = 0,96$, RCME = 0.085, CV% = 17.27, IAC = -462.39 y $P < 0.01$.

La ecuación de biomasa área, del suelo $M=0.012406+0.000468*D^2*600*1.5$ se obtuvo a partir del modelo de volumen. La biomasa subterránea se calculó con la ecuación $Y= \text{Exp}(-1.057 + 0.8836)*\text{Ln}(\text{BAT})$. La biomasa seca aérea fue 59.29 MgBh^{-1} y 5.89 MgBh^{-1} en la parte subterránea. Mientras los contenidos de carbono en la parte aérea fueron de 29.65 MgCh^{-1} y 2.9 MgCh^{-1} en la subterránea. Esta información puede utilizarse en estudios futuros para determinar biomasa y carbono en bosques de *Quercus*, enfocados a proyectos de REDD+.

Palabras clave

Quercus, volumen, modelos empíricos.

Introducción

Los servicios ambientales provenientes de los ecosistemas forestales, explican la interdependencia del bienestar humano y la conservación de los recursos forestales (Balvanera, 2012). Durante los últimos años se ha incrementado el interés en el fomento de los servicios ambientales que proveen los bosques, particularmente por captura de carbono debido a su capacidad de acumular el CO_2 , tanto en la materia orgánica como en los tejidos de la planta (biomasa aérea y subterránea) (Brown, 1997; Fonseca *et al.*, 2009). La biomasa es la medida por la cual se puede determinar la cantidad de carbono almacenado en un ecosistema. De esta manera la proporción de carbono en relación a la biomasa es del 50% (Eamus *et al.*, 2000; Torres *et al.*, 2012).



DIVISIÓN II

La estimación de biomasa aérea es importante ya que se correlaciona con la acumulada en la hojarasca, necromasa y Raíz (Mokany *et al.*, 2006). La cuantificación de biomasa directa, es difícil de realizar, requiere tiempo y recursos económicos. Por su parte las estimaciones indirectas utilizan las variables diámetro (D), altura (H), factores de expansión o modelos teóricos fáciles de utilizar. Distintas ecuaciones alométricas han sido desarrolladas para la estimación de biomasa en diferentes ecosistemas (Diomo *et al.*, 2010; Navar *et al.*, 2010b). Sin embargo, estos modelos generales no proporcionan información confiable de biomasa para los bosques de encino.

Existen muchos aspectos que se desconocen de los bosques de encino a nivel mundial, esto fortalece las funciones alométricas de biomasa y cuantificación de carbono. Para el estado de San Luis Potosí, México, no existen investigaciones relacionadas con este tema.

El objetivo del presente trabajo fue ajustar ecuaciones de volumen, adaptar un modelo empírico para estimar biomasa y carbono aéreo y subterráneo, en las especies de *Quercus mexicana* y *Quercus furfuracea* en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México.

Materiales y Métodos

El área de estudio se localiza en el ejido San Francisco, perteneciente al municipio de Zaragoza, en el Estado de San Luis Potosí, se encuentra dentro del sistema orográfico conocido como Sierra de Álvarez, que constituye un Área Natural Protegida (16,900 ha), decretada del 7 de abril de 1981 se le considera zona de protección forestal y refugio de fauna. El ejido cuenta con una superficie de 5,000 hectáreas, se encuentra entre las coordenadas UTM, 335057 y 2437010, en sus ejes X,Y. Con una temperatura promedio anual de 18.5 °C, con una precipitación media anual de 1,000 mm. El clima predominante pertenece al tipo BS1 kw, que es un clima semiseco templado. El suelo dominante es un luvisol crómico, delgado y pobre en materia orgánica. El tipo de ecosistema que se encuentra en toda la superficie de trabajo es bosque de encino, las especies dominantes son *Quercus mexicana* y *Quercus furfuracea* (Sánchez *et al.*, 1999).

Para el cálculo y ajustes de modelos de volumen, se utilizaron 19 árboles, 10 de *Quercus mexicana*, 9 de *Quercus furfuracea*, cubriendo todas sus categorías diamétricas (10 hasta 50 cm). Los individuos seleccionados para obtener las medidas dasométricas, fueron marcados y aprovechados en la producción de carbón, con el permiso otorgado por la SEMARNAT en el 2008.

A cada árbol, se les midió el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y Altura total (H). Se derribaron y trocearon en longitudes de 0.8 hasta 2.20 metros. Colectando de cada troza, el diámetro menor, mayor y su longitud, con la finalidad de adquirir el volumen de cada sección y constituir el volumen real con corteza por individuo.

Los modelos de volumen pueden ser desarrollados por tipos de bosques y especies, por su estructura matemática, pueden ser lineales, exponenciales y logarítmicos (Vibranset *et al.*, 2015). De acuerdo con la literatura se fundamentan en diámetro y altura como variables independientes predictoras de volumen (Segura y Kanninen 2005; Nogueira *et al.*, 2008; Skovsgaard y Nord-Larsen, 2012; Adekunle *et al.*, 2013). En esta investigación se seleccionaron cinco modelos (Cuadro 1), utilizados en estudios anteriores, mostrando buena bondad de ajuste y diferentes parámetros de estimación (Da Cunha y Guimarães, 2009; Barrios *et al.*, 2014).



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Modelos más utilizados y probados para predicción de volumen.

Modelo	Expresión matemática
Spurr	$V = a_0 + a_1 d^2 h + e$
Prodan	$V = a_0 + a_1 d^2 H + a_2 d^2 + e$
Berkhout	$V = a_0 d^{a1} + e$
Kopecky - Gehrhardt	$V = a_0 + a_1 d^2 + e$
Dissescu - Meyer	$V = a_0 d + a_1 d^2 + e$

Con el objeto de determinar la biomasa contenida en las especies de *Quercus mexicana* y *Q. furfuracea*, se utilizó la mejor ecuación de volumen, peso específico de la madera en encino (0.678 gr/cm³) de la sierra de Álvarez (Bárcenas *et al.*, 2008) y el factor de expansión promedio (1.54) para el género *Quercus* (Domínguez *et al.*, 2009). Con la integración de estos componentes se generó una ecuación semi-empírica de biomasa arriba del suelo. Mientras para la estimación de biomasa en raíces se utilizó la función generalizada para hojosas $Y = \text{Exp}(-1.057 + 0.8836) * \text{Ln}(\text{BAT})$ propuesta por Cairnset *al.*, (1997). Los modelos se corrieron con los datos dasométricos de 2263 árboles provenientes de 70 sitios de muestreo de 1000m². Los valores obtenidos se multiplicaron por el factor de conversión de carbono (0.5) y se extrapolaron por hectárea (Gayoso y Guerra, 2005).

En la evaluación de las funciones matemáticas se emplearon los parámetros estadísticos; Raíz del cuadrado medio del error (RCME), coeficiente de correlación ajustado (R_{Aju}), coeficiente de variación (CV), índice de información de Akaike (AIC), y el valor significativo de F ($\alpha=0.01$) obtenido del análisis de varianza en la regresión (Vibranset *al.*, 2015).

Resultados y Discusión

Todos los parámetros estimados fueron altamente significativos ($p < 0.01$), con valores de R^2 ajustada de 0.93 y 0.96, la RCME 0.09, un CV% de 14.5 a 18.46 y un IAC de 9 al 10 (Cuadro 2), en los modelos de predicción de volumen *Quercus mexicana* y *Q. furfuracea*. Esto demuestra que los valores estadísticos de los modelos están dentro del rango de calidad de ajuste, en comparación de otros estudios internacionales, como es el caso del modelo Schumacher ajustado para diferentes especies tropicales en Brasil en donde los valores reportados son de una R^2 ajustada por arriba de 0.85, un RCME de 0.23 a 0.098 y el IAC de -123.93 y -10,279.87 (Vibranset *al.*, 2015). Mientras que para Costa Rica en 15 modelos de volumen para *Pinus taeda*, presentaron el R^2 ajustado con un rango de 0.982 a 0.996, RCME de 0.013 a 0.044 y un CV% de 6.33 a 7.0 (Da Cunha y Guimarães, 2009).

El modelo final empírico de biomasa para el bosque de encino es; $B = a_0 D^{a1} * P_w * F_{eb}$. Donde B =biomasa en Kg, a_0 y a_1 =parámetros de estimación, P_w = Densidad de la madera y F_{eb} = Factor de expansión de hojas y ramas. Los valores para la estimación de biomasa del modelo son: $B = 0.000604 * D^{1.9361600} * (600 * 1.5)$. El desarrollo de este modelo se suma a modelos generados para bosques tropicales secos ($M = \text{exp}(-1.996 + 2.32 \text{Ln} D)$) y otros tipos de bosques ($M = 0.2457 * P_w * D^{2.38}$) (Bronwn, 1997; West *et al.*, 1999).



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Criterios estadísticos utilizados para la valuación de ecuaciones volumétricas.

Modelo	a0	b1	b2	R ² ajustada	RCME	CV%	IAC	P
Spurr	0.320393	0.0000126		0.96	0.09	18.46	-552.9	0.01
Prodan	-0.169190	0.0000271	0.043194	0.93	0.09	17.78	-558.3	0.01
Berkhout	0.000604	1.9361600		0.96	0.09	14.5	-462.9	0.01
Kopecky - Gehrhardt	0.012406	0.0004680		0.96	0.09	17.27	-556.2	0.01
Dissescu - Meyer	0.000967	0.0004500		0.96	0.09	17.30	-556.3	0.01

La biomasa área seca del suelo acumula 59.29 Mg B h⁻¹ y 5.89 Mg B h⁻¹ subterránea, sumando un total de 65.10 Mg B h⁻¹, en el bosque de encino en la Sierra de Álvarez, contrasta con el promedio de 112.59 Mg B h⁻¹ encontrado en los bosques de encino-pino en el sur de Nuevo León (Domínguez *et al.*, 2009), con el valor reportado por hectárea de 241 Mg B h⁻¹ para el bosque primario en Costa Rica (Chuo y Gutiérrez, 2013) y los 73 mega gramos de biomasa por hectárea para los bosques para el noroeste de México (Navar, 2009a).

Los contenidos de carbono (aérea de 29.65 Mg C h⁻¹ y 2.9 Mg C h⁻¹ subterráneo, con un total de 32.54 Mg C h⁻¹) en la biomasa de la vegetación de *Quercus*, son relativamente bajos en comparación de otras áreas boscosas, como los promedios de 45.5 Mg C h⁻¹ en diferentes bosques primarios en el este de Asia, o los pinares de 201.22 Mg C h⁻¹, de abeto con 106.46 Mg C h⁻¹ y 89.49 Mg C h⁻¹ de abedul en Corea. Muy diferentes incluso con los 100 Mg C h⁻¹, en vegetación de pantano en México (Fanget *al.*, 2014; Daiet *al.*, 2013).

Conclusiones

El modelo de volumen con mejores criterios de evaluación estadística es el que se debe utilizar para predecir volumen en *Quercus mexicana* y *Q. furfuracea*. La ecuación empírica de biomasa generalizada para el bosque de *Quercus* en esta investigación se puede utilizar para estimar biomasa y carbono en bosques de encino en condiciones climáticas y edafológicas similares.

Los valores de biomasa y carbono son bajos en comparación de otros ecosistemas, esto puede estar influenciado por los aprovechamientos históricos de madera de encino en la Sierra de Álvarez. Es recomendable realizar una comparación de este estudio, con áreas aledañas no perturbadas para realizar esta diferenciación.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado parcialmente por el Comité de Posgrado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con la colaboración del Presidente del comisariado y el comité de vigilancia del Ejido San Francisco, Municipio de Zaragoza del estado de S. L.P.

Bibliografía

Adekunle, V. A. J., Nair, K. N., Srivastava, A. K., & Singh, N. K. (2013). Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. *Journal of Forestry Research*, 24(2), 217-226



DIVISIÓN II

- Skovsgaard, J. P., & Nord-Larsen, T. (2012). Biomass, basic density and biomass expansion factor functions for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Denmark. *European Journal of Forest Research*, 131(4), 1035-1053.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2).
- Barrios, A., López, A. M., & Nieto, V. (2014). Predicción de volúmenes comerciales de *Eucalyptus grandis* a través de modelos de volumen total y de razón. *Colombia Forestal*, 17(2).
- Djomo, A. N., Ibrahim, A., Saborowski, J., & Gravenhorst, G. (2010). Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*, 260(10), 1873-1885.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. Roma, Italia. FAO. 55 p. (Informe Montes N°134)
- Chou, ShuWei, and Egdar E. Gutiérrez Espeleta. "Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica." *Tecnología en Marcha* 26.2 (2013): 41-54.
- Cairns, MA; Brown, S; Lugo, EH; Baumgardner, GA. 1997. Root Biomass allocation in the World upland Forests. *Oceania* 111:1-11.
- Da Cunha, T. A., & Guimarães-Finger, C. A. (2012). Modelo de regresión para estimar el volumen total con corteza de árboles de *Pinus taeda* L. en el sur de Brasil. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 6(16), 26-40
- Dai, L., Jia, J., Yu, D., Lewis, B. J., Zhou, L., Zhou, W., ... & Jiang, L. (2013). Effects of climate change on biomass carbon sequestration in old-growth forest ecosystem on Changbai Mountain in Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 300, 106-116.
- Domínguez-Cabrera, G., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Rodríguez-Laguna, R., & Díaz-Balderas, J. A. (2009). Biomasa aérea y factores de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(1), 59-64.
- Eamus, K McGuinness, W Burrows. 2000. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the northern territory and western Australia. National Carbon accounting system. 56 p. (Technical report N° 5).
- Fang, J., Guo, Z., Hu, H., Kato, T., Muraoka, H., & Son, Y. (2014). Forest biomass carbon sinks in East Asia, with special reference to the relative contributions of forest expansion and forest growth. *Global change biology*, 20(6), 2019-2030.
- Fonseca, William, Federico Alice, and José María Rey. "Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica." *Bosque (Valdivia)* 30.1 (2009): 36-47.
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 26(2), 33-38.
- Návar, J. (2009a). Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 257(2), 427-434.
- Návar, J. (2010b). Measurement and assessment methods of forest aboveground biomass: a literature review and the challenges ahead. *Biomass. In Tech, Rijeka, Croatia*, 27-64.
- Nogueira, E. M., Fearnside, P. M., Nelson, B. W., Barbosa, R. I., & Keizer, E. W. H. (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(11), 1853-1867.
- Mokany, K; Raison, RJ; Prokushkin, SA. 2006. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology* 11:1-13.
- Sánchez, F. G., Rivera, J. R. A., Díaz, J. V., & Pérez, J. G. (1999). Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica*, (10), 1 P 114.
- Segura, M., & Kanninen, M. (2005). Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica*, 37(1), 2-8.
- Torres, A. M., Peña, E. J., Zúñiga, O., & Peña, J. A. (2012). Evaluación del Impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(1), 132-142.
- Vibrans, A. C., Moser, P., Oliveira, L. Z., & de Maçaneiro, J. P. (2015). Generic and specific stem volume models for three subtropical forest types in southern Brazil. *Annals of Forest Science*, 1-10.
- West, GB., Brow, JH., Equist, BJ. (1999). A general model for the structure and allometry of plant vascular system. *Nature* 400:664-667.



COEFICIENTE DE ABSORCIÓN FOLIAR EN ALFALFA Y MAÍZ

Hernández-López, J. C.^{1*}; Tijerina-Chávez, L.¹; Acuyte-Valdés, M. C.¹

¹ Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México – Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. México.

*Autor responsable: carlos_hdz_3@yahoo.com.mx; Av. Úrsulo Galván S/N, Col. Salitrería, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(045)-595-1085753

Resumen

Para medir y comparar los patrones de intercepción de la radiación fotosintética en el cultivo de alfalfa y maíz establecidos en el Colegio de postgraduados, Campus Montecillo, se hicieron las mediciones de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) a diferentes alturas de los cultivos y se sustrajeron las plantas establecidas dentro del área de un metro cuadrado donde se tomaron las lecturas para conocer el área foliar mediante un integrador. La distribución de la RFA en los estratos alto y bajo fue similar para el caso del cultivo de maíz y se demostró que la arquitectura de la planta permite una repartición adecuada de la RFA en el dosel. Esto se conoce con la determinación del coeficiente de absorción foliar mediante la relación de área foliar y la radiación, cuyo valor es mayor en el maíz con respecto a K de la alfalfa con valores de 0.671 y 0.516 respectivamente.

Palabras clave

Cultivo; hoja; radiación fotosintética

Introducción

En el maíz y frijol el crecimiento y desarrollo de sus órganos están regulados por factores ambientales y genéticos. Bajo condiciones naturales, la cantidad y calidad de la luz, determinan la producción continua de asimilados, la morfogénesis y rendimiento biológico y agronómico (Hay y Walker, 1989).

La RFA, entendida como la cantidad total de energía proveniente del sol en forma de fotones y con longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (ηm), ha sido establecida como uno de los factores determinantes para calcular los rendimientos potenciales de los cultivos, ya sean densos o sembrados en arreglos especiales (De Castro y Fetcher, 1998; Wünsche, 2000; Castillo *et al.*, 1997).

La radiación solar se transmite a través de las hojas y la densidad de flujo radiante, entendida como la cantidad de fotones por área y por tiempo, cambia rápidamente con la profundidad del dosel. La intercepción de la luz en los distintos estratos de las plantas se relaciona estrechamente con el índice de área foliar (IAF), edad de la planta, y estructura e inclinación o distribución de las hojas. La distribución de las hojas afecta el coeficiente de absorción foliar (k), fracción de la energía de la RFA absorbida por unidad de área foliar, el cual depende principalmente del ángulo de inclinación dominante de las hojas (**Figura 1**), del índice de área foliar (relación inversa), de las proporciones relativas de radiación directa y difusa, de las múltiples reflexiones de la radiación incidente dentro del dosel y de la disposición o arreglo

de las hojas tanto vertical como horizontal (Nobel y Long, 1988; Livera-Muñoz, 1991). Por lo general, los valores de k se encuentran entre 0.3 y 1.3, donde los valores pequeños significan una mejor distribución de la RFA en el dosel.

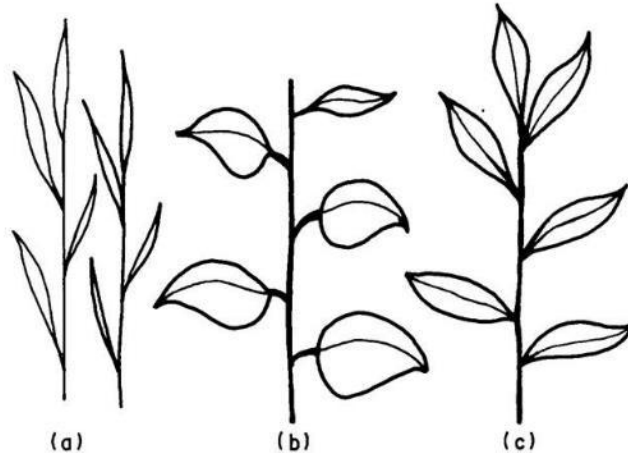


Figura 1. Cobertura con varias inclinaciones de las hojas: (a) erectofilas, (b) planofilas y (c) hojas variando de posición de vertical a horizontal de la parte superior hasta la base. Fuente: Tijerina, 2014.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en cultivos de alfalfa y maíz establecidos en los campos experimentales del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Se seleccionaron los sitios de estudio para el cultivo de alfalfa y de maíz, se tomaron lecturas de la RFA aproximadamente a medio día con un Radiómetro LI-COR Inc a cada 10 cm de altura desde la parte superior del cultivo hasta el nivel del terreno (**Figura 2**). Se cortaron las plantas de alfalfa dentro del área muestreada y se obtuvo el área foliar de las hojas y tallos por separado utilizando el integrador LI-3100 Área Meter.

Para el maíz se midió la distancia entre surcos así como un metro de largo de la hilera de plantas, con una regla se marcaron equidistancias a lo largo de planta a cada 50 cm, posteriormente se midió la radiación fotosintéticamente activa (RFA) aproximadamente a medio día con el radiómetro de 1 m de longitud "Line quantum-sensor" a cada 50 cm de altura desde el nivel del terreno hasta la parte superior del cultivo. El sensor se mantuvo en posición horizontal mientras se realizaron las lecturas; así mismo las lecturas se tomaron lo más pronto posible para que las mediciones no sean afectadas por la latitud del sol. Se cortaron las plantas que estaban dentro del área muestreada y se midió el área foliar utilizando el integrador LI-3100 Área Meter. Se consideró el área foliar acumulada a cada 0.5m de intervalo.

Se graficó el IAF acumulado vs la radiación para obtener el coeficiente de absorción foliar k con:

$$Q_F = Q_O e^{-kF} \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

$$kF = \ln(Q_O/Q_F) \dots\dots\dots (Ec. 2)$$

Dónde:

Q_0 = RFA medida arriba del cultivo

Q_F = RFA medida a cualquier altura del dosel.

F = índice de área foliar acumulada a partir de la parte superior del dosel

e = base de los logaritmos naturales.

k = coeficiente de absorción foliar (fracción de fotones absorbidos por unidad de área)



Figura 2. Medición de la RFA de alfalfa y maíz con el radiómetro Li – COR Line y medición del área foliar de la alfalfa y maíz con el integrador LI-3100 Área Meter.

Resultados y Discusión

Las mediciones obtenidas para la alfalfa se presentan a continuación (**Cuadro 1**), y la función exponencial ajustada a la gráfica de las mediciones para obtener el valor de k y Q_0 directo (**Figura 3** y **Figura 4**).

Cuadro 1. RFA e IAF a diferentes alturas del cultivo de alfalfa.

Altura (cm)	Luz interceptada	RFA ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	IAF	IAF _{acum}	Ln(Q_0/Q_F)
Fuera	0.59x3000	1770	---	---	
60	0.36x3000	1080	719.046	0.07190	0.49402
50	0.34x3000	1020	1554.606	0.15546	0.55118
40	1.05x1000	1050	2150.88	0.21509	0.52219
30	1.00x1000	1000	3509.046	0.35090	0.57098
20	3.00x300	900	4920.204	0.49202	0.67634
10	2.70x300	810	5819.79	0.58198	0.78170



DIVISIÓN II

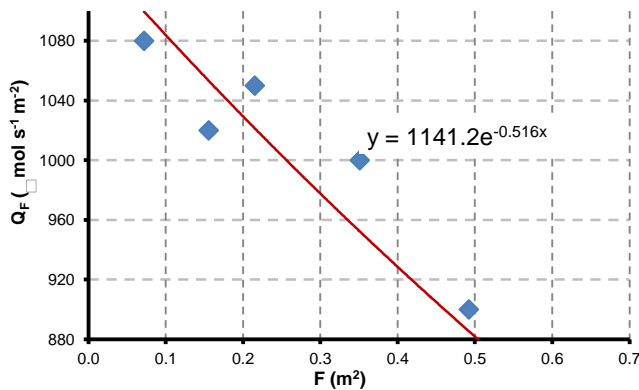


Figura 3. Q_F vs F para el alfalfa.

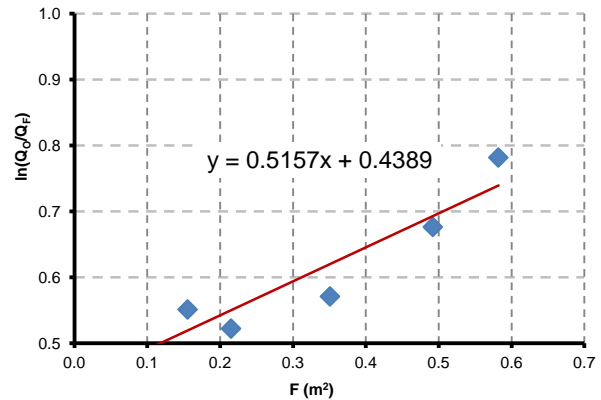


Figura 4. Ln(Q₀/Q_F) vs F para el alfalfa.

Con la gráfica anterior se puede hacer una igualdad con la ecuación 2, teniéndose que $Q_F = 1141.2 e^{-0.516F}$, donde el valor de $k=0.516$ y RFA medida arriba del cultivo = 1141.2. Lo cual se puede comprobar con los datos obtenidos en campo donde el valor de $Q_0=1770$ y utilizando la ecuación 2e igualándola se tiene $\ln(Q_0/Q_F)=0.5157 F$, por lo tanto el valor de $k=0.5157$. Las mediciones obtenidas para maíz se presentan a continuación (**Cuadro 2**), y la función exponencial ajustada a la gráfica de las mediciones para obtener el valor de k y Q_0 directo (**Figura 5** y **Figura 6**).

Cuadro 2. RFA e IAF a diferentes alturas del cultivo de maíz.

Altura (cm)	Luz interceptada	RFA (μmol s ⁻¹ m ⁻²)	IAF	IAF _{acum}	Ln(Q ₀ /Q _F)
Afuera	0.36x3000	1080	----	----	----
200	0.30x3000	900	1412.247	0.14122	0.18232
150	0.09x3000	270	8037.618	0.80376	1.38629
100	0.06x3000	180	15565.147	1.55651	1.79176
50	0.08x3000	240	23571.423	2.35714	1.50408
0	0.03x3000	90	27763.254	2.77633	2.48491

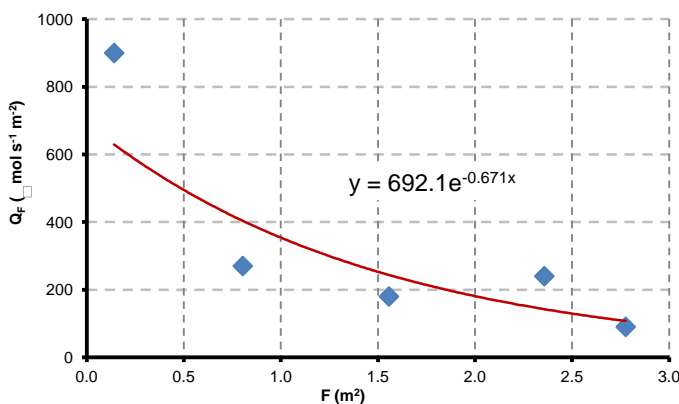


Figura 5. Q_F vs F para el maíz.

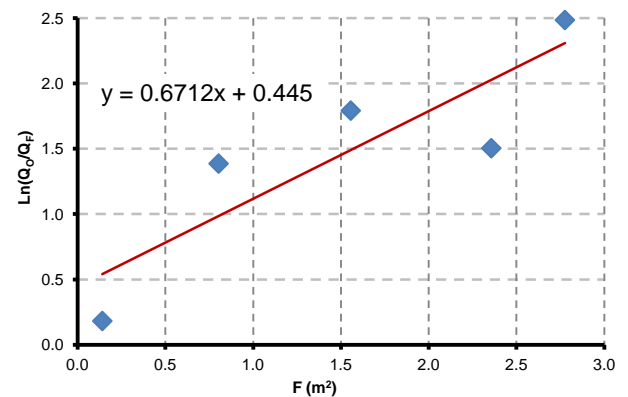


Figura 6. Ln(Q₀/Q_F) vs F para el maíz.



Con la gráfica anterior se puede hacer una igualdad con la ecuación 2, teniéndose que $Q_F = 692.1 e^{-0.671F}$, donde el valor de $k=0.671$ y RFA medida arriba del cultivo = 692.1. Lo cual se puede comprobar con los datos obtenidos en campo donde el valor de $Q_0=1770$ y utilizando la ecuación 2e igualándola se tiene $\ln(Q_0/Q_F)=0.5157 F$, por lo tanto el valor de $k=0.5157$.

Conclusiones

El coeficiente de absorción foliar (k), es mayor en el maíz con respecto a K de la alfalfa, con valores de 0.671 y 0.516 respectivamente, lo cual nos indica que en la alfalfa tiene una mejor distribución de RFA en comparación con el cultivo maíz pero el valor está dentro de lo establecido para este tipo de cultivos 0.4 – 0.6 (Livera-Muñoz, 1991).

Bibliografía

- Castillo R.E.; P.J. Arcilla: Jaramillo y J. Sanabria. 1997. Intercepción de las radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de Coffea arabica. Cenicafe 48(3), 1982-194.
- De Castro, F. y N. Fetcher. 1998. Three dimensional model of the interception of light by a canopy. Agricultural and Forest Meteorology 90(39), 215-233.
- Hay, R.K. y A.J. Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical, New York. 292 p.
- Livera-Muñoz, M. 1991. Retos y perspectivas del fitomejoramiento: Algunos aspectos del ambiente físico en relación a la producción y productividad de los cultivos. Revista Fitotecnia Mexicana 14,23-39.
- Nobel, P.S. y S.P. Long. 1988. Estructura del dosel e intercepción de luz. P.34-41. En: J. Combs, D.O. Hall, S.P. Long y J.M.O. Scurlock (eds.). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. UNEP-CP. Futura, México.
- Tijerina, Ch. L. 2014. Relaciones agua – suelo – planta – Atmosfera II, Notas de Curso. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 189 p.
- Wünsche, J.N. 2000. The relationship between leaf área and light interception by spur and extensión shoot leaves and Apple orchard productivity. HortScience 35(5), 1202-1206.



FUNCIÓN ECOHIDROLÓGICA DE LOS ANDOSOLES: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA E HIDROFOBICIDAD

Hernández-Ordoñez, J. O.^{1*}; Ángeles-Cervantes, E. R.²; Gutiérrez-Castorena, Ma. del C.¹.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. D.F. México.

*Autor responsable: hernandez.jonathan_omar@colpos.mx; km 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, estado de México, México. CP 56230; Tel. +52(595 95 20200 ext 1227).

Resumen

La función hidrológica de los bosques depende de las propiedades físicas, e hídricas del suelo y su modificación repercute en la vitalidad, desarrollo y repoblación de bosques y ríos. Sin embargo, la relación de estas propiedades con la hidrofobicidad en Andosoles ha sido poco abordada, a pesar de que estos suelos dominan en las zonas montañosas del eje neovolcánico. El presente estudio se realizó en el Municipio de Villa del Carbón, Estado de México, el cual se ubica en la Región Hidrológica del Alto Pánuco. Los resultados indican que hay una relación inversa entre la hidrofobicidad y la conductividad hidráulica (Kfs), independientemente de su porosidad (meso y macroporos) y agregación. Esta propiedad también está relacionada con la posición geomórfica de la ladera; es decir, es más alta en los sitios con mayor altitud. La mayor infiltración, recepción de materiales y captación de agua, para la formación de ríos y conservación de suelos, se presenta en las partes medias de la ladera. La remoción de la vegetación, en las partes bajas, afecta la Kfs y ocurre mayor escurrimiento y degradación de los suelos aflorando el material parental.

Palabras clave

Hidrofobicidad, Ecohidrología, Kfs, infiltración y porosidad.

Introducción

La ecohidrología es una disciplina que considera las interrelaciones funcionales entre la hidrología, los procesos involucrados en un ecosistema y su biota; los cuales son enfocados al manejo integrado del ecosistema (Diez, 2008). Los estudios que vinculan el flujo hidrológico entre los bosques, el suelo y su servicio ambiental en la recarga de acuíferos, están ubicados en este campo. El servicio ambiental hidrológico que ofrecen los bosques, depende de las propiedades hídricas del suelo, entre las que destacan la densidad aparente, porosidad, tasa de infiltración, conductividad hidráulica, capacidad de retención de humedad (Brooks y Spencer, 1997; Ziegler *et al.*, 2006) e hidrofobicidad (Nieber *et al.*, 2000; Jaramillo, 2004).

Estudios han demostrado que existe una relación entre el bajo desarrollo, la supervivencia del arbolado y las propiedades hídricas del suelo (Castro, 2009; Ángeles, 2010; Aldana, 2012).

La conductividad hidráulica se define como la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua y la tasa de infiltración, es una condición del suelo en un momento dado para absorber el agua de lluvia; y la hidrofobicidad, es la repelencia del agua por el suelo, debido a la acumulación de ciertos tipos de compuestos orgánicos ya sea de vegetales y microorganismos (tanto vivos como en descomposición). En consecuencia, el entendimiento de la relación que guardan estas propiedades con los ecosistemas de montañas y sus recursos



hídricos (ríos, lagos, acuíferos), es necesario para lograr los fines de conservación biológica y mantenimiento de especies (Vance *et al.*, 2008).

En el Municipio de Villa del Carbón, Estado de México, no existen estudios sobre la importancia de los suelos (Andosoles) en los ecosistemas, en cuanto a la conservación de la vegetación ni en la participación que tienen en la formación de ríos, esto a pesar de que estos suelos dominan las zonas montañosas del eje neovolcánico. Por consiguiente el presente estudio tuvo la finalidad de relacionar las propiedades físicas e hídricas con la hidrofobicidad en Andosoles y su papel ecohidrológico.

Materiales y métodos

El Municipio de Villa del Carbón se localiza en la porción noreste del Estado de México (Figura 1), entre los 19°36'48" y 19°54'24" de latitud Norte y los 99°22'21" y 99°39'07" de longitud Oeste y entre los 2 200 y los 3 800 msnm, cuenta con una superficie de 32,051 hectáreas. El municipio se localiza dentro de la provincia fisiográfica del eje neovolcánico. Los suelos predominantes son Luvisoles (parte centro), Feozems (laderas con pendientes) y Andosoles (partes altas) (<http://atlasderiesgovilladelcarbon.info>, 2012). Gran parte de los rasgos hidrológicos para el municipio se originan de la Región Hidrológica del "Alto Pánuco", en donde los cuerpos de agua más importantes son la presa Taxhimay y la presa del Llano. El clima es semifrío subhúmedo cuando domina bosque de encino, pino y otras coníferas y templado en la zona de pastizales (PMDU, 2004).

En la zona de estudio se seleccionaron tres sitios de acuerdo con su posición en la ladera y se subdividieron con respecto a la vegetación, formación de ríos y procesos de erosión.

- 1) Parte alta (Cerro Bufa): Bosque alto (BPA) y bajo (BPB) (2 983 y 2954 m snm respectivamente).
- 2) Parte media (Presa el Llano): Ladera con formación de río (LCR) y sin formación de río (LSR) (2878 m snm).
- 3) Parte baja: Con bosque (BZE) y zona erosionada (ZE) (2579 m snm) (Figura 1).

En cada una de las zonas de estudio se colectaron muestras alteradas e inalteradas a una profundidad de 10 a 20 cm. Las propiedades hídricas evaluadas *in situ* fueron los niveles de conductividad hidráulica (Kfs), infiltración y potencial de flujo mátrico (Φ_m) que se evaluaron con ayuda de un permeámetro Guelph-2800KI® de acuerdo con el procedimiento de Reynolds y Elrick (1985); la hidrofobicidad se determinó aplicando el método WDPT (Water Drop Penetration Time), descrito por Duque *et al.* (2004) y se clasificó de acuerdo con lo propuesto por Dekker y Jungerius (1990).

En el laboratorio se determinó sus propiedades físicas (densidad aparente, textura, retención de humedad y color) y químicas (materia orgánica, nitrógeno, CIC y fosforo).

Las muestras inalteradas fueron impregnadas con resina poliéster y se elaboraron secciones delgadas de suelo. La porosidad y estructura se describieron bajo un microscopio petrográfico con base en el Manual propuesto por Bullock *et al.* (1985).

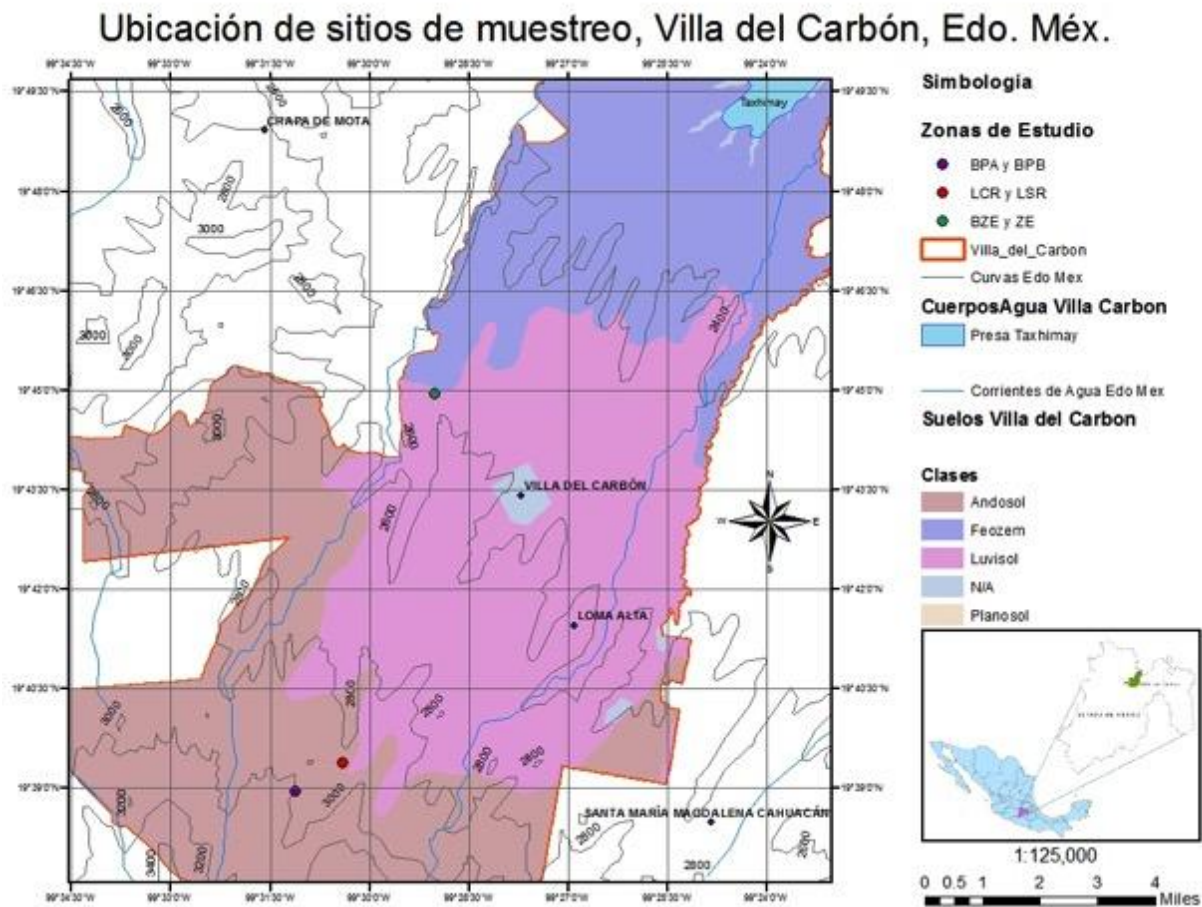


Figura 1. Localización de la zona de estudio, en el municipio de Villa del Carbón, Edo. Mex.

Resultados y Discusión

En los resultados sólo se muestran los datos que tuvieron relevancia para explicar la relación entre la conductividad y la hidrofobicidad.

La parte alta (BPA y BPB) presentó los valores más bajos de conductividad hidráulica ($K_f = 248$ y $152 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente), a pesar de que su alto porcentaje de porosidad (52%) en el suelo. Esto se puede explicar debido a los valores altos de hidrofobicidad (825 s), que cataloga a estos suelos como severamente repelentes e impide la penetración del agua en el suelo. En consecuencia se genera escorrentía superficial y arrastre de partículas (erosión hídrica). En la parte media (LSR y LCR), la K_f aumenta desde dos y hasta diez veces más respectivamente. Los valores de porosidad en ambos casos se mantienen altos (50%) al igual que la hidrofobicidad para LSR (600 s); en contraste en LCR esta disminuyen casi hasta desaparecer (42 a 2 s). En este sitio dominan los meso y microporos que tienen un papel importante en la retención de humedad (64%) y conductividad hidráulica y por lo tanto en la formación de ríos. Finalmente, en la parte baja (BZE y ZE), la K_f para BZE es alta ($936 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$), la porosidad se mantiene (51%) y la hidrofobicidad es ligeramente repelente (12 a 2 s), lo que favorece el paso del agua a través del suelo. Sin embargo, en ZE en donde se ha perdido por completo el suelo, los valores de K_f son negativos ($-180 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$). En este sitio hay sedimentos (2 cm de espesor)



DIVISIÓN II

que sepultan a los paleosuelos (material endurecido). Los poros son de empaquetamiento simple y fisuras (35%) y estructura apedal. Cabe señalar que el comportamiento del flujo de agua en este sitio no se da de manera vertical, sino horizontal causada por los poros y presentó los valores más bajos de retención de humedad (16%) a lo largo de toda la catena (Ver Cuadro 1 y Figura 2).

La variación de la Kfs entre los diferentes autores puede deberse a la heterogeneidad de los suelos (Gómez-Tagle, 2008) a pesar de que éstos corresponden a la misma unidad. Esto significa que no se pueden generalizar los resultados y transferir tecnologías o estrategias de recuperación, sino que es necesario conocer las propiedades hídricas y edáficas en cada sistema.

Conclusiones

El municipio de Villa del Carbón, estado de México, presenta suelos hidrófobos en las partes altas que generan escurrimientos superficiales a pesar de presentar condiciones de porosidad y agregación excelentes. El agua escurre hacia la parte media de la cuenta en donde existen partes con una reducción significativa de esta propiedad y partes en donde casi está ausente. En el primer caso, los suelos están generando escurrimientos superficiales y posiblemente ríos; en el segundo caso, el suelo es capaz de conducir el agua a profundidades suficientes como para generar la recarga de mantos acuíferos y posiblemente contribuyen en gran medida al mantenimiento de la presa El Llano. En las partes bajas, en donde los suelos ya han perdido por completo su hidrofobicidad, facilita el paso del agua; sin embargo, cuando éstos fueron erosionados y afloraron capas endurecidas (paleosuelos) hay características no deseables para el establecimiento vegetal o uso agrícola.

DIVISIÓN II

Cuadro 1. Propiedades hídricas de los suelos de un gradiente altitudinal (medias \pm D.E), Villa del Carbón.

*BPA= Bosque parte alta; BPB= parte baja; LSR= Ladera sin formación de río; LCR= con formación de río; BZE= Bosque zona erosionada; ZE= Zona erosionada; (\pm D.E)= Desviación estándar; R2= Profundidad a 5 cm; R1= a 10 cm; Kfs= Conductividad hidráulica; Φ m= Potencial de flujo mátrico.

**Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas a un nivel de $P \leq 0.05$.

Sitio	Infiltración -----($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)-----		Kfs	Retención de humedad (%)	Hidrofobicidad (s) Profundidad del suelo (cm)			
	R2	R1			0	1	2	3
BPA*	2672 (\pm 1518) ^{a**}	725 (\pm 340) ^a	248 (\pm 166) ^a	33 (9.71 \pm) ^a	825 (\pm 150)	825 (\pm 150)	735 (\pm 330)	720 (\pm 360)
BPB	1650 (\pm 1060) ^a	450 (\pm 212) ^a	152 (\pm 112) ^a	29 (0.00 \pm) ^a	600 (\pm 0.0)	600 (\pm 0.0)	240 (\pm 0.0)	5.0 (\pm 0.0)
LSR	4678 (\pm 1450) ^b	360 (\pm 274) ^a	607 (\pm 233) ^b	44 (\pm 20.70) ^b	600 (\pm 0.0)	600 (\pm 0.0)	22.5 (\pm 3.54)	250 (\pm 325.27)
LCR	17200 (\pm 11793) ^b	390 (\pm 127) ^a	1991 (\pm 1426) ^b	64 (\pm 10.40) ^b	42.3 (\pm 51.25)	2.3 (\pm 0.58)	2.0 (\pm 0.0)	2.0 (\pm 0.0)
BZE	7380 (\pm 10728) ^{ab}	720(\pm 432) ^a	936 (\pm 1584) ^{abc}	35 (\pm 16.01) ^{abc}	12.8 (\pm 12.62)	6.2 (\pm 4.92)	2.4 (\pm 1.14)	2.2 (\pm 0.45)
ZE	5292 (\pm 2520) ^b	4968 (\pm 1764) ^b	-180 (\pm 288) ^c	16 (\pm 7.49) ^c	1.1 (\pm 0.41)	1.5 (\pm 0.84)	1.1 (\pm 0.41)	1.1 (\pm 0.41)

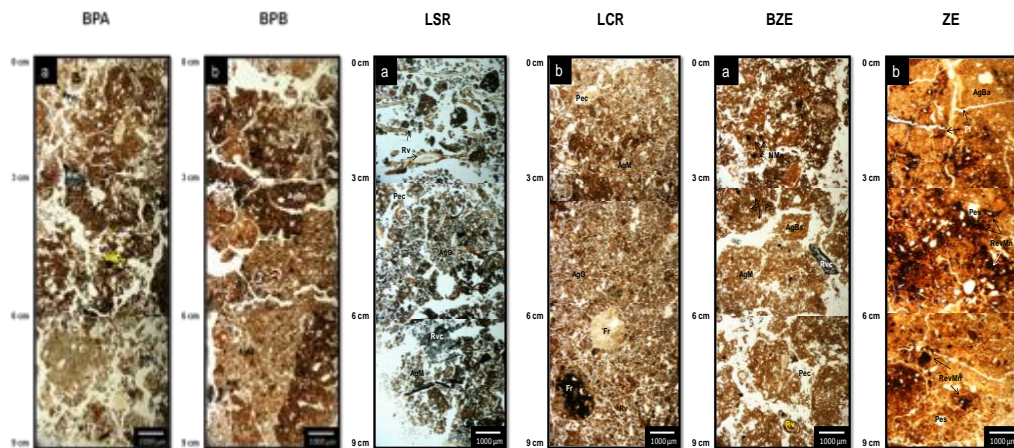


Figura. 2. Fotomicrografías de secciones delgadas de todos los sitios de estudio: BPA= Bosque parte alta; BPB= parte baja; LSR= Ladera sin formación de río; LCR= con formación de río; BZE= Bosque zona erosionada; ZE= Zona erosionada; a diferentes profundidades; Villa del Carbón.



Bibliografía

- Aldana P. S. E. 2012. *Ecohidrología de una pradera de alta montaña en el Parque nacional Izta-Popo*. Tesis de Licenciatura. FESZ. UNAM. México, D.F.
- Ángeles C. E. 2010. *Efectos ecológicos de los incendios forestales sobre el bosque de oyamel*. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco.
- Atlas de Riesgo del Municipio de Villa del Carbón, Edo. México*, 2012. <http://atlasderiesgovilladelcarbon.info> (Consultada en Abril del 2013).
- Brooks. S. M., Spencer T. 1997. *Changing soil hydrology due to rain forest logging: an example from Sabah Malaysia*. Journal Environmental Management 49:207-310.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, and T. Tursina. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications. England.
- Castro A. A. 2009. *Conductividad hidráulica en bosques y praderas de alta montaña de Amecameca, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM. México D.F.
- Dekker, L.W. y Jungerius P. D. 1990. *Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands*. En: Jaramillo Jaramillo D.F. 2004. *Repelencia al agua en suelos. Con énfasis en suelos de Antioquia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Diez H.J.M. 2008. *Evaluación hidrodinámica del hábitat ecohidráulico dirigida a la conservación y restauración de hidrosistemas fluviales*. Revista de Ingeniería e Investigación. 28 (2):97-107.
- Duque Zapata J.R., Arbeláez Mesa S.P., Jaramillo Jaramillo D.F. y León Peláez J.D., 2004. *Hidrofobicidad en Andisoles bajo robledal (Quercus humboldtii) y plantaciones forestales (Pinus patula y Cupressus lusitanica) en la cuenca de la quebrada piedras blancas (Medellín, Colombia)*. Facultad de Ciencias Agropecuarias de Colombia.
- Gómez T. A. 2008. *Variabilidad de las propiedades edáficas relacionadas con la infiltración y la conductividad hidráulica superficial en la cuenca de Cuitzeo*. Tesis doctoral. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-INIRENA. pp. 176.
- González V. T. 2011. *Ecohidrología de un bosque de oyamel: Diagnostico y Rehabilitación*. Tesis de Licenciatura. FESZ, UNAM. México. DF.
- Jaramillo J. Daniel. F. 2004. *Repelencia al agua en suelos: Con énfasis en Andisoles de Antioquia*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Escuela de Geociencias. Medellín. 197 pp.
- Jiménez C. D. 2011. *Restauración del servicio ambiental hidrológico de una pradera de alta montaña en el Parque Nacional Cumbres del Ajusco, D. F. México*. Tesis de Licenciatura. FESZ. UNAM. México. D.F.
- Nieber, J.L., Bauters, T.W.J., Steenhuis, T.S., Parlange, J.-Y., 2000. *Numerical simulation of experimental gravity-driven unstable flow in water repellent sand*. J. Hydrol. 231–232, 295–307.
- PMDU (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón), 2004. http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Villa_del_carbon/PMDU%20VILLA%20DEL%20CARBN.pdf (Consultada en Agosto del 2012).
- Reynolds W.D. y Elrick D.E., 1985. *In situ measurements of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the α -parameter using the Guelph permameter*. Soil Science 140:292-302.
- Vance B. K., Roux D., Nel J. y Pressey B. 2008. *From the Mountains to the Sea: Where Is Freshwater Conservation in the SCB Agenda*. Conservation Biology 22 (3):505–507.
- Van Reeuwijk L. P.1999. *Procedimiento para Análisis de Suelos*. Versión 1995. Traducción de: Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena, Carlos A. Tavares E. y Carlos A. Ortiz Solorio. Primera Edición en Español, 1999. Especialidad de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp.145.
- Van der Salm C., Reinds G. J., de Vries W. 2007. *Water balances in intensively monitored forest ecosystems in Europe*. Environmental Pollution 148:201-212.
- Ziegler A., Junjiro N., Roy S., Shoji N. y Abdul R. N. 2006. *Impacts of logging disturbance on hillslope saturated hydraulic conductivity in a tropical forest in Peninsular Malaysia*. CATENA 67:89-104.



CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE GRANO DE TRES GENOTIPOS DE FRIJOL ORGÁNICO EN LA PARTE NORTE DE MÉXICO

Luna-Ortega, J.G.^{1*}; Espinoza-Lavenant, C.B.²; Castro-Rangel F.²; Rojas-Macías, L.M.²; Rocha-Ontiveros, J.²; Jimenez-Vázquez, F.J.²; Delgado-Serrano, K.K.²

¹ Universidad Politécnica de la Región Laguna, Coahuila, México. Maestro Investigador

² Universidad Politécnica de la Región Laguna, Coahuila, México. Estudiantes

*Autor responsable: lupe_lunao@yahoo.com.mx; Calle A. Obregón Núm. 42 bis, Col. Montemayor, Fco I Madero, Coahuila. México. CP 27900; Tel. +52(871)-157-4875

Resumen

Con el objetivo de caracterizar el rendimiento de grano de tres genotipos de frijol, uno de frijol yorimón y dos de frijol dolichus negro y tres frijol dolichus café, se realizó el presente estudio en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue de 300 plantas, utilizando únicamente 10 plantas por parcela útil. En cuanto a los análisis de varianza, los genotipos presentaron diferencias significativas al ($P \leq 0.01$), para rendimiento de grano, peso de la vaina completa, peso de cien semillas, total de semillas por planta, vainas por planta, longitud de la vaina, racimos por planta y peso de semillas por vaina ya, con respecto a las dosis de fertilización y fertilización por genotipo los caracteres no mostraron diferencias significativas. En cuanto a las medias de todos los caracteres evaluados, estas oscilaron desde 0.85 del carácter peso de semillas por vaina hasta 3154.61 kg ha⁻¹ para rendimiento de grano. Los coeficientes de variación de los análisis de varianza son considerados desde 5.93 de longitud de la vaina hasta 25.91 peso de la vainas completa. En el rendimiento promedio de grano el dolichus negro fue superior a los demás con 6103 kg ha⁻¹, siguiéndole el yorimón con 2315.8 kg ha⁻¹ y el último en rendimiento fue el dolichus café 1045 kg ha⁻¹.

Palabras clave

Rendimiento de grano; genotipos; fertilización

Introducción

El frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), es esencial como componente nutritivo en la dieta humana, consumido como verdura o como grano y es un excelente alimento para el ganado (Davis et al., 1991). A nivel mundial para el año 2003, se estimó una producción de 3.4 millones de toneladas de grano y 3.2 de vaina fresca (FAO, 2006), algunas de las ventajas comparativas de este cultivo con respecto al frijol común son: mayor porcentaje de proteína de la vaina (24.4 %), menor tiempo de cocción del grano, tolerancia a la sequía, a la pudrición de la raíz y mayor potencial de rendimiento en grano (1.5 ton ha⁻¹) (Flores, 2004; Fery y Duke, 1995), además la cosecha puede ser mecanizada (Ávila, 2006). Esta leguminosa presenta grandes posibilidades



DIVISIÓN II

de sustento en regiones temporaleras. En México las principales áreas de producción son: Tamaulipas, Baja California Sur, Norte de Sinaloa y Sur de Sonora, en estas, su producción forma parte de los cultivos tradicionales y su explotación es principalmente para autoconsumo (Murillo et al., 2000). El frijol chino es considerado originario del continente asiático, y de ahí se distribuyó por todo el mundo, ahora se puede encontrar sembrado en varios países del continente Africano, Europeo y Americano, siendo este último donde es más consumido (Duke, 1981). Las estructuras de la planta de frijol chino son consideradas como fuente de alimento básico para una buena nutrición, así, en África las hojas verdes de este tipo de frijol, son importantes para el consumo humano. También se consumen las vainas inmaduras y a menudo se mezcla con otros alimentos. En el Oeste de África, en la India, los Estados Unidos de América y México se consume el grano seco y la vaina fresca. Además es considerado como un excelente alimento en verdura por su alto contenido de proteínas (24.4 %), carbohidratos (63.6 %), y vitaminas.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2011, en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Se ubica geográficamente en el paralelo 25° 46' 58" de latitud norte y el meridiano 103° 20' 56" de longitud Oeste y a una altura de 1,110 metros sobre el nivel del mar. Tiene un clima seco desértico ó estepario cálido con lluvias en verano e invierno frío, el promedio de precipitación pluvial es de 258 mm anuales. La temperatura media anual es de 21 °C y la evaporación anual es de 2000 mm. El período comprendido de mayo a agosto (con una temperatura media de 35 °C) es el más caluroso del año y los meses de diciembre y enero (con una temperatura media de 12 °C) son considerados los más fríos (López et al., 2010).

Material genético evaluado

Los genotipos de frijol son: 1.- yorimón 2.- dolichus negro 3.- dolichus café

Manejo agronómico La siembra se realizó en julio de forma manual en surcos de 70 cm de ancho y 10 cm de distancia entre plantas dando una población de 123 000 plantas ha⁻¹, depositando la semilla en la parte superior del surco a una profundidad de 4 cm previo a la siembra. Se realizó barbecho, rastreo y nivelación del terreno, implementándose el riego por goteo con agua de calidad (buena calidad). Para mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron deshierbes manuales periódicamente y con respecto al control de plagas y enfermedades, no se presentaron daños significativos por lo cual no se realizó ningún tipo de aplicación para el control de éstas. Los muestreos y/o cosecha de grano en los genotipos se realizaron durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

Variables cuantificadas

En cada uno de los cultivares se midieron las variables consideradas como componentes del rendimiento de grano. Las características de rendimiento de grano se registraron cuando las vainas presentaron su madurez fisiológica (12% de humedad). Las vainas se cosecharon colocándose en bolsas de papel, se pesaron, se desgranaron, se determinó el peso de la semilla y se calculó el rendimiento en t ha⁻¹. También se evaluó RP=racimos por planta, VP=vainas por planta, PSV=peso de semillas por vaina, LV= longitud de la vaina, PCS=peso de



DIVISIÓN II

cien semillas, PVC=peso de la vaina completa, RG=rendimiento por hectárea y TSP=total de semillas por planta.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, donde las unidades experimentales estuvieron representadas por seis surcos de 5 m de largo y 70 cm de ancho. Para medir el rendimiento de grano y el resto de las caracteres de cada uno de los genotipos de los seis surcos de la parcela experimental, se consideraron los tres surcos centrales, a los cuales se les eliminó 100 cm de cada extremo, para un total de 3 m de longitud de cada surco, con una superficie como parcela útil de 12 m². Se realizó un análisis de varianza y en los factores que resultaron con significancia estadística, se realizaron las comparaciones de medias respectivamente utilizando la prueba de LSD (P≤0.05). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete (SAS, 2001).

Resultados y Discusión

En el análisis de varianza (cuadro 1), se encontraron diferencias altamente significativas (P≤0.01) entre los diferentes genotipos de frijol orgánico, para todos los caracteres del rendimiento de grano como son: rendimiento de grano, peso de la vaina completa, peso de cien semillas, peso de semilla por vaina, total de semillas por planta, longitud de la vaina, racimos por planta y vainas por planta. Para la interacción de los genotipos con las diferentes dosis de estiércol en todos los caracteres no presentaron significancia. Las medias de los caracteres evaluados fueron desde la más alta que fue para rendimiento de grano de 3154.61 kg ha⁻¹, hasta la menor que fue para peso de semillas por vaina con 0.85. Los coeficientes de variación fueron desde 25.91 % para peso de la vainas completa (PVC) a 5.93 % para longitud de la vaina (LV), lo que muestra que estuvieron dentro de los rangos aceptables, estos valores, nos demuestran la confiabilidad de la conducción del experimento.

Cuadro 1. Análisis de varianza

FV	GL	RG Kg ha ⁻¹	PVC	PCS	PSV	VP	RP	LV	TSP
G	2	41541012.2**	4308.38**	150.21**	1.09**	6560.20**	77.04**	178.87**	8184.61**
F	2	224182.06ns	0.36ns	1.72ns	0.00ns	56.73ns	0.22ns	0.01ns	147.79ns
R	1	734.72ns	324.98ns	0.00ns	0.02ns	34.72ns	3.04ns	0.04ns	213.55ns
G*R	2	41506.72ns	32.55ns	3.44ns	0.02ns	13.54ns	0.16ns	1.79**	33.38ns
G*F	4	65872.81ns	113.63ns	1.67ns	0.04ns	14.03ns	0.03ns	0.07ns	45.28ns
ERROR	6	484.08	8.48	1.67	0.30	5.12	0.98	0.42	8.52
MEDIA		3154.61	32.72	14.50	0.85	29.47	6.92	7.10	86.51
C.V.(%)		15.34	25.91	11.69	25.27	17.37	14.21	5.93	9.85

FV=fuentes de variación, GL=grados de libertad, RG=Rendimiento de grano, PCS=peso de cien semillas, PVC=peso de la vaina completa, PSV=peso de semillas por vaina, VP=vainas por planta, RP=racimos por planta, LV=Longitud de la vaina, TSP=total de semillas por planta.

En el rendimiento promedio de los genotipos (cuadro 2), para rendimiento de grano, el genotipo Dolichus negro obtuvo el mayor valor con 6103.0 kg ha⁻¹, le siguió el genotipo Yorimon con 2315.8 kg ha⁻¹. Los genotipos yorimón y dolichus negro mostraron los promedios mayores en rendimiento de grano, estos resultados fueron similares a los encontrados por Diaz et al, 2001 y por último resultó el dolichus café con 1045.0 kg ha⁻¹, valores que muestran la superioridad del genotipo dolichus negro en cuanto a rendimiento de grano. Además en todos los demás caracteres evaluados este genotipo resultó con los mayores valores excepto para



DIVISIÓN II

peso de semillas por vainas (PSV) y longitud de la vaina (LV) siguiéndole el yorimon, que fue superior con un valor de 10.58. El genotipo yorimon fue el que ocupó el segundo lugar en todas las variables evaluadas excepto en PSV y LV en donde ocupó el primer lugar. El dolichus café fue el que ocupó el tercer lugar.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de los genotipos de frijol para 8 características agronómicas

GENOTIPO	RG Kg ha ⁻¹	PVC gm	PCS gm	PSV Gm	VP	RP	LV	TSP
Yorimon	2315.8 B	18.92 B	13.18 B	1.33 A	13.80 B	6.93 B	13.36 A	100.30 B
Dolichus negro	6103.0 A	63.61 A	20.03 A	0.71 B	67.46 A	10.50 A	4.60 B	114.56 A
Dolichus café	1045.0 C	15.64 B	10.29 C	0.51 B	7.16 B	3.33 C	3.34 C	44.66 C

RG=Rendimiento de grano, PCS=peso de cien semillas, PVC=peso de la vaina completa, PSV=peso de semillas por vaina, VP=vainas por planta, RP=racimos por planta, LV=Longitud de la vaina, TSP=total de semillas por planta.

Conclusiones

Los genotipos evaluados resultaron con alta significancia para todos los caracteres. El genotipo dolichus negro fue el que obtuvo el rendimiento mayor en rendimiento de grano, siguiéndole el yorimón y en último lugar el dolichus café. El dolichus negro presentó los más altos valores en todos los componentes del rendimiento a excepción en el carácter peso semillas por vaina y longitud de la vaina donde el yorimón fue superior.

Bibliografía

- Ávila, S.N.Y. 2006. Evaluaciones de producción forrajera y rendimiento de grano en cultivares de frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), y su efecto en aspectos productivos de cabras criollas. Tesis de Doctorado. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S. C. La Paz Baja California Sur. México. 117 p.
- Davis, D.W., E.A. Oelke., E.A. Oplinger., J.D. Doll., C.V. Hanson and D.H. Putman. 1991. Cowpea. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin, Cooperative Extension, University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service. 11 p.
- Díaz, M.F., Padilla, C., González, A. and Curbelo, F. 2001. Agronomical features and nutritional indicators of grains I grouped maturity varieties of *Vigna unguiculata*. Cuban Journal of Agricultural Science. 35: 271-278.
- Duke, S.O. 1981. The gene revolution. Office of Technology Assessment, Background paper for innovative biological technologies for less developed countries. USGPO. Washington. 150 p. Fery, R. L. y P.D. Dukes. 1995. Better snap Southern Pea. Hort Science. 30:1318-1319.
- FAO, 2006. Producción Mundial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [en línea]. Disponible en <http://faostat.fao.org/faostat/default.jop>. (Verificado el 30 de octubre de 2008).
- Flores, H.J.L. 2004. Impacto de las importaciones de maíz blanco y de frijol originarios de los EUA en el mercado interno de México. Centro de Estudios de Finanzas Públicas. H. Cámara de diputados LIX Legislatura. [en línea]. Disponible en <http://www.cefp.gob.mx.pdf> (Verificado el 30 de octubre de 2008).
- Murillo, A.B.D., J.L. Troyo., H.L. García., H.M Landa y J.A. Larrinaga. 2000. El frijol Yarimón leguminosa tolerante a la sequía y salinidad. Programa de salinidad en zonas áridas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. PYTON Int J Exp Bot 67:71-84.
- SAS. 2001. SAS/STAT User's Guide. Release 8.1. SAS. Inst. Inc., Cary, NC, USA.



ACOLCHADOS FOTOSELECTIVOS EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L).

Gayosso-Tolentino D¹., Munguía –Lopez J¹, Baylon Palomino A¹., Arellano-García M.A¹

¹ Centro de Investigaciones Químicas Aplicadas, Blvd Enrique Reyna Hermosillo 140, Saltillo, Coah. México CP 25253

*Autor responsable: juan.munguia@ciqa.edu.mx; Calle Blvd Enrique Reyna Hermosillo Num 140, Col. San José de los Cerritos, Ciudad, Saltillo Estado. Coahuila País. CP 25294 ; Tel. +521(844)-438-9830

Resumen

Se evaluó efecto de acolchado fotoselectivo de color negro, metalizado, rojo, café, blanco, azul y testigo sin acolchar. Sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L) cv jaco se determinó el área foliar, la altura de planta, rendimiento por corte y rendimiento total. Los resultados muestran que el área foliar se modifica por efecto de los acolchados que tienen mayor capacidad de reflejar la radiación al follaje como lo es el blanco y el metalizado, la altura de planta también se observó un mayor incremento con los acolchados blanco y metalizados. Los mejores rendimientos se presentan en el acolchado blanco seguido por el acolchado metalizado.

Palabras clave

Pimiento, Acolchado, Rendimiento.

Introducción

El pimiento morrón originario de América del sur (Bolivia y Perú). Perteneció a la familia de las solanáceas, tiene gran diversidad genética y casi todas las variedades cultivadas se engloban bajo el nombre de *Capsicum annuum* (Alarcon, 1996). Su éxito radica en que es un cultivo con tres destinos de consumo: pimiento en fresco, para pimentón y para conserva. La demanda de los mercados europeos de pimientos frescos durante todo el año, ha crecido espectacularmente y ha tenido como consecuencia el desarrollo del cultivo en invernaderos en todo el litoral mediterráneo español. En México es de los principales chiles producidos a campo abierto después del jalapeño y el serrano (SAGARPA 2008). La producción en invernadero de chile morrón también es importante porque es el principal proveedor de este producto a los Estados Unidos de Norteamérica y a Canadá (PMA, 2007; CBSA, 2010). El uso de acolchados permiten mejorar la eficiencia de producción de hortalizas, es una buena alternativa para aumentar el rendimiento al intensificar la producción, adelantar la cosecha y mejorar la calidad del producto, permitiendo un mejor control de malezas, humedad, temperatura y estructura del suelo, así como la fertilización, actividad microbiana y control de insectos logrando un eficiente uso de los recursos (Ibarra, Rodríguez 1997 y Alvarado, Castillo, 1999). Entre los acolchados plásticos se encuentran las películas fotoselectivas cuyo empleo se basa en la propiedad que tiene todo material coloreado de absorber preferentemente la banda luminosa del espectro solar correspondiente a su color complementario, variando de esta manera la calidad de la radiación solar incidente lo cual puede influir sobre el cultivo. El uso de acolchados plásticos de colores afecta principalmente el microclima en las cercanías del cultivo y modifican la radiación fotosintéticamente activa afectando el crecimiento y



DIVISIÓN II

productividad de los cultivos, (Liakatas, et al., 1986). El color del acolchado determina la energía reflejada e irradiada, afectando el microclima de las plantas (Orzolek, et al., 1993). Estudios realizados en pimiento concluyen que la cantidad de luz reflejada en el plástico modifica en forma diferente la temperatura del suelo favoreciendo en un mayor rendimiento logrando un mejor tamaño y número de frutos debido a que con acolchado se han registraron mayores peso fresco y seco por planta y mayor crecimiento radical horizontal y vertical (Ibarra, Rodríguez 1987 y Quezada, Zermeño, 2004).

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera- verano del año 2011, en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), para lo cual se utilizó el cultivo de pimiento morrón híbrido giacomo. Donde se evaluarán 7 tratamientos: acolchado rojo, acolchado azul, acolchado plata, acolchado café, acolchado blanco, acolchado negro y sin acolchar, se utilizará un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y se utilizó la prueba de medias DMS para identificar los mejores tratamientos. Espesor 5.5 micras ancho 1.20m. La producción de plántula se realizó en charolas de poliestireno con 200 cavidades, utilizado sustrato peat moss (3 mezclas) y las plantas se mantuvieron en el invernadero hasta el trasplante, el cual se realizó a los 60 DDS con una densidad de siembra de 3.5 plantas/m². El establecimiento del cultivo se hizo en surcos de 5 m de longitud con una cama de 0.70 m de ancho y una distancia entre cama y cama 1.8 m., el cultivo se maneja en doble hilera con una distancia entre plantas de 30 cm, distancia entre hileras 35 cm. En el cual la parcela útil fue de 20 plantas. Se empleó un sistema de riego por goteo y a través del mismo se realizó la inyección de fertilizantes y agroquímicos empleando un inyector venturi, para el manejo del riego se instalaron tensiómetros a 2 profundidades del suelo 00-30 y 00-60 cm de diferente tratamiento con acolchado y sin acolchado, para monitorear la tensión del agua en el suelo el riego se programó cada tercer día con la finalidad de mantener una tensión del agua en el suelo uniforme en todos los tratamientos. Se realizaron 4 muestreos destructivos y 2 no destructivos, cada 15 días después del trasplante y hasta el final del cultivo. Las variables evaluadas para el método destructivo fueron; área foliar, altura de planta, diámetro de tallo, número de flores, acumulación de materia seca de tallo, hojas y frutos. Y para el método no destructivo las variables evaluadas fueron: diámetro de cobertura, diámetro de tallo y altura de planta.

Resultados y discusión

Se evaluaron siete colores de acolchados; negro, plata, rojo, café, blanco, azul y testigo sin acolchar, que son los siete tratamientos respectivamente. El área foliar presentó diferencia estadísticamente significativa para los cuatro muestreos realizados en el primer muestreo a los quince días la diferencia no es muy contundente debido a que todavía no se manifiesta claramente el efecto de los tratamientos, para el segundo muestreo los acolchados de color claros son los que presentan el mayor desarrollo que se refleja en el área foliar, para el último muestreo a los 90 días después del trasplante el mejor tratamiento fue el planta dado a su mayor capacidad de reflejar radiación la follaje lo que favorece el crecimiento de la planta y tenga un mayor dosel (Cuadro 1)



DIVISIÓN II

Cuadro 1.- Medias de área foliar para los cuatro muestreos realizados en el cultivo de pimiento bajo condiciones de acolchado fotoselectivos.

TRATAMIENTO	DDT							
	15.0	30.0	60.0	90.0	15.0	30.0	60.0	90.0
1	32.1	b	122.1	abc	1197.5	b	2315.8	c
2	33.7	ab	158.6	ab	1511.2	ab	4144.3	a
3	38.3	ab	99.2	bc	1450.2	ab	3530.0	ab
4	31.0	b	96.5	bc	1264.4	ab	2811.7	bc
5	41.4	ab	191.4	a	1700.2	a	3714.0	ab
6	41.8	ab	52.6	c	1220.8	b	1830.4	ab
7	43.7	a	83.6	bc	1124.7	b	1094.3	c

Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 % LSD

Se evalúa en cuatro ocasiones la altura de plantas, en el primer muestreo no se encontró diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 1), para el segundo muestreo se encontró diferencia estadísticamente estadística siendo el mejor tratamiento el blanco, seguido del metalizado o plata, que son los que tienen una mayor capacidad de reflejar radiación al follaje.

Cuadro 2.- Media de Altura de planas en el cultivo de pimiento bajo condiciones de acolchado fotoselectivos.

TRATAMIENTO	DDT							
	15.0	30.0	60.0	90.0	15.0	30.0	60.0	90.0
1	9.4	a	13.4	a	30.9	b	41.7	c
2	9.0	a	13.5	a	35.6	ab	52.9	a
3	8.9	a	13.0	ab	36.0	ab	47.1	abc
4	8.4	a	12.6	ab	35.4	ab	42.4	bc
5	10.0	a	14.3	a	37.9	A	49.6	ab
6	9.4	a	11.1	b	37.7	A	30.8	d
7	9.4	a	12.9	ab	34.3	ab	48.4	abc

Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 % LSD

Se realizaron cinco corte, en los cuales se encontró diferencia estadísticamente significativa de nuevo se manifestó el efecto de los acolchados fotoselectivos con mayor capacidad de reflejar radiación al follaje del cultivo con lo cual se presenta una mayor tasa de fotosíntesis y se observa como el acolchado metalizado o plata es el que presentó los mayores rendimientos seguidos del acolchada blanco (cuadro 3)

DIVISIÓN II

Cuadro 3.- Media de rendimiento por corte del cultivo de pimiento bajo condiciones de acolchado fotoselectivo

TRATAMIENTO	DDT									
	71.0	78.0	82.0	88.0	97.0					
T1	0.1	b	1.6	a	3.2	a	1.7	bc	2.0	b
T2	0.2	b	1.3	ab	3.5	a	5.9	a	6.1	ab
T3	0.5	ab	1.3	ab	1.4	bc	2.0	bc	6.6	ab
T4	0.8	a	1.6	ab	1.9	b	1.3	bc	5.8	ab
T5	0.9	a	1.6	ab	1.4	bc	2.9	b	7.5	a
T6	0.5	ab	1.1	ab	1.1	bc	0.6	c	3.8	ab
T7	0.2	b	0.5	b	0.5	c	1.3	bc	3.2	ab

Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 % LSD

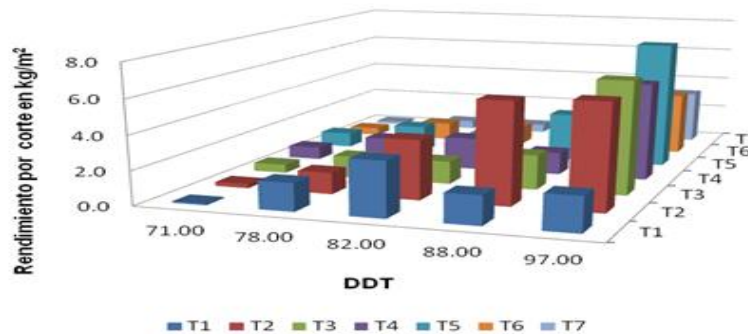


Figura 1.- Rendimiento por corte para el cultivo de pimiento bajo condiciones de acolchado fotoselectivo, negro, plata, rojo, café, blanco, azul y testigo sin acolchar.

El mejor rendimiento se logró con el acolchado de color blanco seguido por el acolchado de metalizado se observó que el acolchada metalizado siempre presentaba mayor rendimiento pero en el corte final el que presento mayor rendimiento fue el acolchado blanco que finalmente fue el que presento el mejor rendimiento total grafica 3 Estos datos coinciden con los obtenidos por Quezada et al 2004

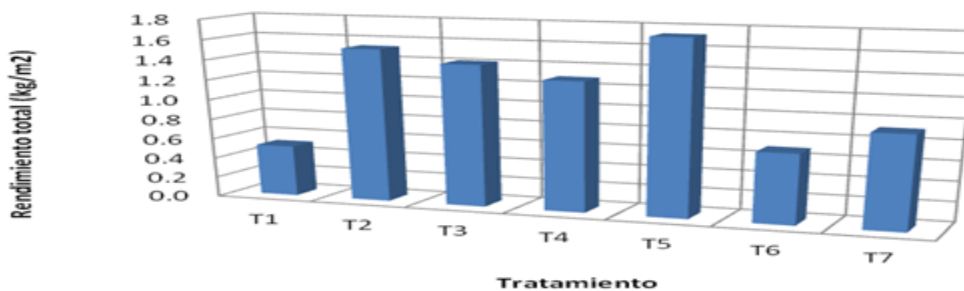


Figura 2.- Rendimiento total en el cultivo de pimiento bajo condiciones de acolchado fotoselectivo, negro, plata, rojo, café, blanco, azul y testigo sin acolchar.



Conclusion

Los datos obtenidos en esta investigación podemos mencionar que la radiación reflejada por los acolchados fotoselectivos en un factor benéfico para el desarrollo y rendimiento del cultivo de pimiento, modificar los valores de temperatura del suelo y el micro ambiente de la planta permite obtener mayores rendimientos y plantas con un mejor vigor lo que se reflejara en un mayor rendimiento y calidad de la producción de pimientos

Bibliografía

- Alarcón V. A. L. Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. Compendio nº 9 'Pimientos', Octubre 1996.
- Alvarado V. P. H Castillo. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. Revista Agronomico de la fundación de Chile, 1999.
- Henry G. T y Heard M. Acolchado de colores para tu producción. Departamento de Horticultura de la Universidad Estatal de Iowa, EUA, 2010.
- Ibarra J. L., J. flores, Quezada M. R., Zermeño A. Acolchado, riego y microtúneles en tomate, chile anaheim y chile pimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 179-187, 2004.
- Ibarra, J.L., Rodríguez, A. Acolchado de suelos con películas plásticas. 1 ° Edición. Editorial Limusa. D.F. México 1997.
- Liakatas, A.; Clark, J. A.; Montieth, J. L.. Measurements o the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. Agr. For. Meteorol. 36: 227-239, 1986.
- Orzolek, M. D. J. Murphy and J. Ciardi. The effect of colored polyethylene mulch on the yield of squash, tomato and cauliflower. The Pennsylvania State University . Proc. Nat. Agr. Plastic. Cong. 24: 157-161, 1993.
- PMA (PRODUCE MARKETING ASSOCIATION). 2007. Fresh producer imports into U.S. <http://www.pma.com>. Consultado en mayo de 2010.
- Quezada- Martin MR., J Munguia-Lopez, L Ibaraa.Jimenez., M de la Rosa-Ibarra y B Cedeño-Rubalcava, (2004) Efecto de acolchado fotoselectivo sobre la acumulación de materia seca y rendimiento en pimiento morrón. VI Congreso iberoamericano para el desarrollo y aplicación de los plásticos en la agricultura. Cogota, Colombia 2004
- SAGARPA. 2008. Plan rector nacional sistema producto Chile.
- Abdurrahman, H., B. Fatih, M. Fatih and Y. Mustafa. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. J. Compost Sci. Util. 12: 175-179.
- Chaney, D.E., L.E. Drinkwater and G.S. Petty-grove. 1992. Organic Soil Amendments and Fertilizers. Division of Agriculture and Natural Resources Nº 21505. University of California. Oakland, CA, EEUU. 36 pp.
- Gharaibeh, M.A., N.I. Eltaif and O.F. Shunnar. 2009. Leaching and recla- mation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 713-719.
- Gupta, R.K., C.P. Singh and I.P. Abrol. 1985. Dissolution of gypsum in alkali soils. Soil Sci. 140: 382-386.
- Giese, M., Y.Z. Gao, S. Lin and H. Brueck. 2011. Nitrogen availability in a grazed semi-arid grassland is dominated by seasonal rainfall. Plant Soil 340: 157-167.
- Watson, C.A., D. Atkinson, P. Gosling, L.R. Jackson and F.W. Rayns. 2002. Managing soil fertility in organic farming systems. Soil Use Manag. 18: 239-247.



CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE NICHOS: CASO DE CÁRDENAS TABASCO

Muñoz-Orozco, A.^{1*}; Miranda-Marini, R.¹; y Vázquez-Pozos V¹.

¹Colegio de postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

*Autor responsable: amunozo@colpos.mx; Km. 36.5 Carretera México – Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230; Tel. +52(595)-95202000 Ext. 1550

Resumen

México, es mega diverso, y consta de un mosaico de micro regiones, dentro de su patrimonio posee una riqueza de mecanismo de adaptación a los factores adversos y una amplia diversidad de agro sistemas. Predomina un periodo de escasa lluvia denominado Gran Sequía Invernal (Noviembre a mayo) (Rodríguez-Morales, 2013); adicionalmente ocurre un periodo de sequía dentro del verano denominado Sequía Intraestival (Mosiño y García, 1978) que puede durar de uno a cuatro meses (Reyna, 1970). Las temperaturas bajas extremas pueden ocurrir en forma de heladas en altitudes arriba de los 1900 metros y las altas en forma de golpes de calor en altitudes abajo de los 1900 m. Los excesos de lluvia generan inundaciones y reducciones de oxígeno en los cultivos. Con el cambio climático estos factores abióticos adversos se tornan más frecuentes e intensos (Muñoz, *et al.*, 1998; Muñoz, *et al.*, 2012). Es necesario precisar los fenómenos adversos asociados al cambio climático a nivel de nicho para poder diseñar los tratamientos en los esquemas genotécnicos o bien las adecuaciones agronómicas para enfrentar el cambio climático. En este contexto se analizó información climática existente del municipio de Cárdenas, Tabasco, utilizando el enfoque de nicho ecológico, considerando como año de referencia 1975. Se ha presentado un incremento en la temperatura mínima promedio de 0.84 °C y una disminución en la máxima promedio en 0.56 °C, así mismo la varianza en ambos casos se incrementó. Las precipitaciones se han incrementado en un 7% presentándose eventos con una mayor frecuencia e intensidad.

Palabras clave

Precipitaciones variables, temperaturas extremas, adaptabilidad.

Introducción

En todo el mundo es bien sabido que se está presentado un aumento en los fenómenos meteorológicos extremos como en la temperatura y en la variabilidad de las lluvias (Olivera, 2013). Según el informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), las sequías se intensificarán durante este siglo en algunas zonas de Europa Central, América Central, México, el Noreste de Brasil y el Sur de África (IPCC, 2012). La agricultura es altamente dependiente de las condiciones ambientales y los rendimientos de los cultivos varían cada año por la variabilidad del clima (Moriondo *et al.*, 2011). Sin embargo, poco se ha estudiado los cambios climáticos a nivel de nicho, que podrían presentar cambios únicos de comportamiento. Por lo cual, el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar las variaciones de la gran sequía invernal (GSI), la sequía intraestival (SI), la ocurrencia de bajas temperaturas, de golpes de calor y excesos de lluvia, aprovechando datos históricos disponibles de la localidad



de Cárdenas, Tabasco; así mismo, comparar las variaciones antes y después de 1975, año tomado como referencia de la manifestación del cambio climático (IPCC (2001, p 26).

Materiales y Métodos

Para el presente estudio se utilizaron los datos climáticos históricos de Cardenas Tabasco, México (91° 32'W, 17° 59'N, 17 msnm) situado en una microrregión plantada con caña de azúcar (*Saccharum spp*). Teniendo como referencia 1975 se compararon dos periodos: años antes (P1) y años después (P2). Las variables estudiadas fueron: temperatura máxima de las máximas (Tmaxc) y la temperatura mínima de las mínimas (Tminc) en cada tres decenas (D) de cada mes (M). Cabe señalar que las decenas 1 y 2 son de 10 días y la 3 comprende entre 8 y 11 días dependiendo de la duración del mes; el P1comprendio 18 años (A) y P2, de 26 años, la suma de milímetros precipitación de cada decena se usó para la sequía intraestival (SI) y precipitaciones extremas (PM); P1, 20 años y P2, 33 años. El modelo empleado fue $Y=P A M D PxA PxM Px D AxM Ax D MxD PxAxM PxAx D AxMxD$.

Resultados y Discusión

Temperaturas máximas (Tmaxc)

El punto de referencia 1975 si mostro diferencias entre el P1 y P2. En P2 hubo temperaturas máximas mayores (Tmaxc) que en P1 lo cual ocurrió en los meses de abril a agosto; en promedio en estos meses se incrementó un 0.34°C. Además, ese periodo tuvo mayor variación lo que implica ocurrencia de temperaturas extremas más intensas, que incluso superaron los 40°C (Figura 1). Sin embargo, estos valores son promedios lo que indica que puede haber valores extremos más intensos, tomando en cuenta esta consideración es ineludible el diseñar un experimento de tolerancia a los golpes de calor. Al mismo tiempo, se han disminuido las temperaturas máximas para los meses de septiembre a marzo con una reducción promedio de 0.56 °C.

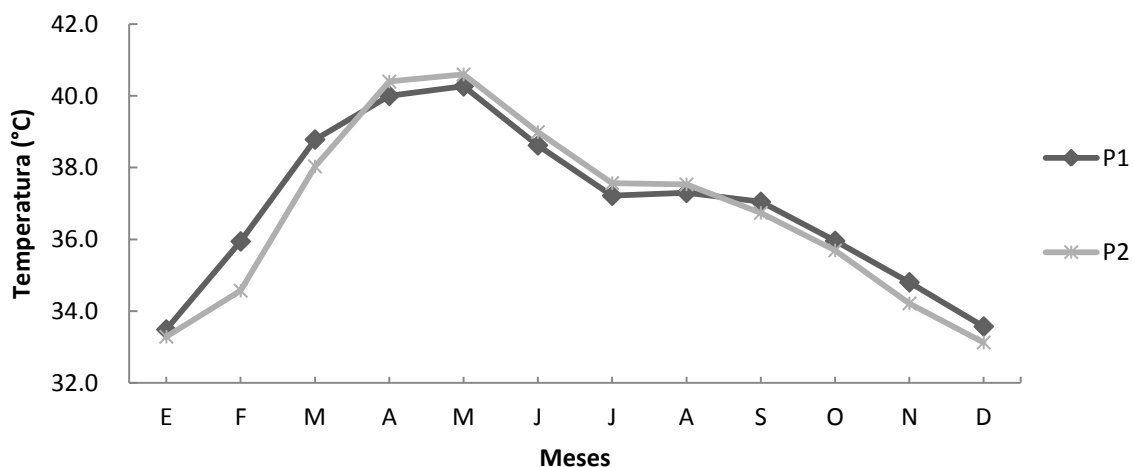


Figura 1. Temperaturas máximas (Tmaxc) en la interacción de periodos (P) por meses (M) en Cárdenas Tabasco.

Temperaturas mínimas (T_{minc})

En el Periodo 2 las Temperaturas mínimas aumentaron de noviembre de un año a julio del siguiente respecto a Periodo 1 (Figura 2), la variación también aumento (Cuadro 1) pero con menor diferencia que como ocurrió con T_{maxc} . En promedio el P2 presentó un incremento de 0.84°C , siendo el mes de febrero el que registra la diferencia más alta con 1.88°C , esto podría indicar que las temperaturas nocturnas se han incrementado para el P2. En numerosos estudios se han mencionado que las altas temperaturas nocturnas reducen la tasa fotosintética en algunas plantas (Mohammed y Tarpley, 2011), por lo tanto, es necesario realizar ensayos en las especies cultivadas de este nicho.

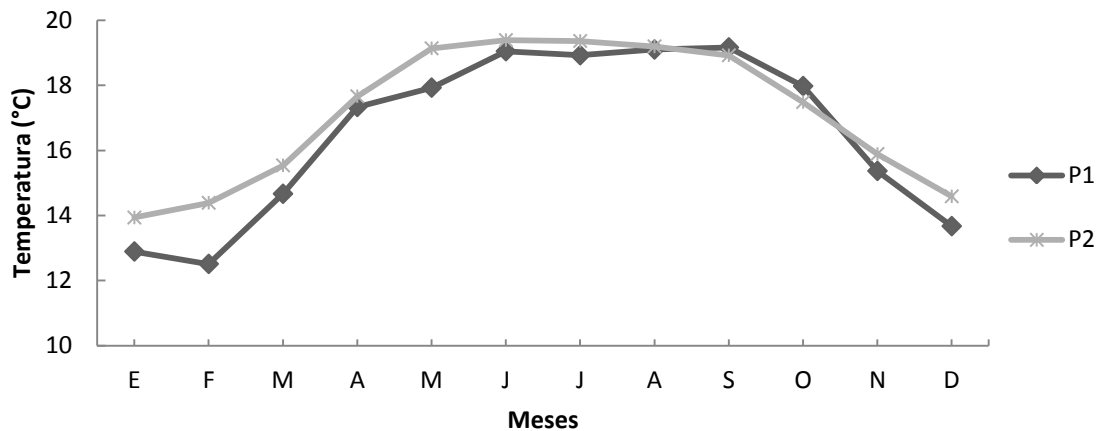


Figura 2. Temperaturas mínimas (T_{minc}) en la interacción Periodos (P) por meses (M) en cárdenas, Tabasco.

La mayor variación del P2 respecto al P1 se aprecia claramente en el Cuadro 1, relativa a la interacción Periodos (P) por años (A). P2 de T_{maxc} es la más variable con respecto de P1, lo cual como se mencionó anteriormente, en el diseño de protocolos de selección por tolerancia al factor adverso abiótico Golpes de Calor es necesario considerarlo.

Cuadro 1. Varianzas de las poblaciones de T_{maxc} y T_{minc} en el periodo P1 (1975 y antes) y P2 (después de 1975) en Cárdenas, Tabasco.

Temperatura	P1	P2
T_{maxc}	0.357	0.625
T_{minc}	0.571	0.713

Sequía Intraestival (SI)

Para ubicar esta sequía se usó la lluvia de junio a octubre. La variación de la lluvia en P1 fluctúa menos que en P2 como se demuestra con la desviación estándar, para P1 es de 274.15 y 366.91 para P2. La sequía intraestival se presentó en el P1 en 95% de los años y en el P2 disminuyó a 91.4%, sin embargo, la intensidad fue mayor en el P2 respecto al P1, llegándose a presentar hasta dos sequías Intraestivales en un año con duración de un mes cada una o eventos con una duración de hasta tres meses.



Precipitación

En los meses de los 20 años de P1 ocurrieron lluvias mensuales arriba de 200 mm considerándose como precipitaciones extremas en 0.4 % de los meses; en los 34 años del Periodo 2 ese evento ocurrió en 4 % de los meses, o sea 10 veces más. Estas proporciones dan un índice del riesgo de inundaciones y de efectos de anoxia en zonas planas o con cierta deficiencia de drenaje donde practica la agricultura. La desviación estándar al igual en Tmax, Tmin, y SI se incrementó de 312.5 para P1 a 432.57 en P2.

Conclusiones

La Tmin del P2 se incrementó en promedio 0.84 °C respecto al P1, ya que en la mayoría de los meses aumento entre 0.3 y 1.9 °C, por su parte la Tmax aumento 0.34°C promedio comprendido de abril a agosto, presentándose temperaturas superiores a los 40°C, así mismo de septiembre a marzo disminuyo 0.56 °C, la precipitación anual se ha incrementado en 140 mm, así mismo se ha reducido en cuatro por ciento la incidencia de las SI, pero se ha incrementado la severidad de las mismas. Por lo anterior no son aplicables los modelos globales para el cambio climático en los nichos ecológicos, ya que no contempla el incremento de las variaciones puntuales en el clima.

Bibliografía

- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III on the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ((Watson R. T., and Core Writing Team (eds)). Cambridge University Press, United Kingdom and New York, N. Y. USA, 398 pp.
- IPCC, 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge University Press, UK.
- Mohammed AR, y Tarpley L. 2011. Effects of High Night Temperature on Crop Physiology and Productivity: Plant Growth Regulators Provide a Management Option: Global Warming Impacts-Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments. Pags.: 153-172.
- Mosiño AP y E García. 1978. Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 15 páginas.
- Moriondo, M., Giannakopoulos, C., Bindi, M., 2011. Climate change impact assessment: The role of climate extremes in crop yield simulation. Climatic Change 104, 679–701.
- Muñoz OA, J L Jaramillo y R Barraza M. 1998. Evaluación de los efectos de la sequía que se Presentó en México en 1998: I Análisis. Memoria V Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Lluvia. Sociedad Mexicana De la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados, Montecillo Méx. Pags.:20-24. México.
- Muñoz OA, JL Michel, C Romero, G Peralta V, N Lomelí S y H Lomelí S. 2012. Estudio de las temperaturas mínimas en la zona cañera de tala, Jalisco. In: Blanco MF, ÁG Bravo L, J Hernández M, A Lara H, R Magallanes Q, S de J Méndez G y RD Valdez C (ed). Tópicos edafológicos de actualidad. Universidad Autónoma de Zacatecas. Páginas: 129-132.
- Olivera, V.S.M., 2013. La productividad del maíz de temporal en México: repercusiones del cambio climático. Santiago de Chile.
- Reyna TT. 1970. Relaciones entre sequía intraestival y algunos cultivos de México. Tesis UNAM, 90 pp.
- Rodríguez-Morales JN. 2013. Resistencia a sequía en la caña de azúcar en tlaquiltenango, Morelos. Tesis de Maestro en Ciencias, Genética IREGEP, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. 170 páginas.



PÉRDIDAS POR LIXIVIACIÓN DE NITRÓGENO EN UN HUERTO DE AGUACATE EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Sánchez-Hurtado, A.C.¹, Ponce-García, O.C.², Pérez-Sánchez, R.E.³, Esquivel-Córdoba, J.⁴, Hernández-Valdés, E.F.³,

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán. México.

*Autor responsable: anisanchez16@hotmail.es Paseo Gral. Lázaro Cárdenas S/N Col.Viveros, Uruapan, Michoacán. México. CP. 60170; Tel. 4521253706

Resumen

La fertilización nitrogenada es un elemento esencial mantener altos rendimientos en el cultivo del aguacate, sin embargo una parte del nitrógeno puede perderse por lixiviación, lo cual afecta la economía de los productores, el medio ambiente y la salud humana. La presente investigación tiene por objetivo cuantificar las pérdidas de nitrógeno por lixiviación en un huerto de aguacate en condiciones de temporal en la ciudad de Uruapan, Michoacán. Los fertilizantes que se aplicaron fueron: Urea, Nitrato de Calcio y Urea de Liberación Controlada.

Palabras clave

Lixiviación; Fertilización Nitrogenada; Contaminación

Introducción

El Nitrógeno tiene una gran influencia en el crecimiento y producción del aguacate (Whiley *et al.*, 2002); durante la floración y el desarrollo vegetativo, el aguacatero requiere de cantidades altas de N, esto debido al incremento en el transporte de compuestos nitrogenados requeridos para la síntesis proteínica y la formación de nuevos tejidos (Téliz, 2000). La fertilización es una práctica importante de manejo del aguacatero que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de estos, para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo. El sistema radical del aguacatero es poco extenso y carece de pelos radicales, por ello es necesaria la presencia en el suelo de una cantidad elevada de nutrimentos de fácil disponibilidad (Téliz, 2000). Varios compuestos nitrogenados son usados para fertilizar las huertas de aguacate, y estos incluyen la urea, nitrato de amonio, nitrato de calcio, sulfato de amonio, difosfato de amonio y nitrato de potasio (Whiley *et al.*, 2002). Debido al fuerte impacto que tiene la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo, los agricultores suelen aplicar elevadas dosis de nitrógeno sin darse cuenta de que gran parte de éste puede estar sufriendo pérdidas por lixiviación. La magnitud de tales pérdidas repercute sobre la economía del productor, la calidad del medio ambiente y, lo que es peor, sobre la salud humana. Los nitratos resultan tóxicos para los humanos y animales de sangre caliente, debido a que en el tracto digestivo los nitratos son transformados a nitritos (NO₂) por las bacterias que colonizan el mismo, teniendo como resultado una metahemoglobinemia, es decir, la hemoglobina de la sangre se transforma en metahemoglobina perdiendo por lo tanto la capacidad de transportar oxígeno a través del sistema vascular (Castellanos y Peña, 1990).



Con la acumulación de nutrientes en el agua ocurre un proceso llamado eutrofización, éste promueve el crecimiento y muerte del fitoplancton, la acumulación de detritos, aumento de bacterias y finalmente el agotamiento del oxígeno y la sofocación de los organismos que lo requieren, principalmente los peces (Tyler, 1994).

Por lo tanto para llevar a cabo un programa de fertilización es indispensable precisar tanto la dosis como la oportunidad de aplicación, para evitar la disminución en el rendimiento del cultivo y la cantidad de nitrato residual (Arévalo-Galarza *et al.*, 2007). La presente investigación tiene por objetivo cuantificar las pérdidas de nitrógeno por lixiviación en un huerto de aguacate en condiciones de temporal en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el huerto "ATHIS" cultivado con aguacate variedad Hass, la edad de los árboles es de aproximadamente 38 años y obtienen el agua del temporal de lluvias. El huerto se encuentra en el municipio de Uruapan, Michoacán en las coordenadas 19° 24' 50.14" latitud Norte y en 102° 0' 11.69" latitud Oeste. Se estableció un diseño experimental factorial completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. El primer factor de variación fueron los tratamientos: Urea, Nitrato de Calcio [Ca (NO₃)₂], Urea de Liberación Controlada [Urea LC] y un Testigo (sin aplicación); el segundo factor de variación fueron las profundidades de muestreo: 30 cm, 60 cm y 90 cm.

Caracterización del suelo

En el mes de junio del 2013, dentro del huerto, se seleccionaron al azar 12 árboles, cada árbol constituye una unidad experimental. Se tomaron muestras de suelo en cada unidad experimental a 30 cm, 60 cm y 90 cm de profundidad. Las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" donde se hizo la caracterización física y química del suelo de acuerdo a los métodos analíticos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Las propiedades evaluadas fueron: densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, conductividad hidráulica, conductividad eléctrica, porcentaje de saturación, capacidad de campo, pH y materia orgánica. Los resultados de la caracterización mostraron un suelo de textura Franco-Arenosa (62.8% Arena, 19.68% Limo y 17.61% Arcilla), conductividad hidráulica alta (16%), porosidad medianamente reducida (35.4%) y muy bajo en materia orgánica (1.16%).

Fertilización

El 5 de Julio del 2013, en la zona de goteo de cada unidad experimental, se trazó 1 m² y se marcó con cuatro estacas e hilo. La dosis de Nitrógeno que se utilizó en el experimento fue de 300 kg ha⁻¹, a partir de esta dosis se obtuvo la cantidad de fertilizante a aplicar en el metro cuadrado de las unidades experimentales. Posteriormente se hizo el sorteo de tratamientos, para determinar que fertilizante se aplicaría en las en las unidades experimentales. Las dosis de los tratamientos Urea y Ca (NO₃)₂ se fraccionaron para hacer tres aplicaciones de éstos fertilizantes durante el temporal; la primera aplicación fue el 11 de Julio del 2013, la segunda aplicación el 3 de Agosto del 2013 y la tercera aplicación el 20 de Agosto del 2013. Por otra parte, el tratamiento de Urea LC sólo tuvo una aplicación, el 11 de Julio del 2013, ya que éste fertilizante retarda y modula la liberación de nutrientes.

Extracción de la solución del suelo

En el centro del cuadrado de las unidades experimentales se instalaron tres sondas de succión a tres profundidades: 30 cm, 60 cm y 90 cm. Con las sondas de succión instaladas en las unidades experimentales se extrajo la solución del suelo.



La primera extracción, se hizo antes de la aplicación de los fertilizantes al suelo, el 10 de Julio del 2013; y a partir de esta fecha se extrajo solución cada 7 días, hasta el 28 de octubre del 2013.

En total se obtuvieron 16 muestras de la solución del suelo. Las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" donde se evaluaron las siguientes variables: Nitratos (NO_3^-), pH y Conductividad eléctrica (CE).

Resultados y discusión

Conductividad Eléctrica

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica en la solución del suelo a tres diferentes profundidades. Para los primeros 30 cm analizados (Figura 1A), a los 313 días julianos, que hubo diferencias significativas entre Testigo (con una concentración de sales de 269 dS m^{-1}) y los tratamientos de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y Urea que mostraron concentraciones de sales superiores a 290 dS m^{-1} . En la profundidad de 60 cm (Figura 1B) a los 313, 320 y 323 días julianos el Testigo presentó una concentración de sales significativamente menor a los tratamientos de Urea LC, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y la Urea. En la profundidad de 90 cm (Figura 1C) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo se puede observar que en las primeras fechas la salinidad de cada tratamiento oscilaba entre 500 y 1000 dS m^{-1} hasta que a los 284 días julianos hubo un descenso de la conductividad eléctrica a aproximadamente 270 dS m^{-1} , similar a lo que ocurrió en la profundidad de 60 cm.

Nitratos

En la Figura 2 se observa el movimiento de los NO_3 en el perfil del suelo a tres diferentes profundidades. En la profundidad de 60 cm (Figura 2B), a los 313 días julianos fecha se tuvo diferencia significativa entre la Urea y los tratamientos de Testigo y Urea LC que tuvieron menos de 250 ppm de NO_3 , y a los 322 días julianos la Urea superó a los demás tratamientos con 713.33 ppm de NO_3 y presentó diferencia significativa con los tratamientos de Urea LC y Testigo con 146.67 ppm y 10.6 ppm respectivamente. En la profundidad de 90 cm (Figura 2C) a los 227 días julianos, la Urea presentó diferencia significativa entre los tratamientos de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y Testigo.

pH

En la Figura 3 se observa el pH que presentó cada tratamiento en tres diferentes profundidades. En la profundidad de 30 cm (Figura 3A), a los 308 días julianos el tratamiento de Urea LC presentó diferencia significativa con la Urea.

En la profundidad de 60 cm (Figura 3B) La Urea presentó a los 338, 341 y 346 días julianos un pH de 9.17, 9.55 y 9.14 respectivamente; siendo éstos últimos los picos más altos de la Figura 3B. En la profundidad de 90 cm (Figura 3C) el tratamiento de la Urea presentó un pico superior a los demás tratamientos a los 341 y 346 días julianos con un pH de 9.93 y 9.24 respectivamente.

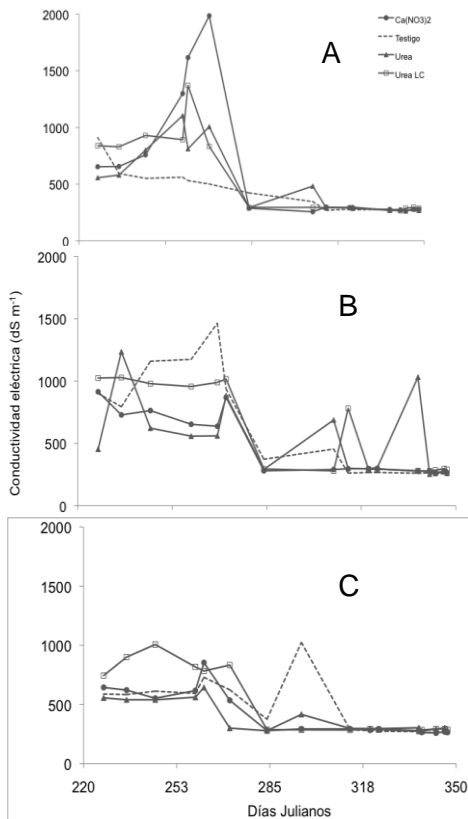


Figura 1. Dinámica de la conductividad eléctrica medida en la solución del suelo a través de sondas de succión en un cultivo de aguacate, utilizando tres fuentes de fertilizante y medida a tres diferentes profundidades (A) 30 cm, (B) 60 cm y (C) 90 cm.

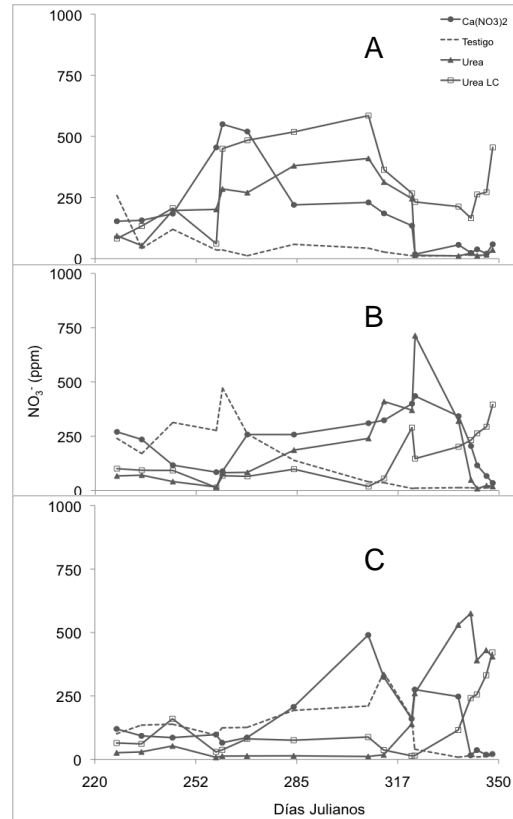


Figura 2. Dinámica de los nitratos medidos en la solución del suelo a través de sondas de succión en un cultivo de aguacate, utilizando tres fuentes de fertilizante y medida a tres diferentes profundidades (A) 30 cm, (B) 60 cm y (C) 90 cm.

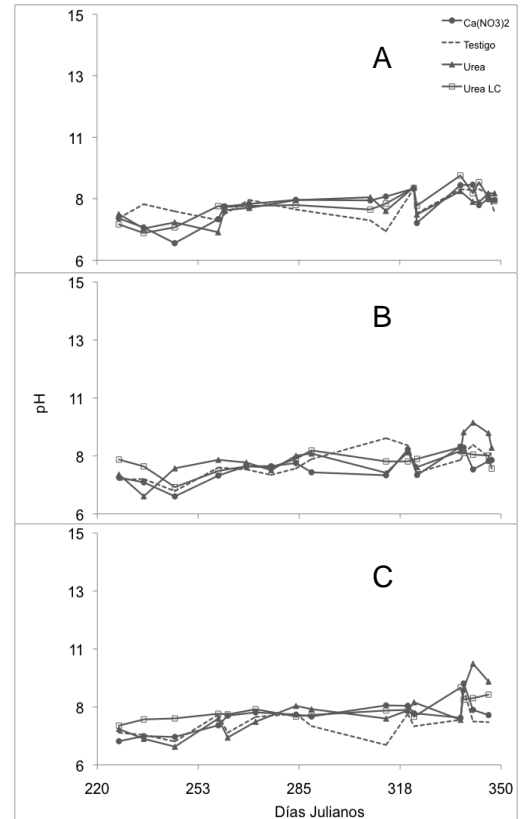


Figura 3. Dinámica de los nitratos medidos en la solución del suelo a través de sondas de succión en un cultivo de aguacate, utilizando tres fuentes de fertilizante y medida a tres diferentes profundidades (A) 30 cm, (B) 60 cm y (C) 90 cm.

Conclusiones

Los tratamientos de Urea y Nitrato de Calcio presentaron arrastre de nitratos en el perfil del suelo.

La Urea de liberación controlada fue el fertilizante que presentó menos nitratos a los 60 y 90 cm en comparación con los tratamientos de Urea y Nitrato de Calcio.



Bibliografía

- Arévalo-Galarza, G., T.M. Hernández Mendoza, E. Salcedo-Pérez y A. Galvis-Spinola. 2007. Aplicación de fertilizantes sintéticos o abonos verdes y su efecto sobre la cantidad de nitrato residual en el suelo. Revista Chapingo. Series Ciencias Forestales y del Ambiente. 13(2):85-90.
- Castellanos, J.Z. y J.J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación a los acuíferos. Terra 8(1):113-126.
- Tyler M, G. 1994. Ecología y medio ambiente: Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del medio ambiente. Editorial Iberoamética. México. 867 p.
- Teliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México. 219 p.
- Wiley, A.W., B. Schaffer, B.N. Wolstenholme. 2002. The avocado: Botany, Production and Uses. CABI. 2002. 432 p.



PRODUCCION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS POR LOS HONGOS ECTOMICORRÍZICOS COMESTIBLES DE MEXICO CON POTENCIAL FARMACOLOGICO, AGRÍCOLA Y FORESTAL

Zúñiga-Cruz, A. J* ; Hernández-Santiago, F.; Pérez-Moreno, J.

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Microbiología, Edafología. Montecillo, Texcoco, estado de México, México.

*Autor de contacto: janice.zuca@gmail.com; Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, estado de México. CP 56230; Tel. 595 9520200 ext. 1280

Resumen

Los hongos son microorganismos esenciales en la naturaleza dado que participan en el reciclaje de la materia orgánica, en la formación y conservación del suelo, y en el equilibrio de los ecosistemas naturales. Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y ciertos grupos de hongos. El principal beneficio para ambos simbioses es el intercambio de nutrientes. Algunas especies de hongos ectomicorrízicos son comestibles y constituyen un recurso de enorme importancia para la conservación forestal, ya que son una fuente alimenticia o una alternativa de ingreso económico para las comunidades locales. Algunas de las especies comestibles tienen alto valor comercial en el mercado internacional, como *Tuber melanosporum*, *Boletus edulis* o *Cantharellus cibarius*. Sin embargo, los hongos ectomicorrízicos comestibles (HEC) han sido un recurso escasamente estudiado como fuente de compuestos bioactivos. Se han encontrado en más de 100 especies de HEC propiedades analgésicas, antialérgicas, anticancerígenas, antioxidantes, antivirales, entre otros. Adicionalmente, se han encontrado compuestos insecticidas, nematocidas y alelopáticos con aplicación potencial para el control de plagas y malezas en el área agrícola y forestal. Asimismo, los HEC como producto forestal no maderable, contribuyen al desarrollo rural y al establecimiento de plantaciones forestales para la rehabilitación de áreas degradadas y al secuestro de carbono en el mundo, lo que contribuye a la mitigación del cambio global.

Palabras clave

Conservación de suelo; control de plagas y malezas; producto forestal no maderable

Introducción

Los hongos son fascinantes y enigmáticos microorganismos, de los cuales se han descrito más de 70,000 especies y se ha estimado, en forma conservadora, que existen aproximadamente 1.5 millones de especies en la tierra (Hawksworth, 1994). Desde siempre, los hongos han desempeñado un importante papel en la vida del ser humano, ya sea como alimentos o medicinas. Uno de los grupos de hongos más fascinantes de hongos son aquellos capaces de establecer relaciones simbióticas con las raíces de las plantas, llamadas micorrizas. Algunos hongos establecen un tipo de micorriza, denominado ectomicorriza, con las raíces de gimnospermas y angiospermas arbóreas, así como con algunos arbustos y hierbas. Las ectomicorrizas constituyen una extensión de las raíces, al incrementar el área de absorción de las mismas. Los hongos ectomicorrízicos originan un efecto benéfico en las plantas



DIVISIÓN II

asociadas, aumentando la absorción de nutrimentos, principalmente N y P, y en retribución, los hongos reciben carbono de ellas (Read y Pérez-Moreno, 2003). En México, la ectomicorriza posee un enorme interés estructural y funcional en ecosistemas templados, subtropicales y tropicales. Se estima que el número de especies de hongos que establecen simbiosis ectomicorrízicas oscila entre 20,000 y 25,000 especies (Comandini *et al.*, 2012). A pesar de que algunos hongos ectomicorrízicos son capaces de producir intoxicaciones en humanos, existe un vasto grupo de especies de hongos ectomicorrízicos comestibles (HEC). Dichos hongos tienen un enorme potencial biotecnológico, en el desarrollo forestal sustentable, y como productores de compuestos bioactivos de importancia médica, nutracéutica, agrícola y forestal.

Materiales y Métodos

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica y análisis de la información de las especies de hongos silvestres que se desarrollan y consumen en México y, que contienen compuestos bioactivos con potencial farmacológico, agrícola y forestal.

Resultados y Discusión

Los HEC han sido muy apreciados por su valor nutricional atribuido a sus altos niveles de proteína, fibra, carbohidratos, vitaminas, minerales, y bajos niveles de grasa. Algunos de estos hongos también han sido usados para incrementar la longevidad humana y la calidad de vida, debido a sus propiedades medicinales y nutracéuticas. Actualmente, existe un creciente interés industrial en los HEC como importante fuente de nuevos compuestos bioactivos usados como medicina o nutracéuticos y por su interés agrícola y forestal.

a) Inmunoestimulantes y antitumorales. El cáncer es una enfermedad provocada por un grupo de células que se multiplican sin control, formando tumores e invadiendo las partes próximas del cuerpo (CRUK, 2013). Los medicamentos contra el cáncer disponibles en la actualidad están lejos de poseer células objetivo específicas y tienen diversos efectos secundarios y complicaciones en el tratamiento clínico. Por esta razón, existe un creciente interés en la búsqueda de metabolitos alternativos útiles en el tratamiento del cáncer. El primer reporte conocido de agentes antitumorales a partir de los hongos fue el de Lucas *et al.* (1957), quienes encontraron extractos eficaces en esporomas de *Boletus edulis* Bull. ex Fr., para el tratamiento de células tumorales del sarcoma S-80 en ratones.

b) Antidiabetes. La *Diabetes mellitus* es un trastorno metabólico de los carbohidratos, grasa y metabolismo de las proteínas que conduce al incremento de los niveles de glucosa en la sangre, denominada hiperglucemia. Si la diabetes no se controla, conduce a enfermedades cardíacas, derrame cerebral, ceguera e insuficiencia renal. Un enfoque terapéutico para su tratamiento es a través de la inhibición de las enzimas hidrolizantes como α -glucosidasa y la α -amilasa en el tracto digestivo (Zhang *et al.*, 2013). Ohuchi y Aoyagi (2010), realizaron una amplia detección de la actividad inhibidora de la α -amilasa y α -glucosidasa de extractos de agua caliente y etanólicos de 195 especies de hongos. Encontraron que especies como *Russula nigricans* y *Morchella esculenta*, tienen una conspicua actividad inhibidora de α -amilasa. Mientras tanto, *Boletus pseudocalopus*, *Albatrellus dispansus*, *Cortinarius albobolaceus* y *C. armillatus* mostraron una fuerte actividad inhibidora de la α -glucosidasa.

c) Antimicrobiano. Existe un creciente interés en la búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos por hongos, debido particularmente a: (i) resistencia a antibióticos por microorganismos patógenos; (ii) efectos secundarios de algunos antibióticos; y (iii) surgimiento de infecciones debido a la resistencia a fármacos microbianos (Alves *et al.*, 2012). Desde una perspectiva ecológica, la producción de compuestos antibióticos es fundamental para la



DIVISIÓN II

supervivencia del micelio de los HEC en condiciones naturales, debido al hecho de que tienen que competir permanentemente con bacterias, hongos, virus, y otros microorganismos del suelo. En las últimas décadas se han encontrado diferentes compuestos antimicrobianos en los extractos de micelio o esporomas de HEC, incluyendo compuestos bioactivos contra *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*.

d) Anti-VIH y otros compuestos virucidas. Zhu *et al.* (2013), extrajeron de *Hygrophorus russula*, un HEC común en México (Pérez-Moreno *et al.*, 2010), una nueva ribonucleasa con significativa actividad inhibidora de la transcriptasa inversa del VIH-1. Anteriormente, Suzuki *et al.* (2012), extrajeron del mismo hongo, una nueva lectina específica para manosa, la cual mostró una actividad mitogénica contra las células de los ganglios del bazo de una rata F344, activando la proliferación de las células T y B, responsables del sistema inmune. Estos investigadores también descubrieron que esta nueva lectina, llamado HRL, se une fuertemente a la proteína gp120 presente en la superficie de los virus y las cadenas de azúcar de superficie sobre células huésped, el cual desempeña un papel importante como uno de los métodos de entrada para la infección viral.

e) Antihipertensivos y efecto hipocolesterolémico. En investigaciones *in vitro* e *in vivo*, los hongos han demostrado reducir los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, como el colesterol total alto y colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad, y la presión arterial alta (Guillamón *et al.*, 2010). Varios experimentos *in vivo* han demostrado el efecto hipotensor del ácido γ -aminobutírico o GABA, aminoácido que se ha reportado en altas cantidades en algunos HEC comestibles como *B. edulis* (Chen *et al.*, 2012) (Figura 1).

f) Insecticida. Mier *et al.* (1996), realizaron extractos de esporomas secos de hongos comestibles y tóxicos con el fin de encontrar posibles compuestos bioactivos con propiedades insecticidas. De las 175 especies de Ascomycetes y Basidiomycetes evaluados, 79 especies inhibieron el desarrollo de un insecto no micófago: *Drosophila melanogaster*. Algunos de los extractos más tóxicos se originaron a partir de HEC como *Boletus badius*, *B. luridus*, *B. edulis*, *B. erythropus*, *Cantharellus cibarius*, *Clavulina cinerea*, *Cortinarius purpurascens*, *Hygrophorus chrysodon*, *H. niveus*, *Suillus bovinus*, *S. subtomentosus*, *Tricholoma equestre*, *T. saponaceum*, *T. sejunctum*, *T. sulphureum* y *Xerocomellus chrysodon*. Birck *et al.* (2004), describieron una nueva familia de lectina, con estructura similar a las actinoporinas, extraído de *Xerocomellus chrysenteron*. Un miembro de esta familia, la lectina XCL de *Xerocomus chrysenteron* induce cambios drásticos en la actina del citoesqueleto, después de la unión del azúcar, en la superficie celular e internalización, y por lo tanto tienen una potencial actividad insecticida. Los insectos modelos evaluados fueron *Spodoptera littoralis* (Boisduval) y *D. melanogaster* (Miegen). Probablemente, las propiedades insecticidas más conocidas de hongos ectomicorrízicos son las de *Amanita muscaria*. Michelot y Melendez-Howell (2003), con base en Muto y Sugawara en 1970, consideraron que el atrayente potencial de moscas de este hongo es la dioleína 1,3, un diéster de glicerol y ácido oleico, y el "ácido iboténico" se ha atribuido como el compuesto bioactivo insecticida por Takemoto *et al.* (1964) (Figura 1).

g) Nematicida. Dong *et al.* (2006), reportaron que los extractos de *Lactarius gerardii* y *Strobilomyces floccopus* afectan negativamente el crecimiento del nematodo parásito de pino *Bursaphelenchus xylophilus*. Chen *et al.* (2010), registraron una fuerte toxicidad de los filtrados de fermentación de: (i) *Amanita excelsa* contra *Aphelenchoides basseyi* y *Meloidogyne incognita*, y (ii) *Russula sanguinea* y *R. alutacea* contra los nematodos *A. basseyi*, *Heterodera glycines* y *M. incognita*.

h) Antifitopatógenos. Stadler y Sterner (1998) reportaron que los extractos de acetatos de etilo de algunas especies como *Albatrellus ovinus*, *Gomphidius glutinosus*, *Hebeloma mesophaeum*, *Lactarius rufus*, *Paxillus involutus*, *Peziza badia*, y *T. saponaceum* tuvieron

efecto antimicrobiano contra *Nematospora coryli*, el cual origina la estigmatomicosis en el algodón, la soya, nuez pecanero, granada, cítricos y pistache. Parada *et al.* (2012) demostraron que el extracto acuoso del sustrato donde se cultivó el hongo comestible *L. decastes* fue eficaz en la reducción de las enfermedades fúngicas y bacterianas de las plantas de pepino. Wang *et al.* (2013), realizaron la purificación y caracterización de una nueva lectina del hongo silvestre *P. involutus*, el cual presentó actividad antifitovirus contra el virus del mosaico del tabaco.

i) Alelopatía. Araya (2007) evaluó el posible efecto alelopático de esporomas secos de 83 hongos utilizando plantas modelo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Este autor encontró que algunos HEC como *M. esculenta*, *C. violaceus*, *Lyophyllum decastes* y *R. formosa* mostraron un fuerte efecto inhibitor en el crecimiento de la planta, debido a la producción de compuestos bioactivos aleloquímicos. Sin embargo, uno de los ejemplos más fascinantes de la inducción de alelopatía por el micelio de HEC es el producido por las trufas (*Tuber* spp.) (Splivallo *et al.*, 2007).

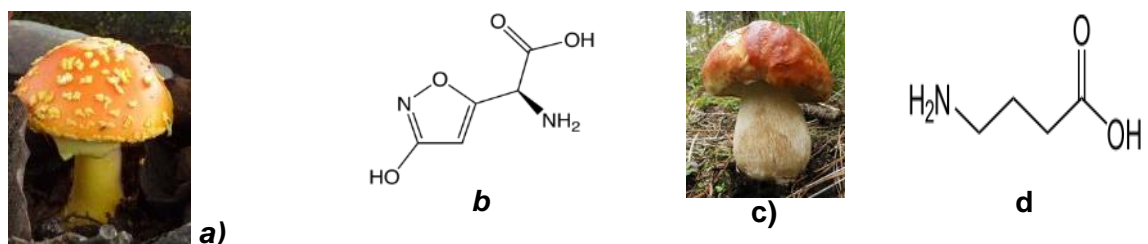


Figura 1. a y b) *Amanita muscaria*, una especie no comestible y molécula del "ácido iboténico" atribuido como insecticida; c y d) *Boletus edulis* y molécula del ácido γ -aminobutírico o GABA con efecto hipotensor.

Conclusiones

Los HEC representan una fuente importante, escasamente estudiada, de compuestos bioactivos útiles en la mejora de la salud humana, como medicina o nutraceuticos, por sus diferentes propiedades. Asimismo, este grupo de hongos representan una atractiva fuente de compuestos bioactivos útiles para una agricultura sustentable, debido al hecho de que tienen un efecto antagonista contra plagas, bacterias patógenas de plantas, hongos, nematodos, o virus. Los avances en el cultivo de HEC pueden contribuir a la producción de alimentos sanos y nutritivos y producción de nutraceuticos.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero para el desarrollo de la presente investigación al Proyecto CONACyT 2014-Proyectos de Desarrollo Científico para atender Problemas Nacionales-246674 "Biotecnologías de los hongos comestibles ectomicorrízicos y su impacto en la mitigación del cambio climático y desarrollo forestal sustentable.

Bibliografía

- Alves, M.J., I.C.F.R. Ferreira, A. Martins and M. Pintado. 2012. Antimicrobial activity of wild mushroom extracts against clinical isolates resistant to different antibiotics. *J Appl Microbiol.* 115:346-357.
- Araya, H. 2007. Fruiting bodies of mushrooms as allelopathic plants. *In:* Fujii, Y. and S. Hiradate (Eds). *Allelopathy: new concepts and methodology*. Science Publisher, Enfield.
- Birck, C., L. Damian, C. Marty-Detraves, A. Lougarre, C. Schulze-Briese, P. Koehl, D. Fournier, L. Paquereau and



DIVISIÓN II

- J.P.Samama. 2004. A new lectin family with structure similarity to actinoporins revealed by the crystal structure of *Xerocomus chrysenteron* lectin XCL. *J Mol Biol.* 344:1409-1420.
- Chen, X. H., H. Zhou, G. Qiu. 2010. Chemical composition and antioxidant activity of two edible mycorrhizal fungi from South China *Asian J Chem* 22(9):6867-6878.
- Chen, S. Y., K.J. Ho, Y. J. Hsieh, L. T. Wang and J.L. Mau. 2012. Contents of lovastatin, c-aminobutyric acid and ergothioneine in mushroom fruiting bodies and mycelia. *Food Sci Technol* 47:274-278.
- Comandini, O., A.C. Rinaldi, TW Kuyper. 2012. Measuring and estimating ectomycorrhizal fungal diversity: a continuous challenge. In: Pagano, M. (Ed). *Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments*. Nova Science Publishers, Inc. New York.
- CRUK. 2013. *What cancer is?. Cancer Research United Kingdom*. London, UK.
- Dong, J.Y., X.P. Li, L. Li, G.H. Li, Y.J. Liu and K.Q. Zhang. 2006. Preliminary results on nematicidal activity from culture filtrates of Basidiomycetes against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Aphelenchoididae). *Ann Microbiol* 56(2):163-166.
- Guillamón, E., A. García-Lafuente, M. Lozano, M. D'arrigo, M.A. Rostagno, A. Villares and J.A. Martínez. 2010. Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia* 81:715-723.
- Hawksworth, D.L. 1994. Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies Mycol* 50:9-18.
- Lucas, E.H., R.I. Ringler, R.U. Byerrum, J.A. Stevens, D.A. Clarke and C.C. Stock. 1957. Tumor inhibitors in *Boletus edulis* and other Basidiomycetes. *Antibiotics Chemother* 7:1-14.
- Michelot, D. and L.M. Melendez-Howell. *Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology. *Mycol Res* 107(2):131-146.
- Mier, N., S. Canete, A. Klabebe, L. Chavant and D. Fournier. 1996. Insecticidal properties of mushroom and toadstool carpophores. *Phytochem* 41(5):1293-1299.
- Ohuchi, K. and Y. Aoyagi. 2010. Inhibitory Effect of Mushroom Extracts on α -Amylase and α -Glucosidase. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 57(12):532-538.
- Parada, R.Y., S. Murakami, N. Shimomura and H. Otami. 2012. Suppression of fungal and bacterial diseases of cucumber plants by using the spent mushroom substrate of *Lyophyllum decastes* and *Pleurotus eryngii*. *J Phytopathol* 160:390-396.
- Pérez-Moreno, J., A. Lorenzana-Fernández, V. Carrasco-Hernández and A. Yescas-Pérez. 2010. Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexos. Colegio de Postgraduados, SEMARNAT, CONACYT. México. 167 p.
- Read, D.J and J. Pérez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems-a journey toward relevance?. *New Phytol* 157:475-492.
- Splivallo, R., M. Novero, C.M. Berteza, S. Bossi and P. Bonfante. 2007. Truffle volatiles inhibit growth and induce an oxidative burst in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytol* 175(3):417-424.
- Stadler, M. and O. Sterner. 1988. Production of bioactive secondary metabolites in the fruit bodies of macrofungi as a response to injury. *Phytochemistry* 38(4):1013-1019.
- Suzuki, T., K. Sugiyama, H. Hirai, H. Ito, T. Morita, H. Dohra, T. Murata, T. Usui, H. Tateno, J. Hirabayashi, Y. Kobayashi and H. Kawagishi. 2012. Mannose-specific lectin from the mushroom *Hygrophorus russula*. *Glycobiology* 22(5):616-629.
- Takemoto, T., T. Nakajima and R. Sakuma. 1964. Isolation of a flycidal constituent "Ibotenic acid" from *Amanita muscaria* and *A. pantherina*. *J Pharm Soc Jpn* 84:1233-1244.
- Wang, S.X, G.Q. Zhang, S. Zhao, F. Xu, Y. Zhou, X.I. Geng, Y. Liu and H.X. Wang. 2013. Purification and characterization of a novel lectin with antiphytovirus activities from the wild mushroom *Paxillus involutus*. *Protein Peptide Lett* 20(7):767-774.
- Zhang, X.Q., Y.Q. Wang, L.A. Wang, Z.I. Guan. 2013. Protective effects of crude polysaccharides from *Chroogomphus rutilus* on SH-SY5Y cells impaired by MPP+. *Acta Physiologica Sinica* 65(2):210-216.
- Zhu, M., L. Xu, X. Chen, Z. Ma, H. Wang and T.B. Ng. 2013. A novel ribonuclease with HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activity from the edible mushroom *Hygrophorus rusula*. *Appl Biochem Biotechnol* 170:219-230.



DIVERSIDAD Y BIOTECNOLOGÍA DE HONGOS COMESTIBLES ECTOMICORRÍZICOS EN MÉXICO Y SU IMPORTANCIA EN MERCADOS INTERNACIONALES

Zúñiga-Cruz, A. J^{1*}; Ojeda-Trejo, E. ¹; Pérez-Moreno, J. ¹

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, estado de México. México.

*Autor de contacto: janice.zuca@gmail.com; Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, estado de México. CP 56230; Tel. 595 9520200 ext. 1280

Resumen

Los hongos comestibles ectomicorrízicos constituyen un invaluable recurso forestal no maderable de enorme importancia en la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas forestales. Desde una perspectiva biológica dichos hongos son la fase reproductiva de microorganismos que forman parte del microbioma edáfico, y que establecen relaciones simbióticas mutualistas principalmente con angiospermas y gimnospermas. A nivel mundial existen más de 500 especies de hongos comestibles ectomicorrízicos, cuyo comercio internacional está valuado anualmente en billones de dólares. México constituye el segundo reservorio genético a nivel internacional de este importante grupo de hongos con más de 200 especies, distribuidas principalmente en los bosques de pinos, oyameles, encinos, mesófilos de montaña y tropicales. En el país estos hongos poseen un enorme valor cultural, social y económico principalmente en el centro y sureste del país. Dichos hongos son objeto de autoconsumo, así como de comercialización directa o a través de intermediarios y como producto de exportación a Estados Unidos y Canadá, Europa y el sureste asiático. En el Colegio de Postgraduados, se ha desarrollado una biotecnología con dichos hongos principalmente inoculando pinos y encinos con diversas especies de los géneros *Laccaria*, *Hebeloma* y *Suillus*. En el presente trabajo se analiza y discute la importancia de los hongos comestibles ectomicorrízicos de México, desde las perspectivas de su biodiversidad y desarrollo biotecnológico.

Palabras clave

Biodiversidad, hongos comestibles ectomicorrízicos, micología económica.

Introducción

La ectomicorriza es una simbiosis mutualista que se establece entre las raíces de más de 3000 especies de gimnospermas y angiospermas y alrededor de 20,000 especies de hongos, principalmente Basidiomycetes y Ascomycetes (Comandini *et al.*, 2012). Esta simbiosis tiene una enorme importancia estructural y funcional en el mantenimiento de los ecosistemas forestales, principalmente de las áreas boreales, templadas, y algunas subtropicales y tropicales en el planeta (Read and Pérez-Moreno, 2003). En la producción de diversos árboles de interés forestal, incluyendo por ejemplo todas las especies de pinos, resulta fundamental la inoculación con hongos ectomicorrízicos. Uno de los criterios de selección de especies ectomicorrízicas que ha cobrado enorme interés a nivel mundial es su comestibilidad. Esto debido a que diversas especies de hongos ectomicorrízicos poseen una enorme importancia cultural, social y económica a nivel mundial, por sus propiedades alimenticias, ya sea por su



DIVISIÓN II

relevancia en mercados domésticos o como un producto de exportación (Zambonelli y Bonito, 2012). México es uno de los más importantes reservorios de hongos comestibles ectomicorrízicos a nivel mundial, ocupando el segundo lugar después de China. Esto se debe principalmente a que el país posee una enorme diversidad biológica junto con una diversidad étnica, y conocimiento tradicional importante, constituida por 68 grupos étnicos, cada uno de ellos con su propio lenguaje, cosmovisión y manejo de recursos naturales. El objetivo del presente trabajo es presentar información vinculada con la enorme diversidad biológica de hongos comestibles ectomicorrízicos presente en México y analizar el potencial de aplicación biotecnológica de dichas especies, enmarcando este conocimiento en el entorno internacional.

Materiales y Métodos

Se efectuó una revisión bibliográfica en la base de datos *ISI Web of Science*, de *Thompson Reuters*, la cual comprendió el periodo de las últimas dos décadas, de 1995 a 2015. Adicionalmente, se efectuó una búsqueda bibliográfica que comprendió el mismo periodo en la base de datos *Google scholar*. Esto permitió la recopilación de artículos científicos vinculados con aspectos de diversidad y de importancia biotecnológica de los hongos comestibles ectomicorrízicos en México y de su aplicación biotecnológica. Asimismo se buscaron citas de la importancia de los hongos comestibles ectomicorrízicos en otras partes del mundo principalmente Norteamérica, sureste asiático y Europa. Una vez compilados los artículos científicos, se procedió a su análisis, organización y sistematización.

Resultados y Discusión

Importancia económica a nivel internacional. De las más de mil especies de hongos comestibles conocidos a nivel mundial, aproximadamente 50% establecen asociaciones ectomicorrízicas con gimnospermas y angiospermas. El comercio internacional de los hongos comestibles ectomicorrízicos a nivel mundial está valuado en billones de dólares americanos anualmente (Boa, 2004). En países como Italia, China y España su recolección posee una enorme importancia económica, social y cultural. Dentro de las especies de mayor valor en Europa se encuentran las trufas, que son hongos hipogeos del género *Tuber*, principalmente *T. magnatum* conocida como la trufa blanca y *T. melanosporum* conocida como trufa negra. El comercio internacional de la trufas está valuado anualmente en más de 300 millones de dólares americanos y sus precios pueden ser exorbitantes, alcanzando por ejemplo en 2007 un solo ejemplar de menos de 1 g de peso, un valor de 350,000 dólares en una subasta dirigida por la prestigiosa casa británica Christie's (Pérez-Moreno and Martínez-Reyes, 2014). Por esta razón a las trufas se les ha denominado el diamante negro de la gastronomía. En el caso del sureste asiático, la especie de mayor valor es denominada matsutake, el cual es un complejo de especies del género *Tricholoma*, incluyendo principalmente *T. matsutake* en Asia, o el denominado matsutake americano, *T. magnivelare*, los cuales son comercializados principalmente en Japón, en donde son un símbolo de amistad y de otoño. Más recientemente, en España se ha desarrollado exitosamente diversos proyectos de "micoturismo", en los cuales se recolectan hongos comestibles silvestres y se preparan en restaurantes locales, siendo generadores de miles de empleos, de conservación de sus bosques, y de reducción de migración de población rural a áreas urbanas.

DIVISIÓN II

Cuadro 1. Importancia económica a nivel internacional de las principales especies de hongos comestibles ectomicorrízicos presentes en México.

Nombre científico	Nombres comunes	Valor de mercado anual a nivel mundial ¶	Precio promedio por Kg en mercados internacionales ¶	Principales países de comercialización
<i>Amanita caesarea</i> s.l.	Tecomate, yema	200 millones	7 a 30	Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia
<i>Boletus edulis</i> s.l.	Cema, mazayel, panza, pambazo	250 millones	13 a 198	Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia
<i>Cantharellus cibarius</i>	Duraznillo, <i>xochilnananacatl</i>	1.67 billones	8 a 22	Alemania, Estados Unidos, Canadá, China, Francia
<i>Tricholoma magnivelare</i>	Matsutake, hongo blanco, hongo de venado	500 millones	30 a 1000	Japón

Modificada de Pérez-Moreno y Martínez-Reyes (2014); ¶ costos expresados en dólares americanos.

Biodiversidad en México. México es uno de los reservorios de mayor importancia a nivel internacional de hongos comestibles silvestres en general, y de hongos comestibles ectomicorrízicos específicamente. A nivel mundial, con más de 400 especies de hongos comestibles, el país ocupa el segundo lugar, solo después de China. Los géneros con mayor cantidad de especies comestibles son *Ramaria* (Figura 1), *Amanita*, *Russula*, *Lactarius* y *Laccaria*. Estas especies se asocian principalmente con árboles de los géneros *Pinus*, *Abies*, *Quercus*, así como en bosques mesófilos de montaña en regiones subtropicales y algunas tropicales. El consumo de los hongos silvestres en México, data de épocas ancestrales, y a la llegada de los españoles el conocimiento relacionado con dichas especies era enormemente prolífico y exacto. Actualmente, existen diversos grupos étnicos principalmente en el centro y sureste del país, con un conocimiento milenario relacionado con dichos hongos, por lo que el país puede ser considerado en su mayoría micofílico. Existe además un potencial de utilización de las especies, dando un valor agregado a las mismas, mediante métodos de conservación tales como deshidratado, preparación de salmueras, o conservas, o incluso desarrollo de actividades micoturísticas como ocurre actualmente en España y China.



Figura 1. El género *Ramaria* incluye la mayor cantidad de especies de hongos comestibles ectomicorrízicos en México, contabilizadas en más de 40 especies. Dichas especies son conocidas con los nombres comunes de escobetas, patitas de pájaro o astas de venado.

Aspectos biotecnológicos. A nivel internacional existe una corriente de utilización de hongos comestibles ectomicorrízicos en la producción de bioinoculos benéficos para plantas de interés forestal. Las especies fúngicas empleadas exitosamente a la fecha en México, se encuentran incluidas principalmente en los géneros *Laccaria*, *Hebeloma* (Carrasco-Hernández *et al.*, 2015) y *Suillus*. Dada la profunda micofilia en el país, el potencial de producción de bioinoculantes benéficos para el crecimiento de pinos y encinos principalmente, tiene un enorme potencial. Diversas investigaciones han comprobado que la inoculación con hongos comestibles ectomicorrízicos nativos de México, originan beneficios en el crecimiento, translocación de macronutrientes, tales como N, P, K, Ca, Mg, y micronutrientes como Fe, Ca, y Mn (Pérez-Moreno *et al.*, 2015). Estos incrementos en crecimiento han estado asociados con colonizaciones de hasta 95% en diversas especies de pinos y encinos de importancia forestal en el país. La eficiencia de los métodos de inoculación ha quedado demostrada por la formación de esporomas de las especies inoculadas en los tubetes donde se han hecho crecer sus árboles hospederos asociados. A pesar de ello, el desarrollo biotecnológico de los hongos comestibles ectomicorrízicos de México, se encuentra aún en su infancia, y a la fecha, hace falta el establecimiento de plantaciones con árboles inoculados con dichos hongos con fines comerciales.



Figura 2. Diversas especies de *Laccaria*, como *Laccaria laccata* han demostrado originar un mayor crecimiento y translocación nutrimental en diversos pinos nativos de México. La formación de esporomas en los árboles inoculados ha demostrado la eficiencia de los métodos biotecnológicos empleados en especies como *Pinus montezumae* mostrado en la imagen, siendo acompañados estos efectos benéficos con colonizaciones ectomicorrízicas superiores a 90%.



Conclusiones

La diversidad de hongos comestibles ectomicorrízicos en México es enorme, siendo el país uno de los más importantes reservorios de dichas especies a nivel internacional. Adicionalmente, en el país se encuentra en desarrollo una biotecnología de utilización de dichos hongos para inocular especies de pinos y encinos, principalmente por su capacidad de translocación de nutrimentos a dichos árboles, así como por incrementar su supervivencia en campo. De esta manera los hongos comestibles ectomicorrízicos constituyen un recurso forestal no maderable, de gran potencial en la conservación forestal del país, por su importancia económica, social, cultural y biotecnológica, contribuyendo de esta manera al desarrollo rural sustentable y al contribuir a reforestaciones exitosas, al secuestro de carbono y mitigación del cambio climático.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero para el desarrollo de la presente investigación al Proyecto CONACyT 2014-Proyectos de Desarrollo Científico para atender Problemas Nacionales-246674 "Biotecnologías de los hongos comestibles ectomicorrízicos y su impacto en la mitigación del cambio climático y desarrollo forestal sustentable".

Bibliografía

- Boa, E. 2004. *Wild edible fungi: A global overview of their use and importance to people*. Non-wood forest products 17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 161 p.
- Carrasco-Hernández, V., J. Pérez-Moreno, R. Quintero-Lizaola, T. Espinosa-Solares, A. Lorenzana-Fernández and V. Espinosa-Hernández E. 2015. Edible species of the fungal genus *Hebeloma* and two neotropical pines. *Pakistan Journal of Botany* 47: 319-326.
- Comandini, O., A.C. Rinaldi, TW Kuyper. 2012. Measuring and estimating ectomycorrhizal fungal diversity: a continuous challenge. In: Pagano, M. (Ed). *Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments*. Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Pérez-Moreno, J. y M. Martínez-Reyes. 2014. Edible ectomycorrhizal mushrooms: biofactories for sustainable development. In: R Guevara-González and I. Torres-Pacheco (eds.) *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 151-233.
- Pérez-Moreno, J., A. Lorenzana-Fernández, V. Carrasco-Hernández and A. Yescas-Pérez. 2010. Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexos. Colegio de Postgraduados, SEMARNAT, CONACYT. México. 167 p.
- Read, D.J and J. Pérez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems-a journey toward relevance?. *New Phytol* 157:475-492.
- Zambonelli, A. and G.M. Bonito (eds.) 2012. *Edible ectomycorrhizal mushrooms*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 240 p.



AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN ZACATE CHINO (*Buchloe dactyloides*) Y ZACATE JOHNSON (*Sorghum halepense* L) DE LA REGIÓN LAGUNERA DE DURANGO

Alvarado-Reveles, O.A^{1,2}; Espino-Monzón, A.N^{1,2}; Navarro-Arellano, J.C²; Gallegos-Robles, M.A¹; Figueroa-Viramontes, U³; Vazqu ez-Vazqu ez, C^{1*}.

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México.

² Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Biológicas. Torreón, Coahuila, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Y Agropecuarias. Campo Experimental la Laguna. Matamoros, Coahuila, México

*Autor responsable: cirvaz60@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Km 35, Ejido Venecia S/N. Gómez Palacio, Durango, México. CP: 35000; Tel. +52(872)-7118918.

Resumen

Las bacterias diazotróficas desempeñan un papel de gran importancia en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico. En los últimos años las más ampliamente estudiadas han sido las que se encuentran estableciendo asociaciones simbióticas con las leguminosas. Sin embargo, estudios recientes muestran que las bacterias de vida libre ofrecen ventajas comparativas frente a las simbióticas. Además de que se ha observado que muchas de ellas se encuentran en la rizosfera de gramíneas. Una de las especies ampliamente distribuidas en gramíneas es *Azospirillum*, que ha sido aislado en suelos con gramíneas tropicales, pero también en gramíneas cultivadas como el maíz. En este trabajo se aislaron e identificaron bioquímicamente bacterias fijadoras de nitrógeno en suelo rizosférico y raíz obtenidos de zacate chino (*Bluchoe dactyloides*) y Zacate Johnson (*Sorghum halepense* L) en suelos de la Región Lagunera de Durango. Para el aislamiento se utilizó el agar extracto de levadura manitol (YMA) adicionado con rojo Congo; la identificación bioquímica se realizó mediante pruebas bioquímicas propias para bacterias fijadoras de nitrógeno; para determinar la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en condiciones microaerofílicas medio libre de nitrógeno (Nfb). La mayor cantidad de colonias se obtuvo en suelo rizosférico de zacate chino. Por las características macroscópicas, microscópicas y bioquímicas, así como por la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico de las bacterias aisladas en zacate chino y zacate Johnson, estas se asociaron al género *Azospirillum*.

Palabras clave

Bacterias diazotróficas; Fijación biológica de nitrógeno; *Azospirillum*.

Introducción

El nitrógeno representa el 78 % de los gases que componen la atmosfera. Sin embargo, esta fuente no est  disponible para las plantas. En este contexto la fijación biológica de nitrógeno (FBN) adquiere una gran importancia. Dado que la FBN se lleva a cabo por bacterias que tienen la capacidad de reducir el nitrógeno atmosférico (N₂) a amonio (NH₄) la presencia de estos agentes es de gran importancia en procesos agrícolas, así como en el uso sostenible del



DIVISIÓN II

suelo. La mayor parte de las investigaciones sobre FBN se ha realizado en la simbiosis entre rizobios y leguminosas; sin embargo, ha surgido un gran interés por el estudio de los microorganismos diazotróficos de vida libre y es en las últimas décadas cuando se ha investigado la FBN en bacterias asociadas a diversas gramíneas (Bashan *et al.*, 2014).

La información sobre el aislamiento y la asociación de bacterias fijadoras de nitrógeno en gramíneas en zonas áridas es escasa, los trabajos más recientes han sido enfocados a estudios en bacterias aisladas en suelos donde predominan la vegetación de gramíneas como pastos tropicales, pastos de zonas templadas, así como de gramíneas cultivadas. Los resultados de las investigaciones realizadas en zonas áridas ponen de manifiesto las ventajas de cepas aisladas en estos ambientes dadas sus condiciones para tolerar condiciones adversas (Meyer *et al.*, 2013; Mantilla-Paredes *et al.*, 2009; Dalton y Kramer, 2006).

Las principales especies bacterianas asociadas con gramíneas son las del género *Azospirillum*, *Herbasporillum seropedicae*, *Acetobacter diazotrophicus*, *Enterobacter agglomerans*, *E. cloacae*, *Bacillus azotofixans*, *B. polymyxa*, *Alcaligenes faecalis* y bacterias de los géneros *Azotobacter* y *Pseudomonas* (Pérez *et al.*, 2010).

Por todo lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo fue el aislamiento e identificación bioquímica de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) en dos tipos de gramíneas que se encuentran de manera natural en la Región Lagunera de Durango.

Materiales y Métodos

Los muestreos para el aislamiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno se llevaron a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el kilómetro 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el poblado Venecia. Se recolectaron muestras de suelo rizosférico y raíz de los zacates chino (*Bluchoe dactyloides*) y Johnson (*Sorgum halepense* L), que son gramíneas de crecimiento abundante en la Región Lagunera de Durango. La recolección de muestras se llevó a cabo a una profundidad de 20 cm, según lo reportado por Langer *et al.* (2008). El suelo rizosférico se obtuvo al removerlo de las raíces. Las raíces se lavaron, se cortaron en fragmentos y se desinfectaron con alcohol de 70° durante 1 minuto, posteriormente se sumergieron en hipoclorito de sodio al 2 % por 2 minutos y se lavaron con suficiente agua destilada estéril. Se tomaron 10 g de muestra tanto del suelo rizosférico y de las raíces, se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} en PBS (0.1 M pH 7). 1 mL de cada dilución fue sembrado por placa vertida en agar extracto de levadura manitol (YMA) adicionado con rojo Congo, que está reportado como medio específico para el aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno (Hernández *et al.*, 2012; Rodríguez Cáceres, 1982). Las placas fueron incubadas a 37 ± 2 °C por 72 h. La identificación morfológica y bioquímica se realizó siguiendo los protocolos establecidos en Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1994) y por Obando *et al.* (2010) correspondientes para bacterias fijadoras de nitrógeno. Brevemente, se practicó tinción de gram y se observó la morfología y la respuesta a la tinción de las colonias en objetivo de 100X. Las colonias aisladas se agruparon siguiendo algunas características macroscópicas (forma, borde, pigmentación, superficie, consistencia) Para la identificación bioquímica se practicaron diferentes pruebas bioquímicas para determinar si los aislamientos realmente correspondían a algún género de bacterias fijadoras de nitrógeno. Comparándose con una cepa aislada de un biofertilizante comercial que contenía bacterias correspondientes al género *Azospirillum*.

Posterior a la identificación morfológica (microscópica y macroscópica) y bioquímica de las bacterias aisladas, se determinó la capacidad bacteriana de fijar nitrógeno atmosférico en condiciones microaerófilas a las colonias aisladas. Para ello, fueron sembradas en medio libre de nitrógeno (Nfb) con solución básica de azul de bromotimol. La siembra se efectuó en medio

semisólido por picadura. Se incubó a 37 ± 2 °C por 5 días y se buscó el vire característico del medio del cultivo en bacterias capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Garrido *et al.*, 2010; Holguin *et al.*, 1996).

Resultados y Discusión

El número de bacterias aisladas de suelo rizosférico y de raíz se muestra en la figura 1 y se expresan como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g), se puede observar que en suelo rizosférico de *B. dactyloides* (zacate chino) es donde se tiene el mayor número de colonias, seguido del suelo rizosférico de *S. halepense* (L) (zacate Johnson). El control corresponde a un biofertilizante comercial con bacterias del género *Azospirillum*.

Las colonias crecieron en agar YMA el cual se le adicionó colorante rojo Congo; este medio se ha empleado para el aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) asociadas a leguminosas (Langer *et al.*, 2008). Sin embargo, también se utiliza para aislar BFN asociadas a gramíneas, entre los géneros reportados destacan: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter* y *Azospirillum*. En este sentido, los resultados de otras investigaciones indican que las colonias de *Azospirillum* presentan un color rojo escarlata, mientras que las colonias de otros géneros asociadas raíz (*Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*) cuando son sembradas en agar YMA con rojo Congo crecen translucidas debido a que no absorben el rojo Congo (Rodríguez Cacéres, 1982). El color de las colonias aisladas en los dos zacates corresponde al rojo, lo cual indica que presentan la capacidad de absorber el rojo Congo (figura 2), el crecimiento fue abundante, consistencia seca, el diámetro fue en promedio de 2 mm, con forma ondulada y superficie rugosa. En la figura 3 se observa que para todos los tratamientos las bacterias corresponden a bacilos G (-).

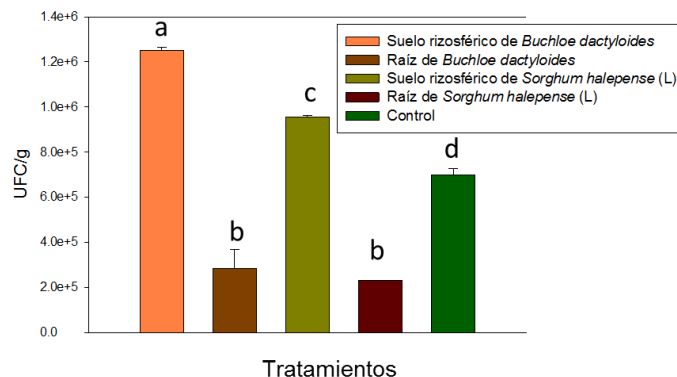


Figura 1. Número de colonias aisladas en suelo rizosférico y raíz de *B. dactyloides* y *S. halepense* (L) en agar YMA. Se presenta el promedio de tres repeticiones. Letras diferentes indican diferencia estadística.

Las pruebas bioquímicas realizadas fueron comparadas con lo reportado en Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1994). Los resultados de dichas pruebas se muestran en el cuadro 1.

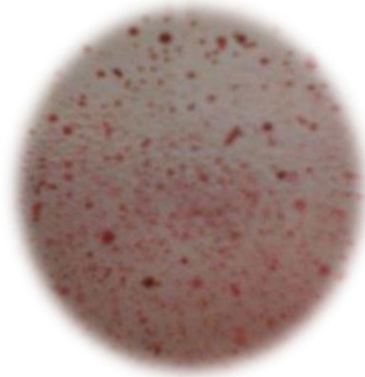


Figura 2. Colonias aisladas de suelo rizosférico y raíz de *B. dactyloides* y *S. halepense* (L) crecidas en agar YMA adicionado con rojo Congo a 37 ± 2 °C.

Entre las características bioquímicas más importantes para la identificación de BFN (Pérez y Casas, 2005; Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology, 1994). Podemos destacar que las bacterias probadas no utilizan el citrato de Simmons como fuente de carbono, son fermentadoras de azúcares (positivo en TSI), presentan movilidad y no producen indol. Además de que son oxidasa positiva.

En el manual Bergey’s se encontró que dentro de las BFN la que más se ajusta a los resultados de las pruebas bioquímicas y a la morfología macroscópica y microscópica son las especies de *Azospirillum*. Esto tiene coincidencia con lo reportado por Pérez y Casas (2005) quienes lograron aislar *Azospirillum* de caña de azúcar (*Saccharum sp*) para su caracterización morfológica y bioquímica. En este mismo tenor, Pazos *et al.* (2000) reportan la misma tendencia en cepas del mismo género aisladas en diferentes suelos de San Nicolás Bari en la Habana Cuba.

Cuadro1. Identificación bioquímica de las bacterias aisladas en suelo rizosférico y raíz de *B. dactyloides* y *S. halepense* (L).

Prueba Bioquímica	<i>B. dactyloides</i>		<i>S. halepense</i> (L)	
	Suelo rizosférico	Raíz	Suelo rizosférico	Raíz
Triple azúcar hierro	+	+	+	+
Lisina hierro agar	-	-	+	+
Movilidad	+	+	+	+
Indol	-	-	-	-
oxidasa	+	+	+	+
Citrato de Simmons	-	-	-	-

Con la prueba de fijación de nitrógeno atmosférico se pudo confirmar que las bacterias aisladas correspondían a BFN. Se obtuvo crecimiento en medio Nfb libre de nitrógeno a las 72 h de incubación; se observó el vire del medio de verde a azul con la formación de película. Lo anterior es una característica empleada para distinguir a las BFN, aun cuando es una prueba cualitativa ya que nos indica solamente la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico pero no cuantifica el nitrógeno fijado (Reyes *et al.*, 2008; Döbereiner *et al.*, 1995).



Conclusiones

En base a las características morfológicas (macroscópicas y microscópicas) de las colonias aisladas y a los resultados de las pruebas bioquímicas realizadas podemos concluir que las bacterias aisladas corresponden al género *Azospirillum*. Con los resultados obtenidos se hace palpable que las gramíneas provenientes de zonas áridas representan un nicho importante para la identificación de bacterias con potencial de fijar nitrógeno.

Bibliografía

- Bashan, Y., de Bashan, L.E. Prabhu, S.R. Hernández, J.P. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant soil*. 378:1-33.
- Bergey, D.H., Holt, J.G. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ed: Williams y Wilkins.
- Dalton, D.A., Kramer, S. 2006. Plant-associated bacteria. p. 105-130. In S.S. Gnanamanickam (ed). *Nitrogen fixing bacteria in non legumes*. Springer, Dordrecht, Holanda.
- Döbereiner, J., Baldani, V. Baldani, I. 1995. Como isolar e identificar bacterias diazotróficas de plantas no-leguminosas. MAARA-EMBRAPA-CNPAB. Basilia, Brazil.
- Garrido, M.F., Cárdenas, D.M. Bonilla, R.R. Baldani, V.L. 2010. Efecto de los factores edafoclimáticos y la especie de pasto en la diversidad de bacterias diazotróficas. *Pastos y forrajes*. 13(4):1-11.
- Holguin, G., Bashan, Y. Ferrera-Cerrato, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos: III. Procedimientos para el aislamiento y caracterización de hongos micorrizicos y rizobacterias promotoras de crecimiento en plantas. *Terra*. 14(2):211-227.
- Langer H, Nandasena KG, Howieson JG, Jorquera M, Borie F. 2008. Genetic diversity of *Sinrhizobium meliloti* associated with alfalfa in Chilean volcanic soils and their symbiotic effectiveness under acidic conditions. *World J Microbiol Biotechnol*. 24:301-308
- Mantilla – Paredes, A.J., Cardona, G.I. Peña – Venegas, C.P. Murcia. U. Rodríguez, M. Zambrano, M.M. 2009. Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazona colombiana. *Int. J. Trop. Biol*. 57(4):915-927.
- Meyer, A., Focks, A. Radi, V. Keil, D. Welzi, G. Schoning, I. Boch, S. Marhan, S. Kandeler, E. Schloter, M. 2013. Different land use intensities in grassland ecosystems drive ecology of microbial communities involved in nitrogen turnover in soil. *Plos One* 8(9):e73536.
- Obando, C., Dolly, M. Burgos, Z. Ludy, B. Rivera, B. Mauricio, D. Garrido, R. Fernanda, M. Baldani, D. Lúcia, V. Buitrago, B. Rebeca, R. 2010. Caracterización de bacterias diazotróficas asimbióticas asociadas al Eucalipto (*Eucalyptus* sp) en Codazzi, Cesar (Colombia). *Acta biol. Colomb*. 15(3):107-120.
- Pérez, C.A., Rojas, J.S. Fuentes, J. 2010. Endophytes Diversity of Bacteria Associated with Roots Of Colosuana (*Bothriochloa pertusa*) Pasture in Three Locations Of Sucre Department, Colombia. *Acta biol. Colomb*. 15:219 – 228.
- Reyes, I., Álvarez, L. Ei-Ayoubi, H. Valery, A. 2008. Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. *Bioagro*. 20(1):37-48.
- Rodríguez Cáceres, E. 1982. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. *Applied and Environmental Microbiology*. 44(4):990-991.
- Pérez, J., Casas, M. 2005. Estudio de la interacción planta-*Azospirillum* en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp). *Cultivos tropicales*. 26(4):13-19.
- Pazos, M., Hernández, A. Paneque, M. Santander, J.L. 2000. Caracterización de cepas del género *Azospirillum* aisladas de dos tipos de suelos de la localidad de San Nicolás de Bari. *Cultivos tropicales*. 21(3):19-23.



RIZORREMEDIACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO CON PETRÓLEO CRUDO EMPLEANDO HORTALIZAS

Arellano-Gómez, MD¹; Jiménez-Salgado, T²; Mauricio-Gutiérrez, A³; Tapia-Hernández, A²

¹Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, Pue. México.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.

³Cátedra Conacyt, Comisionada a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.

*Autor responsable: tapiarmando@yahoo.com.mx; Edificio 103 J 2do. Piso, 14 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla, México. C.P. 72570, Tel. +52 (222)-229-5500 ext. 2558

Resumen

La contaminación por hidrocarburos ha causado grandes impactos en el suelo, rompiendo sus características fisicoquímicas y como causa de ello problemas sociales y económicos. Una de las formas de descontaminar el suelos es por técnicas de biorremediación; en el presente trabajo se evaluó el efecto de la rizorremediación en cultivos de calabaza, tomate y pepino e inoculados con *Azospirillum sp.* en suelo agrícola contaminado con petróleo de crudo. Los parámetros considerados en éste trabajo para evaluar el potencial de rizorremediación fueron: germinación de semilla, crecimiento vegetal y degradación de hidrocarburos. La germinación de las semillas de los cultivos probados, fue afectada por la concentración del petróleo crudo presente en el suelo. Por otro lado, la inoculación de las semillas de tomate y pepino favoreció la germinación en suelo no contaminado; sin embargo, en el suelo contaminado solo se presentó incremento en la germinación de las semillas de calabaza. Los tres cultivos presentaron incrementos cuando estos fueron inoculados con bacterias, siendo el cultivo de calabaza el que mayor crecimiento tuvo. En cuanto a la degradación de hidrocarburos, en los tratamientos que fueron inoculados con bacterias se redujo la concentración, el tratamiento que obtuvo una mayor biodegradación fue tomate inoculado contaminado (TI-C) con un 35 %. Los resultados sugieren que el uso de las tres hortalizas inoculadas con bacterias es una buena alternativa de degradación de hidrocarburos residuales, ya que presentan resistencia al contaminante y disminuyen la concentración de hidrocarburos en el suelo.

Palabras clave

Rizorremediación; *Azospirillum sp.*; petróleo crudo

Introducción

En México existen una gran cantidad de sitios contaminados con diferentes tipos de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, debido principalmente a las actividades de la industria minera y petroquímica, además de la disposición clandestina y derrames de residuos peligrosos. De acuerdo con la Comisión Nacional de Hidrocarburos del año 2000 al 2013, Puebla ha sido uno de los estados de la República Mexicana que más derrames de hidrocarburos ha tenido en ese periodo. Se estima que junto con Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche, Tamaulipas y Nuevo León, han perdido en 13 años el equivalente a 13 millones 176 mil 654 litros de petróleo crudo. Los derrames de petróleo crudo resultado de fugas en los ductos de Pemex en Puebla durante los últimos 12 años representan el 8.4 por ciento del volumen derramado es una cantidad considerable durante ese periodo y equivale



DIVISIÓN II

aproximadamente a una cantidad cercana a los 8.7 millones de pesos. De acuerdo a estas estadísticas los derrames de petróleo son comunes en la entidad, tal es el caso de los municipios que abarca el valle de Tepeaca, Acatzingo y Tepeaca es de los más afectados, debido a su ubicación están expuestos a toma clandestina.

Por lo que es necesario restaurar estos sitios contaminados, y una de las tecnologías biológicas utilizadas es la biorremediación. Dentro de esta se encuentra la rizorremediación, que es una de las tecnologías más innovadoras, y utiliza plantas verdes y un agente microbiológico asociado a sus raíces, los cuales en conjunto llevan a cabo la biorremediación. La eliminación del contaminante es resultado de la actividad microbiana asociada a la rizosfera de la planta (rizobacterias). Esta estrategia los organismos implicados obtienen una serie de ventajas. Las bacterias pueden usar los exudados radiculares como fuente de alimento, mientras que las plantas pueden aprovecharse de las actividades degradativas de los microorganismos para obtener un ambiente cercano sin contaminantes. Dentro de las rizobacterias se han reportado *Azospirillum* es una bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico, aumenta la capacidad de solubilización del fósforo orgánico e inorgánico del suelo, colonizan las raíces de las plantas produciendo fitohormonas como giberelinas, citocininas, auxinas; y trae como consecuencia un aumento en la captación de nutrientes. Ha sido aislada de la superficie de la raíz de una amplia variedad de plantas y de su rizosfera (Caballero Mellado, 2001).

Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la rizorremediación en cultivos de calabaza, tomate y pepino e inoculados con *Azospirillum sp.* en suelo agrícola contaminado con petróleo de crudo

Materiales y Métodos

Muestreo y Caracterización parcial del suelo

Se empleó suelo de un predio del municipio de Tepeaca, Puebla impactado por petróleo crudo. Posteriormente las muestras fueron caracterizadas bajo las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2002, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Determinación de la concentración de hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimetría utilizando el método APA1664

Se pesó 10 g de muestra, y se adicionó 10 g de sulfato de sodio anhídrido. Se realizó una extracción en Soxhlet por 4 h. Posteriormente se secó a 125°C por una hora y se llevó a peso constante (Method EPA 1664).

Inoculación de cepas bacterianas en las semillas de tomate, calabaza y pepino

Los cultivos empleados fueron previamente seleccionados de acuerdo a su capacidad de tolerancia en suelo agrícola contaminado con petróleo crudo. Posteriormente se realizó la inoculación de semillas de tomate, calabaza y pepino con el soporte de BIOFERTIBUAP (es producido en el laboratorio de microbiología del suelo) siguiendo las recomendaciones del fabricante, como inóculo de bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras del crecimiento vegetal corresponde al género *Azospirillum sp.*

Porcentaje de germinación y análisis de la biomasa de la planta-raíz

Se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas cada 5 días durante 15 días, posteriormente se evaluó: tamaño del tallo, tamaño de la raíz, peso seco de la planta, peso seco de la raíz.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa MINITAB, se realizó una prueba de ANOVA, aplicando la prueba Tukey en ($P=0.05$) en el tamaño del tallo, tamaño de la raíz, peso seco de tallo, peso seco raíz.



Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de las propiedades fisicoquímicas de suelo no contaminado y contaminado. La contaminación con petróleo crudo modificó algunos de los parámetros del suelo. En el caso de la materia orgánica se muestra que el suelo contaminado presenta un aumento con el 7.05% al igual que el pH con 6.35. Se encontró también disminución de algunas propiedades tales como: capacidad de intercambio catiónico con 13.14 Cmol (+) /kg, nitrógeno total 0.01, fósforo extraíble 4.1ppm, y conductividad eléctrica 0.21 dS/m.

Cuadro 1. Caracterización físico-química del suelo agrícola de la región de Tepeaca, Puebla

Parámetro	Suelo Limpio	Suelo Contaminado
C.I.C. Cmol (+) /kg	14.35	13.14
Materia Orgánica %	1.4	7.05
Textura	Migajón arenoso	Migajón arenoso
pH	6.07	6.35
Nitrógeno Total	0.081	0.01
Fósforo Extraíble ppm	6.4	4.1
Conductividad Eléctrica dS/m	0.87	0.21

La germinación fue evaluada a los 10 días después de la siembra, donde el mayor porcentaje de germinación se presentó en el tratamiento PI-NC con 93%, seguido del tratamiento PI-C con el 90% como se muestran en la figura 1. Y los menores porcentajes fueron en TI-C con 42% y TNI-NC con 35%. La inoculación con el biofertilizante favoreció la germinación de las semillas de tomate y pepino en suelo no contaminado, sin embargo en el cultivo de calabaza no se observó efecto. Rivera-Cruz *et al.*, (2004) reportaron que ciertos hidrocarburos o metabolitos productos de la degradación tienen la capacidad de simular auxinas naturales que promueven el crecimiento vegetal.

Se ha documentado que el porcentaje de germinación en un suelo contaminado con hidrocarburos depende de la concentración del contaminante y de la especie de la planta (Adam y Duncan, 2002). Es por ello que en el crecimiento y desarrollo de las tres plantas a los 45 días, las inoculadas mostraron mayor tamaño y peso, debido a que algunos contaminantes tienen un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas en concentraciones bajas ya que estas absorben los compuestos químicos en solución y hacen el papel de nutrientes (Pivetz, 2001). Por otro lado, la interacción planta-bacteria establecida favoreció el tratamiento CI-C que presentó mayor altura de tallo (19.19 ± 5.29) y longitud de raíz (16.51 ± 2.38), y en cuanto al peso seco los tratamientos con mayor aumento en tallo fue CI-NC (0.30 ± 0.086) y, en peso de raíz PNI-NC (0.06 ± 0.031). Podemos decir que el pepino fue el mejor tratamiento (cuadro 2). Jiménez *et al.* (2006) demuestran que la inoculación de plantas de pasto *Rye grass* con la cepa de *Azospirillum sp* favorece la germinación de las semillas y el incremento en la degradación de los hidrocarburos presentes en el suelo, aun cuando no se observaron incrementos significativos en la biomasa de plantas.

DIVISIÓN II

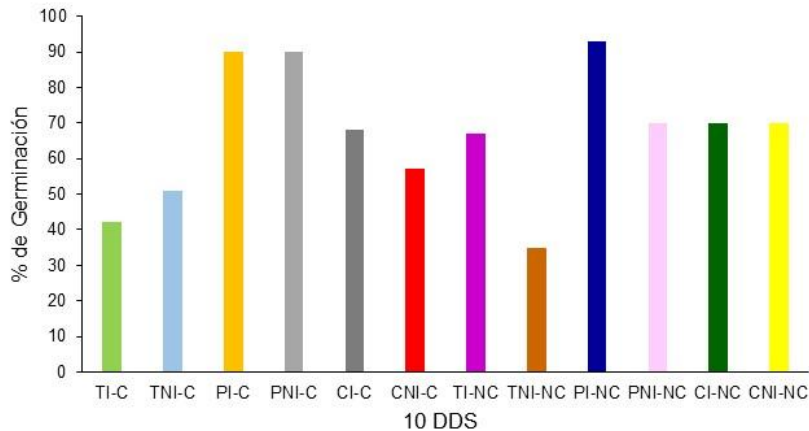


Figura 1. Porcentaje de germinación a 10 días después de la siembra

DDS= Días después de la siembra, TI-C tomate inoculado contaminado, TNI-C= tomate no inoculado contaminado, PI-C= pepino inoculado contaminado, PNI-C= pepino no inoculado contaminado, CI-C= calabaza inoculada contaminado, CNI-C= calabaza no inoculada contaminada, TI-NC= tomate inoculado no contaminado, TNI-NC= tomate no inoculado no contaminado, PI-NC=pepino inoculado no contaminado, PNI-NC=pepino no inoculado no contaminado, CI-NC=calabaza inoculada no contaminado, CNI-NC=calabaza no inoculada no contaminado.

Cuadro 2. Efecto de la inoculación de bacterias en la plantas, después de 45 días de crecimiento

Tratamiento	Altura Tallo (cm)	Longitud Raíz(cm)	Peso seco Tallo (g)	Peso seco Raíz (g)
CI-NC	18.69±3.82 ^a	14.83±4.83 ^a	0.30±0.086^a	0.02±0.01 ^a
CNI-NC	18.31±3.661 ^a	13.54±4.11 ^a	0.23±0.10 ^{ab}	0.01±0.003 ^b
CI-C	19.19±5.29^a	16.51±2.38^a	0.22±0.05 ^{ab}	0.02±0.002 ^{ab}
CNI-C	15.14±4.43 ^a	15.94±3.11 ^a	0.19±0.08 ^b	0.01±0.001 ^c
PI-NC	16.26±1.89 ^a	10.36±2.05 ^b	0.15±0.05 ^a	0.02±0.008 ^a
PNI-NC	15.93±1.72 ^a	10.25±2.26 ^b	0.14±0.04 ^a	0.02±0.009 ^a
PI-C	10.32±1.67 ^b	16.07±1.42 ^a	0.10±0.02 ^b	0.03±0.010 ^a
PNI-C	9.77±2.63 ^b	12.24±3.00 ^b	0.09±0.04 ^b	0.06±0.031^b
TI-NC	15.74±2.58 ^a	7.00±3.11 ^a	0.05±0.02 ^a	0.009±0.002 ^a
TNI-NC	13.47±3.67 ^b	5.58±3.55 ^{ab}	0.06±0.03 ^a	0.007±0.0020 ^{ab}
TI-C	6.10±1.83 ^c	4.51±2.00 ^b	0.01±0.01 ^b	0.002±0.001 ^c
TNI-C	6.52±1.078 ^c	6.50±2.09 ^{ab}	0.01±0.007 ^b	0.005±0.007 ^{bc}

TI-C tomate inoculado contaminado, TNI-C= tomate no inoculado contaminado, PI-C= pepino inoculado contaminado, PNI-C= pepino no inoculado contaminado, CI-C= calabaza inoculada contaminado, CNI-C= calabaza no inoculada contaminada, TI-NC= tomate inoculado no contaminado, TNI-NC= tomate no inoculado no contaminado, PI-NC=pepino inoculado no contaminado, PNI-NC=pepino no inoculado no contaminado, CI-NC=calabaza inoculada no contaminado, CNI-NC=calabaza no inoculada no contaminado. Los valores son la media de tres repeticiones, con su desviación estándar respectivamente, datos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de tukey (P=0.05).

En la figura 2 se observó la disminución en la concentración de hidrocarburos presentes en todos los tratamientos en comparación de la muestra inicial cuyo valor es de 28947mg/kg (SCI), además se observó que el tratamiento más eficiente fue TI-C (18733mg/kg), y el menos eficiente TNI-C (24740mg/kg). La disminución en la concentración de hidrocarburos que presentó SSP se debió a la presencia de poblaciones microbianas autóctonas con capacidad de degradar el contaminante en un suelo no estéril. (Rivera-Cruz *et al.*, 2004). Los resultados de los tratamientos demuestran que la asociación bacteria-planta, la concentración de hidrocarburos disminuyó (PI-C, CI-C, TI-C), El tratamiento que obtuvo mayor eficiencia fue TI-C ya que alcanzó a degradar un 35 % del hidrocarburo.

DIVISIÓN II

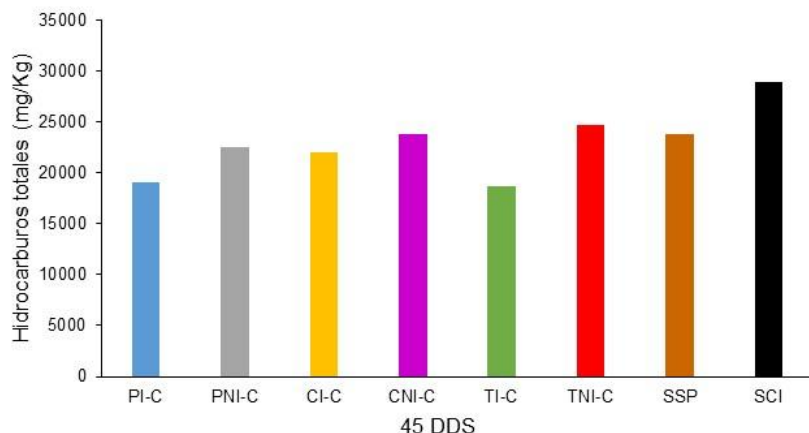


Figura 2. Determinación de la concentración de hidrocarburos fracción pesada en suelo contaminado, después de 45 días de siembra

TI-C= tomate inoculado contaminado, TNI-C= tomate no inoculado contaminado, PI-C= pepino inoculado contaminado, PNI-C= pepino no inoculado contaminado, CI-C= calabaza inoculada contaminado, CNI-C= calabaza no inoculada contaminada, TI-NC= tomate inoculado no contaminado, TNI-NC= tomate no inoculado no contaminado, PI-NC=pepino inoculado no contaminado, PNI-NC=pepino no inoculado no contaminado, CI-NC=calabaza inoculada no contaminado, CNI-NC=calabaza no inoculada no contaminado, SSP= suelo contaminado sin planta, SCI= suelo contaminado inicial, SL= suelo limpio. Los valores son la media de tres repeticiones.

Conclusiones

Los resultados observados en el crecimiento de raíz de las tres plantas en suelo contaminado, sucedió a causa de la inoculación con bacterias *Azospirillum sp.*, puesto que esta bacteria produce sustancias promotoras de crecimiento. También presentó cambios significativos en las plantas como: mejor germinación, aumento del peso seco, mayor altura y mayor longitud de raíz y mayor biodegradación.

Bibliografía

- Adam, G., Duncan, H. 2002. Influence of diesel fuel on seed germination Department of Environmental.
- Caballero-Mellado, J. 2001. Genero *Azospirillum*, Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM, Ap. P. 565-A, Cuernavaca, Mor., México.
- Jiménez, S. T., Martínez, S. M., Castañeda, A. D., Tapia, H. A. 2006.Efecto de Pasto (*Rye Grass*) Inoculado Con *Azospirillum Sp* en la Remedición de Suelo Contaminado con Diesel.
- Pivetz, B. E. 2001. Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites.
- Rivera-Cruz, M.C., Ferrera-Cerrato, R., Sánchez-García, P., Volke-Haller, V., Fernández-Linares, I., Rodríguez-Vázquez, R. 2004. Descontaminación de Suelos con Petróleo Crudo Mediante Microorganismos Autóctonos y Pasto Alemán.



ESTUDIO DE MERCADO DE LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) Y CONTROL BIOLÓGICO *IN VITRO* DE *Sclerotium cepivorum* Berk EN TONATICO, MÉXICO.

Andrade-Celis OR¹; Cano-García GV²; Corlay-Chee L²; Salazar-Cano JR³

¹Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.

² Profesora-investigadora, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.

³ Profesora-investigadora, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.

⁴ Ingeniero Ambiental. Área de Físicoquímica Teórica. Departamento de Química. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México D.F.

*Ponente: gloria.cano@correo.chapingo.mx; Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230

Resumen

En México una de cada diez hortalizas es una cebolla, este cultivo como cualquier otro está expuesto a factores bióticos que llegan a ser una limitante para la producción; entre las enfermedades que generan mayores estragos en el cultivo de cebolla se encuentra la pudrición blanca, la cual representa una pérdida en los rendimientos esperados por el productor. El objetivo consistió en realizar el estudio de mercado de la producción de cebolla y control biológico *in vitro* de *Sclerotium cepivorum* Berk en Tonatico, México. En la metodología se hizo la revisión documental; el estudio de mercado se aplicó 112 entrevistas a productores, 138 a consumidores y 14 a comercializadores; con el diagnóstico del cultivo y localidad se elaboró la matriz FODA; se realizaron colectas de suelo de 14 zonas de producción de cebolla en Tonatico. Los resultados del estudio de mercado se detectó una demanda insatisfecha de cebolla por las fluctuaciones de precios; el mercadeo entre productores e intermediarios es el más común; el punto de equilibrio existe cuando el valor de las ventas es de \$ 47,117.06 por ha de cebolla, un volumen de producción de 471 arpilllas/ha, y una capacidad de funcionamiento del 47.12 %; el plan estratégico que resultó de la matriz FODA fue **ofensivo**. Utilizando el método de dilución de placa se obtuvieron 11 cepas nativas de *Trichoderma*, mediante la técnica de cultivo dual se realizaron dos pruebas de antagonismo *in vitro*; en ambas ensayos el aislamiento 13 presentó el mayor crecimiento radial micelial en comparación con el resto, limitando el desarrollo de *Sclerotium cepivorum* Berk a 1.92 y 2.50 cm; lo que se tradujo en porcentajes de inhibición de 93.67 y 60.22 % para la primera y segunda prueba respectivamente. Se concluyó que el control biológico de la pudrición blanca a partir de microorganismos aislados de suelo, representa una alternativa sustentable al proceso de producción, de manera inocua y forma competitiva.

Palabras clave

Factores bióticos, pudrición blanca, microorganismos, crecimiento radial micelias, aislados, alternativa sustentable,



Introducción

La cebolla está expuesta a factores bióticos que llegan a ser una limitante para la producción. Entre las enfermedades que generan mayores estragos en el ciclo del cultivo se encuentra la pudrición blanca; ésta es causada por el hongo *Sclerotium cepivorum* Berk (Mendoza, 1999). El problema fundamental para su control radica en la formación de esclerocios en grandes cantidades, los cuales, constituyen la forma de supervivencia de este patógeno, logrando permanecer viables en el suelo hasta por 20 años, asociado con lo anterior, se añade la poca efectividad de los fungicidas utilizados y la tolerancia a éstos por parte de la enfermedad (Ulacio, 2003).

Las exigencias de un mercado globalizado exige cumplir con estándares de calidad que garantice a los consumidores la ingesta de alimentos inocuos, el control biológico mediante el uso de microorganismos del suelo, se vislumbra como una alternativa potencial para el manejo de enfermedades en las plantas, debido a las limitantes del control químico mencionadas anteriormente y el esfuerzo por reducir la aplicación de elementos tóxicos que deterioran el medio ambiente y causan estragos en la salud de los productores y consumidores. El objetivo de la investigación fue el realizar el estudio de mercado de la producción de cebolla (*Allium Cepa* L.) y control biológico *in vitro* de *sclerotium cepivorum* Berk en Tonatico, México.

Materiales y métodos

Para el estudio de mercado se aplicaron entrevistas en 2014 en el municipio de Tonatico, a 112 productores con 28 reactivos; 138 consumidores con 15 reactivos y 14 comercializadores con 10 reactivos. El tamaño de la muestra se determinó de acuerdo con la fórmula de población finita (López, 2000). Para realizar el estudio de control biológico se tomaron muestras de suelo en forma aleatoria en parcelas con cultivo de cebolla en localidades de Tonatico. Las muestras fueron tratadas en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, con el objetivo de aislar hongos pertenecientes al género *Trichoderma*. El cultivo se realizó a través de siembra en placa. Una vez aislados los microorganismos del medio de cultivo, tanto *Trichoderma* spp. como *Sclerotium cepivorum* fueron realizadas pruebas de antagonismo *in vitro* empleando la técnica de cultivo dual en cajas de Petri con medio de cultivo PDA. En un extremo de la caja se colocó micelio activo de *Sclerotium cepivorum* Berk y en el extremo opuesto micelio de *Trichoderma* spp. Se tomó en consideración la tasa de crecimiento de cada organismo. Se incluyeron tratamientos testigo, sembrándose en cajas separas el inóculo de cada microorganismo (antagonista y patógeno), posteriormente, los cultivos se incubaron a 23 ± 3 °C durante 7 días. Se evaluó el crecimiento radial micelial cada 48 horas durante 6 días después de haber iniciado el experimento. Se determinó el efecto inhibitorio de los aislamientos de *Trichoderma* como porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) del micelio de *Sclerotium cepivorum* con relación al testigo.

Resultados y discusión.

Estudio de Mercado

Entrevista a productores: el mayor número indicaron que las tierras donde producen el cultivo son ejidales y en menor porcentaje indicó que se ven en la necesidad de rentar parcelas para poder producir. las principales zonas de producción de este cultivo en el municipio (El Rincón, El Zapote, La Audiencia, Tlacopa y la parte sur y oriente de la cabecera municipal) son



DIVISIÓN II

de tipo ejidal, además se agrega el valor subjetivo de las tierras, debido a que en su mayoría son herencia de abuelos y/o padres. La producción de cebolla en el municipio se concentra en dos grandes épocas, la de temporal y la de secas o riego. Con base a las respuestas de los entrevistados, la mayor superficie cultivada se encuentra en épocas de secas; los productores manifestaron, que a pesar de incrementarse los costos de producción por el pago de la cuota de riego y la aplicación de mayor cantidad de insumos para el control de enfermedades, les resulta más rentable la producción en este ciclo porque el momento de cosecha coincide con la época de mayor demanda y menor oferta del producto a nivel nacional de enero a marzo, lo que trae como consecuencia un mayor precio de venta y mejor calidad poscosecha en relación a la producción secas. Es importante resaltar que en la producción de temporal, las principales limitantes para la producción en este ciclo son: en primer plano la competencia directa en las Centrales de Abasto de Toluca e Iguala con la producción de cebolla que llega de estados como Zacatecas, Guanajuato y Chihuahua y en un segundo plano pero no menos importante, la poca calidad poscosecha de los bulbos obtenidos, debido a que estos se pudren a consecuencia del alto contenido de agua que éstos guardan.

El mayor porcentaje de la superficie que se cultiva con cebolla es menor a 1 ha y son pocos los productores que establecen más de 3 ha de este cultivo; la razón principal se debe a que son pocos los productores que están dispuestos a cubrir los costos que les genera la producción de este cultivo, por no tener garantizado un buen precio para la cosecha, lo que ha traído como consecuencia, el desplazamiento de esta hortaliza por otros cultivos como lo son: jitomate, pepino y pimientos bajo invernadero.

La variedad con mayor arraigo es la Suprema, seguida por la Cirrus, lo anterior se debe a que los productores manifestaron obtener bulbos de mayor tamaño y firmeza, además de ser los mejores pagados en el mercado a comparación con variedades antes empleadas como Carta Blanca y Copandaro. Cabe resaltar que de acuerdo con los datos obtenidos a través de las entrevistas no existe una variedad generada de manera local, el mayor porcentaje de las variedades empleadas en Tonatico son generadas por empresas trasnacionales y pocas variedades son generadas en el país como la Cojumatlan y Copandaro.

El control de factores bióticos y abióticos es de vital importancia para obtener los rendimientos planteados al inicio de la producción. El 100 % de los entrevistados afirmaron realizar labores al cultivo, destacando la aplicación de fertilizantes, así como el control de plagas y enfermedades. Sin embargo, cabe resaltar que existe un uso irracional de agroquímicos, lo que ha traído como consecuencia la resistencia de las enfermedades al uso de ciertos productos.

Los productores indicaron que su mayor competidor en las Centrales de Abasto es el estado de Chihuahua, debido a la forma y tamaño del bulbo y en un plano local el vecino estado de Morelos, debido a que su época de cosecha coincide con la del municipio. La producción de Bajío no es considerada como una competencia para la producción de esta hortaliza.

La fluctuación de los costos variables de producción para el cultivo de cebolla en el municipio, están en un rango de \$10 000 a los \$20 000 por ha. La variación de éstos inicia desde la adquisición de semilla y cebollín de calidad nombrada de primer año o de mala calidad tipificada como de segundo o tercer año; sin embargo, la mayor variabilidad se da en la aplicación de insumos, llámese fertilizantes o plaguicidas, debido a que son pocos los productores que tienen la capacidad y solvencia económica para adquirir insumos que



DIVISIÓN II

garanticen buenos rendimientos en la producción. Es importante señalar, que el costo total de la producción está directamente relacionado con la superficie sembrada y el ciclo en que se establece el cultivo.

Los rendimientos del cultivo son diversos en el municipio, éstos van desde las 11 t ha⁻¹ (350 arpillas ha⁻¹) a más de 20 t ha⁻¹ (1,000 arpillas) la mayoría de los productores manifestó obtener rendimientos superiores a las 20 t ha⁻¹, lo que posiciona al municipio a uno de los principales productores, superando los rendimientos promedio reportados 13.16 t ha⁻¹ a nivel estatal.

Todos los productores entrevistados mencionaron que la venta de su cosecha es en arpillita de plástico con capacidad de 30 kg; se comercializa la cebolla en arpillitas porque éstas permiten la ventilación de los bulbos, prolongando la vida poscosecha del mismo. De igual manera se mostró una preferencia por vender las cosechas a los intermediarios locales y en pie de huerta, debido a que de esta manera se ahorran los costos de transporte de la cosecha a la central de abastos. En el aspecto relacionado con el precio de venta de la cosecha; el mayor porcentaje de los productores vendió su cosecha entre \$ 90.00 a \$ 100.00 por arpillita lo que representa una cantidad mayor de \$ 20,000.00 por hectárea.

Entrevista a consumidores: para la adquisición de la cebolla, se tiene una mayor preferencia de adquirirlas de manera semanal, esto se justifica con la disposición de producto y precios en los tianguis del municipio y de Ixtapan de la Sal, los cuales se realizan de manera semanal los días lunes y domingo respectivamente. La mayoría de las entrevistadas indicó que adquiere de uno a menos de 1 kg, considerando que la cantidad que adquieren es suficiente para cubrir las necesidades de la semana.

La adquisición de las cebollas se ve influenciada por la cercanía de lugar donde se oferte; así la mayor parte de las consumidoras adquiere esta hortaliza en los tianguis descritos con anterioridad y una mínima parte de las entrevistadas las adquiere en los mercados municipales.

La forma de bulbo de mayor preferencia entre las comensales es la redonda de tamaño mediano, debido a que se puede tener un mejor manejo del bulbo al momento de picarlo y se evita tener desperdicio. El color de cebolla con mayor preferencia entre las amas de casa es el blanco y una mínima parte se tiene preferencia por el color morado, utilizándola en la preparación de ensaladas y en determinados platillos.

El principal uso que le dan a la cebolla es para la preparación de alimentos. Dentro de la actividad culinaria las amas de casa indicaron que es en la comida donde utiliza más la cebolla, seguida cena y el desayuno. Lo anterior deja claro la importancia del cultivo y la demanda constante del mismo.

De acuerdo con las respuestas obtenidas, el primer trimestre del año es la época en la que la cebolla está más cara, por las festividades de la región como son: la feria de Tonatico, el Carnaval y Semana Santa, seguido del último trimestre, épocas en las que la oferta a nivel regional es muy escasa debido a factores adversos a la producción de cebolla como lo son las temperaturas y las enfermedades

El aspecto más importante al momento de comprar la cebolla las amas de casa se fijan más en el precio que en el tamaño del bulbo, dado la disponibilidad de los ingresos que disponen los cuales deben de diversificar en la compra de otros productos.



DIVISIÓN II

Entrevista a comercializadores: la mayor parte de los entrevistados indicó que llevan más de 5 años dedicándose a la comercialización de cebollas, de igual manera, manifestaron comprar directamente a los productores del municipio y localidades cercanas. Lo anterior se justifica dado la importancia y disponibilidad de esta hortaliza en el municipio, existiendo familias que subsisten con la comercialización de ésta y otras hortalizas.

El periodo de enero-abril es la temporada de mayor demanda en los mercados locales y nacionales, por lo que la tendencia del precio es mayor. Mientras que periodo comprendido de mayo - agosto es el de mayor oferta en el mercado. Con base a lo anterior deja establecido la ventana de oportunidad que se tiene, mostrando la importancia de generar estrategias de producción y comerciales para el colocación de la cosecha en otros mercados y en otras temporadas en beneficio de los productores.

El pago de la cosecha es variado y depende de manera directa del arreglo al que lleguen tanto productor como intermediario, en el municipio se puede pagar al contado en el momento de la cosecha, a crédito o ambas; el mayor porcentaje se tiene al contado por que esto les da liquidez a los productores, el cual es reinvertido en el siguiente ciclo productivo y en menor de los casos al pago de deudas; la siguiente forma de pago consiste en dejar un anticipo por la cantidad de arpillas compradas y el resto lo liquida una vez comercializadas en la Centrales de Abasto.

De acuerdo con la información proporcionada la producción que se comercializa en su mayoría proviene del Tonicato y sus comunidades y el resto la comparan en la zona productora del estado de Morelos. Lo anterior se debe a la disponibilidad del producto en la localidad y a que en ambas zonas de producción coinciden la temporada de cosecha. Dado los costos de traslado los intermediarios no se abastecen de la producción de cebolla proveniente de los estados de Guanajuato y Guerrero.

De la producción que no se logró vender en los primeros días después de haberla comprado, la mayoría de los comerciantes prefiere darles una selección para revenderla y recuperar por lo menos lo invertido, mientras que otros prefieren tirarla a la basura, debido a que no cumplen con el estándar que demanda el mercado.

Precio

Con base a las respuestas obtenidas por parte de los productores y los datos obtenidos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados: tres estados compiten con la producción municipal en la Central de Abastos de Toluca: Chihuahua, Guanajuato y Zacatecas.

El mayor volumen de producción de cebolla en el país se concentra, en el ciclo OI entre marzo y junio y en el caso del ciclo PV entre julio y noviembre. De tal manera que los meses de menor producción se encuentran entre diciembre y febrero, en los cuales tiende a elevarse el precio de la hortaliza, aplicando con esto la ley de la demanda, donde existe una relación inversa, ésto significa que a menor volumen de producción disponible el precio tiende a elevarse.

De manera particular, la producción de cebolla en el municipio se concentra de diciembre-marzo y de julio-agosto, la primera de riego y la segunda de temporal, lo anterior genera un



DIVISIÓN II

mayor precio de venta de la producción para el primer ciclo del año debido a que se tiene una mayor demanda y una menor oferta de cebolla a nivel nacional.

Canales de comercialización

Canal 1: Los productores de cebolla venden su cosecha en pie a intermediarios locales, éstos a su vez venden la producción a mayoristas de destino (CEDA) de la Ciudad de Iguala en el estado de Guerrero. Los mayoristas de destino se encargan de la venta en distintas regiones de la parte norte del estado de Guerrero, quien a su vez vende al detallista y éste al consumidor final.

Canal 2: Los productores de cebolla venden su cosecha a intermediarios locales, quien a su vez le venden a los detallistas y éstos a los consumidores finales.

Canal 3: Los productores de cebolla venden su cosecha en pie a intermediarios locales, éstos a su vez venden la producción a mayoristas (CEDA) de la Ciudad de Toluca en el Estado de México. Los mayoristas de destino venden a los detallistas y éstos al consumidor final.

Canal 4: Los productores realizan la venta de la cosecha directamente a los consumidores finales del tianguis de Ixtapan de la Sal o del propio municipio.

Margen de mercadeo

El porcentaje que se le queda a cada uno de los agentes que participan en el mercadeo es. 33.33 % al productor de cebolla; 26.67 % al intermediario local; 20 % al mayorista de destino y 20 % al detallista, lo que indica que por cada peso que paga el consumidor final solo .33 pesos le corresponden al productos y .67 son para los intermediarias. Se pretende que el productor realice otro eslabón de la cadena de mercadeo para que el 60 % del margen de comercialización sea para él.

Costo total de producción: de una arpilla de cebolla de 30 kg fue de \$ 61.86, si comparamos esta cifra con el precio que recibió el productor que fue de \$ 100.00 se tiene que por cada arpilla de cebolla el productor obtiene alrededor de \$ 36.14 de ganancia. La relación beneficio costo (B/C), es de 1.62, indica que por cada peso invertido por el productor, este recupera su peso y además obtiene una ganancia de 62 centavos.

Resultado de las pruebas de antagonismo

Crecimiento radial micelial y porcentaje de inhibición de *Sclerotium cepivorum* Berk *in vitro*.

Los porcentajes de inhibición de los aislamientos de *Trichoderma* sobre *S. cepivorum* mostraron diferencias significativas. Todas las cepas inhibieron el crecimiento de *Sclerotium cepivorum* cuando se evaluaron de manera apareada en condiciones controladas, debido a que el crecimiento radial micelial del patógeno fue menor y estadísticamente diferente en los tratamientos donde se puso a competir en relación al testigo absoluto.

De acuerdo con Johnson y colaboradores (1960), existe antagonismo cuando ocurre la detención del crecimiento de la colonia del patógeno comparada con la colonia testigo en la cual el organismo crece sólo. Por otra parte Cook (1979), señala que la capacidad antagónica

DIVISIÓN II

de algunas cepas de hongos hacia hongos fitopatógenos se puede definir con base en la destrucción total o parcial de las poblaciones de patógenos.

Los aislamientos 12 y 13 presentaron el mayor crecimiento radial micelial en comparación con el resto, limitando el desarrollo de *Sclerotium cepivorum* a 2.55 y 2.50 cm (Figura 3); lo que se tradujo en porcentajes de inhibición de 58.64 y 60.22 % respectivamente, mientras que el menor porcentaje de inhibición fue de 49.98 % correspondiente a los aislamientos 2 y 4 (Figura 1).

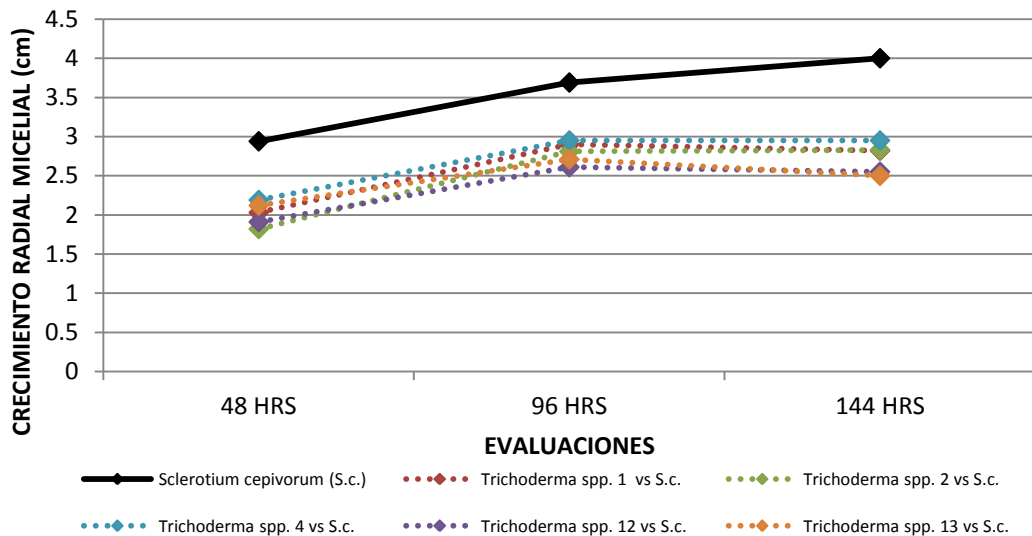


Figura 1. Crecimiento radial micelial de *Sclerotium cepivorum* Berk en la segunda prueba de antagonismo *in vitro*.

Tomando en cuenta lo anterior, podría decirse que los aislamientos 12 y 13 presentan la mayor habilidad saprofítica competitiva, ya que fueron capaces de colonizar de forma más agresiva el medio de cultivo y disminuir en mayor grado el desarrollo de *S. cepivorum* (Figura 2).

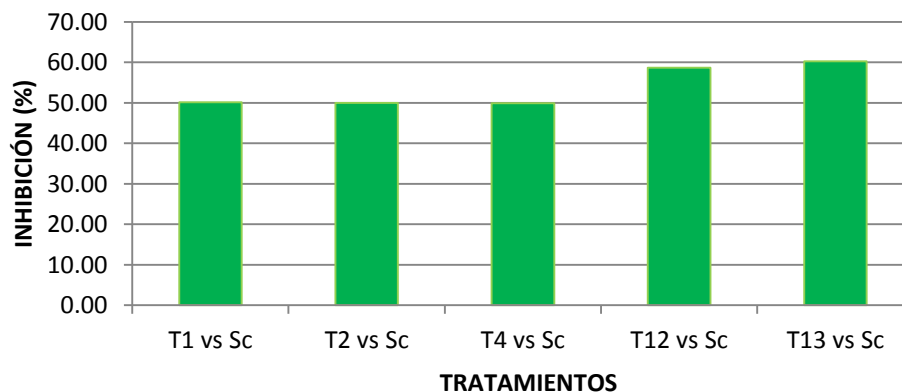


Figura 2. Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *Sclerotium cepivorum* Berk en la segunda prueba de antagonismo *in vitro*.

El hecho de que todos los aislamientos limitaran el crecimiento de *S. cepivorum*, se debió a la actividad bioquímica y fisiológica de *Trichoderma*. De la Cruz (1992), Harman (2000) y



DIVISIÓN II

Quiroz (2008), indican que el género *Trichoderma* actúa produciendo enzimas como las endo y exoglucanasas, quitinasas y otras como las proteasas, lipasas y fosfatasas que degradan la pared celular durante el biocontrol. Rodríguez y colaboradores (1978) señalan que estas enzimas son factores importantes que facilitan que *Trichoderma* tenga la habilidad tanto para competir por sustrato como para atacar directamente un amplio rango de patógenos.

Ninguno de los aislamientos evaluados evitó la formación de esclerocios. Ibarra y colaboradores (2008), mencionan que al poner a competir a *Trichoderma* con *Sclerotinia* en condiciones controladas, cuando el micelio de ambos hongos entra en contacto, *Sclerotinia* detiene su crecimiento y comienza la formación de esclerocios en la periferia de su colonia.

En los pruebas de antagonismo, el comportamiento de los aislados de *Trichoderma* fue distinto, así *Trichoderma* sp 4 mostró un halo de color anaranjado al momento de hacer contacto con el micelio del patógeno, para *Trichoderma* 1 y 12 se presentó una elevación en forma de barrera en la zona de interacción de los hongos y para *Trichoderma* sp 2 y 13 se observó una zona de creciente inhibición con relación a los días de contacto. Herrera y colaboradores (1999), describen que en los cultivos duales, el comportamiento de las cepas de *Trichoderma*, muestran en primer lugar una zona de inhibición progresiva, en parte por la mayor velocidad de crecimiento de *Trichoderma*. Por otra parte, Ibarra y colaboradores (2008) encontraron que en la confrontación de los hongos *Trichoderma* y *Sclerotinia sclerotiorum*, el patógeno limita la invasión del antagonista mediante la elevación de su micelio actuando como una barrera. De igual manera observaron un pequeño halo naranja-rojizo como resultado de la invasión de micelio del patógeno.

Conclusiones

Al analizar el mercado se detectó una demanda que de acuerdo con su destino se clasifica como demanda de bienes finales a nivel regional, por las fluctuaciones de precios de mercado que tienen las hortalizas.

Para que exista una igualdad entre costos totales e ingresos totales, los productores deben de obtener un valor de ventas de \$ 47,117.06 por ha de cebolla, y un volumen de producción de 471 arpilllas/ha, y una capacidad de funcionamiento del 47.12 %, arriba de este punto el productor obtiene ganancias y abajo del mismo se tienen pérdidas. Lo anterior es un indicador económico que ayuda en la toma de decisiones de seguir o no en este sistema producto cebolla.

Se tienen cuatro canales de comercialización de la cebolla, en donde el canal 4 resultó ser el de mayor beneficio para el productor, debido a que éste vende directamente al consumidor final en los tianguis locales, eliminando con esto a los intermediarios del mercadeo, que son los que se benefician en este proceso, de esta forma el productor obtiene un mayor margen de ganancia.

A partir de muestras de suelo provenientes de parcelas con cebolla en Tonatico Estado de México se obtuvieron 13 cepas del género *Trichoderma* con capacidad antagónica a *Sclerotium cepivorum* Berk, y de esta forma queda demostrado la disponibilidad de agentes de biocontrol para la pudrición blanca de la cebolla en la localidad.



Las variables crecimiento radial micelial y porcentaje de inhibición en las dos pruebas de antagonismo *in vitro* son diferentes ($\alpha \leq 0.05$); las cepas T₁₂ y T₁₃ presentaron el mayor crecimiento radial micelial en comparación con el resto, limitando el desarrollo de *Sclerotium cepivorum* Berk a 2.55 y 2.50 cm; lo que se tradujo en porcentajes de inhibición del 58.64 y 60.22 % en condiciones controladas.

Agradecimientos

Al Centro de investigaciones en regiones cafetaleras(87) a la línea de investigación de productos alternativos al café (04), Huatusco Veracruz, quien apoyo económicamente durante dos años esta investigación.

Bibliografía

- De la Cruz, J., A. Hidalgo-Gallega, J.M. Lara, T. Benitez, J.A. Pintor-Toro, A. Llobell, 1992. Isolation and characterization of three chitinases from *Trichoderma harzianum*. *European Journal of Biochemistry* 206: 859-867.
- Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.* 84, 377-393.
- Ibarra M., V. A. 2008. Aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma* para el control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary y *Sclerotinia mino* Jagger. 100 p.
- López, B. 2000. Curso, Estadística Aplicada Forestal. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Mendoza Z., C. 1999. Diagnóstico de enfermedades fungosas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 168 p.
- Quiroz, S, V. F., Ferrera, C, R., Alarcón, A., Lara, H, M. E. 2008. Antagonismos *in vitro* de cepas de *Aspergillus* y *Trichoderma* hacia hongos filamentosos que afectan al cultivo del ajo. *Revista Mexicana de Micología* 26: 27-34.
- Ramos O., C. 2009. Efectividad biológica *in vitro* de *Trichoderma* spp, y fungicidas sintéticos en el control de *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr., en nochebuena. Tesis de Licenciatura. CSAEGRO. Cocula, Gro. 89 p.
- Ulacio O., D. 2003. Materia Orgánica y Microorganismos Antagonistas como Estrategias de Manejo de *Sclerotium cepivorum* Berk y su Impacto en el progreso de la pudrición blanca de en ajo (*Allium sativum* L.). *Revista Mexicana de la Ciencia de Fitopatología.* 21 (3): 346-354.



EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE ALHELÍ (*Matthiola incana* Br. R.), LECHUGA (*Lactuca sativa* L) Y TOMATE (*Physalis ixocarpa* L.)

Cruz-Hernández, J.^{1*}, Melchor-Rodríguez, E.², Rojano-Hernández, R.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, México.

²Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Tlaxcala. México.

*Autor responsable: javiercruz@colpos.mx; Boulevard Forjadores de Puebla, No. 205. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P.72760, Puebla, México; Tel. (222) 2-85-14-48.

Resumen

El estado de Puebla ocupa el segundo lugar a nivel nacional en producción de alhelí (*Matthiola incana* Br. R.), una flor usada por sus colores y aroma en la tradición de día de muertos, pero a nivel regional en el distrito Cholula, existe escaso manejo técnico y generación de tecnología para este cultivo. Se evaluó el efecto de abonos orgánicos elaborados a partir de estiércol de vacuno, conejo y un producto comercial, aplicados a 18.75, 37.5, 56.25 y 75 %, en mezcla con 25% de agrolita de manera constante y el resto con turba para complementar el 100 % del sustrato para la producción de plantas de alhelí, tomate y lechuga en charolas. Se aplicaron un total de 39 tratamientos con seis repeticiones de cada uno, en un diseño experimental completamente al azar bajo condiciones de invernadero. Se realizó un análisis por factor de estudio. El abono de vacuno es el más favorable en los requerimientos de pH y CE del cultivo, pero el mejor sustrato para germinar la semilla fue turba más agrolita, mientras que el sustrato con 37.5% de abono de conejo favoreció el crecimiento de las plantas, por lo que se puede recomendar este tipo de abono para mejorar la producción de plantas en invernadero. El alhelí manifestó menores valores en las variables estudiadas, respuesta asociada a las características propias de la especie, a la proporción de abono en el sustrato, al tipo de abono y en menor medida a la interacción de los tres factores estudiados.

Palabras clave

Abono, crecimiento, estiércol, germinación, sustrato.

Introducción

El alhelí es una flor apreciada a nivel mundial por sus colores vistosos y agradable aroma (Verdeguer *et al.*, 1999; Rawia *et al.*, 2009). A pesar de que es una especie introducida, actualmente ha llegado a formar parte de las costumbres de los pobladores en el estado de Puebla, segundo estado productor a nivel nacional de esta flor (SIAP, 2012).

Es una especie utilizada en el tradicional día de muertos y genera ingresos aceptables, teniéndose rendimientos promedios de 1700 rollos por hectárea, con precios que van de 15 a 30 pesos por rollo (SIAP, 2012). En Puebla se cultiva principalmente en condiciones de secano en pequeñas superficies en diferentes municipios del distrito de Cholula; pero es un cultivo de ciclo corto, que resulta alternativo al cempasúchil y nube, sobre todo cuando el temporal es errático. Tolerancia niveles de salinidad elevados (Hayward y Bernstein, 1958) y responde a la



DIVISIÓN II

aplicación de abonos orgánicos, sobre todo cuando se cultiva en suelos con bajo contenido de materia orgánica.

A nivel internacional existen evidencias sobre la aplicación de diferentes fertilizantes químicos y biofertilizantes que han resultado con efectos favorables en el crecimiento, nutrición y rendimiento del cultivo de alhelí (Grieve *et al.*, 2008, Rawia *et al.*, 2009, Shanan y Higazy, 2009). A nivel regional es escasa la generación de tecnología y se carece de recomendaciones de fertilización y de evidencias sobre el efecto de fuentes y dosis de materia orgánica que busquen mejorar el crecimiento, los rendimientos y la calidad de este cultivo, tanto para el cultivo de plántulas en charolas, macetas y en condiciones de campo.

De esta manera en el presente trabajo se tuvo como objetivo, evaluar el efecto de abonos orgánicos elaborados a partir de estiércol vacuno, de conejo y un producto comercial, aplicados a diferentes proporciones en el sustrato para la producción de plantas de alhelí, lechuga y tomate en charolas, éstas últimas usadas como especies indicadoras.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el CP Campus Puebla, bajo condiciones de invernadero (26 °C y 75% HR promedio) de noviembre a enero de 2014. Los productos evaluados fueron: abono comercial (marca SOLEP), abono de conejo y vacuno, aplicados a 18.75, 37.5, 56.25 y 75 %, en mezcla con 25% de agrolita de manera constante y el resto con turba para complementar el 100 % del sustrato evaluado en charolas. Se estudió el efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de alhelí, lechuga y tomate, con un total de 39 tratamientos, producto de la combinación de tres abonos, cuatro dosis, tres especies, más tres testigos con una mezcla de 75% de turba más 25% de agrolita (3 x 4 x 3 + 3) (Cuadro 1), uno con cada especie.

Cuadro 1. Factores y niveles de estudio para la producción de plántulas en charolas

Factor	Nivel
Abono	Comercial, conejo y vacuno
Porcentaje	18.75, 37.5, 56.25 y 75 %
Especie	Alhelí, lechuga y tomate

Porcentaje de mezcla de abono en el sustrato más 25% de agrolita complementado el resto con turba

Para cada tratamiento se usaron 20 alveolos por charola, con seis repeticiones de cada uno. En las tres especies se midieron las siguientes variables respuesta: tasa de emergencia (TE), altura de la plántula, tasa de crecimiento (TC), longitud de brote, longitud de raíz, longitud total, número de hojas, peso de raíz y volumen de raíz.

Los datos fueron capturados y se realizó un análisis de varianza por el procedimiento GLM para efecto de factores de estudio e interacciones, bajo un diseño completamente al zar, con el paquete estadístico SAS 9.0 para Windows®.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presenta la prueba de comparación de medias por factor de estudio en variables de germinación y crecimiento de alhelí, lechuga y tomate. Al comparar el efecto los



DIVISIÓN II

abonos orgánicos aplicados al sustrato de cultivo, se observa que la tasa de emergencia se redujo al aplicar abonos orgánicos en el sustrato, resultando inferior la TE1 con el uso de abonos en comparación con el testigo; sin embargo, en el resto de variables con el abono de conejo se obtuvo una mayor tasa de crecimiento, longitud de raíz, longitud de tallo, número de hojas y peso de raíz, en esta última variable con valores similares a los obtenidos con el abono comercial y superiores al testigo.

Al comparar el efecto de la proporción de abono aplicado en el sustrato se observaron diferencias significativas en la mayoría de las variables estudiadas. Se aprecia que únicamente la dosis de 18.7% de abono presentó una tasa de emergencia similar al testigo, mientras que el resto de dosis resultaron inferiores al control, observándose una reducción en retraso en la emergencia de las semillas. En el resto de variables con el uso de 37.5% de abono en el sustrato se consiguieron los mayores valores en TE 2 y 3, en TC1 y longitud de brote, mientras que con esa misma dosis se observaron valores similares con la dosis de 18.7% en longitud de tallo y peso de raíz. Y únicamente en volumen de raíz con el uso de 18.7% de abono en el sustrato se consiguieron valores superiores comparados con los observados en el resto de las dosis estudiadas.

Al comparar el efecto del factor especie, se encontró que el alhelí manifestó una mayor TE1, en comparación con lechuga y tomate, pero alcanzó los menores valores en TC1 y 2, longitud de brote, longitud de raíz, longitud de tallo, peso de raíz y volumen de raíz; lo cual puede estar relacionado con las características propias de la especie, con el porcentaje de abono usado en el sustrato, por el tipo de abono y en menor medida debido a la interacción producto x proporción x especie, con la cual únicamente se encontraron diferencias significativas en TE3, TC1 y en peso de raíz.



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Comparación de medias por factor de estudio en variables medidas en plantas en charolas

Factor de variación	Tasa E. 1	Tasa E. 1	Tasa E. 3	Tasa E.4	Tasa crecimiento 1 (cm/día)	Tasa crecimiento 2 (cm/día)	Longitud. Brote (cm)	Longitud raíz (cm)	Longitud tallo (cm)	No de hojas	Peso raíz (g)	Volumen de raíz (mL)
Abonos												
Comercial	3.6 b	3.7 a	8.39 a	1.1 a	0.13 ab	0.26 a	5.4 a	6.3 b	11.7 c	5.38 a	3.7 a	1.7 a
Conejo	6.5 b	4.2 a	5.6 ab	0.1 a	0.19 a	0.29 a	5.9 a	9.0 a	14.9 a	5.32 a	3.9 a	2.0 a
Vacuno	4.5 b	5.0 a	6.9 ab	1.3 a	0.12 b	0.26 a	5.1 a	6.9 b	12.1 bc	4.2 b	3.1 ab	1.5 a
Testigo	12 a	5.7 a	3.0 b	0.9 a	0.18 ab	0.34 a	4.7 a	9.0 a	14.7 ab	3.9 b	2.3 b	1.6 a
Porcentaje												
18.73	11 a	5.9 ab	4.3 b	0.2 a	0.16 b	0.34 a	6.0 ab	8.9 ab	14.9 a	5.1 a	4.8 a	2.7 a
37.5	4.1 b	7.1 a	12.2 a	0.1 a	0.25 a	0.34 a	6.2 a	7.8 b	14.1 a	5.3 a	4.2 a	1.9 ab
56.25	1.8 b	2.8 bc	7.1 b	2.1 a	0.09 c	0.20 a	5.4 ab	7.3 b	12.7 ab	4.8 ab	2.7 b	1.4 b
75	2.4 b	1.4 c	4.1 b	1.0 a	0.09 c	0.23 a	4.2 b	5.6 c	9.9 b	4.5 ab	2.6 b	0.9 b
Testigo	12 a	5.7 ab	3.0 b	0.9 a	0.18 b	0.34 a	4.7 ab	9.9 a	14.7 a	3.9 b	2.3 b	1.6 b
Especie												
Alhelí	10.5 a	5.7 a	3.8 b	0.9 a	0.06 c	0.1 b	3.5 c	5.5 c	9.1 c	4.7 a	1.0 c	0.3 b
Lechuga	5.1 b	1.0 b	3.6 b	0.4 a	0.15 b	0.2 ab	5.2 b	8.1 b	13.3 b	4.7 a	5.2 a	2.5 a
Tomate	0.6 c	6.6 a	12.5 a	1.2 a	0.24 a	0.3 a	7.5 a	9.2 a	16.7 a	5.2 a	4.3 b	2.3 a
Interacciones												
producto*porcentaje	Ns	**	**	ns	***	**	***	***	***	***	***	***
producto*especie	**	***	Ns	ns	*	Ns	Ns	*	ns	ns	*	ns
porcentaje*especie	*	***	**	ns	***	Ns	Ns	ns	ns	ns	***	*
producto*porcentaje*especie	Ns	Ns	**	ns	**	Ns	Ns	ns	ns	ns	***	ns

Tasa E. Tasa de emergencia en No. de plantas por día a partir de los seis días de siembra medida a intervalos de tres días.



Conclusiones

El abono de conejo presentó los mejores resultados al aplicarlo en el sustrato para la producción de plantas de alhelí, lechuga y tomate. Con la proporción 37.5% de abono en el sustrato, en combinación con 25% de agrolita y 37.5% de turba, se obtuvieron plantas con mejor crecimiento y desarrollo. El alhelí manifestó menores valores en las variables estudiadas, respuesta asociada a las características propias de la especie, a la proporción de abono en el sustrato, al tipo de abono y en menor medida a la interacción de los tres factores estudiados.

Bibliografía

- Grieve, C. M., Poss, J. A. and Shouse, P. J. 2008. Modeling growth of *Mathiola incana* in response to saline wastewaters differing in nitrogen level. *HortScience*. 43(6):1787-1793.
- Hayward, H. E. and Bernstein, L. 1958. Plant growth relationships on salt affected soils. *Botanical Review*. 24(8-10):584-635.
- Rawia, E. A., Nemad, A. M. and Hamouda, H. A. 2009. Evaluate effectiveness of bio and mineral fertilization on the growth parameters and marketable cut flowers of *Mathiola incana* L. *American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 5(4):509-518.
- Shanan, N. T. and Higazy, A. M. 2009. Integrated biofertilization management and Cyanobacteria application to improve growth and flower quality of *Mathiola incana*. *Research Journal of agriculture and Biological Sciences*. 5(6):1162-1168.
- Servicios de información Agroalimentaria y Pesca (SIAP), 2012. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola México. [http:// www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).
- Verdeguer, M. A., Tortosa M. A. y Barajas, B. P. 1999. Cultivo de alhelí en invernadero para flor cortada. *Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia España*. pp: 7-13.



AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS TOLERANTES A ARSÉNICO, A PARTIR DE MUESTRAS DE SUELO AGRÍCOLA DE LA REGIÓN LAGUNERA

Espino-Monzón, AN^{1,2}; Alvarado-Reveles, O.A.^{1,2}; Navarro-Arellano, J.C.²; Figueroa-Viramonetes, U.³; Vázquez-Vázquez, C.¹; Gallegos-Robles, M.A.^{1*}

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México.

² Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Biológicas. Torreón, Coahuila, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Y Agropecuarias. Campo Experimental la Laguna. Matamoros, Coahuila, México

*Autor responsable: garoma64@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Km 35, Ej. Venecia S/N. Gómez Palacio, Durango, México. CP: 35000; Tel. +52(872)-7118918.

Resumen

El Arsénico, por su presencia y movilidad debida a procesos naturales o antropogénicos es, en la actualidad un problema de incumbencia mundial. Las bacterias capaces de sobrevivir a concentraciones altas de Arsénico en cualquiera de sus especies (III y V) representan un nicho de oportunidad para emplear sus mecanismos en favor de la reducción de las concentraciones del metaloide presentes en suelo.

La Región Lagunera (Durango y Coahuila) figuran en las estadísticas mundiales por presencia de altas concentraciones de Arsénico en su sistema agua-suelo. Realizar un estudio preliminar de las especies predominantes en suelos agrícolas proporciona una idea más clara de cómo, sin alterar la ecología endógena, se puede ayudar a solucionar parte del problema que enfrenta la región. En este trabajo se realizaron pruebas de tolerancia a diferentes concentraciones de Arsenito y Arseniato (III y V, respectivamente) a microorganismos aislados a partir de dos regiones reportadas con altas concentraciones de arsénico. Las muestras se colectaron a nivel superficial y también a una profundidad de 15 cm. De acuerdo con los resultados, las bacterias predominantes pertenecen al género *Pseudomonas*.

Palabras clave

Arsénico; Suelo Agrícola; Bacterias tolerantes a Arsénico

Introducción

El Arsénico (As) es un elemento químico que se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, constituye aproximadamente un 0.0005% de la corteza terrestre (Albores A. *et al* 1997). La presencia de As y su variedad de concentraciones puede deberse a distintos fenómenos y a diversas actividades humanas. Generalmente, de forma natural, se asocia con procesos geológicos como la meteorización a partir de rocas parentales o emisiones volcánicas. Dentro de las actividades antrópicas que conllevan a incrementar el contacto y distribución de As se pueden citar la minería, fundición de metales, uso de pesticidas y herbicidas así como conservantes de madera (Bundschuh J. *et al* 2006). La exposición del hombre al As a través de diversas fuentes como suelo, aire, agua, representa en la actualidad un problema de salud pública de impacto global debido a que son muchas y muy extensas las



áreas geográficas donde se revelan las consecuencias de la exposición a este tóxico. El As, específicamente en suelo se encuentra de forma inorgánica en dos especies: como As (III) y como As (V), siendo la primera especie la más tóxica por su alta capacidad para disolverse. En México se han medido altas concentraciones de arsénico en cuerpos de agua, principalmente subterránea, y en suelos de diversas zonas del territorio (Cebraín *et al* 1994). En la zona rural localizada en los municipios de Francisco I Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila, y Tlahualilo, Durango, se han realizado estudios desde 1962 debido a la aparición de hidroarsenicismo crónico endémico presentándose con una alta incidencia de estados patológicos (Vinegra *et al* 1964). Existen microorganismos capaces de sobrevivir en ambientes con elevadas concentraciones de Arsénico, desarrollando mecanismos, principalmente enzimáticos, para lograrlo, tal es el caso de los quimiolitótrofos que usan arsenito (As III); se trata de bacterias que presentan enzimas capaces de oxidar arsenito (As III) a arseniato (As V), liberando dos electrones en el proceso que son utilizados para procesos generadores de energía.

El objetivo de este trabajo fue aislar bacterias que viven en condiciones de altas concentraciones de arsénico en el suelo y determinar sus niveles de tolerancia a las especies de arsénico prevalentes en su ambiente.

Materiales y Métodos

Las muestras de suelo fueron colectadas de acuerdo con lo requerido por la Norma NMX-AA-132-SCFI-2006: Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. Los sitios elegidos para el muestreo se determinaron tomando como base las concentraciones de arsénico reportadas por González *et al.*, 2014, en el sistema suelo-agua, seleccionándose los lugares con las concentraciones más altas: Ej. Charcos de Risa del municipio de Francisco I. Madero, Coahuila y Cd. Tlahualilo de Zaragoza, Durango. Las muestras colectadas se trataron de inmediato colocando 1 g de suelo en medio químicamente definido (MQD) (Muller *et al.*, 2003) a temperatura ambiente durante tres días. Posteriormente se preparó agar químicamente definido (AQD) conteniendo 1 mg de NaAsO_2 para preseleccionar los cultivos más resistentes. Se realizaron diluciones seriadas en solución salina hasta 10^6 y se plaqueó en cajas Petri con AQD. Se incubó por 24-72 horas y se realizó el conteo de colonias definidas. Se seleccionaron colonias aisladas crecidas después de 72 horas para realizar pruebas boquímicas, caracterización al microscopio y pruebas de tolerancia a Arsenito (NaAsO_2) y Arseniato (H_2NaAsO_4). Las pruebas de tolerancia se establecieron según Campos *et al.*, 2007, empleando concentraciones de Arsenito y Arseniato de 0.5 mM, 1 mM, 2 mM, 4mM, 6 mM y 8mM. Se plaqueó en agar nutritivo más arsénico, utilizando dos repeticiones por concentración y se incubó a 25° C por 48 h. Se realizó el recuento colonial y se conservaron las colonias con desarrollo a las concentraciones más altas de ambas especies del metaloide.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en los conteos bacterianos se expresan en unidades formadoras de colonias (ufc). Los microorganismos fueron cultivados desde un principio bajo altas concentraciones de arsénico en su especie más tóxica para inhibir el crecimiento de especies poco tolerantes y hongos con resistencia al metaloide. Como se puede observar en el cuadro 1, los microorganismos presentaron mejor crecimiento y tolerancia a la presencia de Arsénico III, presentándose crecimiento incontable en la mayoría de los tratamientos.



DIVISIÓN II

Cuadro 1. Crecimiento de bacterias aisladas en muestras superficiales (MS) y profundas (MP) de dos tipos de suelo (A, B), bajo diferentes concentraciones de As (III) y As (V).

Arsénico (III)		UFC/g			
Concentración	AMS	AMP	BMS	BMP	
0.5 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
1 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
2 mM	Incontables	Incontables	95±7	Incontables	
4 mM	5585±7	Incontables	49±1	Incontables	
6 mM	529±6	5037±1	43±0	Incontables	
8 mM	0±0	31±2	26±1	Incontables	
Arsénico (V)		UFC/g			
Concentración	AMS	AMP	BMS	BMP	
0.5 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
1 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
2 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
4 mM	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	
6 mM	0	Incontables	Incontables	Incontables	
8 mM	0	0	incontables	incontables	

Muestra A tomada en Ej. Charcos de Risa, Coahuila

Muestra B tomada en campo agrícola de Tlahualilo, Dgo.

La caracterización macroscópica realizada mostró el desarrollo de colonias bien definidas color blanco, de bordes regulares, textura cremosa y forma cóncava. Sin embargo, el desarrollo colonial fue afectado sustancialmente al aumentar la concentración de arsénico, siendo más evidente para las muestras del sitio A. Al realizarse la exploración microscópica se utilizó la tinción diferencial de Gram encontrándose en todas las muestras la presencia de bacilos G (-), con excepción de la muestra superficial del sitio A, donde se observaron microorganismos con forma de cocos G (-). Cuadro 2.

Cuadro 2. Características macroscópicas y microscópicas de bacterias aisladas en muestras superficiales (MS) y profundas (MP) de dos tipos de suelo (A, B).

Muestra	Características microscópicas	Morfología colonial	Respuesta a tinción Gram
AMS	Cocos	Forma: Cóncava	G (-)
AMP	Bacilos	Borde: Regular	G (-)
BMS	Bacilos	Consistencia: Cremosa	G (-)
BMP	Bacilos	Color: Blanco	G (-)

En cuanto a las pruebas bioquímicas realizadas se puede observar que tan solo los microorganismos correspondientes a la muestra superficial A y muestra profunda B utilizan al citrato como fuente de carbono. Por otro lado, se observa un metabolismo fermentativo de azúcares en tres de las muestras, no así en la muestra superficial A. Del mismo modo, prevalece descarboxilación positiva a Lisina en tres de las muestras, excepto la muestra profunda del sitio A. Los microorganismos en las dos muestras profundas son móviles. En las cuatro muestras se presenta comportamiento a Indol negativo. La prueba de catalasa se presenta positiva para tres de las cuatro muestras, tan solo la muestra profunda A aparece negativa. Cuadro 3.



DIVISIÓN II

Cuadro 3. Pruebas bioquímicas realizadas a bacterias aisladas en muestras superficiales (MS) y profundas (MP) de dos tipos de suelo (A, B).

Prueba Bioquímica	AMS	AMP	BMS	BMP
Citrato	(+)	(-)	(-)	(+)
Fermentación de azúcares	(-)	(+)	(+) Glucosa	(+)
Descarboxilación y desaminación de lisina	(+) DL	(-)	(+) DL	(+) DL
Movilidad	(-)	(+)	(-)	(+)
Indol	(-)	(-)	(-)	(-)
Catalasa	(+)	(-)	(+)	(+)

DL: Descarboxilación de Lisina

Los resultados mostrados anteriormente apuntan hacia la identificación de microorganismos pertenecientes al género *Pseudomona*. Esto coincide con lo reportado por Campos *et al.*, 2007, donde se aislaron principalmente *Pseudomonas* a partir de muestras de roca volcánica. Por su parte, en el trabajo realizado por Mellado *et al.*, también se reporta el aislamiento de bacterias del género *Pseudomona* con las características de las muestras analizadas en este trabajo.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y con base en lo reportado en el manual de Bergey's las bacterias aisladas coinciden predominantemente con el género *Pseudomona*. Las características encontradas en el crecimiento microbiano se conservan mejor para las muestras provenientes del sitio B, el cual es un campo agrícola en producción, por lo que se infiere que la tolerancia está directamente relacionada con los mecanismos que las bacterias han tenido que desarrollar para soportar el estrés del trabajo agrícola.

Bibliografía

- Albores A., Cebrián M. E., Tellez I. y Valdez B. 1979. Estudio comparativo de hidroarsenicismo crónico en dos comunidades rurales de la Región Lagunera de México. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 86: 196-205.
- Bergey, D.H., Holt, J.G. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ed: Williams y Wilkins.
- Bundschuh, J. Bhattacharya, P. Claesson, M. 2006. Distribution and mobility of arsenic in the RíoDulce alluvial aquifers in Santiago del Estero province, Argentina. Science of the Total environmental, 358 (1-3), 97 – 120.
- Cebrian, M. E., Albores, A., García-Vargas, G., Del Razo, L. M., OstroskyWegman, P. 1994. Chronic arsenic poisoning in humans: the case of Mexico. Advance in Environmental Science and Technology, Vol. 27. Arsenic in the Environmental, Part II. Human Health and Ecosystem Effects. Wiley, New York. Pp. 93-107.
- Mellado, C., Badilla, C., Escalante, G., Campos, V. L., Mondaca, M. A. 2007. Transformación e arsénico por bacterias aisladas de sedimentos enriquecidos con el metaloide. Afinidad-Barcelona. 534: 115 – 119.
- Muller D, Lièvremon D, Simeonova DD, Hubert JC, Lett MC. 2003. Arsenite oxidase aox genes from a metal-resistant betaproteobacterium. Journal of bacteriology. 185:135–141.
- National Committee for Clinical Laboratory (NCCL). 1992. Standards Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests fourth edition; Approved Standard NCCLS Document M2-A4, Villanora
- NMX-AAA-132-SCFI-2006. Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.
- Viniegra G, Escobar R, Borja E, Caballero PJ. 1964. La polución atmosférica e hídrica de Torreón, Coah., Salud Pública Méx. 3: 405-414.



LA DESNITRIFICACIÓN EN EL SUELO DE UN BOSQUE TEMPLADO DE MONTAÑA. EL CASO DEL PINAL DEL ZAMORANO, GUANAJUATO.

Guzmán-Flores, CM¹; Vera-Nuñez, JA¹; Peña-Cabriales, JJ^{1*}

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Irapuato, Guanajuato. México.

*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; Km. 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36821 Tel. +52(462)-623-9600 extensión 9443.

Resumen

La desnitrificación es el último paso del ciclo del nitrógeno donde, a través de la actividad de numerosos microorganismos, el nitrato del suelo es reducido a las formas gaseosas de óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N₂O), y nitrógeno molecular (N₂). El mayor problema de la desnitrificación es la emisión de gases de efecto invernadero que además participan en la destrucción del ozono y en la precipitación de lluvia ácida. En el mundo se han hecho numerosas evaluaciones de estas emisiones, y sobre los factores ambientales que los desencadenan, particularmente en sistemas agrícolas. En México pocos son los ecosistemas estudiados. La presente investigación tiene por objetivo determinar los factores ambientales, y las poblaciones microbianas responsables de la desnitrificación en un bosque templado de montaña. Se caracterizaron 12 sitios de muestreo a lo largo de 4 niveles de cobertura vegetal (Oyamel, Encino, Arbustos y Herbáceas), se tomaron mediciones de la emisión *in situ*, y en laboratorio a partir de núcleos de suelo intacto, y se analizaron las poblaciones bacterianas desnitrificantes. Los niveles con emisión de N₂O y NO son Herbáceas, seguidos por Arbustos y Encino. El nivel que presenta las características del suelo ideales para la desnitrificación es Oyamel, aunque no se pudo detectar la emisión. Las poblaciones más grandes de microorganismos desnitrificantes cultivables fueron detectadas en el nivel de Herbáceas.

Palabras clave

Gases de efecto invernadero, Uso de suelo.

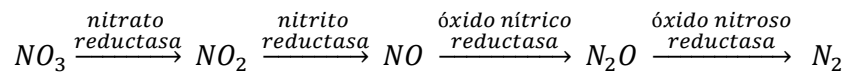
Introducción

La desnitrificación es el paso del ciclo del nitrógeno donde una gran diversidad de microorganismos del suelo reducen el nitrato (NO₃) a las formas gaseosas de óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N₂O) y nitrógeno molecular (N₂). Este proceso cierra el ciclo al regresar el N₂ de vuelta a la atmósfera. Numerosos factores ambientales y complejos consorcios microbianos en el suelo estimulan la desnitrificación, haciendo que este fenómeno ocurra en períodos y sitios de actividad muy cortos y restringidos, en diferentes escalas temporales y espaciales (Groffman, 2012).

La desnitrificación depende principalmente de cuatro condiciones: el agotamiento de la concentración de oxígeno en el suelo, la presencia de fuentes minerales de nitrógeno como NO₃ y nitritos (NO₂), una fuente de carbono, y las poblaciones microbianas desnitrificantes



(Saggar, et al., 2012). Cuando las concentraciones de oxígeno disminuyen, estos microorganismos modifican su metabolismo y utilizan al NO_3 como aceptor de electrones durante la respiración celular.



Reacción General de la desnitrificación con las enzimas responsables de cada reducción.

Las consecuencias ambientales de la desnitrificación dependen de la eficiencia de los microorganismos por reducir el NO_3 completamente a N_2 . El N_2O es un gas de efecto invernadero con un potencial de forzamiento radiactivo 300 veces más grande que el CO_2 , además de participar con el NO en la destrucción del ozono. El NO , a su vez, es un gas altamente reactivo que es transformado a NO_2 en la atmósfera precipitándose en forma de lluvia ácida (Groffman, 2012).

Mientras que en México estas emisiones han sido estudiadas en sistemas agrícolas, hay pocos reportes de la desnitrificación en otros ecosistemas (Grageda-Cabrera, 1999) (Davidson, et al., 1993). En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que se hace de la desnitrificación en un bosque templado de montaña en México dominado por poblaciones de encino (*Quercus spp.*) y oyamel (*Abies religiosa*).

El objetivo de la investigación es determinar los factores ambientales y las poblaciones microbianas que contribuyen a la emisión de N_2O por desnitrificación a través de un gradiente de altitud (3200-2600msnm) en cuatro tipos de cobertura vegetal: Oyamel (*Abies religiosa*), Encino (*Quercus spp.*), arbustos de transición y herbáceas anuales. El sitio de estudio es el Pinal del Zamorano ubicado entre los Estados de Querétaro y Guanajuato, y que pertenece al programa de Regiones Terrestres Prioritarias de México de la CONABIO.

Muestreo y métodos

Muestreo: Se realizaron tres muestreos en cuatro sitios representativos de cada uno de los niveles de cobertura vegetal (oyamel, encino, arbustos de transición y herbáceas) entre Septiembre y Noviembre del 2014 posteriores a eventos de precipitación, para un total de doce sitios. Se considero altitud, cobertura vegetal, inclinación de la pendiente, y la posición geográfica de todos los sitios en la cara norte de la montaña para restringir condiciones de humedad, luz y temperatura. En cada sitio se realizó un cuadrante de 10x10m y se tomó una muestra compuesta de 4kg aprox. de suelo a 20cm de profundidad a partir del horizonte A. Se tomaron cinco núcleos intactos por sitio de 4cm de profundidad para medición de gases y respiración del suelo por consumo de O_2 .

Medición de gases: Para la medición de gases se diseñó un experimento de cuatro tratamientos: dos *in situ*, y dos en laboratorio a partir de los núcleos intactos de suelo, y dos tiempos de muestreo: a 1h y a 24h. Para la medición de los gases *in situ* se instalaron cuatro cámaras de PVC a diferentes profundidades, dependiendo de las condiciones del sitio con volúmenes conocidos. Las cámaras se sellaron 24h después y se tomó una muestra a 1h y otra a las 24h en vacutainers de 6mL. Para evaluar la actividad desnitrificante se utilizo el método de inhibición por acetileno en los núcleos de suelo intacto en laboratorio que se dejaron airear por 1h antes de intercambiar el 10% de la atmósfera dentro del núcleo por acetileno. Este método de inhibición por acetileno se basa en la baja selectividad de la enzima óxido nitroso reductasa que intercambia el N_2O por el acetileno como sustrato. Se tomaron muestras a 1h y a



DIVISIÓN II

las 24h. Estos gases se analizaron en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie III, a través de un detector TCD en una columna HP Plot Q.

Propiedades del Suelo: En cada uno de los sitios se determinó temperatura a 20cm de profundidad. A partir de la muestra compuesta de suelo seca y tamizada se determinó: textura, densidad aparente, porcentaje de saturación, salinidad, pH, contenido de materia orgánica, N total, concentración de NH_4 y NO_3 .

Poblaciones desnitrificantes: Para determinar las poblaciones desnitrificantes cultivables se hicieron diluciones de cada sitio en medio mineral selectivo con succinato de sodio como fuente de carbono y nitrato de potasio como fuente de nitrógeno. Se adicionaron soluciones de cobalamina, tiamina y una solución compuesta de vitaminas de acuerdo a la composición de Heylen et al (2006). Las diluciones se crecieron en cámaras de anaerobiosis durante 4 días a 35°C . Para medir la actividad desnitrificante se realizaron diluciones seriadas con el mismo medio mineral selectivo, líquido y un tapón de aceite mineral para detener el flujo de gases. Se utilizó el reactivo Focht y Joseph que contiene α -naftilamina como indicador, para determinar la reducción del nitrato en el medio a nitrito o las formas gaseosas de nitrógeno (Focht & Joseph, 1973). Se aislaron 10 bacterias de cada sitio, las cuales están en proceso de identificación.

Resultados y discusión

Sitio	Altitud (msnm)	Temperatura del suelo ($^\circ\text{C}$)	suelo	saturación	densidad g/cm^3	pH	MO	N	NH_4 mg/kg	NO_3 mg/kg
Herbáceas 1	2674	14.6	franco	58%	0.97	5.73	5.96%	0.39%	14.4	5.32
Herbáceas 2	2756	17.5	franco	60%	0.97	5.65	4.88%	0.20%	12.3	0.41
Herbáceas 3	2608	22.5	franco	50%	1.07	6.35	5.27%	0.15%	8.67	0.28
Arbustos 1	2719	11.5	franco arenoso	84%	1.02	6.22	11.60%	0.48%	16.6	1.20
Arbustos 2	2808	14.9	franco	80%	0.97	5.94	13.10%	0.47%	24.6	0.23
Arbustos 3	2626	14.4	franco	120%	0.99	5.77	11.80%	0.48%	7.94	0.15
Encino 1	3008	10.1	franco arenoso	100%	0.92	5.18	18.90%	0.72%	31.1	5.77
Encino 2	3003	12.3	franco arenoso	124%	0.97	5.51	14.60%	0.47%	33.9	0.33
Encino 3	3005	11.0	franco arenoso	188%	0.92	5.15	24.60%	0.80%	30.3	0.17
Oyamel 1	3249	8.5	franco arenoso	172%	0.94	5.88	49%	1.43%	31.1	4.98
Oyamel 2	3224	11.8	franco arenoso	171%	0.92	5.68	-	1.50%	39.7	0.15
Oyamel 3	3244	10.0	franco arenoso	197%	0.9	5.64	44.30%	1.97%	66.4	0.79

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del suelo de los 12 sitios. Temperatura se midió *in situ*, el resto se evaluó en laboratorio.

Emisión de N_2O : Los sitios que presentaron un pico de emisión de N_2O fueron Herbáceas 2 *in situ* a las 24h, con inhibición de acetileno a 1h, y Arbustos 1 con inhibición de acetileno a las 24h. El resto de los sitios no presentó emisión de N_2O , sin embargo, todos los sitios del tratamiento en núcleos de suelo intacto presentaron un pico de NO . También Encino 1, Arbustos 1 y Herbáceas 1 y 2 presentaron el mismo pico en el tratamiento *in situ* a las 24h.

Propiedades del suelo: Herbáceas tuvo la mayor temperatura del suelo y la mayor densidad aparente. Mientras que, Oyamel tuvo el mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno total, amonio y porcentaje de saturación. La concentración de nitratos en el suelo tuvo una gran variabilidad ya que el sitio que presentó mayor concentración es encino 1 con 5.77mg/kg de suelo, contra los sitios de menor concentración: Oyamel 2 y Arbustos 3 con 0.15mg/kg.

Poblaciones desnitrificantes: Los niveles que presentan mayor número de bacterias desnitrificantes son Herbáceas y Arbustos, mientras que Encino presenta el menor número. En los cuatro niveles se ha detectado actividad hasta la dilución -4, en Herbáceas y Arbustos la actividad continúa hasta la dilución -6 aunque sólo ocurre una reducción parcial del nitrato en el medio a nitritos. En Oyamel y Encino los nitratos de las diluciones -5 y -6 permanecen iguales.



Al identificar los aislados del suelo, hasta el momento se han identificado numerosos Actinomicetos con algunas cepas pertenecientes al género *Streptomyces*.

A partir de los datos obtenidos se distingue que aunque las condiciones de nitratos, materia orgánica y % de saturación del suelo indican que Oyamel es el nivel que tiene los factores necesarios para la desnitrificación, es Herbáceas y Arbustos los que presentan el mayor número de microorganismos. Sin embargo, Herbáceas presenta la mayor temperatura del suelo, la cual se sabe favorece el desarrollo de los microorganismos. Respecto a las emisiones, tanto Herbáceas como Arbustos presentan mayor emisión respecto a Oyamel y Encino. Creemos que la temperatura entonces juega un papel determinante en las emisiones. A pesar de que se esperaba una mayor emisión de N_2O , obtuvimos una mayor emisión de NO en todos los niveles cuando se hacía una corrección de acetileno para cuantificar la emisión por desnitrificación únicamente.

Conclusiones

Hasta el momento los datos obtenidos de factores ambientales y poblaciones microbianas nos dan un panorama de lo que sucede en el sistema de 4 niveles en una montaña de bosque templado en México. Esperamos que los análisis estadísticos determinen cuáles de estos factores influyen más en la emisión de N_2O y NO.

Agradecimientos

Gracias a la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de maestría que permite realizar esta investigación. Gracias al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Irapuato, y principalmente al Laboratorio de Microbiología Ambiental a cargo del Dr. Juan José Peña Cabriales.

Bibliografía

- Davidson, E., Matson, P., Vitousek, P., Riley, R., Dunkin, K., García-Méndez, G., et al. (1993). Processes Regulating Soil Emissions of NO and N_2O in a Seasonally Dry Tropical Forest. Ecological Society of America .
- Focht, D., & Joseph, H. (1973). An Improved Method for the Enumeration of Denitrifying Bacteria . Soil Science Society of America Journal .
- Grageda-Cabrera, O. (1999). La fertilización nitrogenada en el Bajío Guanajuatense como fuente potencial de contaminantes ambientales. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN .
- Groffman, P. M. (2012). Terrestrial Denitrification: Challenges and Opportunities. Ecological processes .
- Heylen, K., Vanparys, B., Wittebolle, L., Verstraete, W., Boon, N., & De Vos, P. (2006). Cultivation of Denitrifying Bacteria: Optimization of Isolation Conditions and Diversity Study. Applied and Environmental Microbiology .
- Saggar, S., Jha, N., Deslippe, J., Bolan, N., Luo, J., Giltrap, D., et al. (2012). Denitrification and $N_2O:N_2$ production in temperate grasslands: Processes, measurements, modelling and mitigating negative impacts. Science of the Total Environment.



DIVERSIDAD CULTIVABLE DE BACTERIAS ENDÓFITAS DE LAS RAÍCES DE *Typha latifolia* (Espadaña)

Hernández-Morales, A.^{1*}; Carranza-Álvarez, C.¹; Pacheco-Aguilar, JR²; Arvizu-Gómez Jackeline L³, Cedillo-Saldierna DE¹

¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.

² Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México.

³ Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

*Autor responsable: alejandro.hernandez@uaslp.mx; Calle Romualdo del Campo Núm. 501, Fraccionamiento Rafael Curiel, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. CP 79060; Tel. +52(481)-381-2348

Resumen

Typha latifolia es una planta con potencial en fitorremediación debido a su capacidad para remover y acumular metales pesados en raíces, tallos y hojas. Los estudios realizados con esta planta se han enfocado en los factores fisicoquímicos que influyen en el proceso de fitoextracción de metales pesados. Sin embargo se desconocen las interacciones con microorganismos a nivel de rizósfera, así como su participación en este proceso. En este trabajo se realizó el aislamiento y caracterización de bacterias asociadas a las raíces de *T. latifolia* crecida en un sitio contaminado con plomo. Se obtuvieron 56 aislados, entre los que se encontraron bacterias fluorescentes. Todos los aislados son capaces de crecer en presencia de Pb²⁺ en un rango de 125 a 500 ppm. Los aislados muestran versatilidad para utilizar fuentes complejas de carbono como almidón, carboximetilcelulosa y pectina, lo cual sugiere la presencia de amilasas, celulasas y pectinasas. Otras características de los aislados fueron la capacidad solubilizadora de fosfatos, producción de sideróforos y de ácido indol acético, así como actividad ACC-desaminasa. Estas características sugieren que los aislados son potenciales bacterias promotoras de crecimiento vegetal, las cuales podrían favorecer la adaptación de *T. latifolia* a su hábitat.

Palabras clave

Typha latifolia; bacterias endófitas; plomo

Introducción

Las plantas pertenecientes al género *Typha* son utilizadas en bioremediación debido a su capacidad para fitoextraer metales pesados de sitios impactados (Alonso-Castro *et al.*, 2009); siendo empleadas en humedales artificiales para el tratamiento de aguas contaminadas (Jha y Kumar, 2007, Li *et al.*, 2011). Los estudios de fitoextracción demuestran que las plantas del género *Typha* son hiperacumuladoras de metales pesados, principalmente en las raíces (Leura-Vicencio *et al.*, 2013). Para contrarrestar los efectos tóxicos causados por los metales pesados, las plantas establecen interacciones simbióticas con microorganismos presentes en la rizósfera, entre los que se encuentran las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) (Zhuang *et al.*, 2007). Algunas BPCV penetran y se establecen dentro de las raíces sin causar enfermedad en las plantas hospederas (Aravind *et al.*, 2008). Estas bacterias, denominadas endófitas, desempeñan un papel benéfico para las plantas, disminuyen el estrés ocasionado



por metales pesados, hidrocarburos, sales y sequías; y en general contribuyen a la adaptación de las plantas a las condiciones presentes en su entorno (Yang-feng *et al.*, 2011).

Estudios de diversidad microbiana en *T. australis* y en *T. angustifolia*, crecidas en humedales para el tratamiento de aguas residuales, han demostrado que las raíces de estas plantas son colonizadas por bacterias endófitas, las cuales promueven el crecimiento de las plantas y participan en el proceso depurador del agua (Jha y Kumar, 2007, Li *et al.*, 2011). En lo que respecta a *T. latifolia*, los estudios realizados han explorado la rizósfera de plantas cultivadas en un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales de una tenería, obteniendo aislados pertenecientes a diferentes géneros bacterianos (Calheiros *et al.*, 2009). No obstante, se desconoce la diversidad de bacterias asociadas a *T. latifolia* crecida en sitios impactados por metales pesados; donde las condiciones climáticas, disponibilidad de nutrimentos y niveles de contaminantes fluctúan en función de las estaciones del año. Por lo que en ese trabajo se realizaron estudios para determinar la diversidad bacteriana endófito cultivable, asociada a las raíces de *T. latifolia*, crecida en un sitio impactado con plomo.

Materiales y Métodos

Se recolectaron plantas de *T. latifolia* en un sitio contaminado con plomo, cerca de la laguna de San José ubicada en las coordenadas 22°09'07.0" N y 101°02'14.2"O, en San Luis Potosí, México. Las raíces se separaron, se lavaron con agua y se desinfectaron de acuerdo a la metodología de Sheng y Xia (2006). Se realizaron pruebas de desinfección para garantizar la ausencia de bacterias en la superficie de las raíces. Las raíces desinfectadas se trituraron y homogenizaron con agua destilada estéril. A partir de esta suspensión se realizaron diluciones seriadas, las cuales se inocularon en medio Luria Bertani (LB) adicionado con 5 ppm de plomo en forma de $Pb(NO_3)_2$. Las colonias se clasificaron por morfotipos, se sembraron 3 veces en las mismas condiciones para garantizar la tolerancia a 5 ppm de Pb^{2+} . Posteriormente se determinó la tolerancia a concentraciones variables de Pb^{2+} . Para la caracterización, los aislados se inocularon en medios suplementados con almidón, celulosa y pectina; medio KB para identificar bacterias fluorescentes; medio CAS para determinar la producción de sideróforos; medio NBRIP para determinar la capacidad de solubilizar fosfatos a partir de $Ca_3(PO_4)_2$; medio con ACC como fuente de nitrógeno para identificar la enzima ACC-deaminasa y LB con triptófano para determinar la producción de ácido indol acético (AIA) (Cedillo-Saldierna, 2015).

Resultados y Discusión

Las raíces desinfectadas de *T. latifolia* mostraron una carga microbiana de 1600 UFC/g raíz. En las placas de LB con 5 ppm de Pb^{2+} se desarrollaron varias colonias, de las cuales se seleccionaron morfotipos definidos, se sembraron 3 veces obteniendo un total de 56 aislados capaces de crecer en medio LB con 5 ppm de Pb^{2+} . Para determinar el nivel de tolerancia a Pb^{2+} , los 56 aislados fueron inoculados en medios de cultivo con diferentes concentraciones del metal. Los resultados obtenidos confirman que el 100% de los aislados endófitos son capaces de crecer en presencia de Pb^{2+} . El 8.9% de los aislados (5/56) toleran 125 ppm de Pb, el 82.1% (46/56) toleran 250 ppm de Pb y el 8.9% (5/56) 500 ppm.

Para determinar la naturaleza endófito de los 56 aislados, se crecieron en medios suplementados con almidón, carboximetilcelulosa y pectina para determinar la producción amilasas, celulasas y pectinasas (Figura 1A). De los 56 aislados, sólo 54 muestran diferentes

patrones de hidrólisis de los carbohidratos complejos, 9 aislados hidrolizan tres carbohidratos, 24 hidrolizan dos y 21 aislados degradan un carbohidrato (Figura 1D). Estos resultados muestran que algunos aislados poseen la maquinaria enzimática para degradar componentes de la pared celular, dado que la entrada al interior de las raíces implica un proceso mediado por enzimas degradadoras de polímeros como pectina y celulosa (Pérez y Chamorro 2012), la capacidad hidrolítica de celulosa y pectina sugieren la naturaleza endófito de las bacterias.

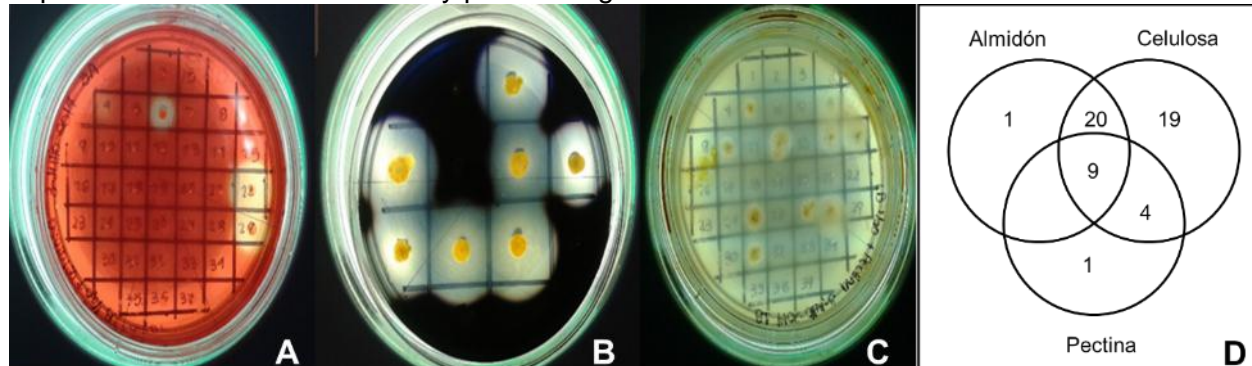


Figura 1. Hidrólisis de (A) celulosa, (B) almidón, (C) pectina, (D) actividades hidrolíticas en los 54 aislados.

Por otra parte los aislados se inocularon en medio King B (KB) específico para bacterias fluorescentes. Del total de aislados, 24 (42 %) mostraron una coloración amarillo-verdosa fluorescente alrededor de la colonia al ser expuesta a la luz ultravioleta, dicha coloración es debida a una sustancia denominada fluoresceína propia del género *Pseudomonas*. Una característica de éste género es la producción de sideróforos, moléculas orgánicas de bajo peso molecular cuya función es secuestrar el Fe^{3+} . Para determinar la producción de sideróforos, los 56 aislados se cultivaron en el medio selectivo CAS. Los resultados muestran que los 24 aislados fluorescentes producen sideróforos, lo cual correlaciona con el género *Pseudomonas*. Adicionalmente se identificaron dos aislados, no fluorescentes, productores de sideróforos. Las bacterias resistentes a metales pesados productoras de sideróforos juegan un papel importante en la supervivencia y el crecimiento de las plantas en suelos contaminados con metales (Hussein y Joo, 2014, Nair *et al.*, 2007). Los sideróforos bacterianos son un mecanismo para disminuir la toxicidad de iones metálicos libres, al unirse con los metales pesados forman complejos que evitan que los metales penetren la célula y causen toxicidad (Rajkumar *et al.*, 2009, Nair *et al.*, 2007). De esta manera la producción de sideróforos disminuye la cantidad de metales pesados, favoreciendo la adaptación de la planta al sitio impactado.

Los niveles elevados de metales pesados en el suelo interfieren con la absorción de nutrientes como el Fe y el P. La deficiencia de estos minerales puede ser compensada por la solubilización de fosfatos inorgánicos y la producción de sideróforos por parte de las bacterias. A fin de mejorar la disponibilidad de fósforo para su planta hospedera, se ha reportado que algunas bacterias endófitas son capaces de solubilizar el fosfato inorgánico. Ji *et al.* (2014) aislaron cuatro bacterias endófitas de plantas de arroz (*Oryza Sativa*) con actividad solubilizadora de fosfato que contribuyen al crecimiento de la planta. En el ensayo de solubilización de fosfatos, el 83.9% de los aislados (47/56) son capaces de obtener fosfato a partir de la sal insoluble $Ca_3(PO_4)_2$, lo que indica que los aislados utilizan ésta sal como fuente de fosfato. El mecanismo utilizado por estos aislados es la producción de ácidos orgánicos, evidenciado por el viraje del medio de cultivo del azul al amarillo, obteniéndose halos alrededor de la colonia.



DIVISIÓN II

Se ha reconocido que la presencia de metales en el medio ambiente ocasiona estrés a la planta, desencadenando reacciones mediadas por el etileno, una hormona presente en plantas superiores cuya función es modular el crecimiento normal y desarrollo de las plantas. Sin embargo en condiciones de estrés (salinidad, sequía, contaminación con metales pesados) la síntesis del etileno aumenta, provocando alteraciones en la fisiología vegetal y finalmente la muerte de la planta (Esquivel-Cote *et al.*, 2013). Para contrarrestar el estrés, las plantas se asocian con microorganismos que disminuyen los niveles de etileno a través de la acción de la enzima ACC-desaminasa. De los aislados endófitos de *T. latifolia*, el 39.2% (22/56) producen la enzima ACC-desaminasa, lo cual podría contribuir a la adaptación de la planta al sitio impactado.

Otro de los mecanismos de las bacterias asociadas a las plantas hiperacumuladoras para promover el crecimiento vegetal, es la producción de fitohormonas la auxina ácido indolacético (AIA). Estudios anteriores han demostrado que las bacterias endófitas de plantas hiperacumuladoras de metales pesados producen AIA, el cual es utilizado por la planta hospedera para su desarrollo (Ma *et al.*, 2013, Zhu *et al.*, 2014). El AIA a pesar de ser producido de manera natural por las plantas, su biosíntesis no es exclusiva de éstas ya que algunas bacterias del suelo pertenecientes a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Pseudomonas* y *Serratia* son capaces de producirlo a partir del L-triptófano (Vinodrai-Bhatt y Vyas, 2014). Respecto a la producción del AIA, el 100 % (56/56) de los aislados producen la fitohormona. El AIA producido por las bacterias, tiene los mismos efectos en las plantas, que aquel producido de manera endógena. Se ha demostrado que la producción de AIA por las cepas *Bacillus subtilis* Whlr-12 y *Bacillus* sp. Whlr-15, estimulan la elongación de la raíz del trigo (*Triticum aestivum*). La producción de AIA también está relacionada con la formación de raíces laterales y adventicias (Rajkumar *et al.*, 2009).

En general los resultados muestran diversidad de bacterias endófitas de las raíces de *T. latifolia*, las cuales podrían contribuir a la adaptación de la planta al sitio contaminado con metales pesados. Los 56 aislados fueron agrupados de acuerdo al método vecino más próximo, utilizando el programa PAST, que revela bacterias con características bioquímicas comunes, clasificadas en 6 grupos mayoritarios, con al menos 4 individuos por grupo (Figura 2).

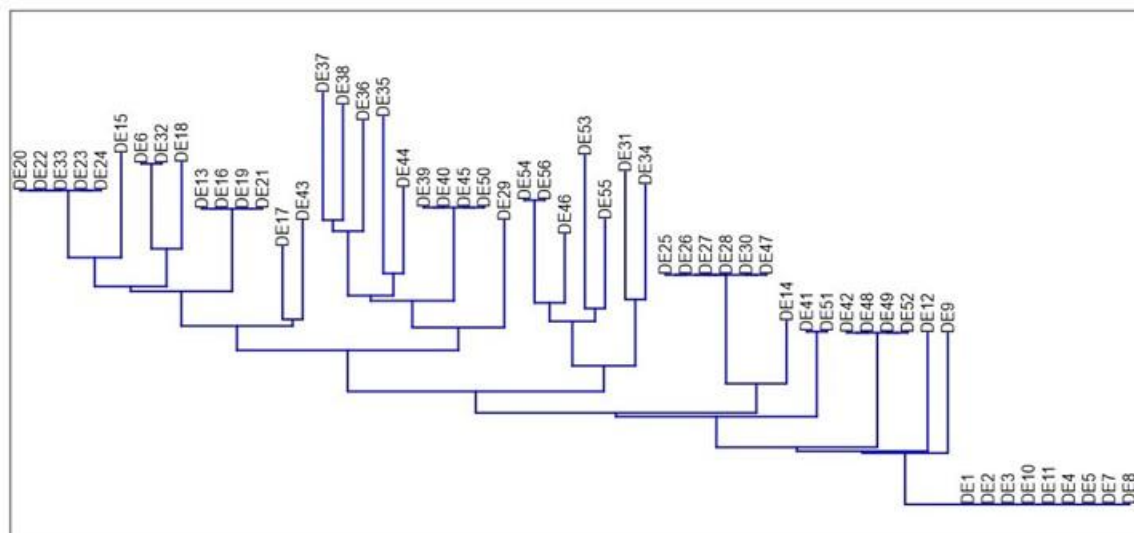


Figura 2. Agrupación de las bacterias endófitas de las raíces de *T. latifolia* en base a las características bioquímicas. Se utilizó el método del vecino más próximo.

Conclusiones

Las raíces de *T. latifolia* son hábitat para bacterias endófitas tolerantes a Pb^{2+} . Estas bacterias muestran actividades para la promoción del crecimiento vegetal como la solubilización de fosfatos, producción de sideróforos, ácido indol acético y actividad ACC-desaminasa; que podrían estar involucradas en la adaptación de la planta a sitios impactados con metales pesados y participar en el proceso de fitoextracción.

Agradecimientos

Al Programa PRODEP, Apoyo a la Incorporación de Nuevos PTC Convenio DSA/103.5/14/7437. A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Fondo de Apoyo a la Investigación Convenio C14-FAI-04-04.04 e Inmersión a la Ciencia Convenio C14-PIFI-08-07.07.

Bibliografía

- Alonso-Castro AJ, Carranza-Álvarez C, Alfaro-de la Torre MC, Chávez-Guerrero L, García-De la Cruz RF (2009). Removal and accumulation of cadmium and lead by *Typha latifolia* exposed to single and mixed metal solutions. *Arch Environ Contam Toxicol* 57: 688-696.
- Jha PN, Kumar A (2007). Endophytic colonization of *Typha australis* by a plant growth-promoting bacterium *Klebsiella oxytoca* strain GR3. *J Applied Microbiol* 103:1311-1320.
- Li YH, Liu QF, Liu Y, Zhu JN, Zhang Q (2011). Endophytic bacterial diversity in roots of *Typha angustifolia* L in the constructed Beijing Cuihu wetland (China). *Research in Microbiol* 162:124-131.
- Leura-Vicencio A, Alonso-Castro AJ, Carranza-Álvarez C, Loredó-Portales R, Alfaro de la Torre MC (2013). Removal and accumulation of As, Cd and Cr by *Typha latifolia*. *Bull Environ Contam Toxicol* 90(6): 650-653.
- Zhuang X, Chen J, Shim H, Bai Z (2007). New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int* 33:406-413.



DIVISIÓN II

- Calheiros CSC, Duque AF, Moura A, Henriques IS, Correia A, Rangel AOSS, Castro PML (2009). Changes in the bacterial community structure in two-stage constructed wetlands with different plants for industrial wastewater treatment *Biosource Technol* 100:3228-3235
- Aravind R, Kumar A, Eapen SJ, Ramana KV (2008). Endophytic bacterial flora in root and stem tissues of black pepper (*Piper nigrum* L.) genotype: Isolation, identification and evaluation against *Phytophthora capsici*. *Letts in Appl Microbiol* 48:58-64.
- Yang-feng Z, Lin-yan H, Z hao-jin Ch, Qing-ya W, Meng Q, Xia-fang S (2011). Characterization of ACC deaminase-producing endophytic bacteria isolated from copper-tolerant plants and their potential in promoting the growth and copper accumulation of *Brassica napus*. *Chemosphere* 83: 57-62.
- Sheng X.F., y Xia J.J. (2006). Improvement of rape (*Brassica napus*) plant growth and cadmium uptake by cadmium-resistant bacteria. *Chemosphere*, 64(6):1036- 1042.
- Perez, A., Chamorro, L. 2012. Bacterias endófitas: Una alternativa biológica para el control de *Burkholderia glumae* en el cultivo del arroz en Colombia. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.*, 4, 172-184.
- Hussein, K. A. & Joo, J. H. 2014. Potential of siderophore production by bacteria isolated from heavy metal: polluted and rhizosphere soils. *Curr Microbiol*, 68, 717-723.
- Nair, A., Juwarkar, A. A. & Singh, S. K. 2007. Production and characterization of siderophores and its application in arsenic removal from contaminated soil. *Water Air Soil Pollut*, 180, 199-212.
- Rajkumar, M., Ae, N. & Freitas, H. 2009. Endophytic bacteria and their potential to enhance heavy metal phytoextraction. *Chemosphere*, 77, 153-160.
- Ji, S. H., Gururani, M. A. & Chun, S.-C. 2014. Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultivars. *Microbiological Research*, 169, 83-98.
- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R. & Huante, P. 2013. Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, Una revisión. *Rev. Fitotec. Mex.*, 36, 251-258.
- Ma, Y., Prasad, M. N. V., Rajkumar, M. & Freitas, H. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. *Biotechnology Advances*, 29, 248-258.
- Zhu, L., Guan, D., Luo, J., Rathinsabathin, B. & Ma, L. Q. 2014. Characterization of arsenic-resistant endophytic bacteria from hyperaccumulators *Pteris vittata* and *Pteris multifida*. *Chemosphere*, 113, 9-13.
- Vinodrai-Bhatt, P., Vyas, B. R. 2014. Screening and characterization of plant growth and health promoting rhizobacteria *Int J Curr Microbiol App Sci*, 3, 139-155.
- Cedillo-Saldierna, D.E. (2015). Aislamiento y caracterización de bacterias endófitas de la raíz de *Typha latifolia* tolerantes a plomo. Tesis de Licenciatura en Bioquímica, UAMZH-UASLP.



CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS DE LA RIZÓSFERA DE MAÍZ (*Zea mays*) RAZA XALA CON POTENCIAL BENÉFICO

Hernández-Ibáñez, AM¹; Martínez-Peña, MD¹; Gómez-Lizardi, MJ²; Gómez-Estrada, MM²; Arenas-Navarro AL³; Arteaga-Garibay RI^{1*}.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos del Centro Nacional de Recursos Genéticos. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México.

²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México.

³Instituto Tecnológico de Tepic, Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos. Tepic, Nayarit. México.

*Autor responsable: arteaga.ramón@inifap.gob.mx; Calle Boulevard de la Biodiversidad Núm. 400, Col. Rancho las cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. CP 47600; Tel. +52(378)-106-5020 / 01 800 088 2222 ext. 84818.

Resumen

México es considerado centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays*); cultivo considerado patrimonio biológico por su valor alimenticio, económico, social e industrial. La raza de maíz Xala posee la mazorca más grande del mundo, sin embargo, su estado de conservación es vulnerable. En el suelo rizosférico se desarrollan ciclos biogeoquímicos importantes para el manejo agronómico; por lo que el empleo de estrategias microbiológicas para caracterizar algunos microorganismos cultivables asociados a estos ciclos permitirá describir la biodiversidad del suelo, la detección de microorganismos con potencial antagónico para el control de patógenos del maíz; así como microorganismos benéficos que contribuyan al desarrollo de los cultivos de maíz. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar microorganismos asociados a la rizósfera de maíz raza Xala con diferentes actividades metabólicas, en beneficio del desarrollo de la planta y con potencial biotecnológico. Se tomaron muestras de suelo en tres etapas fenológicas del cultivo. Fueron seleccionadas un total de 121 cepas (bacterias y actinomicetos) que presentaron diferentes actividades metabólicas, tales como: antibiosis, fluorescencia, pigmentos difusibles, capacidad de degradación de carbohidratos, actividad proteolítica, lipolítica, reductora de nitrato y uso de acetato. Los microorganismos aislados de la rizósfera muestran una amplia actividad degradadora de distintas macromoléculas por lo que pueden ser empleados con fines de bioprospección.

Palabras clave

Caracterización; rizósfera; bioprospección.

Introducción

México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays*); cereal de mayor importancia en el país por su valor alimenticio, económico, social e industrial. La raza de maíz Xala, tiene características de importancia agronómica como la de poseer la mazorca más grande del mundo, sin embargo, su estado de conservación es vulnerable, ya que su cultivo está limitado al municipio de Jala, Nayarit y algunas zonas de Jalisco y Sinaloa; a pesar de que se conoce su fisiología, ciclo de vida y su producción, es importante conocer cómo se lleva a cabo la absorción y "reciclaje" de nutrientes y las interacciones suelo-planta-microorganismo involucradas en estos procesos.



La rizósfera es la región del suelo cercano a las raíz de la planta considerada como zona de amortiguación biológica donde se encuentra una gran variedad de microorganismos como son las bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras; es el punto sensible dónde se manifiestan las respuestas del cultivo, debido a la concentración de materia orgánica y de las reacciones metabólicas que se producen; es un ambiente dinámico donde se realiza el intercambio de nutrientes entre planta-microorganismo (Pedraza, 2010 y Suárez., 2010).

La importancia de conocer la diversidad microbiana en el suelo rizosférico del cultivo de maíz radica en que esta puede ser empleada para mejorar la calidad del suelo, evitar la erosión y aumentar la producción del cultivo, además de conservar las características originales (Hernández, 2003).

Las comunidades microbianas en estos suelos están constituidas por una gran variedad de bacterias con diferentes actividades metabólicas que desdoblan macromoléculas, y las convierten en materia disponible para la planta, lo cual beneficia su crecimiento y desarrollo por diferentes mecanismos, tales como la nutrición vegetal de forma directa por su participación en la transformación de los compuestos orgánicos (materia orgánica), el suministro directo de nutrientes, el aumento en el desarrollo radicular de las plantas, así como para solubilizar los compuestos inorgánicos, mejorar el vigor de la planta a través de la asistencia para la disponibilidad de los nutrientes (nitrógeno, fósforo y minerales esenciales) y la calidad del suelo (mejoramiento de propiedades fisicoquímicas) o de forma indirecta por la disminución de los efectos inhibidores de diversos patógenos, con el fin de conservar y preservar este cultivo (Toro, 2004; Ibarra, 2010 y Cano, 2011).

La descripción de las comunidades microbianas del suelo rizosférico permitirán potenciar el uso de microorganismos como reguladores de la calidad del suelo, en forma de bioinoculantes como una de las alternativas más prometedoras en beneficio de la salud y nutrición del cultivo, el cual tienen un papel muy importante dentro de la agricultura sostenible.

Materiales y métodos

Se realizaron colectas de suelo rizosférico en tres etapas fenológicas del cultivo de maíz raza Jala (V4-Etapa vegetativa con 4 hojas, R4-Etapa masosa, R6-Etapa de madurez); en el municipio de Jala, Nayarit. Las muestras fueron colectadas con ayuda de un barreno (10cm de ancho x 20 cm de largo) a una profundidad no mayor a 30 cm y trasladadas al Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos del CNRG-INIFAP para su análisis.

Aislamiento y selección de bacterias.

El aislamiento se realizó a partir de 10 g de muestra homogenizada con la técnica de diluciones seriadas (1:10 de la 10^{-1} hasta 10^{-10}) en los medios: Czapek y Arginina Glicerol para actinomicetos y Gelosa Nutritiva y King-B para bacterias; se incubaron a 28 °C por 48 h; el ensayo se realizó por triplicado. Posteriormente se seleccionaron las cajas con crecimiento evidente crecimiento de bacterias entre 25 a 250 UFC para determinar la cantidad de bacterias presentes por gramo de suelo mediante la siguiente fórmula: UFC/g de suelo = (# colonias) (1/dilución) (1/alícuota).

Se seleccionaron las colonias con características similares al grupo de los actinomicetos y de otros grupos bacterianos, con base en: producción de pigmentos, morfología colonial, fenómeno de antibiosis y fluorescencia (Ortigoza *et al.*, 2008). Una vez seleccionadas, se realizó la purificación de las cepas por estría cruzada y posteriormente se realizaron pruebas de oxidasa, catalasa y tinción Gram para realizar una identificación presuntiva.



Caracterización de bacterias.

Se realizó la caracterización *in vitro* de las cepas seleccionadas para determinar diversas actividades metabólicas. Las cepas seleccionadas fueron inoculadas en diferentes medios de cultivo para probar la presencia de actividades metabólicas; las actividades probadas fueron: proteolíticas capaces de hidrolizar las proteínas de tipo globular (caseína) y/o fibrosa (gelatina), lipolíticas capaces de degradar grasas tanto animal (yema de huevo) y/o vegetal (aceite de oliva), la degradación de carbohidratos como amilolíticas (almidón), quitinolíticas (quitina) y ligninolíticas (lignina), la reducción de nitratos y el uso de acetato (MacFaddin, 2003).

Para cada medio se inocularon las cepas de referencia *Escherichiacoli* ATCC 25922, *Staphilococcus aureus* ATCC 25923, *Listeria monocytogenes* cepa LM-43 y *Pseudomonas aeruginosa* cepa DR1AG como controles positivo y negativo. Al final de la caracterización las cepas se conservaron a -80 °C en glicerol al 20% para conformar una colección de microorganismos específicos de la rizósfera del cultivo de maíz raza Jala.

Resultados y Discusión

Aislamiento y selección de bacterias.

Los resultados de la determinación de UFC/g de muestra de suelo rizosférico en las 3 etapas del ciclo del cultivo fueron de 4.9×10^6 UFC/g en la etapa V4, 9.8×10^5 UFC/g para la etapa R4 y en la tercera etapa (R6) 1.9×10^6 UFC/g. Se observa mayor número de UFC/g en la etapa V4 lo cual puede ser atribuido a una mayor cantidad de materia orgánica en el cultivo durante esta etapa. Respecto al total de bacterias presentes en el suelo se aislaron diferentes porcentajes de actinomicetos por etapa, en V4 el 11.48%, en R4 1.5% y en R6 el 28.46%.

Se seleccionaron un total de 96 cepas, de las cuales 74 fueron cepas bacterianas y 22 actinomicetos. En el cuadro 1 se presenta el número de cepas seleccionadas en base a los criterios establecidos; 22 presentaron inhibición de crecimiento *in vitro* contra *Fusarium* sp. 19 presentaron fluorescencia, 4 pigmento difusible en el medio y el resto (51 cepas) se seleccionó por morfología diferente.

Cuadro 1. Selección de microorganismos de acuerdo a los criterios establecidos

Muestreo	Pigmento difusible	Inhibición de <i>Fusarium</i>	Fluorescencia	Morfología diferente	Total
Bacterias	2	21	19	32	74
Actinomicetos	2	1	0	19	22

Caracterización de bacterias.

En la figura 1 se presentan cepas probadas en diferentes medios. Se tomaron como positivas aquellas que presentaban un halo por degradación de la macromolécula probada o por el cambio de color en el medio. El análisis de las diferentes actividades metabólicas para la caracterización de las cepas seleccionadas mostró que el 88% de las cepas (85/96) presentaron actividad proteolítica (degradación de gelatina 56% y leche 61%); un 57% (55/96) presentó actividad lipolítica (degradación de grasa animal 4%, lecitinas 20% y grasa vegetal 44%); 71 cepas (73%) presentaron actividad glicolítica (degradación de almidón 64%, quitina 37% y lignina 21%); un 47% presentó reducción de nitrato a nitrito y 19 cepas (20%) utilizan el

acetato como única fuente de carbono. Al menos 20 de las 96 cepas seleccionadas presentan hasta 4 actividades diferentes y la degradación de 6 a 8 macromoléculas diferentes.

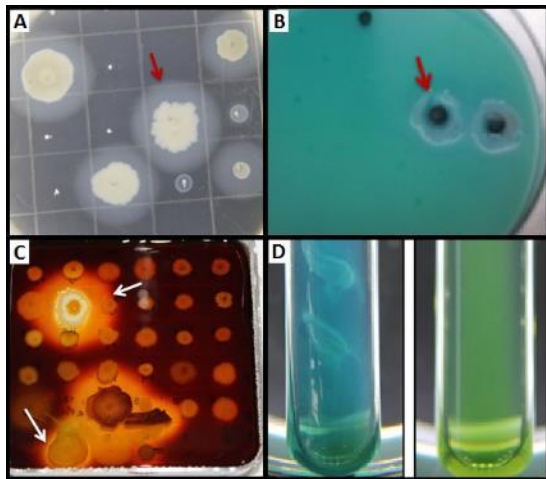


Figura 1. Actividades metabólicas. A) Bacterias con actividad proteolítica en medio gelosa gelatina, B) bacterias con actividad lipolítica en medio Baird Parker (halo de color azul- verde), C) bacterias amilolíticas (degradación de almidón por la enzima amilasa) y D) Bacterias que utilizan el acetato como única fuente de carbono (tubo azul).

En la figura 2 se presenta el número de cepas de bacterias y actinomicetos que resultaron con actividades metabólicas positivas agrupadas por etapa del ciclo fenológico del cultivo. Se observa que en la etapa V4 se obtuvieron mayor número de aislamientos con actividades positivas y esta fue en decremento a medida que avanzaba la edad del cultivo. Se observa mayor número de cepas positivas en todas las actividades metabólicas para las cepas bacterianas en comparación con los actinomicetos. Las principales actividades para las cepas bacterianas en etapas V4 y R4 fueron la proteolítica y la glicolítica con la degradación de proteína globular (caseína) y almidón respectivamente, mientras que los actinomicetos presentan mayor actividad glicolítica en las etapas R4 y V4 con la degradación de almidón. La actividad lipolítica con degradación de grasa vegetal es llevada a cabo principalmente por bacterias en las dos primeras etapas del cultivo; se encontraron únicamente 4 cepas capaces de degradar grasa animal. Respecto a la reducción de nitratos a nitritos, tanto bacterias como actinomicetos mostraron resultados positivos en las 3 etapas. En el caso del uso de acetato como única fuente de carbono, solamente algunas cepas bacterianas dieron positivo para esta prueba, ningún actinomiceto seleccionado fue capaz de utilizar el acetato como única fuente de carbono.

DIVISIÓN II

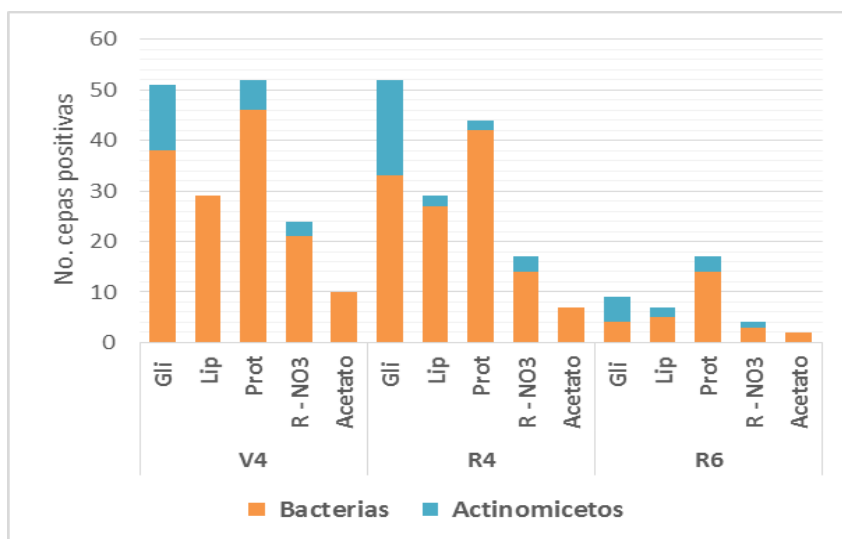


Figura 2. Actividades metabólicas de bacterias y actinomicetos por etapa de cultivo.

Las actividades de degradación de macromoléculas, la reducción de nitrato y el uso de acetato, ayudan a mejorar la salud y nutrición del cultivo, el proceso de desnitrificación y a la fertilidad del suelo (Willey, *et al.*, 2009).

Identificación presuntiva de bacterias.

En la identificación presuntiva del grupo de actinomicetos se encuentran los géneros de *Corynebacterium*, *Propinebacterium*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Mycobacterium* como primer grupo. En el segundo los géneros de *Acinetobacter* y las *Enterobacterias*. Y en el tercer grupo es el de *Pseudomonas*, *Aeromonas*, entre otros. Un estudio realizado por Hernández en 2003 demostró que entre los microorganismos presentes en la rizósfera del cultivo de maíz, se encontraron los géneros *Pseudomonas* y *Azospirillum*, y también se encontraron los géneros *Burkholderia*, *Bacillus* y *Streptomyces* estos géneros son de gran importancia ya que son considerados dentro del grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (Hernández., 2003).

En el caso de las bacterias el grupo más abundante es en el que se encuentran los géneros de *Corynebacterium*, *Propinebacterium*, *Bacillus*, *Nocardia* y *Mycobacterium*. En estudios de maíz se han encontrado dentro de los habitantes de la rizósfera algunos géneros de bacterias como *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces* que ayudan a la promoción del crecimiento de la planta.

Conclusiones

Las cepas bacterianas y de actinomicetos aisladas y seleccionadas a partir de muestras de suelo rizosférico del cultivo de maíz raza Xala presentaron diversas actividades metabólicas que les permite degradar distintas macromoléculas en compuestos más simples que puedan ser aprovechados por las plantas, lo que contribuiría al desarrollo de la planta, por lo tanto, potenciar el uso de microorganismos como reguladores de la calidad del suelo, en forma de bioinoculantes es una de las alternativas más prometedoras en beneficio de la salud y nutrición del cultivo, lo que favorece para lograr una agricultura sostenible.



Bibliografía

- Cano, A. 2011. A review of interaction of beneficial microorganisms in plants: Mycorrhizae, Trichoderma spp. and Pseudomonas spp. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. p. 15-31.
- Hernández, A. (2003) Identificación de algunos géneros microbianos asociados al cultivo de maíz (Zea maíz L.) en diferentes suelos de cuba. Revista colombiana de Biotecnología, vol. V, número 001. p. 45-55.
- Ibarra C. 2010. Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de chinampa y su efecto en las plantas de interés agrícola. Dr. En tao wahghu, Dra. María Soledad Vásquez Murrieta. Tesis de Maestría en ciencias. Instituto politécnico nacional. México, D.F.
- MacFaddin, J. 2003. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. 3^a Edición. Editorial medica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Ortigoza, J. y De león, S. (2008) Microbiología Práctica. Instituto Politécnico Nacional (Departamento de microbiología). 7^a Edición. México, D.F.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Scavino, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V. y Bonilla, R. (2010) Microorganisms that enhance plant growth and soil quality. Review. Revista Corpoica. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia. p. 155-164.
- Suárez, Y. (2010) Análisis de la funcionalidad y diversidad microbiana en suelos dedicados al cultivo de papa criolla (solanum phureja) mediante una aproximación meta genómica. Juan Carlos García Betancur m.c. Maestría en microbiología. Universidad nacional de Colombia facultad de ciencias. Bogotá.
- Toro, D. 2004. La biodiversidad microbiana del suelo, un mundo por descubrir. Universidad de Caldas. Manizales. p. 2.
- Willey J., L. Sherwood y C. Woolverton. 2009. Microbiología de Prescott, Harley y Klein. Mc-Graw Hill. Madrid. 1124 pp.



HONGOS EN SUELOS ÁRIDOS DE LOS MUNICIPIOS DE ASCENSIÓN Y JUÁREZ, CHIHUAHUA

Jiménez-Cervantes, JA¹; Flores-Margez JP^{1*}; Olivas-Enríquez O¹.Hernández-Escamilla JA¹.; Shukla KM²; Osuna-Ávila P¹; Corral-Díaz B¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México

² New Mexico State University, Department of Agronomy and Horticulture, Las Cruces, New Mexico, USA

* Autor de contacto: Juflores@uacj.mx; floesmargez@hotmail.com; Av. Plutarco E. Calles, 1210, Col. Fovisste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32310. Tel. +52 (656)-395-9420.

Resumen

El estudio se realizó con el fin de determinar que géneros de hongos se llegan a encontrar en los suelos áridos, ubicados en la parte noroeste del estado de Chihuahua (municipios de Ascensión y Juárez) seleccionando ocho sitios en total con previo antecedente de la incidencia del fenómeno climático conocido como tolveneras. Como resultado preliminar se detectó la presencia de los géneros de hongos: *Aspergillus sp.*, *Alternaria sp.*, *Bipolaris sp.*, *Rhizopus sp.*, *Pythium sp.*, *Phoma sp.*, *Acremonium sp.*, *Sordaria sp.*, *Penicillium sp.*, los cuales, imperfectos, son característicos de encontrarse en suelos. Los resultados mostraron la dominancia de los géneros *Acremonium sp.*, seguido por *Aspergillus sp.*, entre los sitios. Además, aunado al análisis microbiológico de las muestras de suelo colectadas en dichos sitios, se determinó el porcentaje de humedad del suelo, mediante un método gravimétrico, encontrando diferencias entre los sitios. Con este estudio se contribuirá a tener el primer registro de hongos en suelos áridos al noroeste del estado de Chihuahua en época de tolveneras, así como conocer que es lo que lleva el viento por arrastre hacia las áreas urbanas, lo cual representa la exposición de las personas y el impacto en la salud.

Palabras clave

Hongos; tolveneras; suelos áridos.

Introducción

Ciudad Juárez, Chihuahua, al igual que muchas otras localidades encontradas en el desierto chihuahuense, se caracterizan por presentar un clima extremoso, baja precipitación pluvial y vientos muy fuertes (Flores et al., 2014). Ésta ciudad ha tenido un crecimiento demográfico los últimos años, principalmente por un proceso de inmigración por el alto desarrollo industrial, comercial y de servicios, como consecuencia ha generado un incremento en la polución del aire urbano produciendo condiciones para la disminución de la calidad del aire, provocado principalmente por el incremento del tráfico de vehículos (Hernández et al., 2000; Hernández et al., 2015). El levantamiento de partículas en el aire, es sin duda la forma más conocida de contaminación atmosférica y existen antecedentes de identificación de hongos en el norte de Chihuahua (Olivas et al., 1993). La importancia de la polución ambiental repercute en la salud humana y al balance ecológico. Por ello, es necesario determinar la polución ambiental en Ciudad Juárez, no únicamente por materiales contaminantes dispersos en la atmósfera, sino también la determinación de entidades biopatológicas.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron sitios en el noroeste del estado de Chihuahua (Fig. 1) durante 2014 en las localidades de Palomas, este de Palomas, La Teja, Guadalupe Victoria, Huichos, Refugio, Veracruz y Moyotes, que son representativas del Norte del Estado de Chihuahua, una zona donde la frecuencia de tolvaneras es alta. Las tolvaneras son originadas por fuertes las ráfagas de viento favorecidas en diferentes épocas del año. Tanto en el desierto como en Ciudad Juárez existen extensas áreas sin pavimentar, lo cual ocasiona una gran dispersión de polvos y por lo tanto una alta probabilidad de exposición a partículas tanto minerales como biológicas, por parte de las personas y animales (Flores, et. al., 2014).

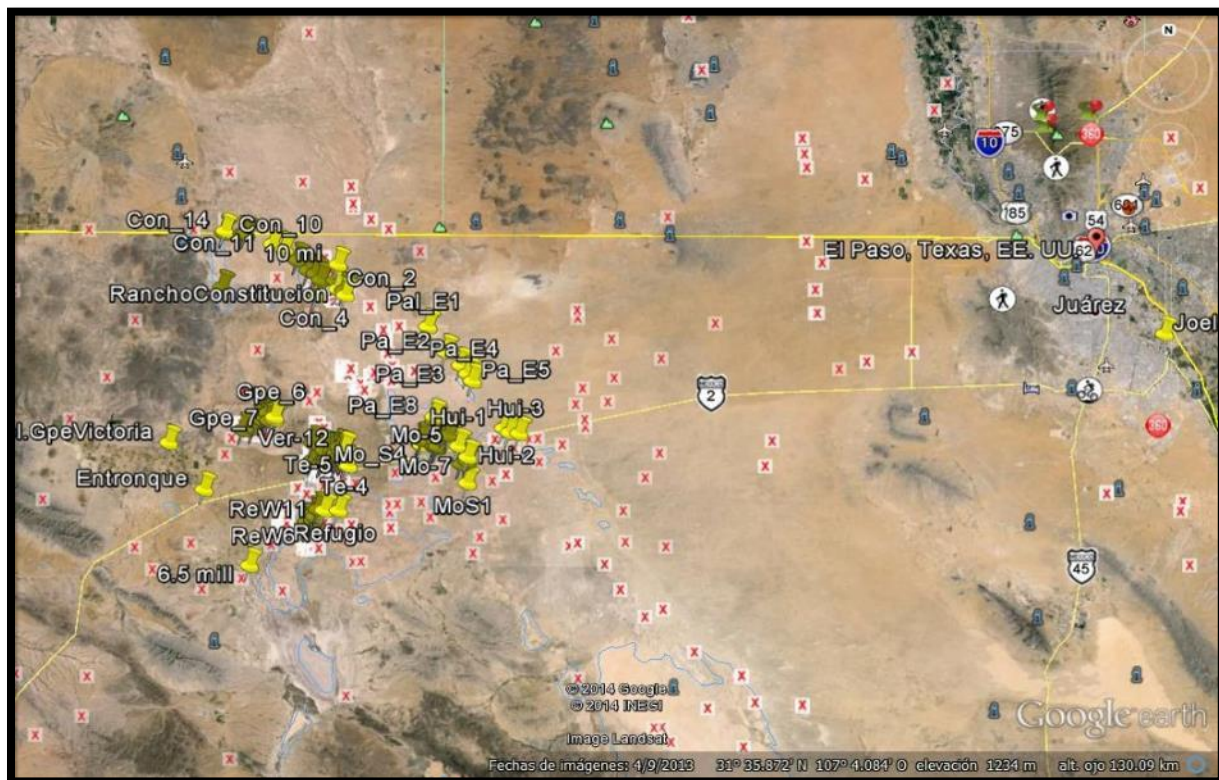


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos áridos (Puntos amarillos).

El tipo de muestreo de suelo fue aleatorio dentro de cada localidad mediante transectos de 100 m hasta 300 m, se colectaron tres muestras compuestas y la cantidad total varío entre sitios por dificultad en los accesos o dimensión del área a muestrear: 10 muestras en Guadalupe Victoria; 12 en Veracruz; 3 en Huichos; 5 en La Teja; 11 en Moyotes; 15 en área de Palomas; 11 en el este de Palomas y 8 en Refugio, teniendo un total de 234 muestras. Se utilizó una pala y se limpió con agua destilada entre cada colecta, se colectaron de 0 a 3 cm de profundidad del suelo, aproximadamente de 400 g a 500 g, estas fueron almacenadas en bolsas de polietileno, rotuladas con clave del sitio, número correspondiente por conglomerado y fecha, fueron cerradas herméticamente para su traslado al laboratorio para realizar su análisis. Antes de haberse realizado las pruebas de textura y humedad, se tomó una porción aproximada de 100 g de las 3 sub-muestras, homogeneizándolas en una sola, para su análisis microbiológico con el fin de evitar contaminación. Se molieron y tamizaron a 2 mm para los análisis físicos tales como la textura y humedad. El análisis físico correspondiente a humedad



del suelo constó del uso de una estufa, charolas de aluminio, balanza analítica, una pala, agua destilada y un cepillo, el procedimiento que se siguió fue pesar la charola, obtener el peso de esta, y posteriormente añadir con la pala de 22 a 24 g de suelo, se colocaron las charolas con muestra en una estufa por 48 h a una temperatura de 110 °C. % Humedad del suelo = (Peso inicial – Peso final)/ Peso inicial * 100. Para el análisis microbiológico se requirió de las 78 muestras de suelo previamente homogeneizadas por sitio, a las cuales se les aplicó el método de Sanogo (2011). El procedimiento fue con campana de extracción, se tomaron 10 g de suelo y se vertieron en un matraz de 250 mL con 100 mL de agua destilada esterilizada (10^{-1}), se le dejó en vortex por 3 min. Inmediatamente se tomó 1 mL con una pipeta de 10 mL esterilizada y se vertió en un tubo de ensaye con 9 mL de agua destilada esterilizada, se le dejó en vortex por 30 s (10^{-2}), se repitió este procedimiento hasta la dilución 10^{-4} . Teniendo preparadas las diluciones, con una pipeta de 10 mL se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} y se vació en una caja petri con medio APD con ácido láctico al 10% y se extendió con el asa en forma de "X", este procedimiento fue por triplicado. Se repitió el mismo procedimiento hasta la dilución 10^{-4} y en cada extracción de muestra, las pipetas fueron cambiadas para evitar contaminación. Una vez realizada la siembra, se esperó por un lapso de una semana a temperatura ambiente para el crecimiento fúngico, una vez teniendo las colonias se les realizó el conteo y aplicó el siguiente cálculo: contar el número de colonias (NC) en todas las placas a un nivel de dilución dada. Se divide el número obtenido NC por el número de placas para obtener un número medio de colonias (ANC) como: $ANC = NC / \text{número de placas utilizadas}$. Multiplicar ANC por el factor de dilución para obtener el número de colonias por gramo de suelo. Supongamos que contó 400 colonias en 10 placas a 10^{-3} de dilución (1000), entonces: $NC = 400/10 = 40$ colonias, $ANC = 40 \times \text{factor de dilución (1000)} = 40.000$ colonias por gramo de suelo.

Para la identificación, dentro de la campana de extracción, se tomó una muestra de las colonias que estuvieran lo más puras posible, con una aguja de disección, se colocó en un portaobjetos, con una gota de lactofenol previamente puesta, se colocó el cubreobjetos y se realizó la observación. Para la toma de cada muestra en colonia, se quitó la aguja de disección para evitar la contaminación de las futuras colonias. Las observaciones se realizaron a $\times 40$, guiándonos por las estructuras como hifas, estructuras almacenadoras de esporas y esporas.

Resultados y Discusión

En la comparación de promedios para el porcentaje de humedad del suelo en el perfil superficial (0 a 3 cm), se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre sitios de muestreo (Fig. 2). Los datos indican que los sitios Huichos y Veracruz contienen el mayor porcentaje de humedad alrededor de un 3.5 %, lo cual es muy bajo y evidente en suelos de zonas áridas causado por la elevada radiación solar, baja humedad relativa y vegetación escasa lo que evita el almacenamiento de la humedad en la superficie del suelo favoreciendo la formación de tolvaneras intensas (Flores et al., 2014; Hernández et al., 2015).

DIVISIÓN II

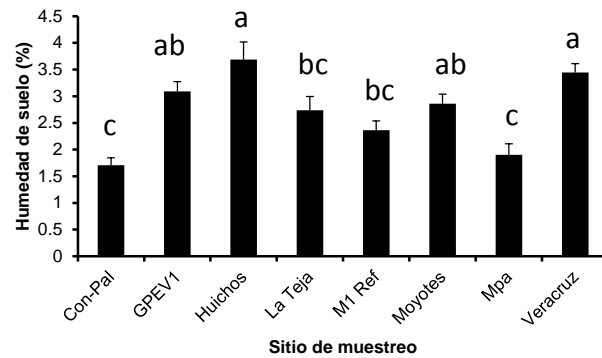


Figura 2. Promedios de porcentajes de humedad del suelo en localidades del norte de Chihuahua.

Para el análisis microscópico, se utilizaron datos promedios para su estandarización de cada uno de los sitios y llegar a obtener un reflejo de la dominancia y frecuencia de los géneros. El resultado preliminar encontrado es de un total de nueve géneros, con una dominancia en la mayor parte de los sitios del género *Acremonium sp.*, y *Aspergillus sp.* Una posible explicación a esto, es que sus estructuras reproductoras vegetativas, son tan abundantes en comparación de los otros (Guzmán, 1988; Hawksworth, 2001). Aplicando el método de las diluciones, puede que una o varias estructuras se infiltren, dándonos así la formación de numerosas colonias (caso contrario a una siembra bacteriana). Los géneros son de hongos son ubicuos, es la micobiota normal que puede encontrarse en la mayoría de los suelos. En base a estos datos, podría correlacionarse con la humedad del suelo y vegetación para determinar si influyen en la presencia de estos organismos microscópicos. Aunque el método de dilución en placa sobreestima la abundancia de las especies que forman grandes cantidades de esporas, es una de las maneras más eficientes para el análisis de abundancia de especies microscópicas en suelos (Sanogo, 2011; Olivas et al., 1993).

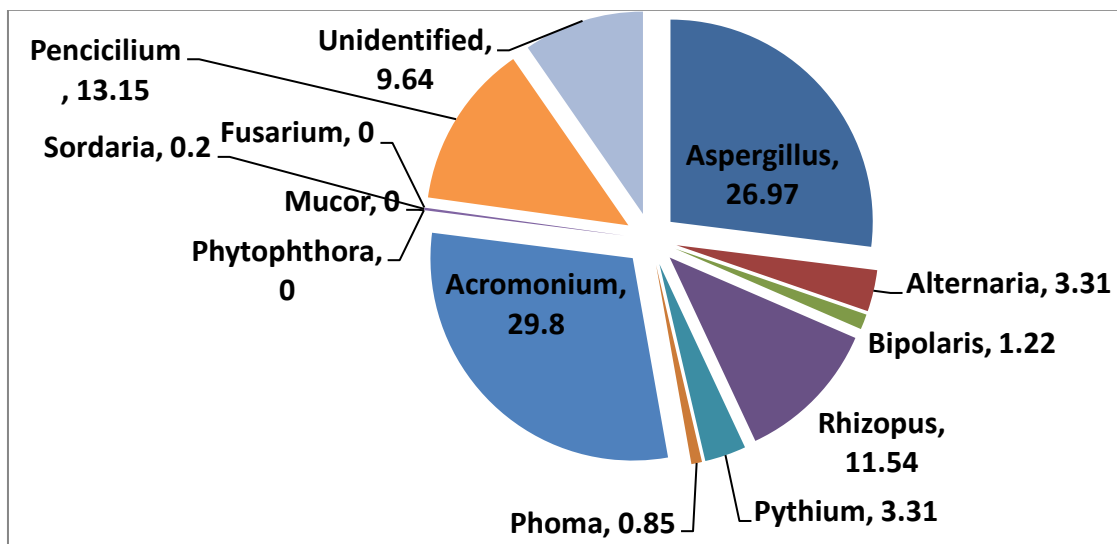


Figura 3. Hongos encontrados en las muestras de suelo del desierto en el norte del Chihuahua.



Conclusiones

Se encontró una diferencia entre el número de colonias por sitio, esto se atribuye a la humedad que llegó a presentar el suelo en cada sitio. Los géneros que llegaron a presentarse e identificarse, son ubicuos, teniendo como resultado preliminar los géneros: *Aspergillus sp.*, *Alternaria sp.*, *Bipolaris sp.*, *Rhizopus sp.*, *Pythium sp.*, *Acremonium sp.*, *Sordaria sp.*, *Phoma sp.*, y *Penicillium sp.* Los géneros no identificados, entran en esta categoría debido a que no se les llegaron a observar estructuras reproductoras.

Agradecimientos

Agradecimiento a Southwest Consortium for Environmental Research and Policy (SCERP), New Mexico State University, en Las Cruces, New Mexico por el apoyo a este proyecto.

Bibliografía

- Flores, J. P.; Manoj K. S.; Sanjit D., 2014. Mapping of airborne particulate matter collected using two sensors along US-Mexico Border. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 4(2), 1-10.
- Chapman, J.A., A.L. Terll, R.L. Jacobs, E.N. Charlesworth, E.J. Bardana. 2003. Toxic mold: phantom risk vsscience. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 91: 222-232.
- Guerrero, T. A., Ruiz, D., Chacon, J. F., Yanez, Y., R. Alvarez, Wong- Chio M., Vertiz- Chavez E., Tay J. 2003. Aislamiento de hongos en instalaciones deportivas de la UNAM. *Revista de la Facultad de Medicina*. (46) 93- 96.
- Guzmán, G. 1998a. La diversidad de los hongos en México. *Ciencia*, Vol. 39, 52-57.
- Guzmán, G. 1998b. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. Ensayo sobre el inventario fúngico del país. *In: La diversidad biológica de Iberoamérica II*, G. Halffter (ed.). *Acta Zoológica Mexicana*, nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.
- Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105:1422-1432.
- Hernández-Cadena L., Téllez-Rojo MM., Sanín-Aguirre L.H., Cacasaña-Navarro M., Campos A., Romieu I. 2000. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Salud Publica Mex.* (42), 288 - 297.
- Hernández, E.J.A., J.P. Flores M., M. K. Shukla. 2015. Particulate matter: capture and quantification in natural and anthropogenic sources. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 5:4. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.1000206>
- Monterrubio, R. L., Martínez A., y Rosique E. 1999. Aerobiología: La ciencia de los microorganismos del aire y su ambiente. *Revista de Divulgación*. (8) 68-72.
- Mueller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and Conservation* 16:37-48.
- Olivas E., Salas L. E., Barraza M. L. 1993. Hongos del aire como causantes de alergias, una referencia para la atmosfera de Ciudad Juárez. 17- 22. Universidad Autonoma de Ciudad Juárez.
- Pacioni, G., 1982. Guía de hongos. Editorial Grijalvo, España, 523p.
- Sanogo, Soum. 2011. Method for preparation and plating of dilution suspensions on solid media. Department of Entomology-Plant Pathology-Weed Science, Mexico State University, Las Cruces, NM.



BACTERIAS DEL SUELO RIZOSFÉRICO DE MAÍZ CON ACTIVIDAD QUITINASA Y SU POTENCIAL EN LA INHIBICIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS

Medina-De la Rosa, G^{1,2}; López-Reyes, L^{2*}, Carcaño-Montiel, M¹, Tapia-Hernández, A¹, López-Olguín, J², Hernández-Espinosa, M²; Rivera-Tapia, JA²

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. México. ²Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla, México.

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio 103-J. Planta alta. Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla. México. CP 72570; Tel. +52(222)-2295500 Ext. 2553 y 2548.

Resumen

La quitina es el principal constituyente de la pared celular de los hongos; por lo que las enzimas quitinasas producidas por bacterias presentan un amplio potencial en el control de hongos fitopatógenos. En el presente proyecto se identificó la producción de enzima quitinasa en bacterias aisladas de la rizósfera de maíz en placas con medio mínimo adicionado con quitina coloidal. Se encontraron 28 bacterias, las cuales corresponden a los géneros *Brevundimonas*, *Burkholderia*, *Myroides*, *Ochrobactrum*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Shewanella*, *Sphingomonas* y *Stenotrophomonas*. Se cuantificó la actividad de la quitinasa con por el método de Morgan-Elson modificado y se evaluó además la capacidad de degradación del micelio de los hongos *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Helminthosporium*, *Penicillium* y *Rhizopus* por parte de las bacterias quitinasa positivas. Se realizaron pruebas de sanidad de semillas de maíz con las mejores bacterias productoras de actividad enzimática y se identificó la disminución en el porcentaje de infección de las semillas. Se encontró que dos cepas de *Burkholderia cepacia*, presentaron la mayor inhibición de hongos fitopatógenos. Por lo que se sugiere el uso de estas bacterias en el control de daños ocasionados por hongos a nivel de semillas.

Palabras clave

Bacterias antagonicas, hongos fitopatógenos, sanidad de semillas.

Introducción

El control de hongos fitopatógenos por medio de agentes químicos sintéticos ha generado efectos adversos sobre la salud de productores y consumidores junto al deterioro del medio ambiente. El uso de bacterias antagonicas hacia patógenos constituye un recurso efectivo en el combate de enfermedades fúngicas, toda vez que los metabolitos que producen las bacterias pueden controlar enfermedades que han desarrollado resistencia a los agroquímicos comerciales; y tienen bajo efecto residual en el ecosistema (Kim y Hwang, 2007). Los mecanismos de control más investigados son: la producción de compuestos del metabolismo secundario (Berg *et al.*, 2005) y enzimas líticas que actúan directamente en estructuras que componen al hongo fitopatógeno como las celulasas, glucanasas, proteasas y quitinasas (Adesina *et al.*, 2007). La quitina es un polímero compuesto por unidades de β -1, 4-N-acetilglucosamina que forma parte de la pared celular de la mayoría de los hongos (Bally y



Elmerich, 2007); y se convierte en un blanco a evaluar para el control de hongos fitopatógenos (Babalola, 2010). La identificación de bacterias productoras de la enzima quitinasa, así como la detección de las cepas con mayor potencial para el control biológico, se basan en el uso de quitina coloidal en placas de agar. La formación de halos alrededor de las colonias bacterianas y la cuantificación de la actividad quitinasa son de utilidad en el diagnóstico (Castro *et al.*, 2011). Por ello, en el presente trabajo se propuso caracterizar bacterias productoras de enzima quitinasa para ser utilizadas como agentes en el control de hongos fitopatógenos en semillas de maíz.

Materiales y Métodos

Se trabajó con 340 cepas aisladas de la rizósfera de plantas de maíz representativas de una población de 10^7 UFC g^{-1} . La producción de la enzima quitinasa se detectó por la presencia de halos transparentes alrededor de las colonias bacterianas en medio mínimo gelificado adicionado de quitina coloidal. Las placas con medio de cultivo: K_2HPO_4 0.7 g L^{-1} , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g L^{-1} , extracto de levadura 0.2 g L^{-1} , agar bacteriológico 12 g L^{-1} y quitina coloidal (Sigma[®] C7170) 25 mL L^{-1} (Wang *et al.*, 2013). La quitina coloidal se preparó según las especificaciones reportadas en la literatura (Castro *et al.*, 2011). Las bacterias procedentes de la rizósfera de maíz se propagaron en caldo de soya y tripticaseína (CST) hasta alcanzar una población de 10^8 UFC mL^{-1} y se sembraron en el medio previamente preparado; las determinaciones en placa se prepararon por triplicado y se mantuvieron en incubación durante 5 días a 30° C. Posteriormente se identificó el halo de degradación de la quitina y se midió el diámetro transparente alrededor de cada colonia bacteriana. Por otro lado se seleccionaron siete hongos fitopatógenos de maíz: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Helminthosporium*, *Penicillium* y *Rhizopus*; y se propagaron en caldo de papa y dextrosa, para ello se mantuvieron en agitación a 120 rpm a 30° C por 5 días y a temperatura ambiente, el mismo periodo. Se obtuvo un concentrado del micelio, después de esterilizar el caldo y centrifugarlo. Se preparó el medio con las especificaciones ya mencionadas, sustituyendo la quitina coloidal por el concentrado. Las bacterias se sembraron por triplicado y las placas se incubaron a 30° C. Se registró la presencia de halos después de 10 días de crecimiento. La cuantificación de la enzima quitinasa se realizó mediante la metodología de Morgan-Elson (Castro *et al.*, 2011). Las bacterias se propagaron en CST y se ajustó su población a 10^8 UFC mL^{-1} . Se tomaron 200 μL del cultivo y se inocularon tubos con 10 mL de caldo adicionado con quitina coloidal y se tomaron 3 mL para inocular 30 mL de medio mínimo ($MgSO_4 \cdot H_2O$ 5 g L^{-1} , KH_2PO_4 1 g L^{-1} y quitina coloidal 20 mL L^{-1} ; pH 7.2). Los frascos se dejaron en agitación a 120 rpm por 5 días a 30° C. El cultivo se centrifugó a 5 000 rpm por 25 min a 4°C; se tomó 1 mL de sobrenadante y se le agregó 1 mL de quitina coloidal resuspendida en buffer de fosfatos (0.2 M pH 7) y se incubaron a 50° C por una hora. Para detener la reacción se agregó 1 mL de NaOH al 1% y se centrifugó a 5 000 rpm por 10 min, se tomaron 250 μL del sobrenadante y se añadieron 40 μL de tetraborato de potasio 0.8 M a pH 9.1; se incubó a temperatura de ebullición por 3 min e inmediatamente se enfriaron las muestras en baño de hielo. Se adicionó 1 mL de solución diluida en proporción 1:4 de p-dimetilbenzaldehído al 10% en ácido acético glacial-ácido clorhídrico (87.5 mL y 12.5 mL respectivamente, por cada 100 mL). La mezcla se incubó a 37° C por 20 min, se dejó enfriar y se leyó en el espectrofotómetro a 585 nm. Para obtener la concentración de N-acetil-glucosamina (NAG), se preparó una curva de calibración (0 a 200 μg mL^{-1}) y la actividad se expresó en unidades de quitinasa (Uquitinasa), que corresponden a la cantidad de enzima que produce 1 μmol de NAG min^{-1} bajo las condiciones descritas (Liu *et al.*, 2011).



DIVISIÓN II

Se realizó la prueba de sanidad de semillas a maíz criollo el cual se desinfectó superficialmente colocándolas durante 5 min en solución de cloramina T al 1% y se enjuagaron 5 veces con agua destilada estéril. Se colocaron en papel absorbente y se enrollaron con plástico adherente. Se realizó el ensayo por triplicado y se mantuvo en condiciones de oscuridad a temperatura ambiente durante 10 días, para la manifestación de hongos endófitos (Warham *et al.*, 1998). Se determinó el porcentaje de semillas infectadas en tratamientos bacterianos y se comparó con un tratamiento testigo sin inocular. Los hongos desarrollados en la prueba de sanidad de semilla, fueron identificados mediante la técnica de microcultivo. A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza, con una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); utilizando el programa STATGRAPHICS® Centurion XVI (2009).

Resultados y Discusión

Se determinó que el 8% de las bacterias aisladas de la rizósfera de maíz mostraron actividad enzimática ya que de 340 cepas solo 28 tuvieron la capacidad de producir enzima quitinasa. Los géneros bacterianos fueron: *Stenotrophomonas*, *Sphingomonas*, *Shewanella*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Ochrobactrum*, *Myroides*, *Burkholderia* y *Brevundimonas*. De ellos, el género *Stenotrophomonas* mostró el mayor porcentaje de bacterias productoras de actividad en la enzima quitinasa lo que representó el 28.57% seguido por *Burkholderia* y *Pseudomonas* con 28% y 14.28% respectivamente. *S. maltophilia* es una especie que ha mostrado alto potencial en el control de hongos fitopatógenos (Ryan *et al.*, 2009) y *Pseudomonas* posee diversos mecanismos de control biológico con pocos reportes de producción de enzima quitinasa (Wang *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Índice de degradación de quitina en medio Wang *et al.* (2013) y actividad de la enzima quitinasa por el método Morgan-Elson (Castro *et al.*, 2011).

Bacteria	Relación halo/colonia ¹	Uquitinasa ^{1,2}
<i>Burkholderia cepacia</i> (AM12)	3.35 ± 0.03 b	2.50± 0.007 a
<i>Burkholderia gladioli</i> (AM6)	1.46 ± 0.03 l	0.37± 0.002 cd
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA47)	3.20 ± 0.00 c	2.52± 0.059 a
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (CR18)	2.06 ± 0.02 k	0.30± 0.005 ef
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (P26)	3.00 ± 0.03 de	0.48± 0.007 b
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (P33)	2.68 ± 0.02 h	0.52± 0.008 b
<i>Brevundimonas diminuta</i> (P34)	2.86 ± 0.00 fg	0.28± 0.004 fg
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P45)	2.42 ± 0.02 ij	0.33± 0.003 cdef
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P46)	2.95 ± 0.01 ef	0.36± 0.003 cde
<i>Pseudomonas putida</i> (CA48)	4.63 ± 0.03 a	0.25± 0.007 gh
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (P9)	2.76 ± 0.03 gh	0.38± 0.005 c
<i>Ochrobactrum anthropi</i> (T13)	2.33 ± 0.01 j	0.32± 0.006 cdef

¹Letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos, de acuerdo a la prueba de Tukey con 95% de confianza. ²La actividad enzimática se reporta en unidades de quitinasa (Uquitinasa) que equivalen a la cantidad de enzima necesaria para transformar 1 $\mu\text{mol min}^{-1}$ de NAG bajo la condiciones reportadas.

Se encontró que la cepa *Pseudomonas putida* (CA48) tuvo el mayor índice de degradación de quitina en placa (4.63), le siguen *Burkholderia cepacia* (AM12) y *Rhizobium radiobacter* (CA47) que presentan diferencia significativa entre ellas de acuerdo al análisis estadístico (Tukey $\sigma= 0.05$) (Cuadro 1). En la prueba de degradación de micelio de hongos fitopatógenos,



DIVISIÓN II

se encontró que las especies *Sphingomonas paucimobilis* (AM15), *Burkholderia cepacia* (CA47 y CA50) resultaron positivas en la degradación de todos los tipos de hongos; les siguen las especies *Burkholderia cepacia* (AM12) y *Sphingomonas paucimobilis* (AM43) que sólo son negativas para los hongos *Alternaria* y *Rhizopus*, respectivamente; sin embargo la primera de estas bacterias, destaca al haber formado los halos más definidos en la mayoría de los tratamientos.

Cuadro 2. Degradación de quitina proveniente de hongos fitopatógenos. Únicamente se presentan los resultados de las bacterias positivas.

Bacteria	<i>Acremonium</i> ¹	<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Helminthosporium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Burkholderia cepacia</i> (AM12)	+	-	+	+	+	+
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> (AM15)	+	+	+	+	+	+
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> (AM43)	+	+	+	+	+	-
<i>Burkholderia gladioli</i> (AM6)	-	-	+	+	-	+
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA44)	+	-	+	+	-	-
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA47)	+	+	+	+	+	+
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA49)	+	-	+	+	-	-
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA50)	+	+	+	+	+	+
<i>Burkholderia cepacia</i> (CA56)	+	-	+	+	-	+
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (P38)	+	-	+	+	-	-
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P45)	+	-	+	+	-	-

¹ Se muestran los resultados de las cepas degradadoras de micelio hacia 3, 4 y 5 hongos, por lo que bajo los tratamientos con *Gliocadium* y *Aspergillus* ninguna bacteria mostró actividad

Cuadro 3. Porcentaje de infección de hongos en semillas de maíz tratadas con bacterias productoras de enzima quitinasa.

TRATAMIENTO	<i>Acremonium</i> ¹ %	<i>Fusarium</i> %	Infección %
<i>Burkholderia cepacia</i> (AM12)	10.00 ± 1.53 a	19.70 ± 2.33 a	30.70 ± 0.33 a
<i>Rhizobium radiobacter</i> (CA41)	31.70 ± 3.84 b	26.70 ± 5.70 b	59.30 ± 4.98 b
<i>Pseudomonas putida</i> (CA48)	42.30 ± 1.76 bc	22.00 ± 3.51 bc	64.70 ± 4.98 b
<i>Brevundimonas diminuta</i> (P34)	33.70 ± 3.67 bc	34.00 ± 3.00 bc	68.30 ± 1.33 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P46)	29.00 ± 3.06 b	27.30 ± 2.91 b	57.30 ± 1.20 b
Testigo	48.30 ± 4.70 c	48.30 ± 4.70 c	86.30 ± 4.37 c

¹ Letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento del hongo, de acuerdo a la prueba de Tukey con 95% de confianza.

Para la evaluación de la prueba de sanidad de semillas de maíz, se identificaron los hongos que se encuentran en las semillas (Warham *et al.*, 1998); los géneros encontrados fueron *Acremonium* y *Fusarium* en presencia y ausencia de bacterias con actividad quitinasa (Cuadro 2). La cepa *Burkholderia cepacia* (AM12), presentó el mejor efecto inhibitorio del crecimiento de los hongos *Acremonium* y *Fusarium*, le siguen en efecto las bacterias *Rhizobium radiobacter* (CA41) y *Pseudomonas fluorescens* (P46). Sin embargo, de acuerdo al análisis del porcentaje de infección, todas las bacterias tuvieron un efecto inhibitorio en el desarrollo de los hongos fitopatógenos.



Conclusiones

Las cepas *Burkholderia cepacia* (AM12 y CA47), aisladas de la rizósfera de maíz tienen potencial para el control de hongos fitopatógenos en semillas de maíz

Agradecimientos

Los resultados de la presente investigación han sido parcialmente cubiertos por: Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP), Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología (CUVyTT), Proyecto Biofosfobuap y Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Además de que Medina-De la Rosa es becaria CONACYT.

Bibliografía

- Adesina, M. F., Lembke, A., Costa, R., Speksnijder, A., and Smalla, K. 2007. Screening of bacterial isolates from various European soils for in vitro antagonistic activity towards *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum*: Site-dependent composition and diversity revealed. *Soil Biology and Biochemistry* 39(11): 2818-2828.
- Babalola, O. O. 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology letters* 32(11): 1559-1570.
- Bally, R., and Elmerich, C. 2007. Biocontrol of plant diseases by associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria. pp. 171-190. In: Elmerich, C. and Newton, W. E. (Eds.). *Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations*. Springer Netherlands.
- Berg, G., Krechel, A., Ditz, M., Sikora, R. A., Ulrich, A., and Hallmann, J. 2005. Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Ecology* 51(2): 215-229.
- Castro, R., Álvarez, A., Machado, E., Mendoza, M., Gómez, R., y García, P. 2011. Caracterización de una quitinasa extracelular producida por *Serratia* sp. BIOMI-363706 usando quitina coloidal como sustrato. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 77(2): 101-108.
- Kim, B. S., and Hwang, B. K. 2007. Microbial fungicides in the control of plant diseases. *Journal of Phytopathology* 155(11- 12): 641-653.
- Liu, Y., Tao, J., Yan, Y., Li, B., Li, H. and Li, C. 2011. Biocontrol efficiency of *Bacillus subtilis* SL-13 and characterization of an antifungal chitinase. *Biotechnology and bioengineering* 19(1): 128-134.
- Ryan, R., Monchly, S., Cardinale, M., Taghavi, S., Crossman, L., Avison, M., Berg, D., Lelie, D and Dow, M. 2009. The versatility and adaptation of bacteria from the genus *Stenotrophomonas*. *Nature Reviews Microbiology* 7: 514-525.
- Wang, S., Lin, B., Liang, T., Wang, C., Wu, P. and Liu, J. 2010. Purification and characterization of chitinase from a new species strain, *Pseudomonas* sp. TKY008. *Journal of Microbiology and biotechnology* 20(6): 1001-1005.
- Wang, K., Yan, P. S., Ding, Q. L., Wu, Q. X., Wang, Z. B., and Peng, J. 2013. Diversity of culturable root-associated/endophytic bacteria and their chitinolytic and aflatoxin inhibition activity of peanut plant in China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 29(1): 1-10.
- Warham, E. J., Butler, L. D., and Sutton, B. C. 1998. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: Manual de laboratorio. CIMMYT (Centro de Investigación para el Mejoramiento de Maíz y Trigo).



PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) POR MICROORGANISMOS RIZOSFÉRICOS.

Orea-Zayagos, MY¹, López-Reyes, L¹, Tapia Hernández, A¹; Portillo-Manzano, E; Chena-González, L y Carcaño-Montiel, MG*¹

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos¹. Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*Autor responsable: moises.carcano@correo.buap.mx. Edificio 103J, Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel. Puebla, Pue. C.P. 72570, Tel. +52(222) 2295500 ext. 2548.

Resumen

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), es una planta oleaginosa de importancia secundaria, que ha despertado interés en diversos países por su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y la calidad del aceite de sus semillas. México es uno de los principales productores de cártamo en el mundo, sin embargo, las exportaciones y la producción de este aceite han sufrido una importante caída en los últimos años debido a los bajos rendimientos y al aumento en la producción de otras oleaginosas. En los procesos de la producción agrícola sostenible se ha dado especial interés al uso de microorganismos benéficos del suelo que mejoran la nutrición de las plantas, coadyuvan a tolerar condiciones adversas de producción, promueven el crecimiento y la producción de los cultivos. Se inocularon bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) (*Azospirillum brasilense*), solubilizadoras de fosfatos (BSF) (*Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus*) y de biocontrol (*Trichoderma asperellum*) en semilla de cártamo; obteniendo resultados de altura con un incremento del 30.64% en el tratamiento con BFN+*T. asperellum*+Fert 50% y 27.79% con BFN+BSF +*T. asperellum*+Fert 50% con respecto al control, mientras que en número de hojas se observó estadísticamente un aumento de 24.64% con respecto al control, en la masa seca de la raíz, un con BSF+*T. asperellum*+Fert 50% se incrementó a 62.79% y 8.77%, en la masa seca de tallo con BFN+Fert 50%, concluyendo que el uso de microorganismos benéficos promueven el crecimiento de la planta de cártamo en forma significativa.

Palabras clave

Bacterias benéficas; Inoculación: promoción del crecimiento;

Introducción

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L) es una planta oleaginosa, originaria de India. Se adapta a suelos poco fértiles, a diferentes climas y a bajos requerimientos de humedad. A nivel mundial, es considerada una oleaginosa de importancia secundaria (se cultivan 1.300.000 ha). Se cultiva con mayor relevancia en India, Estados Unidos y México. El cultivo de cártamo en forma comercial inicia en México a finales de los años cincuenta, en los estados de Sinaloa y Sonora, y posteriormente se extiende al centro y sur de Tamaulipas. En el transcurso de los años setenta, el cártamo fue producido en grandes cantidades, con lo cual contribuyó en gran medida al abastecimiento del mercado interno de aceites comestibles (Montoya, 2010; Ortega *et al.*, 2003).

En los procesos de la producción la multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo a una serie de factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la composición biológica del suelo. El reconocimiento



planta-microorganismo, así como los factores abióticos como las características físicas y químicas del suelo, las cuales influyen directamente sobre la interacción y la expresión de los efectos benéficos o detrimentales, determinantes en el desarrollo de las especies vegetales (Cano, 2011). Existen evidencias donde indican que la utilización de bacterias promotoras del crecimiento vegetal influye en la sustentabilidad de agrosistemas, se conocen mecanismos directos e indirectos para la promoción del crecimiento vegetal. Los mecanismos directos se relacionan con la producción de fitohormonas de tipo auxinas y giberelinas o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta. En el caso de la fijación biológica de nitrógeno y la solubilización de fósforo, el efecto de *A. brasilense* en las plantas se le atribuye a su capacidad de fijar nitrógeno, producir fitohormonas, sideróforos (Loredo *et al.*, 2004; Ahemad y Kibret, 2014), mientras que las bacterias solubilizadoras de fosfato usan diferentes mecanismos como la producción de ácidos orgánicos y enzimas fosfatasas, que transforman los fosfatos insolubles a disponibles en la zona rizosférica (Pineda 2014). Microorganismos rizosféricos, usualmente, catalogados como agentes de control biológico, como es el caso de hongos del género *Trichoderma*, estos manejan diversos tipos, modos y mecanismos de acción, relacionados con la competencia por espacio y por nutrientes; el parasitismo y la producción de compuestos antimicrobianos, que regulan y modifican la composición de la comunidad microbiana del suelo, aportando así protección contra patógenos edáficos (Cano, 2011). La interacción de los microorganismos rizosféricos depende de factores para expresar sus potenciales efectos benéficos, muchas veces complejos y se pueden presentar efectos sinérgicos, que potencialicen los beneficios para la planta o por el contrario efectos antagónicos o simplemente, que no ocurra ningún efecto. La presente investigación, se llevó a cabo para determinar el efecto de la inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos y hongos benéficos sobre algunos parámetros fenológicos de planta de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).

Materiales y Métodos

Se utilizaron bacterias y hongos del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas del Instituto de ciencias de la BUAP, Las semillas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), fueron donadas por La Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui, Sonora. Antes de la etapa de siembra, las semillas de cártamo se le hicieron pruebas de sanidad y germinación utilizando la variedad Ciano Oleica, en laboratorio utilizando 5 semillas, las cuales se colocaron en cajas Petri estériles por triplicado y se colocaron en una cámara húmeda a 32° C durante 5 días para determinar germinación y la posible presencia de microorganismos patógenos, así como la búsqueda de posibles antagonistas. Para los cultivos microbianos se utilizaron las cepas fijadoras de nitrógeno, *Azospirillum brasilense* (BFN), las cuales se cultivaron en caldo Nfb en agitación a 220 rpm a 32°C por 48 h, para bacterias solubilizadoras de fosfatos *Chromobacterium violaceum* (BSF), *Acinetobacter calcoaceticus*, se propagaron en Caldo Nutritivo a 220 rpm a 30°C por 24 h. Como biocontrolador un hongo, *Trichoderma asperellum* el cual se propago en caldo de papa a 220 rpm a 32°C por 24 h, posteriormente se dejó en reposo por 15 días hasta la esporulación. El diseño experimental consistió en 15 tratamientos con 10 repeticiones, se dividieron en; Control, T1: Fertilizante 100%, T2: Fertilizante 50%, T3: BFN, T4:BSF, T5: *T. asperellum*, T6: BFN+BSF, T7: BFN+*T. asperellum*, T8: BSF+*T. asperellum*, T9: BFN+BSF/ *T. asperellum*, T10: BFN+Fertilizante 50%, T11: BSF+Fertilizante 50%, T12: BFN+BSF+Fertilizante 50%, T13: BFN+BSF+*T. asperellum*+Fertilizante 50%, T14: BFN+*T. asperellum* +Fertilizante 50%, T15: BSF+*T. asperellum*+Fertilizante 50%.



La siembra se realizó de forma manual, inoculando las semillas con BFN,BSF y una cepa de hongo, colocando 3 semillas por maceta con 2.0 kg de suelo en cada uno de los tratamientos, en la primera etapa se determinó el porcentaje de germinación, a los 45 días después de la siembra se midieron las siguientes variables morfológicas: Altura de la planta (cm), Número de hojas, Número de ramas, Diámetro del tallo (cm), al término del experimento se evaluó la masa seca de tallo y raíz.

Resultados y Discusión

Durante las pruebas de germinación en caja Petri, se observó que las semillas de cártamo presentaban el 85% de germinación, además de que estaban contaminadas por diferentes hongos, los cuales se aislaron e identificaron por la técnica de microcultivo y observaciones microscópicas. Los hongos identificados en las semillas de cártamo fueron: *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., y *Acremoniella* sp., se hicieron pruebas de antagonismo con el hongo *Trichoderma asperellum*. Babalola (2010) menciona que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son agentes potenciales de control biológico de patógenos de plantas, una cepa con características de biocontrol puede ser capaz de proteger a la planta hospedera de patógenos y satisfacer los requerimientos de una fuerte colonización, se conocen algunos compuestos que son tóxicos para el patógeno, como el ácido cianhídrico, fenazinas, pirrolnitrinas, enzimas, antibióticos, Durante los ensayos de invernadero, las semillas de cártamo se inocularon concentraciones de bacterias fijadoras de nitrógeno del orden de 189×10^7 y 199×10^7 UFC mL⁻¹, en bacterias solubilizadoras de fosfatos se inocularon 119×10^7 y 66×10^8 UFC mL⁻¹, y *T. asperellum* 11×10^5 UFC mL⁻¹ de acuerdo a cada tratamiento (Cuadro 1). Okon Y Labandera-González (1994), mencionan que la concentración optima de 1×10^7 unidades formadoras de colonias en semilla o plántula son las ideales para estimular una mayor densidad y longitud de los pelos radicales en raíces laterales y mayor proporción de área en la superficie de la raíz y la intensidad de los efectos por la inoculación en la morfología de la raíz, es dependiente de la especie y variedad de planta.

Cuadro1. Evaluación de parámetros fenológicos de plantas de cártamo inoculadas con microorganismos benéficos.

Tratamientos	Altura (cm)	Masa seca del tallo (g)	Masa seca de raíz (g)	Número de ramas
Fertilizante 100%	59.81±7.37cde	17.14±1.87a	4.17±1.05defg	16.42±2.93 bcd
Fertilizante 50 %	58.21±7.29cde	15.58±0.69bc	3.40±0.53g	14.72±1.89 d
BFN	57.06±8.02 de	15.08±1.15bcd	4.02±0.86efg	14.47±3.69 d
BSF	64.14±7.27 c	14.81±1.92cd	4.10±1.11defg	15.25±1.95 d
<i>T. asperellum</i>	59.33±5.42cde	15.36±1.05bc	4.33±0.80defg	16.77±2.71 bcd
BFN + BSF	62.49±5.49 cd	16.07±1.01abc	5.10±1.44bcde	17.70±2.14 abc
BFN + <i>T. asperellum</i>	50.25±13.11 f	13.70±2.48d	3.88±1.48fg	14.87±4.33 d
BSF + <i>T. asperellum</i>	54.25±4.90 ef	16.04±1.61abc	5.66±0.70bc	19.30±1.15 a
BFN + BSF + <i>T. asperellum</i>	62.63±4.27 cd	16.59±1.20ab	5.56±1.45bc	19.25±1.72 a
BFN+Fertilizante 50%	61.72±5.32 cd	17.48±1.24a	5.55±1.66bc	19.37±1.22 a
BSF+Fertilizante 50%	71.22±5.46 b	16.32±1.30abc	6.22±1.34ab	18.37±0.99 ab
BFN + BSF +Fertilizante 50%	75.65±4.33 ab	16.09±2.80abc	5.75±1.13abc	19.22±2.14 a
BFN + BSF+ <i>T. asperellum</i> +Fert. 50%	76.32±5.24 ab	15.20±2.29bcd	4.98±1.59cdef	19.72±4.99 a
BFN + <i>T. asperellum</i> + Fert. 50%	78.02±6.24 a	16.16±2.34abc	5.28±1.87bcd	19.45±2.52 a
BSF+ <i>T. asperellum</i> +Fert.50%	73.84±4.67 ab	17.39±1.27a	6.87±2.29a	19.77±2.76 a
Control	59.72±8.50cde	16.07±1.72abc	4.22±1.00defg	15.65±1.72 cd

BFN= bacterias fijadoras de nitrógeno; BSF= bacterias solubilizadoras de fosfatos; T= *Trichoderma*: Letras iguales dentro de la misma columna no existen diferencias significativas a P= 0.05.



En la evaluación de los parámetros fenológicos de la plantas de cártamo (Cuadro1), se observa en algunos tratamientos diferencias significativas, en la altura de la planta se obtuvo un incremento de 30.64% sobre el control en el tratamiento con BFN + *T. asperellum* + Fert. 50% y 27.79%, en el tratamiento con BFN+BSF + *T. asperellum* + Fert. 50%, en el parámetro número de hojas, se encontró una diferencia de 24.65% con BFN + Fertilizante 50%, y de 19.41% con BFN + *T. asperellum* + Fert. 50%.

Con relación a la masa seca del tallo, aunque la diferencia no es significativa con respecto al control se puede notar un aumento de 8.77% en el tratamiento con BFN+Fertilizante 50%. En masa seca de raíz, se obtuvo un aumento de 62.79% y de 47.39% con BSF+*T. asperellum*+Fert. 50% y BSF+Fertilizante 50% respectivamente y finalmente para el parámetro número de ramas se obtuvo una diferencia de 26.32% con BSF+*T. asperellum* +Fert. 50% y de 26% con BFN+BSF+*T. asperellum*+Fert 50% y de 24.28% con el tratamiento BFN+*T. asperellum*+Fert 50%. Se pudo observar que la combinación de bacterias y hongos y fertilizante químico al 50% tuvieron mejores resultados en los parámetros fenológicos de las plantas. En algunos tratamientos, la interacción entre bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos y fertilización química están ligadas, observando el efecto promotor del crecimiento vegetal. Estos resultados refuerzan los beneficios de promoción por las rizobacterias que se pueden traducir en prácticas de nutrición vegetal (Bashan y Holguin, 1997). En los cultivos tratados con bacterias promotoras del crecimiento vegetal la producción de materia seca aérea y de raíces fue generalmente mayor que el control. Este comportamiento es concordante con los efectos esperados por la presencia del microorganismo permitiendo mejoras relevantes en el crecimiento inicial del cultivo y en su capacidad de exploración del suelo y uso eficiente de recursos tales como agua y nutrientes, reforzando lo descrito por Díaz-Zorita *et al.* (2006) y coincidiendo con lo descrito por Díaz *et al.* (2006) en la interacción positiva entre el desarrollo y colonización de plantas de cártamo. Nosheen *et al.*, (2011) inoculando tres rizobacterias a semillas de cártamo con 10^6 células por mililitro y mitad de la dosis de fertilización química encontró hasta un 54% de incremento en la masa radical de una variedad. De acuerdo con Ahemad y Kibret (2014), las especies de rizobacterias estimulan el crecimiento de plantas por medio de diferentes mecanismos, los cuales clasifican con base en sus actividades funcionales como biofertilizantes (aumento de la disponibilidad de nutrientes a la planta), fitoestimuladores (promoción del crecimiento de la planta, generalmente a través de fitohormonas), rizoremediadores (degradan contaminantes orgánicos) y biopesticidas (el control de enfermedades, principalmente por la producción de antibióticos y metabolitos antifúngicos). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son bacterias de vida libre habitantes del suelo que colonizan la rizósfera y cuando se aplican a las semillas o cultivos, mejoran el crecimiento de las plantas. Se han usado para aumentar el porcentaje de germinación de las semillas, emerger, disparar el crecimiento de plantas y raíces, incrementar la biomasa total de las plantas, inducir la floración temprana y aumentar el rendimiento de grano, esto provocado debido a su potencial de fijación de nitrógeno y la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas, citoquininas, y solubilización de fosfato, resultando en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y aumento de la permeabilidad de las raíces (Nosheen *et al.*, 2011)

Conclusión

Las rizobacterias por medio de sus mecanismos de promoción del crecimiento vegetal, al aplicarse solas o mezcladas y combinadas con la mitad de la dosis de fertilizantes químico, son altamente efectivas en mejorar la morfología de la raíz y el crecimiento de plantas de cártamo.



Agradecimientos

Al programa institucional BIOFERTIBUAP y PRODEP por el financiamiento parcial.

Bibliografía

- Ahemad, M and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhzobacteria: Current perspective. *Journal of King Suad University-Science*. 26:1-20.
- Babalola, O.O. 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 32:1559-1570.
- Bashan, Y. and G. Holguin. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.* 43:103-121.
- Cano, M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Díaz-Zorita, M., R. M Baliña, M. V. Fernández-Canigia and A. Peticari. 2006. Rendimiento de cultivos de trigo en la región pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense*. *INPOFOS Informaciones agronómicas*, 29, 17-19.
- Díaz Franco, A., D., A. S. Ortegón Morales and I. Garza Cano. 2006. Biofertilización del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en condiciones restringidas de humedad en el suelo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2), 175-180.
- Loredo Osti. C., L López Reyes and, D Espinosa Victoria .2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra* 22:225-239.
- Montoya, C. L. 2010. El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México. Editorial SGI. Primera edición. Ciudad. Obregón, Sonora, México.
- Nosheen, A. A. Bano, F. Ullah, U. Farooq, H. Yasmin and I. Hussain. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on root morphology of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(59):12639-12469.
- Okon, Y. and C. Labandera- González, 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculations. *Soil Biol. Biochem.* 26:1591-1601.
- Ortega, R. C. and B. R. Ochoa. 2003. El cártamo, una oleaginosa para el mercado de exportación. *Claridades Agropecuarias*, 114, 1-16.
- Pineda, M. E. B. 2014. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 15(1) 101-113.



AVANCES EN EL ESTUDIO DE DINÁMICA POBLACIONAL DE LOMBRIZ DE TIERRA *Eisenia fétida* (Edwards y Bholen, 1996) EN CUATRO DIFERENTES SUSTRATOS

Rivas-Pérez, A.^{1*}; Vázquez-Alvarado, R.²; Olivarez-Saenz, E.³; Carranza-de la Rosa, R.⁴; Blanco-Macías, F.⁵

¹⁻⁴ Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Monterrey, Nuevo León, México.

⁵ Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte. El Orito, Zacatecas, Zac., México

*Autor responsable: alripe91@hotmail.com Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex Hacienda el Canadá, Monterrey, Nuevo León. México. Tel. (81) 1340 4399

Resumen

El presente trabajo está desarrollándose en las instalaciones de la Facultad de Agronomía, Campus Marín, de la U.A.N.L. El objetivo de este estudio es determinar los tipos de muestreo y el modo en que se puede llegar a determinar la capacidad reproductiva de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) en cuatro sustratos, esto quiere decir que se cuantificará el número de cocones por cúpula, el número de lombrices juveniles por cocón y la ganancia en peso de 5 lombrices adultas.

Se está trabajando sobre la determinación de dinámica poblacional y calidad de humus tomando en cuenta las determinaciones de calidad de la norma NMX-FF-109-SCFI-2008. Los Tratamientos serán los siguientes: T1. Estiércol bovino, T2. Residuos de podas de zacate T3. Restos de podas de varias especies de árboles y T4. Rastrojo de sorgo. Se contara con 6 repeticiones teniendo así 24 unidades experimentales. Se concluye que los tratamientos se deben de manejar de maneras específicas para la aceptación de los sustratos para la lombriz y para tener un humus de excelente calidad en cuanto a grados de pureza.

Palabras clave:

Cocón, lombrices juveniles, estiércol bovino

Introducción

Los impactos de las lombrices a los procesos de fertilidad de suelos y su potencial importancia a la agricultura, son temas que están generando un interés cada vez mayor. (Vázquez-Alvarado 2012).

Sin embargo, cuando un productor desea iniciar en el negocio de la lombricultura, debe tomar en cuenta ciertos criterios para desarrollar un producto final de buena calidad.

Una de las primeras cosas que debe tomar en cuenta es decidir qué tipo de alimento se deben de dar a las lombrices y como se deben de preparar en cuanto a disponibilidad de agua y manejo de temperatura, ya que los ciclos estacionales de la actividad de las lombrices son determinados por estos factores, (Uvarov A.V. *et al.* 2011), Hernández J. *et al.* 2006). Una vez que el productor decida que tipo de alimento utilizar, se debe realizar una prueba de aceptación del alimento que se explica detalladamente en el siguiente trabajo.



Las tasas de reproducción y crecimiento de las poblaciones de lombrices, son importantes de determinar, ya que con ello podemos observar la calidad del alimento que se suministra y el tiempo en que debe de ser composteado. (Duran, 2009)

Para determinar esta variable, la prueba se basa en experimentos de laboratorio bajo una condición ambiental, para ello se debe basar en la metodología propuesta por Schuldt (2006), la cual consiste en disponerse de bandejas de plástico e inocular 5 lombrices, para lo cual se hace conteos de dinámica poblacionales a los 30 y a los 60 días, ya que las lombrices renuevan su ciclo de vida a los dos meses. (Edwards y Bholen, 1996)

Materiales y métodos

Esta investigación se está llevando a cabo en el vivero de las instalaciones de la Facultad de Agronomía, campus Marín, de la UANL, iniciando en el ciclo Primavera-Verano a principios de Marzo del 2015. Su ubicación geográfica es de 25° 53' de Latitud Norte y 100° 03' Longitud Oeste, teniendo una altitud de 363 m.s.n.m. Se utilizara un diseño experimental de bloques completamente al azar usando el programa estadístico de SPSS

Desarrollo de las pruebas para definir potencial reproductivo.

La especie de lombriz que se va a utilizar es *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) Para definir numero de cocones/ lombriz/ semana/ sustrato, se utilizara la prueba de "5L" (5 lombrices por bandeja) propuesta por Schuldt (2006) la cual menciona que se debe utilizar recipientes con sustratos.

Se utilizaron 24 bandejas de plástico (6 repeticiones con 4 Tratamientos) y de un tamaño de 13.5 cm de ancho y 18.5 cm. de largo y 5 cm de profundidad, además se deben hacer 5 agujeros en el fondo distribuidos como los puntos del 5 de la cara de los dados. Los tamaños de las bandejas no deben pasar de 25 cm de ancho por 8 cm de largo y 5 cm de profundidad, esto para evitar tomar más tiempo de lo necesario para cuantificar cocones (Schuldt, 2006)

Además de las bandejas donde se encuentra el sustrato y las lombrices, se deben poner otra bandeja más grande para incorporar agua debajo, y así crear una trampa la cual hace que la lombriz se queda estancada e inmovilizada cuando sale por los agujeros del fondo, esto se observa cuando el sustrato no está bien descompuesto o cuando todavía no pasa por el proceso termófilo y la lombriz busca salirse del alimento.

Para definir el número de lombrices por cocón, se utilizará recipientes de 3.5 cm de diámetro y 2 cm de profundidad con un agujero en la tapas. Se puso 1-1.5 cm de humus y 5 cocones por unidad experimental, estos cocones corresponderán a lombrices que han vivido mínimamente una semana en los sustratos, se tendrán 4 Tratamientos y 6 repeticiones (Figura 1).

Se monitorearán a diario para ver si han eclosionado. Se cuentan y se define el número de lombrices por cocón correspondiente a los sustratos.

Evaluación de las dietas para definir potencial reproductivo

En la prueba de 5L, los Tratamientos que se utilizaran tienen diferente manejo para poder ser aceptable a las lombrices. A continuación se describen los tratamientos que se utilizaron.

T1: Estiércol bovino, T2: Podas de pasto *Cynodon dactylon* (L). Pers, T3: Podas de árboles de diferentes especies. Entre estas se tienen: Fresno común, *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Palo blanco, *Celtis laevigata* (Willd), y Encino siempre verde, *Quercus virginiana* (Mill). y T4: Rastrojo de sorgo, *Sorghum bicolor* (Moench).



DIVISIÓN II

Cuando en la prueba "5L" más del 50% de lombrices están en la trampa de agua o bien se fugaron de los sustratos, se debe reiniciar la prueba debido a que los sustratos no se adaptaron, en la Figura 1, se tiene los datos de fugas que se presentaron en el estiércol en la fecha de Abril y datos de fugas en Mayo del 2015, razones por las cuales se tienen a la fecha pocos datos de cocones por lombrices cuando los Tratamientos no presentaron fugas.

Grados de calidad del humus de lombriz

La calidad de humus se determinó utilizando los mismos tratamientos que se describieron anteriormente.

El área de estudio consiste en 24 unidades experimentales, divididas por 4 Tratamientos y 6 repeticiones.

La norma NMX-FF-109-SCFI-2008, establece parámetros de los grados de calidad en base a porcentaje de materia seco de humus (Cuadro 1). La materia seca se determinó siguiendo los principios establecidos en la norma (NMX-FF-109-SCFI-2008), la cual dice que se debe de secarse a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24, sin embargo por razones propias del material utilizado se tuvo que realizar por tres días para llegar a pesos constantes

Cuadro 1. Grados de calidad para humus de lombriz, según la norma NMX-FF-109- SCFI-2008

Atributos	Extra (Calidad)	Primera (Calidad)	Segunda (Calidad)
Material mineral extraño (% sobre materia seca)	De 0.0 a 1.5 %	De 1.51 a 3.0 %	De 3.1 a 5.0 %
Material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca)	De 0 a 3.0 %	De 3.1 a 6.0 %	De 6.1 a 10.0 %
Material Inerte (Vidrio, metales, plásticos, etcétera)	De 0 a 0.5 %	De 0.51 a 1.0 %	De 1.01 a 1.5 %

Dado que se observó que la distribución de la lombrices adultas no se da en forma uniforme en el contenedor, lo cual concuerda con Johnston *et al.* (2014). Se detectó que los Tratamientos 3 y 4 fueron más compactos, por lo que se prefirió tomar dos muestreos en todos los Tratamientos, con un cilindro de pvc de 384.8 cm^3 en cada una de las unidades experimentales, sacando así una muestra total de 769.6 cm^3 , una muestra se sacó en el centro del contenedor y otro en cualquier esquina tomada al azar sin considerar si se observaba lombriz adulta o no, para lograr una mejor representatividad en el muestreo.

Resultados y Discusión

Potencial reproductivo.

Los Tratamientos tuvieron sus diferencias en cuanto a la preparación de sustratos para su aceptación., cabe señalar que cuando se reportaba lombrices fuera de los contenedores, se volvían a poner dentro de las bandejas

Se tuvo que reiniciar la prueba a los 15 días, ya que el Tratamiento 1 (Estiércol bovino), presento muchas fugas, quizá por el inicio de procesos exotérmicos debido a la falta de humedad del sustrato, por lo que se necesita humedecerlo por dos días en una cubeta con agua y dejarlo a la intemperie por un día más. (Figura 2)

DIVISIÓN II

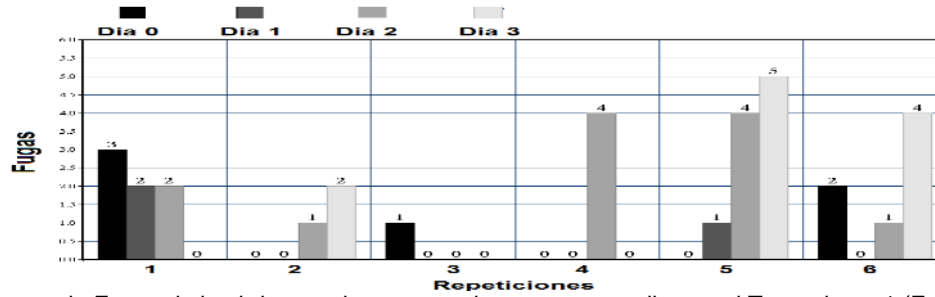


Figura 2. Número de Fugas de lombrices en los contenedores correspondientes al Tratamiento 1 (Estiércol bovino)

En el caso de Tratamiento 2 (Podas de zacate), el material que se les dispuso se humedeció con agua pero en este caso, las podas no se dejaron mucho tiempo de descomposición, por lo que la proporción de fugas con respecto al Tratamiento 1 fue mayor. Lo que hace suponer que es menos aceptable el sustrato vegetal fresco que estiércol sin que pase por el proceso termófilo. (Figura 3)

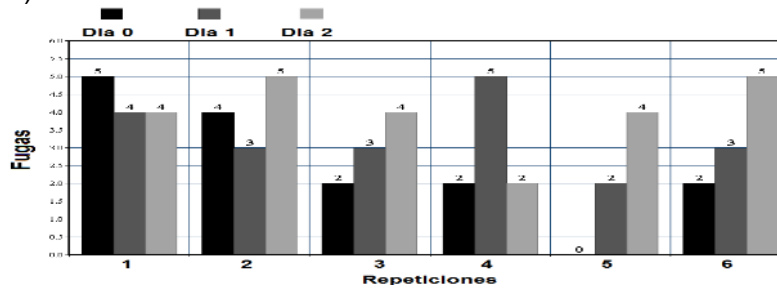


Figura 3: Numero de fugas de lombrices en los contenedores correspondientes al Tratamiento 2 (podas de zacate)

En el caso del Tratamiento 3 y 4, no se presentaron problemas de aceptación ya que no presentaron ninguna fuga. Una vez que los Tratamientos no presentaron fugas, a la semana se cuantifico el número de cocones por lombriz.

Humus de lombriz y su grado de calidad.

Los resultados que muestran si el grado de calidad de los Tratamientos fue adecuado, se exponen en el Cuadro 2, la cual nos muestra que el Tratamiento 2 correspondiente a podas de zacate presenta mayor calidad en comparación con los otros tratamientos con respecto a material orgánico no digerido por lombrices. Los Tratamientos 3 y 4 no cumplieron el grado de calidad de material no digerido. Los análisis estadísticos no se ejecutaron en virtud de que se está en proceso de la toma de datos, lo cual se podrá hacer en un periodo de dos meses a partir de la fecha.

Cuadro 2. Determinación del nivel de calidad para humus del experimento de acuerdo a los tratamientos, correspondiente a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008

TRATAMIENTO	%MME	%MOND	%MI
T1. Estiercol bovino	4.5 (SEGUNDA)	4.4 (SEGUNDA)	0.0 (EXTRA)
T2. Podas de zacate	3.8 (SEGUNDA)	5.6 (PRIMERA)	0.0 (EXTRA)
T3. Podas de árboles	4.6 (SEGUNDA)	31.8 (NO CUMPLE)	0.0 (EXTRA)
T4. Rastrojo de sorgo	2.1 (PRIMERA)	10.6 (NO CUMPLE)	0.0 (EXTRA)

a) MME= Material mineral extraño, b)MOND= Material orgánico no digerido por las lombrices, c)MI=Material inerte



Conclusiones

Con respecto a los sustratos deben tener un manejo previo para la suministración como alimento para la lombriz ya que el estiércol y podas de zacate necesitan un humedecimiento para evitar que el proceso de mineralización se inicie causando altas temperaturas y en consecuencia daños de lombriz lo que ocasiona las fugas de las lombrices de estos sustratos.

En base a los resultados observados en el grado de calidad, se concluye que se necesita un mejor manejo en cuanto a la separación del alimento y del humus, ya que los altos valores de los Tratamientos 3 y 4, en cuanto a material orgánico no digerido, los lleva a una categoría de no aptos para la comercialización.

Bibliografía

- Duran L. y C. Henríquez 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía costarricense* 33 (2): pp. 275-281.
- Edwards C.A. y P.J. Bholen. 1996. *Biology and ecology of earthworms*. 3ª Ed. Chapman and Hall. Great Britain. U.K. 433.p
- Escobar F., J. Sanchez-Ponce y M. Azero. 2012. Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *RevActaNova*. 5: 309-410.
- Hernández, J., S. Pietrosevoli, A. Faria, R. Canelón, R. Palma, J. Martínez. 2006. Frecuencia de riego en el crecimiento de la lombriz (*Eisenia* spp.) y caracterización química del vermicompost. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6:20-26.
- Johnston, A.S.A., M. Holmstrup., M.E. Hodson, P. Thorbek, T. Alvarez y R.M. Silby. 2014. Earthworm distribution and abundance predicted by a process-based model. *Applied Soil Ecology*. 84: 112-123.
- NMX-FF-109-SCFI-2008. "Humus de lombriz- Especificaciones y métodos de prueba". (2008)
- Schuldt M., R. Christiansen, L.A. Scatturice y J.P. Mayo 2006. La lombriz como animal de laboratorio, estandarización de procedimientos. En: Mundi-prensa (ed.) *Lombricultura teoría y práctica*. Madrid. pp.266-278
- Uvarov A.V., A. V. Tiunov y S. Scheu. 2011. Effects of seasonal and diurnal temperature fluctuations on population dynamics of two epigenic earthworm species in forest soil. *Elsevier* 43: 559-570.
- Vázquez-Alvarado R. E., F. Blanco-Macías, M. C. Ojeda-Zacarías, R. Valdez-Cepeda, J. Kawas-Garza, J.A. Santos-Haliscak, J.A. Pérez-Herrera. 2012. Uso de lombrhumus en la producción de nopal verdura cultivar copena v1. *RESPYN "Revista Salud Pública y Nutrición" Edición Especial No. 04 2012 pp. 15 – 40.*



EFECTO DE RIZOBACTERIAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DEL BIRRETE DE OBISPO (*Astrophytum myriostigma* Lem. 1839)

Vázquez-Reyes, E¹*; Cisneros-Valdez, ME¹; González-Ugarte AG¹; Mauricio-López, OP¹; Santibañez-Sánchez, LF¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Gómez Palacio, Dgo., México

*Autor responsable: eduardo.vaz.rey@hotmail.com; Av. Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Dgo., CP 35010, México; +52(871)7152077

Resumen

El uso de microorganismos con el fin de reproducir y mejorar el desarrollo de especies vegetales que son de interés para el hombre, es una práctica que durante las últimas dos décadas se ha empezado a implementar en diferentes partes del mundo (Barreto *et al.*, 2010). *Astrophytum myriostigma* es una cactácea endémica del norte de México, que se encuentra clasificada como amenazada según la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT- 2010). Por lo anterior en el presente estudio se evaluó el efecto de rizobacterias en la germinación de semillas de *A. myriostigma*. Para ello se utilizaron 12 rizobacterias. Las semillas se desinfectaron con cloro al 20%, y se lavaron con H₂O-dE., posteriormente se llevo a cabo la sincronización de las semillas y la inoculación de las cepas bacterianas. Finalmente las cajas con las semillas se introdujeron en una cámara bioclimática a 25°C, con humedad al 40% y un fotoperiodo de 16 horas y luz 8 horas oscuridad. Los resultados muestran que de las 12 cepas utilizadas en esta investigación, 11 (91.66%) presentaron un incremento positivo sobre la germinación de las semillas con relación al testigo y sólo una (8.33%) de las cepas utilizadas (BNR2-23) disminuyó el efecto sobre la germinación. Las cepas que generaron mayor número de semillas germinadas en comparación con el testigo, fue *B. subtilis* con una germinación del 93%, seguida por *Bacillus* spp. con un porcentaje de germinación del 89.33%. Los bacilos gram negativos también mostraron porcentajes de germinación significativos, es el caso de las cepas: *P. aeruginosa* (83%) y *Shewanella putrefaciens* (77.3%).

Palabras Clave

Rizobacterias, germinación, *Astrophytum myriostigma*

Introducción

El birrete de obispo (*Astrophytum myriostigma*) es una cactácea endémica del norte de México que habita en el Desierto Chihuahuense, principalmente donde predominan los terrenos calcáreos y secos. (Bravo y Sánchez, 1978). En su hábitat natural es una planta muy variable que suele nacer entre matorrales o junto a otras plantas nodrizas que la protegen del sol. Las poblaciones de esta cactácea han ido disminuyendo debido a factores antropogénicos como son: el cambio de uso del suelo, el crecimiento demográfico y la extracción ilegal para su aprovechamiento permanente como especie ornamental (Sánchez, 2012). Lo anterior ha provocado que *A. myriostigma* y otras cactáceas se encuentren clasificadas como amenazadas o en algún otro estatus de conservación según la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT-2010).



DIVISIÓN II

Actualmente la mayoría de las especies mexicanas se producen y comercializan en el extranjero, debido a que en el país no se ha desarrollado la industria del viverismo de cactáceas para la producción y comercialización a gran escala, por lo que se considera importante establecer y/o ampliar los programas de reproducción y propagación de especies silvestres y razas nativas como una estrategia de conservación, pues además de su uso racional, las mantiene en sus hábitats naturales donde los procesos evolutivos continúan sucediendo y se posibilita su convivencia armónica con otros seres vivos (Villavicencio *et al.*, 2009), principalmente con los microorganismos, con los que establecen relaciones estrechas que pueden llegar a favorecer el desarrollo de la planta (Atlas y Bartha, 2008).

El uso de microorganismos con el fin de reproducir y mejorar el desarrollo de especies vegetales que son de interés para el hombre, es una práctica que durante las últimas dos décadas se ha empezado a implementar en diferentes partes del mundo. Los principales microorganismos que se han utilizado con este fin, son las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) (Barreto *et al.*, 2010). Las BPCV pueden estimular el crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos como son: la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de nutrientes, la producción de sideróforos y el control de fitopatógenos del suelo. Los microorganismos más estudiados pertenecen a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*. (Loredo *et al.*, 2004).

En la presente investigación se plantea la reproducción y propagación de *Astrophytum myriostigma* a través de su semilla, utilizando microorganismos que puedan promover su germinación y desarrollo, garantizando con ello la conservación de la especie y el mantenimiento de su Pool Genético.

Por lo tanto el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de rizobacterias en la germinación de semillas de *Astrophytum myriostigma*.

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en Avenida Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia de Gómez Palacio, Durango.

Las semillas de *A. myriostigma* que se utilizaron en esta investigación fueron colectadas de ejemplares localizados en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Biológicas (UJED) y de ejemplares localizados en la sierra "El Sarnoso" que se localiza al Noroeste del Estado de Durango, situado en la Altiplanicie Septentrional o Llanura Boreal del Norte, dominada por climas BW de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen.

El área comprende los paralelos 25°31' y 25°43' Latitud Norte y entre los meridianos 103°40' Latitud Oeste. Limita al Norte con la sierra de Mapimí, al Este con la ciudad de Gómez Palacio y al Oeste con la sierra El Rosario (CETENAL, 1977, citado por González U. A., 2013).

En esta investigación se utilizaron 12 cepas bacterianas, tres de ellas fueron proporcionadas por el cepario del Laboratorio de Microbiología FCB-UJED (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Pseudomonas sp.*); las nueve cepas restantes se extrajeron de la rizósfera de *A. myriostigma*.

Para evaluar el efecto de las rizobacterias en la germinación de semillas de *A. myriostigma*, como primer paso se activaron las cepas bacterianas en placas con agar luria (AL) y después se propagaron en tubos con caldo luria, los cuales se incubaron a 35 °C a 200 rpm durante 24 hrs o hasta observar crecimiento.

Posteriormente se llevó a cabo la desinfección de las semillas, para lo cual se colocaron 60 semillas en tubos eppendorf estériles y se agregaron 2000 µl de cloro al 20%. Los tubos se



DIVISIÓN II

mantuvieron en agitación durante 10 minutos y finalizado el tiempo se extrajo el cloro utilizando una micropipeta. Después se lavaron las semillas y para ello se agregaron 2000 µl de agua destilada estéril manteniendo los tubos en agitación durante 5 minutos, este último paso se repitió cinco veces y al finalizar el último enjuague se retiró toda el agua.

Después de la desinfección, se llevó a cabo la sincronización de las semillas, para lo cual se depositaron en cajas petri y se distribuyeron por toda la superficie del sustrato (Agar Bacteriológico) utilizando un asa bacteriológica, posteriormente las cajas fueron selladas con para-film y se mantuvieron a 4°C durante 24 hrs. Después se realizó la inoculación de las cepas bacterianas, lo cual consistió en añadir 10 µl de la suspensión bacteriana (con una absorbancia de 0.400, a una longitud de onda de 590 nm) sobre cada una de las semillas.

Finalmente las cajas se introdujeron en una cámara bioclimática a 25°C, con una humedad de 40% y un fotoperíodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad. Se realizaron observaciones diarias durante 30 días y en cada unidad experimental se obtuvieron los siguientes datos: número de semillas germinadas hasta 30 días después de la siembra.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, que incluyó 12 tratamientos más un testigo, con cinco repeticiones. Los datos se analizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 1988) y se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey (P= 0.05).

Resultados y Discusión

El análisis de varianza realizado para la evaluación de la germinación de semillas de *A. myriostigma*, indica que existe diferencias significativas entre los tratamientos (Pr>F <0.0001) con una $R^2 = 0.69$

De las 12 cepas analizadas en esta investigación, 11 (91.66%) mostraron un efecto positivo sobre la germinación de las semillas de *Astrophytum myriostigma* con relación al testigo, y sólo una (8.33%) de las cepas utilizadas (BNR2-23), provocó un efecto negativo sobre la germinación (Cuadro 1). Las cepas que generaron un mayor número de semillas germinadas en comparación con el testigo (57.67% de germinación), pertenecieron al género *Bacillus*. De este género, *B. subtilis* fue la cepa que promovió un mayor porcentaje de germinación con un 93%, seguida por la cepa BPESP2-2 que también correspondió al género *Bacillus*, con un porcentaje de germinación del 89.33%.

Los bacilos gram negativos también mostraron porcentajes de germinación significativos, tal es el caso de las cepas: BNR1-28 (84%), BNE2-35 (83.33%), *P. aeruginosa* (83%) y *Shewanella putrefaciens* (77.3%).

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de 12 cepas bacterianas en la germinación de *A. myriostigma*

Tratamiento (Cepas)	Germinación* (%)	Incremento con relación al testigo (%)	Tratamiento (Cepas)	Germinación* (%)	Incremento con relación al testigo (%)
<i>B. subtilis</i>	55.8 (93.0)	61.27	BPNEP1-22	43.6 (72.6)	26.01
<i>Bacillus</i> sp.	53.6 (89.3)	54.91	BNR2-26	38.2 (63.67)	10.40
BNR1-28	50.4 (84.0)	45.66	BNR2-21	37.8 (63.0)	9.25
BNE2-35	50 (83.3)	44.51	BNR2-210	36.4 (60.6)	5.20
<i>P. aeruginosa</i>	49.8 (83.0)	43.93	BNR2-23	24.8 (41.33)	-28.32
CPE2-32	46.8 (78.0)	35.26	Testigo	34.6 (56.6)	
<i>S. putrefaciens</i>	46.4 (77.3)	34.10			

* Promedio de cinco repeticiones (60 semillas en cada repetición).

Una cepa, que correspondió a un coco gram positivo presentó un porcentaje de germinación alto (78%). Las cepas CPE2-32, BPNEP1-22, BNR2-26, BNR2-21 y BNR2-210



DIVISIÓN II

también promovieron de manera significativa la germinación y aunque no fueron tan eficaces como *B.subtilis*, también superaron al testigo (Figura 1).

No se encontraron estudios al respecto, sin embargo Puente *et al.*, 2009, encontraron que existe una estrecha relación entre el nopal Cardón (*Pachycereus pringlei*) y las bacterias pertenecientes a los géneros *Bacillus* spp., *Klebsiella* spp., *Staphylococcus* spp. y *Pseudomonas* spp., que fueron aisladas de ejemplares silvestres, encontrando que además de fijar nitrógeno y solubilizan minerales, las bacterias meteorizan la roca permitiendo al cactus colonizar suelos con poca disponibilidad de nutrientes. Además autores como (López *et al.*, 2011 y Bashan *et al.*, 2009) han realizado estudios donde evalúan la presencia y el efecto de bacterias extraídas del rizoplano de cactáceas y especies desérticas. López *et al.*, 2011, aisló las cepas de *Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas putida*, *Enterobacter sakazakki* y *Bacillus megaterium* de la rizósfera del cactus *Mammillaria fraileana*, determinando mediante ensayos in vitro la capacidad de las cepas para fijar nitrógeno y solubilizar fosfatos inorgánicos, los cuales son nutrientes de alta importancia para el desarrollo de las plantas. Por su parte Bashan *et al.*, 2009, utilizaron las BPCV para evaluar la sobrevivencia de plantas del cactus *Pachycereus pringlei* obteniendo resultado significativos comparado con los tratamientos sin utilizar rizobacterias. Existen otras investigaciones donde se ha evaluado el efecto de las rizobacterias en especies de interés agrícola y forestal tal es el caso de los autores: Barreto *et al.*, 2007; Díaz *et al.*, 2001; Holguin y Bashan, 1997 y Patiño-Torres, 2010, quienes han reportado un efecto positivo de rizobacterias de diferentes géneros como: *Azospirillum*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Staphylococcus* y *Pseudomonas*.

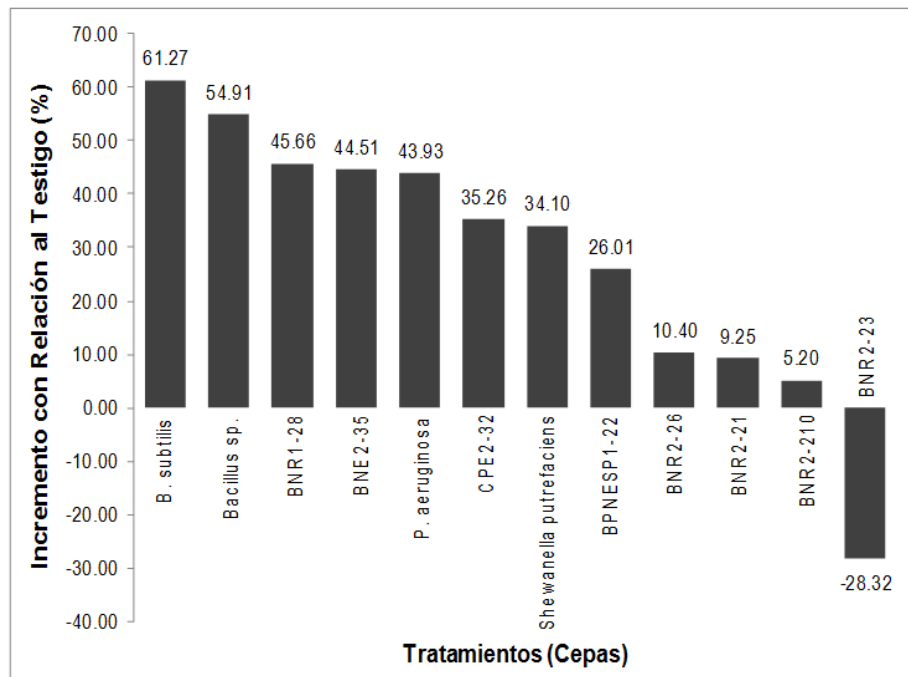


Figura 1. Grafica que muestra el incremento con relación al testigo en la germinación de 11 cepas y el efecto negativo producido por la cepa BNR2-23.



Conclusiones

De las 12 rizobacterias analizadas, la mayoría (11 cepas) mostraron un efecto benéfico sobre la germinación de semillas del birrete de obispo (*Astrophytum myriostigma*).

Los bacilos gram positivos esporulados (*Bacillus subtilis* y *Bacillus spp.*) generaron el mayor porcentaje de germinación.

Los bacilos gram negativos también promovieron de manera significativa la germinación del birrete de obispo (*Astrophytum coahuilense*), tal es el caso de las cepas *P. aeruginosa* (83%) y *Shewanella putrefaciens* (77.3%).

Bibliografía

- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-M. 1978. Las Cactáceas de México. 2ª. Edición, Vol.I. UNAM. México, D.F. 62p.
- Barreto, D., Valero, N., Muñoz, A. y Peralta A. 2007. Efecto de Microorganismos Rizosféricos sobre Germinación y Crecimiento Temprano de *Anacardium Excelsum*. Universidad Popular del Cesar. Zonas Áridas. Colombia. pp 240-250.
- Barreto F. M., Seldin L., de Araujo F.F. y Ramos M. R. 2010. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications. National Research and Technological Development, Brazil Agronomical Institute: 22-24.
- Díaz Vargas P. R. Ferrera-Cerrato. J.J. Almaraz-Suárez y G. Alcántar González. 2001. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento de lechuga. Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Vol. 4, núm. 4.
- González U. A. 2013. Rizobacterias del birrete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem. 1839) Tesis de Licenciatura. FCB-UJED. Gómez Palacio, Durango.
- Holguin G. y Bashan Y. 1997. Nitrogen-fixation by *Azospirillum brasilense* CD is promoted when co-cultured with a mangrove rhizosphere bacterium (*Staphylococcus* sp.). *Soil Biol. Biochem.* 28(12): 1651-1660.
- López B.R., Y. Bashan, M. Bacilio. 2011. Endophytic bacteria of *Mammillaria fraileana*, an endemic rock-colonizing cactus of the southern Sonoran Desert. 193: 527-541.
- Loredo O. C., López R. L. y Espinosa V. D. Bacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal Asociadas Con Gramíneas: Una revisión *Terra Latinoamericana*, Vol. 22, Núm. 2, abril-junio, 2004, Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 225-239.
- Norma Oficial Mexicana. 2011. NOM-059-SEMARNAT-2011. Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación.
- Patiño T. C. 2010. Solubilización de fosfatos por poblaciones bacterianas aisladas de un suelo del Valle del Cauca. Estudio de biodiversidad y eficiencia. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia.
- Puente M. E., C.Y. Li, Y. Bashan. 2009. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weatherin desert plants. II. Growth promotion of cactus seedling. *Plant Biology*. 6:643-650.
- Sánchez S.J. 2012. Diversidad y Corología de la Flora Cactológica en el Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Villavicencio-G., Arredondo G., Almeyda L., Mares A., Carranza P. y Comparan S. 2009. Colecta, caracterización y producción de cactáceas ornamentales. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Resúmenes Ejecutivos Ejercicio Fiscal 2009. Sagarpa- SNICS- Sinarefi. Pp 108 y 109.



LA COLECCIÓN DE MICROORGANISMOS DEL CENTRO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS; ESTRATEGIA EN LA CONSERVACIÓN DE MICROORGANISMOS DE SUELO

Zaldívar-López, HA¹; Hernández-Ibañez, AM¹; Martínez-Peña, MD¹; Arteaga-Garibay, RI^{*}

¹Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos del CNRG-INIFAP. Blvd. de la Biodiversidad 400, Las cruces, C.P 47600, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

*Autor responsable: arteaga.ramon@inifap.gob.mx; Blvd. de la Biodiversidad Núm. 400, Las cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. C.P 47600. Tel. +52 (378) 106 5020 Ext. 5107; 01 800 088 2222 Ext. 84818

Resumen

Los microorganismos son parte esencial del suelo, tienen un papel integral y único en el funcionamiento de los ecosistemas para mantener una biosfera sustentable y productiva, además son empleados en diversas actividades humanas y son materia prima para la biotecnología y ciencias de la vida. Por lo anterior, se genera la necesidad de crear bancos de germoplasma para el resguardo de la diversidad morfológica, ecológica, fisiológica y molecular de los microorganismos.

La Colección de Microorganismos del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP (CM-CNRG) fue creada con el objetivo de conservar los recursos genéticos microbianos de importancia agroalimentaria del país, misma que tiene registro ante la World Federation of Culture Collection y la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivo. En su acervo se encuentran resguardados diferentes tipos de microorganismos, que incluyen bacterias, cianobacterias, actinomicetos, hongos y levaduras. Su infraestructura permite ofertar diversos servicios relacionados con el resguardo de microorganismos; tanto depósito público, depósito restringido y próximamente, resguardo de cepas con registro de patente; así como, servicios de caracterización e identificación de microorganismos (fenotípica y molecular), secuenciación masiva y análisis de comunidades microbianas, análisis de viabilidad y servicios de análisis microbiológico en general.

Todo lo anterior con apego a la documentación requerida para la admisión de las accesiones dentro de la CM-CNRG, entre los que destacan los acuerdos de transferencia de material, fichas de depósito, la disponibilidad en el catálogo público y los manuales de procedimientos para la recepción, evaluación, ingreso y manejo de cada tipo de accesión.

Palabras clave

Suelo; conservación; microorganismos; colección de cultivos

Introducción

En 1992, durante la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD), celebrada en Río de Janeiro, se estableció la Iniciativa Internacional para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Suelo, basada en el principio que "el suelo es una matriz viva y dinámica; parte esencial de los ecosistemas terrestres y recurso crítico, no sólo para la producción agrícola sino también para el mantenimiento de la mayoría de los procesos de la vida" (Rodríguez *et al.*, 2011).



DIVISIÓN II

La calidad del suelo es determinada por su capacidad para funcionar en un marco de ecosistema natural o modificado, sostener la productividad vegetal y animal, mantener y mejorar la calidad del agua y aire, además, de contribuir a la salud humana y habitabilidad. La calidad del suelo está influenciada por los procesos microbianos que en él suceden; ha sido ampliamente demostrado que los microorganismos del suelo interactúan con las raíces de las plantas y constituyentes del suelo, lo que da lugar al desarrollo de un ambiente dinámico, y desarrollo activo de una variedad de formas microbianas en equilibrio, por lo tanto, el mantenimiento de la estructura de la comunidad microbiana funciona como indicador temprano y de gran sensibilidad de la degradación o empobrecimiento del suelo (Pedraza *et al.* 2010).

Debido a que se desconoce mucho sobre la diversidad biológica de los microorganismos y su potencial para resolver problemas biotecnológicos, ya sea control biológico, fertilidad del suelo o resistencia a sequía (Valencia y Peña, 2001); surge la necesidad de su conservación, la cual requiere la aplicación de técnicas especializadas ya que puede realizarse tanto *in situ* como *ex situ*, esta última es el mecanismo más efectivo y eficiente para la conservación como acción preventiva a la degradación o destrucción del hábitat, incluye los bancos de germoplasma, colecciones de cultivos y centros de recursos genéticos microbianos que conforman el repositorio de cepas, que tienen la tarea de proveer recursos viables, de alta calidad, a diferentes sectores relacionados con los microorganismos y de asegurar la diversidad microbiana (Ivshina y Kuyukina, 2012; Stromberg *et al.*, 2013).

Actualmente, en México se tiene el registro de 18 colecciones registradas y reconocidas por la WFCC (WFFC, 2015) e históricamente se han realizado esfuerzos por crear una colección de microorganismos que sea de relevancia nacional (Rodríguez *et al.*, 2011).

La Colección de Microorganismos del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP (CM-CNRG)

En el año 2012, la CM-CNRG se estableció bajo los requerimientos de la World Federation of Culture Collection y cuenta con objetivos, organización, financiamiento y personal que le permite cubrir la demanda de servicios y diversas actividades dentro del Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos del CNRG-INIFAP, en el que reside (Figura 1).



Figura 1. A) Fachada principal del edificio del CNRG-INIFAP en Tepatlán de Morelos, Jalisco. B) Logotipo de la CM-CNRG (Marca Registrada).

La CM-CNRG cuenta con los registro No. 1006 de la WFCC y No. SI-56 ante la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivos (FELACC). Ha experimentado un crecimiento sostenido, como resultado de los múltiples esfuerzos del SUBNARGEM y el INIFAP por rescatar colecciones de nodos regionales y campos experimentales para conformar una colección nacional moderna y funcional. Actualmente posee un total de 1650 accesiones que incluyen bacterias, cianobacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.



DIVISIÓN II

El principal objetivo de la CM-CNRG, es conservar la diversidad de microorganismos provenientes de diferentes actividades en las industrias alimenticia, agrícola y pecuaria, además tiene la capacidad científico-técnica para garantizar la preservación del germoplasma microbiano.

Las CM-CNRG tiene la misión ser una colección pública brinda servicios de alta calidad incluidos la preservación, depósito y resguardo de microorganismos, tanto público como restringido y próximamente, acorde lo establecido en el tratado de Budapest, para el resguardo de microorganismos con solicitud y/o registro de patente; autenticación y suministro de cultivos; promoción, publicidad, entrenamiento de recursos humanos e investigación, entre otros; con la visión de ser un referente a nivel nacional e internacional, innovadora en técnicas y tecnología para el manejo integral de microorganismos, que promueva la generación de nuevo conocimiento en beneficio de la sociedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales funciones que se desarrollan en la CM-CNRG del INIFAP

Conservación	Investigación	Servicios
Desarrollo de protocolos para la preservación y almacenamiento de microorganismos, que garanticen la estabilidad genética, alta viabilidad y disposición inmediata	Generación de nuevo conocimiento a través de proyectos de investigación relacionados con el adecuado aprovechamiento de los recursos genéticos microbianos de México.	Proveer y cubrir servicios de identificación, suministro, depósito, análisis y evaluación sanitaria en general.
Formación de Recursos Humanos	Control de Calidad	Colaboración y vinculación científica
Capacitar y asesorar a profesionales de los sectores público y privado relacionados con los microorganismos.	Desarrollar estrategias para el control y revisión de los procedimientos de ingreso, almacenamiento e inventario que garanticen al adecuado manejo y distribución de las accesiones.	Fomentar y divulgar el conocimiento acerca de los recursos genéticos microbianos para la formación de una red nacional académica y de investigación.

Conservación y servicios que ofrece la CM-CNRG del INIFAP

La conservación a largo plazo se realiza por al menos dos de los siguientes métodos: liofilización, ultracongelación a -80 °C y -196 °C en nitrógeno líquido; además se desarrollan protocolos alternativos de conservación a mediano plazo en la CM-CNRG, tales como: el mantenimiento en medios mínimos, la conservación con sello de aceite mineral y la conservación en soluciones de agua destilada o solución salina estéril, métodos que limitan el crecimiento por bajas concentraciones de nutrientes o por la reducida disponibilidad de oxígeno.

En la actualidad se está trabajando en la creación del catálogo de la colección y se encuentran en vías de desarrollo e implementación algunos métodos novedosos para la caracterización e identificación de microorganismos, como la identificación basada en espectrofotometría de masas (MALDI-TOF), secuenciación masiva para el análisis de comunidades microbianas, análisis de viabilidad por citometría de flujo, identificación y tipificación genética, entre otros.

Ingreso y depósito de accesiones

Para el ingreso y depósito de microorganismos se han diseñado procedimientos y bases de datos en la colección núcleo y la colección activa para el manejo, distribución, verificación (viabilidad, pureza e identidad) de las accesiones públicas y cepas de referencia. El área de bioinformática del CNRG-INIFAP es la que está a cargo del manejo, procesamiento, edición y difusión de la información sobre los microorganismos depositados en la CM-CNRG, con la implementación de un registro computarizado de la información de los cultivos que se resguardan, edición y distribución del catálogo impreso y electrónico, así como el manejo y transmisión de datos hacia los sistemas internacionales de registro.

En la admisión de las accesiones a la CM-CNRG destacan los acuerdos entre el depositario y la Colección, el usuario debe solicitar el servicio de depósito vía electrónica al correo de la Colección de Microorganismos del CNRG, mediante un oficio dirigido al Director del CNRG-INIFAP en atención al Curador de la Colección, quien se encarga de dar aviso al usuario de que su solicitud ha sido revisada y si se aceptó o rechazó. En caso de ser aceptada se envía al usuario la documentación para el registro de usuario, formato de solicitud de servicios y formato de datos pasaporte de germoplasma y la guía para el para el envío de materiales biológicos en función de la legislación vigente a fin de evitar riesgos potenciales para la salud, contaminación y/o diseminación de patógenos y enfermedades (Figura 2).

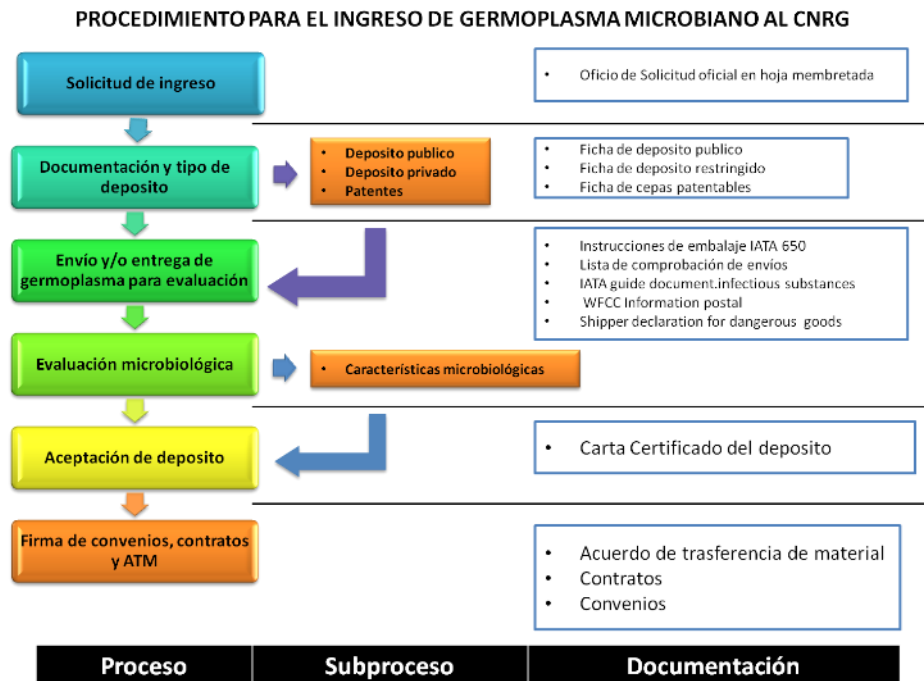


Figura 2. Esquema general del procedimiento para el ingreso de germoplasma microbiano a la CM-CNRG.

Si las muestras para depósito cumplen satisfactoriamente con los criterios establecidos en la evaluación documental, pre-analítica y analítica se notifica al usuario que su material será ingresado dentro de la Colección de Microorganismos del CNRG (CM-CNRG), se le asigna un código de colección y se emite una Carta Certificado de Depósito, lo cual permite firmar los acuerdos de transferencia de material (ATM), contratos y convenios, dando por terminado el proceso de ingreso de germoplasma a la colección.



Difusión

Para que la Colección de Microorganismos del CNRG-INIFAP logre ser un referente a nivel nacional e internacional al ser una Colección innovadora en técnicas y tecnología para el manejo integral de microorganismos, además de promover la generación de nuevo conocimiento en beneficio de la sociedad se requiere que la difusión de la CM-CNRG, se realice a través de redes de información científica, congresos, presentaciones en instituciones académicas e investigación, folletos y desplegados informativos.

En este momento se trabaja con el diseño del sitio web y las páginas sociales como Twitter y Facebook con el objetivo de dar a conocer los beneficios que aporta la colección a la sociedad y que se conozcan los servicios que oferta para el público en general.

Conclusiones

Estudiar la diversidad de microorganismos es un reto importante ya que éstos pueden comportarse de maneras muy distintas ante cualquier cambio en el ambiente. Si partimos de la idea que en un gramo de suelo hay millones de bacterias cultivables, entre las cuales se encuentra una gran diversidad metabólica para transformar los elementos que forman parte de los nutrientes necesarios para todos los seres vivos (fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos o promotores del crecimiento vegetal), la preservación de los recursos genéticos microbianos (microorganismos vivos y sus genes), por medio de la CM-CNRG, es una estrategia sustentable para el uso de la biodiversidad microbiana en beneficio de la sociedad.

Bibliografía

- Floccari, M. E. 2005. FELACC: Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivos Microbianos. *Agrociencia*. 9: 417-420.
- Ivshina, I. B. and M. S. Kuyukina. 2013. Turning Russian specialized microbial culture collections into resource centers for biotechnology. *Trends in Biotechnology*. 31: 609-611.
- Pedraza R. O., K. R.S. Teixeira, A. Fernández-Scavino, I. García-de-Salamone, B. E. Baca, R. Azcón, V. L.D. Baldani, R. Bonilla. 2010. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(2): 155-164.
- Rodríguez-Guzmán, M.P., A. Alarcón, R. Alatorre-Rosas, J. J. Almaraz, R. I. Arteaga-Garibay, R. Ferrera-Cerrato, M. M. Gamboa-Angulo, S. Giono-Cerezo, L. V. Hernández-Cuevas, P. Mendoza De Gives, J. Pérez-Moreno, M. M. J. Reyes-Estebanez y M. Hernández-Ávila. 2011. Plan Nacional de Acción sobre los Recursos Genéticos Microbianos de México. Subsistema Nacional de Recursos Genéticos Microbianos (SUBNARGEM), (SAGARPA) y Colegio de Postgraduados. 244 pp.
- Stromberg, P. M., T. Dedeurwaerdere and P. UNAI. 2013. The heterogeneity of public ex situ collections of microorganisms: Empirical evidence about conservation practices, industry spillovers and public goods. *Environmental Science and Policy*. 33: 19-27.
- Valencia-Cantero E. y J. J. Peña-Cabriales. 2001. El suelo y sus habitantes microbianos: consideraciones ecológicas. *Avance y Perspectiva* 20: 401-406
- Vibha, B. and G. Neelam. 2012. Importance of exploration of Microbial Biodiversity. *ISCA J. Biological Sci.* 1: 78-83.
- World Federation of Culture Collections (WFCC). 2015. *Cátalogo en línea: México*. [Consulta: 20 de mayo, 2015]. Disponible en: http://www.wfcc.info/ccinfo/collection/col_by_country/m/52/
- World Federation of Culture Collections (WFCC). 2010. *Recomendaciones para el establecimiento y funcionamiento de Colecciones de Cultivos de Microorganismos*. Tercera edición. World Federation for Culture Collections. 25 pp.



PREDOMINANCIA DEL GÉNERO *Bacillus* EN EL TRACTO DIGESTIVO DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *Eisenia foetida*

Pérez-Pérez, JA¹; Espinosa-Victoria, D^{1*}; Silva-Rojas, HV¹; López-Reyes, L²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, estado de México, México.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, estado de Puebla, México.

*Autor responsable: despinos@colpos.mx; Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP 56230. Tel. +52(595) 952-0244

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue aislar e identificar molecularmente la flora bacteriana del tracto digestivo de individuos de *Eisenia foetida*, provenientes del Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética (IRBIO) y del Colegio de Postgraduados (COLPOS). El aislamiento se realizó en placas de medio de cultivo Brain Heart Infusion (BHI). Se obtuvieron 56 y 44 aislamientos bacterianos de los ejemplares de IRBIO y COLPOS, respectivamente. Para la identificación molecular se secuenció el gen 16S rRNA. Se identificaron nueve géneros en los vermes provenientes de IRBIO (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Solibacillus*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter*, *Pantoea*, *Stenotrophomonas*, *Acinetobacter* y *Aeromonas*) y seis en los del COLPOS (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Stenotrophomonas*, *Staphylococcus*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*). El género predominante fue *Bacillus*, con 8 especies en los oligoquetos de IRBIO y 6 en los del COLPOS. *Bacillus* sp y *Bacillus subtilis* estuvieron mayormente representados en el intestino de los vermes de ambas localidades. El tracto digestivo de *E. foetida*, no solo albergó especies de géneros bacterianos típicos del suelo y el agua, sino también especies potencialmente patógenas para humanos (*Staphylococcus warneri*, *Pantoea agglomerans*, *Stenotrophomonas* sp, etc.). Es probable que la mayor diversidad bacteriana observada en los vermes de IRBIO esté relacionada con la fuente de alimentación: pastos y el estiércol de bovino. Particularmente, el estiércol de bovino es una fuente rica en bacterias, incluyendo las patógenas de humanos.

Palabras clave

Diversidad bacteriana; gen 16S rRNA; tracto intestinal

Introducción

Las lombrices de tierra son indicadoras de la salud del suelo (Panigrahi, 2009). Por otro lado, el suelo presenta una gran diversidad de microorganismos. Se ha reportado que 1 g de suelo contiene por lo menos un millón de microorganismo (Torsvik y Ovreas, 2002), siendo las bacterias los microorganismos más diversos y abundantes (Venter *et al.*, 2004).

Las comunidades bacterianas en el interior de la lombriz de tierra merecen especial atención. Se considera que la composición microbiana del tracto digestivo de las lombrices de tierra, refleja la composición microbiana del suelo o de los residuos vegetales que ingiere (Knapp *et al.*, 2008; Jayasinghe y Parkison 2009). Brito-Vega y Espinosa-Victoria (2009) reportaron diversidad bacteriana en el intestino de la lombriz de tierra *Pontoscolex coretrurus*, la cual asociaron con el hábitat y el tipo de alimentación. Hyun-Jung *et al.*, (2004) encontraron



que, la flora microbiana del intestino de lombrices de tierra de suelo contaminado de una zona industrial, comprendió 91 colonias bacterianas, con *Bacillus* como grupo dominante (31%), seguido de *Rhodococcus* (19%). Valle-Molinares *et al.* (2007) identificaron siete especies de bacterias típicas del suelo del género *Bacillus* (*B. insolitus*, *B. megaterium*, *B. brevis*, *B. pasteurii*, *B. sphaericus*, *B. thuringiensis* y *B. pabuli*) en el intestino de *Onychochaeta boricensis*. Por otro lado, Brito-Vega *et al.* (2010) reportaron en el tracto digestivo de *Pontoscolex corethrurus* once (*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus cereus*, *Bacillus* sp, *Bacterium* sp, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas* sp, *Massilia timonae*, *Acinetobacter* sp, *Aeromonas* sp y *Citrococcus*) y seis (*Bacillus megaterium*, *Bacillus horikoshii*, *Aeromonas punctata*, *Bacillus* sp, *Bacterium* sp, *Terribacillus*) especies bacterianas en individuos provenientes de una zona ganadera y de una reserva ecológica, respectivamente.

Méndez *et al.* (2003) señalan que las bacterias establecen una simbiosis mutualista durante su paso a través del intestino del verme. Se sabe que las lombrices de tierra aceleran la tasa de descomposición de la materia orgánica (Aira y Domínguez, 2008; Aira *et al.*, 2006). En sentido estricto, esta actividad la realizan los microorganismos que habitan su tracto digestivo, ya que estos cuentan con la maquinaria enzimática para hacerlo. Es necesario, entonces, conocer primero las especies bacterianas que residen en el tracto digestivo de estos vermes, para luego proceder a determinar el grupo funcional al que pertenecen. Así, el objetivo de la presente investigación, fue aislar e identificar molecularmente las bacterias residentes en el tracto digestivo del verme compostero *E. foetida*.

Materiales y Métodos

Los ejemplares de *Eisenia foetida* empleados en este estudio provienen del Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética (IRBIO), estado de Chiapas y del Colegio de Postgraduados (COLPOS), estado de México. Las lombrices fueron alimentadas con pastos y estiércol de bovino en el primer caso y con residuos orgánicos (cáscaras de frutas, residuo de hortalizas y cascarón de huevo) en el segundo. Se emplearon 10 ejemplares de cada localidad. Los especímenes se lavaron superficialmente con agua destilada hasta quedar libres de suelo. Después se sumergieron en etanol al 70% tres veces por 30 s. Posteriormente, se enjuagaron en agua destilada-estéril y se fijaron con agua destilada a una temperatura de 50°C por 10 s (Hyun-Jung *et al.*, 2004).

Se inoculó una azada del contenido intestinal de cada sección en placas de medio de cultivo Brain Hart Infusion (BHI) (DIFCO®), y se incubaron a 30°C por 24 h. El aislamiento y purificación de las colonias se hizo por estría cruzada en el mismo medio (Valle-Molinares *et al.*, 2007).

Para la identificación molecular, primeramente se extrajo del DNA con el protocolo del CTAB al 2% (Tris-HCl 100mM pH 8.0; EDTA 2H₂O mM; CTAB 2%; NaCl 1.4 M). Se usaron los iniciadores 8F (5'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG3') y 1492R (5'GGTTACCTTGTTACGACTT3') para amplificar el gen 16S rRNA. La PCR se llevó a cabo en un termociclador C100 Touch (BIO-RAD, USA). El fragmento amplificado se verificó en un gel de agarosa al 1.5% teñido con GelRed™ (Biotium, USA). La secuenciación se realizó en el equipo BigDye Terminator kit versión 3.0 (Applied Biosystems, USA).

Resultados y Discusión

La amplificación del gen 16S rRNA de las cepas aisladas del tracto digestivo *E. foetida*, presentó una banda de 1, 500 pares de bases (pb) en gel de agarosa al 1.5% (Figura 1).

Se identificaron nueve géneros bacterianos en los vermes provenientes de IRBIO (Cuadro 1). El género predominante fue *Bacillus*, con 8 especies (*Bacillus* sp., *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. safensis*, *B. pumilus*, *B. simplex*, *B. flexus*). En el caso de los oligoquetos provenientes del COLPOS, se identificaron seis géneros. Igualmente, el género predominante fue *Bacillus* con seis especies (*B. subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. safensis*, *B. aryabhatai* y *B. stratosphericus*).

Fueron siete las especies bacterianas presentes solamente en los vermes procedentes de IRBIO: *Bacillus pumilus*, *B. simplex*, *B. flexus*, *Solibacillus* sp, *Arthrobacter* sp, y *Pantoea agglomerans*). En cambio, fueron tres las especies bacterianas encontradas únicamente en los oligoquetos procedentes del COLPOS: *Bacillus aryabhatai*, *B. stratosphericus* y *Staphylococcus warneri*.

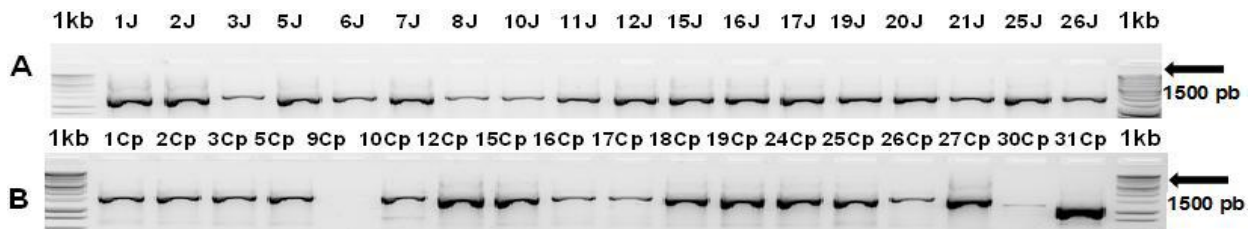


Figura 1. Productos de la amplificación del gen 16S rRNA de bacterias aisladas del contenido intestinal de *Eisenia foetida*. J y Cp se refieren al DNA bacteriano de vermes provenientes del Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética (A) y del Colegio de Postgraduados (B), respectivamente. Los carriles marcados como 1kb, corresponden a los marcadores de peso molecular.

Bacillus es un género habitante típico del suelo. Es un bacilo Gram positivo formador de esporas. La formación de esporas es una estrategia reproductiva que garantiza su supervivencia y dispersión no solo en el suelo, sino también en el tracto digestivo de los oligoquetos, como lo muestran los resultados de la presente investigación y los reportados por Hyun-Jung *et al.* (2004), Valle-Molinares *et al.* (2007) y Vega-Brito *et al.* (2010).

Bacillus sp y *Bacillus subtilis* fueron los aislamientos mayormente representados en el intestino de los vermes de ambas localidades, con 16 y 9 aislamientos, respectivamente.

Staphylococcus warneri, fue otra de las especies con mayor representación en intestino de *E. foetida*, con 9 aislamientos. Esta especie es un coco Gram positivo, coagulasa negativa, comúnmente encontrada en la flora de la piel de humanos y animales, que podría causar infección en humanos con sistema inmune deprimido (Predari, 2007). No obstante, se requiere corroborar en esta especie la existencia de los genes de patogenicidad para humanos.

Un solo aislamiento de *Pantoea agglomerans* fue detectado en vermes procedentes de IRBIO. *P. agglomerans* es un bacilo Gram negativo, habitante del suelo, patógeno de plantas pero también reportado como patógeno de humanos. Ha sido asociado con bacteriemias en sangre, tejidos blandos y articulaciones en niños (Cruz *et al.*, 2007). Al igual que en el caso de *S. warneri*, es necesario determinar en este aislamiento la presencia de los genes de



DIVISIÓN II

patogenicidad para humanos.

Cuadro 1. Especies bacterianas identificadas en el tracto digestivo de *Eisenia foetida* mediante la secuenciación del gen 16S rRNA.

IRBIO ¹	Número de aislamientos	COLPOS ²	Número de aislamientos	Total
<i>Bacillus</i> sp.	9	<i>Bacillus</i> sp.	7	16
<i>Bacillus subtilis</i>	4	<i>Bacillus subtilis</i>	5	9
<i>Bacillus cereus</i>	1	<i>Bacillus cereus</i>	2	3
<i>Bacillus megaterium</i>	1	<i>Bacillus megaterium</i>	2	3
<i>Bacillus safensis</i>	2	<i>Bacillus safensis</i>	4	6
<i>Bacillus pumilus</i>	3	-	-	3
<i>Bacillus simplex</i>	5	-	-	5
-	-	<i>Bacillus aryabhatai</i>	2	2
-	-	<i>Bacillus stratosphericus</i>	2	2
<i>Bacillus flexus</i>	4	-	-	4
<i>Paenibacillus</i> sp.	2	<i>Paenibacillus</i> sp.	1	3
<i>Solibacillus</i> sp.	5	-	-	5
<i>Staphylococcus</i> sp.	5	-	-	5
-	-	<i>Staphylococcus warneri</i> ,	9	9
<i>Arthrobacter</i> sp.	4	-	-	4
<i>Pantoea agglomerans</i>	1	-	-	1
<i>Acinetobacter iwoffii</i>	6	<i>Acinetobacter iwoffii</i>	1	7
<i>Stenotrophomonas</i> sp.	1	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	6	7
<i>Aeromonas media</i>	3	<i>Aeromonas media</i>	3	6

¹ Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética, Estado de Chiapas

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México

Como muestran los datos de esta investigación, el tracto digestivo de *E. foetida*, no solo alberga especies de géneros bacterianos típicos del suelo y el agua (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Solibacillus*, *Arthrobacter*, *Pantoea*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, etc.), sino también especies reportadas como potencialmente patógenas para humanos (*Staphylococcus warneri*, *Pantoea agglomerans*, *Stenotrophomonas* sp., etc.).

Es probable que la mayor diversidad bacteriana observada en el tracto digestivo de los vermes provenientes de IRBIO, esté relacionada con los pastos y estiércol de bovino ingeridos. Particularmente, el estiércol de bovino es una fuente rica en especies bacterianas, incluyendo las potencialmente patógenas para seres humanos.

Conclusiones

La predominancia de *Bacillus* en el intestino de los vermes provenientes de ambas localidades (8 y 6 especie en individuos de IRBIO y COLPOS, respectivamente) probablemente esté relacionada con la formación de esporas por este género. Esta estrategia reproductiva asegura la supervivencia y dispersión, no solo en el suelo o el agua, sino también en el tracto digestivo de los oligoquetos.

El tipo de alimentación contribuyó a la mayor diversidad bacteriana en el tracto digestivo de *E. foetida* proveniente de IRBIO. Esto debido a que el estiércol de bovino es una fuente rica en especies bacterianas, incluyendo las patógenas para humanos.

Esta investigación es la base de estudios futuros tendientes a conocer la diversidad



bacteriana del tracto digestivo de la lombriz de tierra *E. foetida*, con la idea de mejorar la biotecnología del vermicompostaje. Existe la posibilidad de modificar la flora bacteriana del verme, favoreciendo la presencia de especies bacterianas más eficientes en la transformación de la materia orgánica o en la detoxificación compuestos xenobióticos.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

- Aira, M. and J. Domínguez. 2008. Optimizing vermicomposting of animal wastes: effects of dose of manure application on carbon loss and microbial stabilization. *Journal of Environmental Management* 88:1525-1529.
- Aira, M., F. Monroy and J. Domínguez. 2006. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). *Biology and Fertility of Soils* 42: 371-376.
- Brito-Vega, H. and D. Espinosa-Victoria. 2009. Bacterial Diversity in the Digestive Tract of Earthworms (Oligochaeta). *Journal of Biological Sciences* 9:192-199.
- Brito-Vega, H., D. Espinosa-Victoria, I. Barois, A. Gómez-Vázquez and P. Lavelle. 2010. Genetic identification of bacteria isolated from the digestive tract of the earthworm *Pontoscolex corethrus*. 9Th International Symposium on Earthworm Ecology. September, 2010. Xalapa, Veracruz, México.
- Cruz, A.T., A.C. Cazacu and C.H. Allen. 2007. *Pantoea agglomerans*, a plant pathogen causing human disease. *J. Clinical Microbiol.* 45 (6):1898-1992.
- Hyung-Jung, K., S. Kwang-Hee, C. Chang-Jun and H. Hor-Gil. Analysis of aerobic and culturable bacterial community structures in earthworm (*Eisenia foetida*) intestine. *Chemistry and Biotechnology* 47: 137-142.
- Jayasinghe, B.A., and D. Parkinson. 2009. Earthworms as the vectors of actinomycetes antagonistic to litter decomposer fungi. *Applied Soil Ecology* 43:1.
- Knapp, B.A., J. Seeber, S.M. Podmirseg, E. Meyer and H. Insam. 2008. Application of denaturing gradient gel electrophoresis for analyzing the gut microflora of *Lumbricus rubellus* Hoffmeister under different feeding conditions. *Applied Entomology and Zoology* 98: 271.
- Méndez, R., S. Borges and C. Betancourt. 2003. A microscopical view of the intestine of *Onychochaeta borincana* (Oligochaeta:Glossoscolecidae). *Pedobiologia* 47: 900-903.
- Panigrahi, A.K. 2009. Earthworms and their role in soil fertility enhancement. Disponible: <http://www.articlesbase.Com/environment-articles/earthworms-and-their-s-role-insoil-fertility-enhancement-1054001.html>. [Consultado: 12-de Agosto 2012].
- Predari, S.C. 2007. *Estafilococos coagulasa* negativos: el enemigo silente. *Rev. Argentina de Microbiol.* 39: 1-3.
- Torsvik, V. and L. Ovreas. 2002. Microbial diversity and function in soil: From genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology* 5: 240-245.
- Valle-Molinares, R., S. Borges and C. Ríos-Velázquez. 2007. Characterization of possible symbionts in *Onychochaeta borincana* (Annelida:Glossoscolecidae). *Soil Biology* 43:14-18.
- Venter, J.C., K. Remington, J.F. Heilderberg, A.L. Halpern, D. Rusch, J.A. Eisen, D.Y. Wu, I. Pulsen, K.E. Nelson and W. Nelson. 2004. Environmental genome shotgun sequencing of the Sargasso Sea. *Science* 304: 66-74.



DIVERSIDAD BACTERIANA EN EL SUELO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO Y CONVENCIONAL DE FRESA

Torres-Nava, D¹; Espinosa-Victoria, D^{1*}; Silva-Rojas, HV¹; Peña-Cabriales, JJ²; López-Reyes, L³

¹ Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo de México. México

² Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, Irapuato, Guanajuato. México

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, estado de Puebla, México.

* Autor responsable: despinos@colpos.mx; Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP 56230. Tel. +52(595) 952-0244

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue conocer la diversidad de bacterias cultivables del suelo de los sistemas de producción orgánico y convencional de fresa en Tapalpa, Jalisco, México. El aislamiento bacteriano se realizó en placas de medio Agar Nutritivo, y la identificación molecular con la secuenciación del gen bacteriano 16S rRNA. El sistema orgánico presentó mayor diversidad bacteriana (Índice de Shannon-Wiener $H' = 2.53$) que el convencional (Índice de Shannon-Wiener $H' = 1.43$), a pesar de que en ambos sistemas se aplica regularmente composta e inoculante microbiano Mayamagic®. Las bacterias Gram positivas predominaron en el sistema convencional, en el orgánico hubo prácticamente similar cantidad de bacterias Gram positivas y Gram negativas. Los géneros presentes en los suelos de ambos sistemas de producción fueron *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter*. *Bacillus* fue el género que predominó en los sistemas convencional y orgánico con 24 y 14 especies, respectivamente. Los géneros de importancia agronómica *Acetobacter*, *Streptomyces* y *Rhizobium*, fueron aislados únicamente en el suelo del sistema orgánico. La presencia de estas rizobacterias explica la nutrición y protección de las plantas en sistemas donde no se aplican fertilizantes químicos ni pesticidas.

Palabras clave

Diversidad bacteriana; gen 16S rRNA; fresa; producción orgánica

Introducción

La normatividad de la agricultura orgánica establece que el productor debe implementar prácticas agrícolas que mantengan o mejoren la condición biológica del suelo (IFOAM, 2002). Una mayor biodiversidad microbiana promueve una agricultura menos dependiente de insumos externos (Mäder *et al.*, 2002). A pesar de que las comunidades microbianas son una pequeña fracción del suelo, representan una fuente importante de nutrientes y materia orgánica (Kennedy y Smith, 1995). Los cambios en las comunidades microbianas son un indicador de las perturbaciones en los ecosistemas, pero también son una herramienta para predecir los efectos de las prácticas de manejo orgánico y convencional (Poudel *et al.*, 2002). La mayoría de estudios muestran aumento de la diversidad microbiana en suelos bajo sistemas de producción orgánica; no obstante, algunos estudios indican mayor riqueza microbiana en los suelos de sistemas agrícolas convencionales (Lawlor *et al.*, 2000). Shannon *et al.* (2002) estudiaron las comunidades microbianas en suelos bajo manejo orgánico y convencional, y



encontraron que las diferencias en las comunidades no son muy diferentes. Estos resultados generalmente se obtiene empleando el método de fumigación con cloroformo (Liu *et al.*, 2009). En el presente estudio se evaluó la diversidad de bacterias cultivables del suelo de los sistemas de producción orgánico y convencional de fresa, empleando la secuenciación del gen bacteriano 16S rRNA.

Materiales y Métodos

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Tapalpa Jalisco, México, con suelo de tipo Cambisol (INEGI, 2015) La producción de fresa se lleva a cabo en macrotuneles bajo sistemas tradicional y orgánico. Las características generales de los dos sistemas de producción de fresa se presentan en el Cuadro 1. Para la obtención de muestras de suelo se utilizaron cilindros de diámetro y altura de 20 cm, los cuales se enterraron en el suelo, con la finalidad de obtener muestras inalteradas. Se tomaron cinco muestras de 1 kg en cada uno de sistemas de producción.

Cuadro 1. Características generales de los sistemas de manejo agrícola para el cultivo de fresa en Tapalpa, Jalisco, México.

Practica agrícola	Manejo	
	Orgánico	Convencional
Rendimiento	60 Mg/ha	40 Mg/ha
Fertilización	Composta	Composta + Fertirriego
Fuente de N	Composta	Nitrato de amonio
Uso de composta por ciclo	7 t/ha	5 t/ha
Inoculante microbiano	Mayamagic ®	Mayamagic ®
Riego	Goteo	Goteo
Fumigación Suelo	No	Sí

Se hicieron diluciones decimales de las muestras de suelo (Bulluck y Ristaino, 2002) y se sembró en placas de Agar Nutritivo. Para la identificación molecular, primeramente se extrajo del DNA con el protocolo del CTAB al 2% (Tris-HCl 100mM pH 8.0; EDTA 2H₂O mM; CTAB 2%; NaCl 1.4 M) (Doyle y Doyle, 1990). Se usaron los iniciadores 8F (5'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG3') y 1492R (5'GGTTACCTTGTTACGACTT3') para amplificar el gen 16S rRNA. La PCR se llevó a cabo en un termociclador C100 Touch (BIO-RAD, USA). El fragmento amplificado se verificó en un gel de agarosa al 1.5% teñido con GelRed™ (Biotium, USA). La secuenciación se realizó en el equipo BigDye Terminator kit versión 3.0 (Applied Biosystems, USA).

La historia evolutiva de las secuencias de los dos sitios se infirió usando el método de Máxima Parsimonia. Los árboles formados con grupos de taxa se obtuvieron con la prueba bootstrap con 1000 repeticiones; los árboles de Máxima Parsimonia se obtuvieron usando el algoritmo Tree-Bisection-Regrafting (Lewis, 2001).



DIVISIÓN II

La biodiversidad bacteriana en el suelo se obtuvo calculando el índice Shannon-Wiener (Shannon y Wiener, 1963) empleando la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde: **S** es el número de especies, **P_i** proporción de individuos de la especie **i** respecto al total de individuos = $\frac{n_i}{N}$, **n_i** número de individuos de la especie, y **N** número de todos los individuos de todas las especies.

Resultados y discusión

Los datos indican que a pesar de que en ambos sistemas de producción de fresa se aplicó composta e inoculante microbiano comercial Mayamagic®, en el sistema orgánico se encontró mayor diversidad de especies bacterianas. El índice de Shannon-Wiener para el sistema orgánico fue $H' = 2.53$ y para el convencional $H' = 1.43$. En la mayoría de los ecosistemas naturales, el valor del índice varía entre 0.5 y 5. Un valor normal se ubica entre 2 y 3, valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 altos. Los valores reportados en esta investigación coinciden con los datos de Liu *et al.* (2007), quienes reportaron que la diversidad de especies de bacterianas aumenta constantemente cada año como consecuencia del manejo orgánico.

La diversidad bacteriana se vio reflejada en el número de géneros identificados. En el sistema convencional se detectaron cinco (*Bacillus*, *Stentrophomonas*, *Ralstonia*, *Acinetobacter* y *Pseudomonas*), y en el sistema orgánico se determinaron once (*Bacillus*, *Lysinibacillus*, *Acetobacter*, *Paenibacillus*, *Streptomyces*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sphingopyxischilensis*, *Chryseobacterium* y *Comamonas*) (Figuras 1 y 2).

Las bacterias Gram positivas predominaron en el sistema convencional. En el sistema orgánico hubo prácticamente igual cantidad de Gram positivas y Gram negativas. Similares resultados fueron reportados por Verdenelli *et al.* (2013) quienes indican que la fertilización química favorece la población de bacterias Gram positivas.

Los géneros presentes en los suelos de ambos sistemas de producción fueron *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter*. *Bacillus* fue el género que predominó en los sistemas convencional y orgánico con 24 y 14 especies, respectivamente. Además de su presencia en el suelo, Krimm *et al.* (2005) indican que *Bacillus* es una bacteria común en las plantas de fresa. Es probable que la formación de esporas, como estrategia reproductiva de *Bacillus*, sea la razón de su predominancia en ambos sistemas de producción. *Pseudomonas* estuvo mayormente representada en el sistema convencional con 7 especies, mientras que en el sistema orgánico solo se detectó un aislamiento. Al igual que *Bacillus*, este género no parece ser afectado por las prácticas de manejo convencional (Lenc *et al.* 2015). Aunque con menor frecuencia, *Acinetobacter*, fue otro de los géneros encontrados en ambos sistemas, 3 aislamientos en el convencional y 2 en el orgánico. La presencia de *Acinetobacter* probablemente se deba al hecho que, algunos compuestos de los exudados de las plantas cultivadas, son capaces de estimular el crecimiento de este género en la rizosfera (Nielsen y van Elsas, 2001).

Otros géneros de importancia agronómica como *Acetobacter*, *Streptomyces* y *Rhizobium*, solo fueron aislados del suelo del sistema orgánico. La presencia de estas rizobacterias podría explicar la nutrición y protección de las plantas en sistemas de producción donde no se aplican fertilizantes químicos ni pesticidas.



DIVISIÓN II

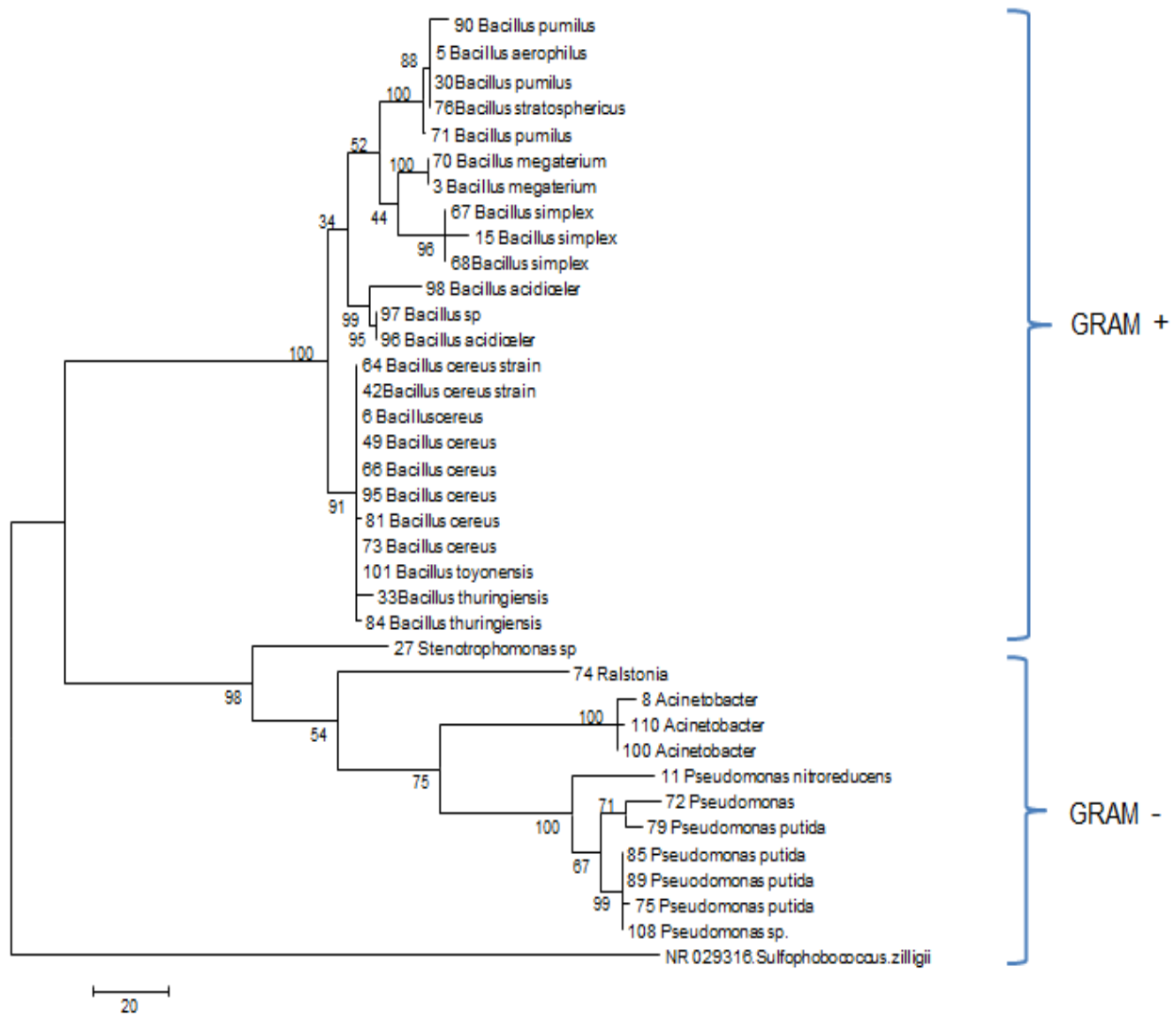


Figura 1. Árbol filogenético construido con las secuencias parciales del gen bacteriano 16S rRNA, obtenido con el método de Máxima Parsimonia. Las bacterias se aislaron de muestras de suelo de un sistema de producción convencional de fresa en Tlalpa Jalisco, México. El análisis incluyó 36 secuencias nucleóticas.

DIVISIÓN II

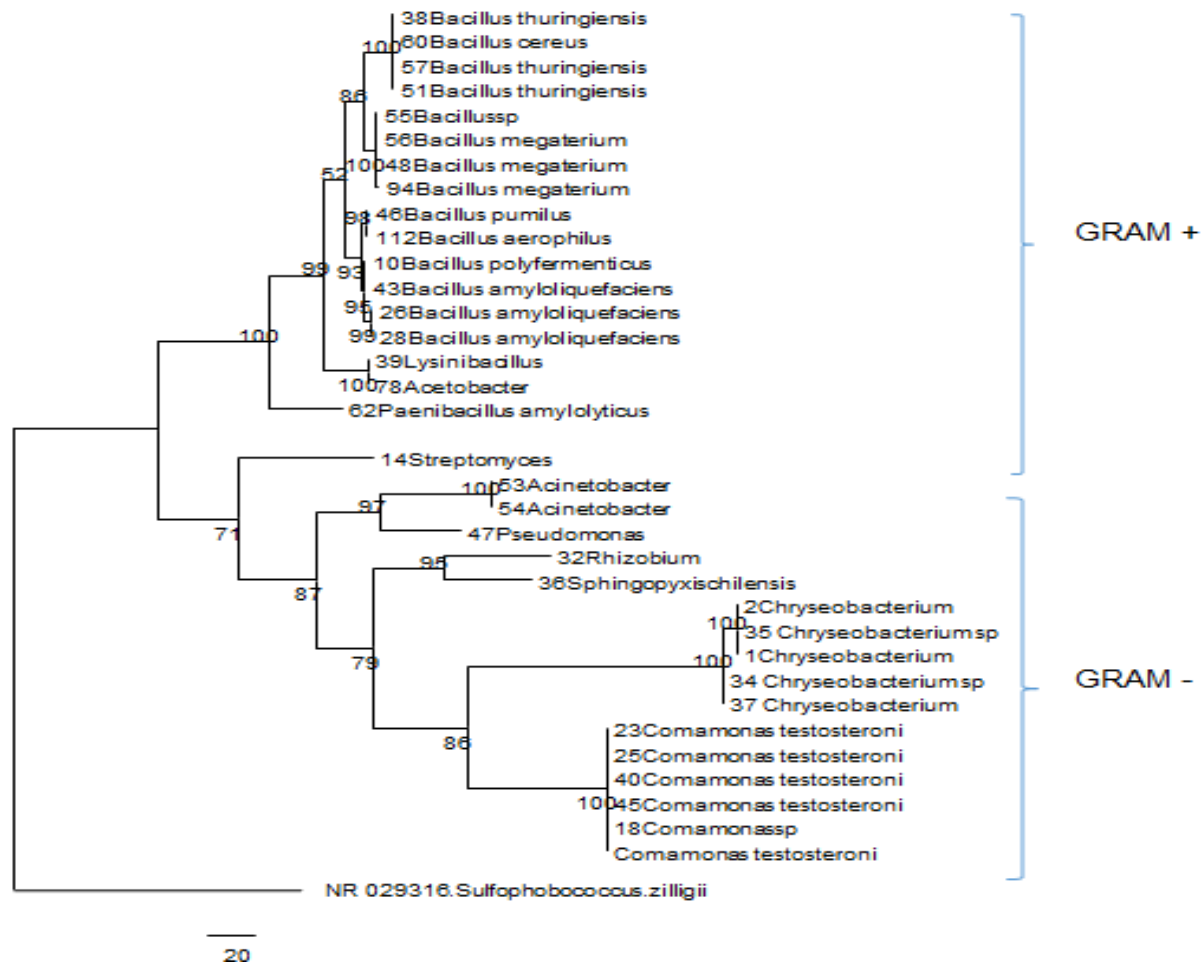


Figura 2. Árbol filogenético construido con las secuencias parciales del gen bacteriano 16S rRNA, obtenido con el método de Máxima Parsimonia. Las bacterias se aislaron de muestras de suelo de un sistema de producción orgánica de fresa en Tapalpa Jalisco, México. El análisis incluyó 35 secuencias nucleotídicas.

Conclusiones

A pesar de que en ambos sistemas se incorporan regularmente composta e inoculante microbiano comercial, se observó mayor diversidad bacteriana en el suelo del sistema de producción orgánica ($H' = 2.53$) que en el convencional ($H' = 1.43$).

En el sistema convencional se identificaron 5 géneros bacterianos y en el orgánico 11. Las bacterias Gram positivas predominaron en el sistema convencional. En el sistema orgánico hubo prácticamente la misma cantidad de bacterias Gram positivas y Gram negativas.

Los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter* estuvieron presentes en los suelos de ambos sistemas de producción. *Bacillus* fue el género que predominó en los sistemas convencional y orgánico con 24 y 14 especies, respectivamente. Probablemente, la formación de esporas, como estrategia reproductiva, sea la razón de la predominancia de *Bacillus* en ambos sistemas.

Los géneros de importancia agronómica *Acetobacter*, *Streptomyces* y *Rhizobium* fueron aislados solamente del suelo del sistema orgánico. La presencia de estas rizobacterias podría



explicar la nutrición y protección de las plantas en sistemas de producción donde no se aplican fertilizantes químicos ni pesticidas.

Bibliografía

- Bulluck, L.R., J.B. Ristaino. 2002. Effect of synthetic and organic soil fertility amendments on southern blight, soil microbial communities, and yield of processing tomatoes. *Phytopathology* 92, 181–189.
- Doyle, J.J., J.L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* v.12, p.13-15.
- IFOAM. 2002. Basic Standards for Organic Production and Processing. Basel, IFOAM General Assembly.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Mapa digital de México visualizador. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html> (abril 2015).
- Kennedy, A.C., K.L. Smith. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. In: Collins, H.P., Robertson, G.P., Klug, M.J. (Eds.). *The Significance and Regulation of Soil Biodiversity*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 75–86.
- Krimm, U., D. Abanda-Nkwatt, W. Schwab, L. Schreiber. 2005. Epiphytic microorganisms on strawberry plants (*Fragaria ananassa* cv. Elsanta): Identification of bacterial isolates and analysis of their interaction with leaf surfaces. *FEMS Microbiology Ecology* 53: 483–492.
- Lawlor K, B.P. Knight, V.L. Barbosa Jefferson, P.W. Lane, A.K. Lilley, G.I. Paton, S.P. Mc Grath, S.M. O'Flaherty, P.R.Hirsch. 2000. Comparison of methods to investigate microbial populations in soils under different agricultural management. *FEMS. Microbiol. Ecol.* 33: 129–137.
- Lenc L., H. Kwasna, C. Sadowski, A. Grabowski. 2015. Microbiota in wheat roots, rhizosphere and soil in crops grown in organic and other production systems. *J Phytopathol* 163: 245.
- Lewis, P. O. 2001. Phylogenetic systematics turns over a new leaf. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 30-37.
- Liu, B., M.L. Gumpertz, S. Hu, J.B. Ristaino. 2007. Long-term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2302–2316.
- Liu M., H. Feng, C. Xiaoyun, H. Qianru, J. Jiaguo, Z. Bin, L. Huixini. 2009. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: The influence of quantity, type and application time of organic amendments. *Applied Soil Ecology* 42:166–175.
- Mäder, P., A. Fliebbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694–1697.
- Nielsen K.M., J.D. van Elsas. 2001. Stimulatory effects of compounds present in the rhizosphere on natural transformation of *Acinetobacter* sp. Bd413 in Soil. *Soil Biology and Biochemistry* 33:345–357.
- Poudel, D.D., W.R. Horwarth, W.T. Lanini, S.R. Temple, A.H.C.van Bruggen. 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low input and conventional farming systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90, 125–137.
- Shannon, C.E., W. Wiener, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Fifth ed. Urbana University of Illinois Press, Chicago, IL.
- Shannon, D., A.M. Sen, D.B. Johnson. 2002. A comparative study of the microbiology of soils managed under organic and conventional regimes. *Soil Use Manage.* 18, 274–283.
- Verdenelli, R.A., C.B. Conforto, B.C. Pérez, D. Chavarría, A. Rovea. 2013. Integrated multivariate analysis of selected soil microbial properties and their relationships with mineral fertilization management in a conservation agriculture system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil & Plant Science.* 63:623-632



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO DE TRES AGROECOSISTEMAS DE LA COMUNIDAD DE SANTO DOMINGO KESTE, CHAMPOTÓN, CAMPECHE

Alcudia-Pérez, JC¹; Morán-Arellano, T¹; José-García, G¹; Flota-Bañuelos, C^{1*}; Candelaria-Martínez, B¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, municipio de Champotón, Campeche

*Carolina Flota Bañuelos cflota@colpos.mx

Resumen

El agroecosistema es concebido conceptualmente como el espacio físico en el que se organizan y emplean recursos naturales, materiales e intelectuales para la obtención de alimentos, fibras y demás productos y servicios para satisfacer necesidades de la sociedad. El suelo constituye uno de los principales elementos que conforman el agroecosistema, ya que se considera el medio de interacción entre los factores bióticos y abióticos. Se ha hecho referencia que los suelos empleados para las prácticas agrícolas en la actualidad presentan disminución en su calidad química y biológica originada por proceso de degradación, el estatus de dichos procesos varía en función a las características ambientales de las diferentes regiones geográficas y a la gestión de los distintos sistemas agroproductivos. En el presente trabajo se evaluaron las características químicas y biológicas de tres agroecosistemas representativos de la localidad de Keste, Champotón, Campeche: 1) cultivo de maíz con riego por goteo, asociación y rotación de cultivos, 2) cultivo de maíz de temporal con rotación de cultivos y 3) sistema forestal con especies maderables. Se realizaron tres alicatas por cada sistema evaluado, obteniendo perfiles con área de 20x20 cm y profundidad de 30 cm, dividido en tres estratos para su evaluación 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Se determinó pH, MO, K, P, Ca, Na, Mg, y textura. También se caracterizó la macrofauna presente en cada uno de los tres estratos del suelo en los tres agroecosistemas. Se realizaron tres alicatas por agroecosistema y cada una de ellas constituyó una repetición. Las medias de los datos se compararon mediante Tukey $p < 0.05$ en el paquete estadístico Statística versión 7. Los resultados mostraron diferencia en la calidad química del suelo observándose los mejores contenidos de Fosforo y Calcio en el agroecosistema S1. La MO fue mayor en el agroecosistema S2. El agroecosistema (S2) presentó la mayor abundancia de macroorganismos edáficos, mientras que en la riqueza de microorganismos no se observaron diferencias significativas. Se concluye que el manejo del agroecosistema repercute sobre el contenido de nutrientes y la dinámica de la población de macrofauna edáfica.

Palabras clave

Suelo agrícola, fauna edáfica, calidad de suelo



Introducción

La mayoría de los procesos que ocurren en los agroecosistemas tienen al suelo como el centro regulador crítico; esto por ser un sistema auto organizado y heterogéneo que posee una complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes (abióticos y bióticos). Es un medio vivo y dinámico en el cual existe un ciclo biológico complejo entre planta, organismo y el medio mineral que lo acoge (Labrador, 2008). Sin embargo, el inadecuado manejo del mismo ha provocado su degradación amenazando la capacidad para las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades alimenticias, a menos que se ejerzan técnicas de manejo sostenibles para cambiar esta tendencia a través de un esfuerzo concertado para su gestión sostenible. (FAO, 2015). La evaluación del manejo que se ejerce sobre el suelo permite asegurarnos de que exista un entorno favorable asociando los factores químicos y biológicos de este. Debido a que la edafofauna juegan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como benefactores por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (Brown *et al.*, 2001). La descomposición y el flujo de nutrientes son controlados por la actividad biológica, la cual dependen de la temperatura y la humedad. A pesar de la importancia que tiene la edafofauna, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas han provocado que la vida de estos se reduzca drásticamente, afectando la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue analizar si en las características físicas y químicas del suelo agrícola de Keste, Champotón, Campeche se encuentran determinadas por el manejo del agroecosistema en el cual se encuentra inmerso.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la comunidad de Santo Domingo de Keste, Champotón, Campeche. Localizada entre $-90.517778N$ y 19.498611° , a 30 msnm. Presenta una precipitación anual de 1500 mm y una temperatura media anual de $26^{\circ}C$. El clima corresponde a cálido Subhúmedo.

Descripción de los agroecosistemas

Se tomaron tres sitios de muestreo (S1=cultivo de maíz con riego, S2= cultivo de maíz temporal, S3=sistema forestal de especies maderables) a continuación se describe el manejo de cada uno.

El S1: Parcela con una superficie de 0.5 h., con riego de goteo de pozo profundo. Los cultivos que se manejan son variables: maíz, frijol, calabaza (pepitera), Jamaica, cacahuate, chile, epazote, rábano, hierba buena, cilantro y recientemente chí. Los diferentes cultivos se siembran asociados o en relevo, no existe un plan específico de rotaciones o asociaciones es cambiante de acuerdo a la disponibilidad de semilla, las hortalizas son casi exclusivamente de autoconsumo, los demás productos se venden en la región. El fertilizante más usado es la urea y se usan herbicidas de contacto.

S2: Parcela de 2 ha., de temporal. Los cultivos empleados son: maíz, calabaza (pepitera), Jamaica y cacahuate, solo se asocia Jamaica y cacahuate, los demás son por relevos. Se usa urea y triple 18. Usa herbicidas de contacto y sistémicos. Los cultivos están más definidos así como los patrones de siembra que consiste en maíz (Junio), al cosecharse se siembra la calabaza (agosto-septiembre) y posteriormente Jamaica y cacahuate (noviembre)

S3: Corresponde a un sistema forestal de especies maderables: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), pich (*Enterolobium cyclocarpum*). Se estableció hace 25 años en un área de uso común. El manejo corresponde a quema de la vegetación herbácea una vez al año en el mes de mayo.

Muestreo

La obtención de las muestras de sustrato se realizó de la siguiente manera:

En el S1 se realizaron tres alicatas, al S2 se realizaron dos y al S3 se tomaron 3, se obtuvieron perfiles del suelo en forma de cuadro de 20 x 20 cm a una profundidad de 30 cm (figura 1). Se consideraron tres estratos dentro de cada alicata: 0-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad.



Figura 1. Obtención del perfil del suelo

Obtención de la edafofauna

Una vez obtenido el perfil del suelo se extrajo el total de la tierra del estrato en cuestión (0-10, 10-20 y 20-30), se pulverizó manualmente sobre un plástico color blanco, se colectaron los macroorganismos con auxilio de pinzas entomológicas y se almacenaron en recipientes de vidrio con tapa hermética con una solución de alcohol al 70% para su posterior identificación en laboratorio (Figura 2 y3).



Figura 2. Obtención de la edafofauna



Figura 3. Identificación de especies



Obtención de la muestra de suelo para las determinaciones químicas

En cada alicata que se tomó una submuestra, para posteriormente realizar una muestra compuesta de los puntos muestreados en cada agroecosistema y se tomó aproximadamente 1 kg de suelo para llevarlas al laboratorio de suelos del CP-Campeche. Las muestras se secaron a temperatura ambiente, se molieron con rodillo y mazo de madera y se pasaron en un tamiz malla número 12. Posteriormente se realizaron las determinaciones de textura por el método de Bouyoucos, pH con potenciómetro, materia orgánica con el método Walkley and Black, Fósforo con el método Olsen, y macro elementos por absorción atómica.

Resultados y Discusión

Características químicas del suelo

En la tabla 1, se presenta el contenido de nutrientes de los tres agroecosistemas, encontrando diferencias de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, en el contenido de materia orgánica, en el cual el mayor contenido se obtuvo en el S2 (cultivo de temporal), esto se debe a que el agroecosistema se encuentra bajo un régimen de manejo menos intensivo y dentro de las prácticas que se maneja se destaca incorporar residuos postcosecha, combinación y rotación de cultivos, en comparación con el S1, que cuenta con un régimen de manejo intensivo, y todo el año se encuentra en producción, además se realizan prácticas como la quema de rastrojo y aplicación de plaguicidas y herbicidas, aunque también realiza combinación y rotación de cultivos.

También se encontró diferencias en el contenido de Fosforo con mayor contenido en el S1; este alto contenido, se debe a que fertilizan después de la cosecha, en comparación con S2 y S3 en donde el único manejo que se realiza es la quema del estrato herbáceo una vez al año antes de las lluvias, En cambio el Ca fue mayor en S1 esto puede deberse a que el agua de la región posee elevado contenido de sales, las que se acumulan en el suelo por efecto del riego.

Tabla 1. Contenido de nutrientes en los tres agros ecosistemas

Componente	S1	S2	S3
pH	7.4	6.9	6.6
Materia orgánica %	4.7	7.7	6.9
Fosforo mg Kg⁻¹	37.2	5.58	1.49
Potasio (ppm)	0.29	1.20	0.47
Calcio (ppm)	28.73	14.37	12.36
Magnesio (ppm)	6.85	2.70	2.55
Sodio (ppm)	0.70	0.44	0.34

Abundancia y riqueza de edafofauna

La abundancia y riqueza de la fauna edáfica en los tres agroecosistemas se observa en la (Figura 1), encontrándose que la mayor abundancia de individuos ($p < 0.05$) se encuentra en el agroecosistema (S2) con 244 individuos, seguido del S1 con 44 y el S3 con 38 individuos. Esto se debe al bajo régimen de manejo de productos químicos favoreciendo la reproducción de la

macrofauna. En el S1 el excesivo uso de plaguicidas ocasiona su la disminución de la fauna, para el S3 también se observó un déficit de abundancia este efecto puede corresponder a la aplicación de herbicidas de amplio espectro para evitar las malezas.

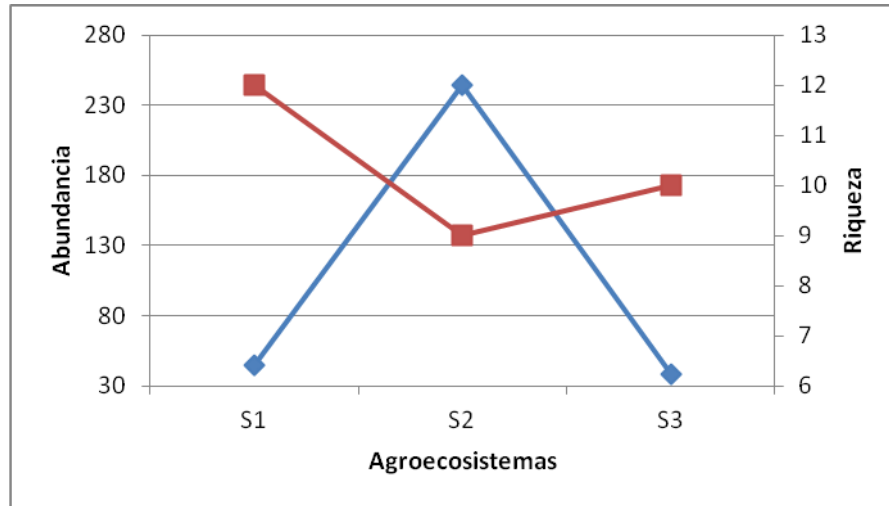


Figura 1

En la riqueza no se observaron diferencias significativas, ya que en los tres agroecosistemas se encontraron similar número de especies.

Conclusiones

Se concluye que la finalidad y manejo del agroecosistema presenta efectos sobre el contenido de nutrientes y la dinámica de la población de macrofauna edáfica.

Alterando la calidad del suelo respecto a la abundancia y riqueza de la edafofauna, este factor tiene importancia en la calidad del suelo ya que al no existir un contenido alto de riqueza y abundancia de microorganismos que se encarguen de los ciclos de los nutrientes, y mantenimiento de la estructura del suelo, a largo plazo puede llegar a ser un suelo infértil Es necesario el considerar la asociación entre cultivos para que ambos se beneficien con la demanda de nutrientes y no exceder en la aplicación de productos químicos que puede afectar la calidad del suelo.

Bibliografía

- Brown, G. G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J. C., Bueno, J., & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, 1, 79-110.
- FAO. 2015. Conservación del suelo. Portal del suelo.
- Labrador J. 2008. Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). pág. 1- 47.



AISLAMIENTO Y CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE BACTERIAS DEL GENERO *Gluconacetobacter* sp. Y ANÁLISIS DE MICORRIZAS EN SUELOS CON CULTIVOS DE CAÑA PANELERA (*Saccharum officinarum*) EN DOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO CALDAS

Buitrago-Martínez, D¹ & Silva-Ocampo, LE¹

¹Universidad de Caldas. Manizales. Colombia.

*Autor responsable: danybuitrago89@hotmail.com, Manizales, Colombia; +57 321 622 5216

Resumen

En Colombia la caña panelera (*S. officinarum*) ocupa el segundo lugar en extensión cultivada, de esta el 61% del área total se dedica a la producción de panela. La utilización de fertilizantes nitrogenados genera el deterioro de los ecosistemas.

La simbiosis planta-microorganismo beneficia el crecimiento vegetal, la producción de hormonas y el mejoramiento en la disponibilidad de nutrientes; el género *Gluconacetobacter* es de los microorganismos más abundantes en el interior de la caña y es el responsable de la fijación biológica de nitrógeno. Se aislaron cepas del genero *Gluconacetobacter* de dos variedades de caña panelera, se identificaron mediante pruebas fisiológicas y bioquímicas; presentando características del genero *Gluconacetobacter* como bacilos gram negativo, crecimiento en medio selectivo LGI y en el medio papa dextrosa (PDA) formando colonias de color café oscuro. Se observaron siete familias de micorrizas arbusculares (MVA) presentes en dos cultivos de caña panelera.

El uso de biofertilizantes y residuos orgánicos se plantea como una alternativa para resolver los problemas de nutrición del cultivo, fertilidad y conservación del suelo.

Palabras clave

Simbiosis; cultivos; fertilizantes

Introducción

El cultivo de la caña panelera es una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica en el mundo. En Colombia, dentro de los cultivos permanentes, ocupa el segundo lugar en extensión con 249.384 hectáreas después del café. Del área total cultivada, el 61% se dedica a la producción de panela, el 32% a la producción de azúcar, y el 7% a mieles, guarapos y forrajes (Osorio, 2007)

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) benefician a las plantas a través de diferentes mecanismos, entre los que se encuentran la producción de hormonas del crecimiento vegetal, el mejoramiento de la disponibilidad de nutrientes para la planta, y el control biológico de patógenos (Rojas *et al.*, 2009).

El uso de fertilizantes nitrogenados para incrementar el rendimiento, además del costo económico que tienen, pueden inhibir el establecimiento de una asociación efectiva y el aprovechamiento del nitrógeno, ya que la fijación biológica de nitrógeno se ve afectada por la presencia de nitrógeno combinado en el medio. La aplicación de nitrógeno en forma de nitrato o amonio puede provocar un prolongamiento del ciclo vegetativo y disminuir drásticamente la



cosecha. El contenido abundante de azúcar favorece el establecimiento de microorganismos en el interior de la caña panelera (Gómez y Miranda, 2009).

El género *Gluconacetobacter* es de los microorganismos más abundantes en el interior de la caña y establece una interacción simbiótica debido a que se le considera el responsable de la fijación biológica de nitrógeno y se transmite a través de la propagación vegetativa de la caña en campo (Velázquez *et al.*, 2010)

Las poblaciones microbianas muestran un modelo típico de crecimiento llamado exponencial, que se analizan mejor representando el número de células en función del tiempo en una gráfica semilogarítmica. Conociendo el número inicial y final de células y el tiempo de crecimiento exponencial se puede calcular directamente el tiempo de generación de la población microbiana (Madigan *et al.*, 2004).

Uno de los microorganismos más estudiados han sido los hongos micorrizógenos arbusculares (MVA), los cuales forman asociaciones micorrizas a partir de la unión de estos con las raíces de la plantas. Estos están considerados simbiosiontes universales, debido a que están presentes de manera natural, aproximadamente el 85% de las especies vegetales con interés agronómico. La interacción de los MVA con organismos del suelo es un fenómeno muy estudiado y donde los microorganismos rizosféricos juegan un papel muy importante en el desarrollo, la estabilidad y eficiencia de las micorrizas. (Mirabal *et al.*, 2002).

Materiales y Métodos

Área de estudio:

Las muestras se colectaron en dos fincas dedicadas al cultivo de caña panelera en los municipios Ríosucio y Supía (Caldas - Colombia), sin antecedentes de aplicación previa de químicos. El estudio se realizó en el laboratorio de Microbiología Aplicada de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Caldas.

Fase 1

- a. **Aislamiento:** Se colectaron tallos y hojas de 8 plantas de cada cultivo, las cuales fueron transportadas al laboratorio de Microbiología Aplicada de la Universidad de Caldas. Las muestras se lavaron con abundante agua, se desinfectaron con Tween 80 al 0,1% y posteriormente se lavaron con agua estéril. Se maceraron las muestras en solución de sacarosa al 1% con realización de diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-3} , y fueron sembradas por duplicado en medio LGI sólido y semisólido. Los cultivos se incubaron (6-8 días) 30°C (Cavalcante y Döbereiner, 1988).
- b. **Identificación:** La identificación del género *Gluconacetobacter* se realizó a partir de aislamientos purificados en agar papa dextrosa (PDA) y PDA enriquecido con sacarosa al 10%. En estos aislamientos se evaluaron parámetros como coloración de Gram, catalasa, oxidasa, fermentación de carbohidratos, TSI, licuefacción de gelatina, movilidad y utilización de citrato. (Gaviria, 2010).
- c. **Preservación de *Gluconacetobacter sp*:** Las cepas aisladas y caracterizadas fueron preservadas en glicerol y almacenadas a -17°C ; igualmente en una base de vinagre, donde las células fueron congeladas a -10°C (Gaviria, 2010).



Fase 2

Cinética de crecimiento: Se escogieron cinco aislamientos del género *Gluconacetobacter* que presentaron crecimiento adecuado en los medios selectivos. Se tomó una colonia de cada aislamiento y se sembró en caldo peptonado enriquecido con sacarosa por 15 horas, de allí se tomaron 500 µl y se inocularon en un Erlenmeyer de 250cc con 150 ml de caldo Trypticasa de soya, inicialmente de este medio se tomó 1 ml y se pasa a una celda de espectrofotometría UV Thermo Scientific – Genesys 10sUV-vis) para medir la absorbancia a 560 nm ($T=0$), se realizaron tres (3) réplicas de la medición. También se tomó otro ml y se realizaron diluciones en caldo peptonado 10^{-3} y 10^{-4} y se sembraron en agar LGI, las cuales fueron incubadas a 23°C. Se tomó una muestra cada 3 horas hasta las 24 horas de crecimiento, posteriormente cada 4 horas, 8 horas y un registro final a las 142 horas de crecimiento. Durante el experimento las muestras se mantuvieron en agitación constante a temperatura ambiente (promedio 23°C). Con los resultados obtenidos se construye una curva de crecimiento Log No microorganismos vs. Tiempo. Además de Absorbancia vs. Tiempo.

Para calcular los parámetros cinéticos se identificará la fase logarítmica de la curva obtenida y se utilizarán las ecuaciones velocidad específica de crecimiento (μ), tiempo de generación (t) y número de generaciones (n) dadas por (Madigan *et al.*, 2004) **(Fase en proceso)**

Fase 3

Riqueza de MVA: Para la observación de las micorrizas las raíces fueron lavadas con agua potable, para eliminar residuos del suelo y se fijaron en etanol al 50%, fueron cortadas con cuchilla quirúrgicas estériles, tratadas en KOH al 10%, posteriormente se lavaron dos veces con agua destilada; se acidificaron en HCl al 10% durante 2-3 min y se tiñeron con 0,05% de azul de metilo en ácido láctico al 90%. Las raíces fueron decoloradas parcialmente en ácido láctico al 90% durante 10 min. Las raíces se observaron mediante el uso de un microscopio digital de luz Leica DM500 a 400 aumentos. Las diferencias morfológicas de los hongos MVA, como el tamaño, la forma y el diámetro de las vesículas, el diámetro de las hifas, hifas inter e intracelular, bobinas simples y ramificadas, la presencia o ausencia de anastomosis, se considerarán arbusculos regulares o irregulares para obtener la identificación preliminar de los géneros de los hongos (Urgiles *et al.*, 2009); también se usó la base de datos INVAM International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal fungi.

Diseño Experimental

Fase 2: Cinética de crecimiento Para evaluar la cinética de crecimiento se realizará una curva de regresión con los datos obtenidos de absorbancia vs número de microorganismos. Se compararán los cinco aislamientos usando las variables, número de generaciones, tiempo de generación, velocidad de crecimiento y densidad máxima.

Fase 3: Identificación de micorrizas

Se realizará una curva de rarefacción para comparar la riqueza de MVA de cada sitio (ECOSIM), una prueba de comparación de Tukey.

Resultados preliminares

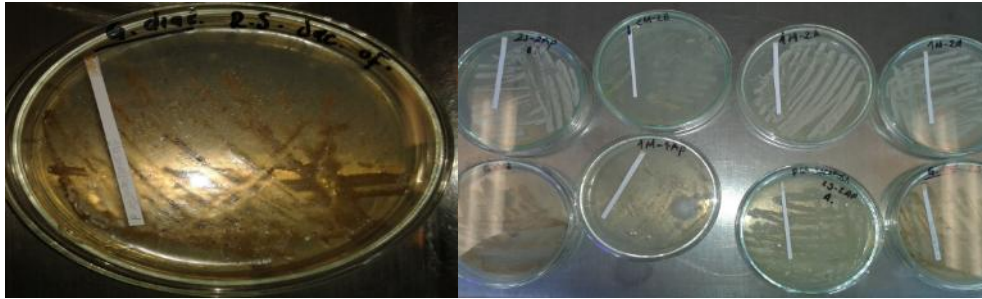


Figura 1. Cepas presuntivas de género *Gluconacetobacter*

Para el aislamiento y la clasificación de las cepas presuntivas del género *Gluconacetobacter* sp, se utilizó el medio selectivo LGI (enriquecido con manitol y sacarosa), PDA, PDA enriquecido con sacarosa al 10%; en estos medios de cultivo las cepas aisladas presentaron crecimiento característico del género *Gluconacetobacter* sp.

Los resultados de las pruebas bioquímicas implementadas fueron: Tinción de gram: bacilos gram negativos, catalasa (+), licuefacción de gelatina (-), fermentación de carbohidratos para sacarosa, glucosa, manitol y xilosa (+); en TSI para fermentación de azúcares (+), evidenció un pH de 5.5 a 6.0 y para la producción de ácido sulfhídrico (-). Las cepas aisladas fueron comparadas con una cepa de referencia de *G. diazotrophicus* 050B

FAMILIA	GENERO
Glomeraceae	Funneliformis- Glomus
Pascisporaceae	Pascispora
Acaulosporaceae	Acaulospora
Diversisporaceae	Diversispora
Gigasporaceae	Gigaspora
Archaeosporaceae	Archaeospora
Ambisporaceae	Ambispora

Figura 2. Micorrizas arbusculares presentes en (*Saccharum officinarum*) cultivadas en Supía y Ríosucio.

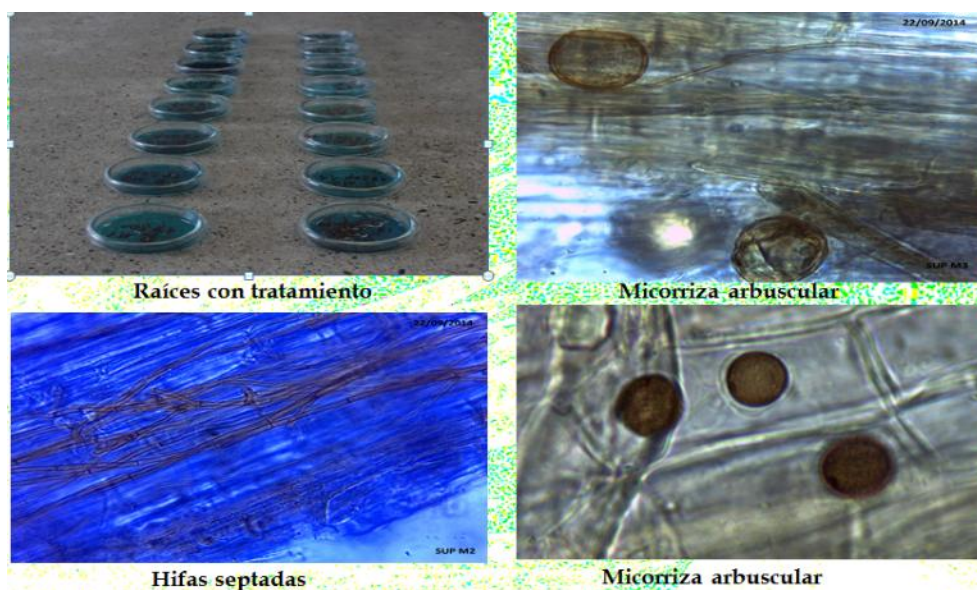


Figura 3. Micorrizas arbusculares

Conclusiones

Es importante anotar la ventaja de utilizar tallos de caña panelera provenientes de zonas donde no se usan fertilizantes nitrogenados y evitar recolección en periodos de prolongada sequía, factores que disminuyen la población y dificulta el aislamiento de cepas del genero *Gluconacetobacter*.

La prueba determinante para la identificación de *Gluconacetobacter* sp consistió en el crecimiento de las cepas en medio de cultivo PDA enriquecido con sacarosa al 10 %, evidenciando, después de siete días de incubación a 30°C, la formación de colonias de color café oscuro con una coloración blanquecina en sus bordes.

En base a las MVA, se observaron siete familias Glomeraceae, Pasciporaceae, Acaulosporaceae, Diversisporaceae, Ggigasporaceae, Archaeosporaceae, Ambisporaceae; cada una con un género presente, excepto Glomeraceae con dos géneros presentes.

Agradecimientos

Al centro de investigación BEKDAU
A la Universidad de caldas
A Carmen S. Morales - Codirectora
A Daniel R. Toro - Director
A Diana Vanessa Sarria Zúñiga

Bibliografía

- CAVALCANTE, Vladimir y DOBEREINER, Joanna. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. En: Plant and soil.1988.Vol. 108, p. 23-31.
- GAVIRIA, Jennifer. Evaluación de diferentes metodologías para el aislamiento de la bacteria endófito *Gluconacetobacter* spa. A partir de cultivos de caña de azúcar provenientes del municipio de Supía (caldas). Especialista en Microbiología Industrial. Universidad Católica de Manizales. Facultad de Ciencias de la Salud, 2010. 46 p.



DIVISIÓN II

- GÓMEZ, Edison., MIRANDA, Johana. Manejo agronómico de la caña panelera con énfasis en el control biológico. En: ed. Roffaprint. Agosto, 2009. p. 1- 32
- MADIGAN, Michael, MARTINKO, John y PARKER, Jack. Brock. Biología de los Microorganismos. Crecimiento Microbiano. Décima edición. Madrid. Ed. Pearson Educación. 2004. p. 1096.
- OSORIO, Guillermo. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la Producción de Caña y Panela. Medellín - Colombia. CTP Print Ltda. 2007. 200 p.
- ROJAS, Marcia, RODRIGUEZ, Anar, TRUJILLO, Iván y HEYDRICH, Mayra. Relación de la fijación de nitrógeno y la producción de auxinas en cepas de *Gluconacetobacter diazotrophicus* procedentes de diferentes cultivos. En: Rev. Colomb. Biotecnol. Julio, 2009. Vol. 11, no. 1, p. 84-93
- URGILES, Narcisa, LOJÁN, Paúl, AGUIRRE, Nikolay, BLASCHKE, Helmut, GÜNTER, Sven, STIMM, Bernd y KOTTKE, Ingrid. Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. En: New Forests. Abril, 2009. Vol. 38, p. 229-239.
- VELÁZQUEZ-HERNÁNDEZ María, BAIZABAL-AGUIRRE Víctor, BRAVO-PATIÑO Alejandro, CAJERO-JUÁREZ Marcos y VALDEZ-ALARCÓN Juan. Efecto de la mutación del gen que codifica para la levansacarasa (Isda) de *Gluconacetobacter diazotrophicus* sobre la colonización de la caña de azúcar. En: Ciencia Nicolaita. 2010. no Especial, p. 1-16.



BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS EN ÁREAS NATURALES

Gómez-Luna, BE^{1*}; Veloz-García, RA¹; Ramírez-Granados, JC¹; García-Viera, MI¹; Díaz-Pérez, C¹; Gasca-Tirado, JR¹; Herrera-Díaz, IE¹

¹Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Celaya, Guanajuato. México.

*Autor responsable: bgomezl2000@yahoo.com.mx; Calle Prolongación Río Lerma Núm. s/n, Col. Suiza, Celaya, Guanajuato. México. CP 38060; Tel. +52(461)-614-6440

Resumen

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas conocidas por sus siglas en inglés BPCR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) son un grupo de diferentes géneros de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. En este trabajo se realizó el aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento en suelo de un árbol de Tepame (*Acacia pennatula*) y Ciruelilla (*Celtis padilla*), los cuales presentan propiedades medicinales, y producen sustancias químicas que ayudan al control de enfermedades. Se obtuvieron 106 aislados con actividad de ACC (1- ácido carboxílico, -1- aminociclopropano) desaminasa. Se seleccionaron aislados para caracterización por antibiogramas, desarrollo de la planta en 4 especies de hortalizas, germinación de semillas de pepino y confrontación con hongos fitopatógenos.

Palabras clave

Rizobacteria; Área Natural; Suelo

Introducción

El suelo contiene cinco grupos principales de microorganismos: bacterias. Actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. El suelo como ecosistema, incluye a estos grupos microbianos así como a los constituyentes orgánicos e inorgánicos de un determinado lugar.

Las bacterias se encuentran adheridas a las partículas de arcilla y humus raramente en la solución del suelo, la cantidad y el tipo de bacterias están determinados por el tipo de suelo, especialmente por su contenido de arcilla, humedad, aireación, temperatura, contenido de materia orgánica y pH, así como por cultivo, estación del año, profundidad, abundancia de protozoarios y de otros organismos que se alimentan de ellas, etc., aunque dada su diversidad, es posible encontrarlas en ambientes diametralmente opuestos. (Alexander, 1980; Englund et al., 1993; Kirchner et al., 1993).

Algunas bacterias pueden degradar compuestos orgánicos y así reciclar los nutrientes, convirtiéndolos a formas disponibles para las plantas. De este modo teniendo en cuenta su papel particular sobre la planta se dividen en dos grupos, bacterias promotoras del crecimiento de las plantas con actividad de biocontrol y bacterias promotoras del crecimiento de plantas. Estas últimas son aquellas que tienen la capacidad de influir directamente sobre el



metabolismos de la planta, ya que los metabolitos producidos por las bacterias son en sí capaces de estimular el crecimiento de las plantas, como la fijación de nitrógeno, la mayor elongación de la raíz, mayor toma de agua y nutrientes, producción de hormonas, entre algunos más.

Los árboles elegidos para la toma de muestras del suelo, presentan características medicinales, producción de sustancias químicas (fenoles, taninos, etc.) para el control de enfermedades, de ahí la importancia de analizar su microfauna del suelo y conocer más de ellos como candidatos para la elaboración de nuevos productos benéficos.

El objetivo general de este trabajo fue observar el efecto de las bacterias promotoras de crecimiento de plantas aisladas de suelo de árboles de Tepame y Ciruelilla, sobre la germinación de semillas de pepino y el desarrollo de la planta en diferentes especies de hortalizas.

Materiales y Métodos

Muestreo del Suelo

Se seleccionaron dos árboles Tepame (*Acacia Pennatula*) y Ciruelilla (*Celtis Padilla*) para la toma de muestra de suelo de la rizósfera, ubicados en la comunidad de La Cruces con coordenadas geográficas, 20° 55' 5" latitud Norte, 100° 58' 38" longitud Oeste, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 2160 metros, en Salvatierra, Guanajuato. En cada uno de los árboles se tomaron 2 muestras de suelo, el muestreo se realizó en el día 13 de Junio de 2014.

Aislamiento y purificación de bacterias promotoras de crecimiento de plantas.

Las muestras de suelo se utilizaron para aislar bacterias en medio selectivo para actividad de enzima ACC (1- ácido carboxílico, -1- aminociclopropano) desaminasa (Penrose y Glick, 2003), el cual contiene las sales minerales del medio Dworkin y Foster cuya composición por litro es la siguiente (4g KH_2PO_4 , 6 g NaHPO_4 , 0.2 g MgSO_4 , 1 mg FeSO_4 , 10 μg H_3BO_3 , 10 μg MnSO_4 , 50 μg CuSO_4 , 10 μg MoO_3 , 70 μg ZnSO_4 , glucosa 0.2%, ácido glucónico 0.2%, ácido cítrico 0.2% y agar bacteriológico al 2% y ACC 3 mM (Sigma). Se incubarán a 28°C por una semana. Las bacterias que presentaron actividad de ACC desaminasa se procedió a purificarlas en medio PDA (Papa Dextrosa Agar), por la técnica de estría cruzada y se caracterizaron por Tinción de Gram.

Pruebas de resistencia a antibióticos

Los aislados seleccionados se sembraron en medio PDA con el equipo de siembra en placa Spiral Plater 4000 (Spiral Biotech Inc USA), por placa en modo exponencial. Se coloca el multidisco combinado BIO-RAD. Las placas se incubaron a 28°C por 24hrs.

Prueba de germinación

Los aislados seleccionados se inocularon en 25 ml de extracto de papa, se agregaron 25 semillas de pepino (*Cucumis sativus*) al cultivo y se agitaron por 30min, como control un grupo



DIVISIÓN II

de semillas se agitaron en caldo estéril sin inóculo. Las semillas se colocaron en cajas petri con papel humedecido estéril, se incubaron a 28°C por 72 h y se calculó el % de germinación.

Prueba de desarrollo de la planta

Se probaron 15 de los aislados para analizar el efecto en el crecimiento en plántulas de Lechuga Oregona (*Lactuca sativa L*), Chile Serrano (*Capsicum annuum*), Espinaca (*Spinacia oleracea*) y Jitomate Cherry (*Lycopersicon esculentum*).

Prueba de control biológico

Los aislados seleccionados se les realizó una prueba de antibiosis contra hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Alternaria sp.*, *Bipolaris sp.* y *Sclerotium sp.*

Resultados y Discusión

Aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento de plantas.

Se obtuvieron 106 aislados con actividad de ACC desaminasa en medio selectivo, de estas 13 con Gram – y 90 son Gram +, el resto de aislados se presentan en mezclas.

Tabla 1. Colonias seleccionadas

Gram (-)		051	UG-V-051
Caja	Clave	003	UG-V-003
005	UG-V-005	007	UG-V-007
006	UG-V-006	014	UG-V-014
035	UG-V-035	020	UG-V-020(2)
093	UG-V-093	020	UG-V-020(1)
012	UG-V-012	022	UG-V-022
102	UG-V-102	051	UG-V-051(1)
030	UG-V-030(2)	060	UG-V-060(1)
077	UG-V-77	071	UG-V-071
Gram (+)		082	UG-V-082
Caja	Clave	084	UG-V-084
009	UG-V-009	086	UG-V-086
016	UG-V-016	096	UG-V-096
033	UG-V-033	103	UG-V-103
096	UG-V-096	104	UG-V-104
090	UG-V-090	105	UG-V-105
013	UG-V-013	106	UG-V-106
039	UG-V-039	060	UG-V-060
064	UG-V-064(1)	039	UG-V-039(1)

Pruebas de resistencia a antibióticos.

Los resultados que se obtuvieron de esta prueba solo mostraron que un grupo de colonias muestran similitud entre ellas al ser sensibles a los mismos antibióticos, las demás pruebas fueron bastante diferentes mostrando sensibilidad y resistencia a distintos antibiótico y una sola sepa que muestra sensibilidad hacia todos los antibióticos, además de conocer a que antibióticos son más resistentes las baterías, obteniendo los siguientes resultados que se muestra a continuación:

Prueba de germinación

El porcentaje de germinación obtenido siempre fue mayor en las semillas que fueron inoculadas con las cepas seleccionadas en comparación con el control que solo estuvo en caldo estéril.



DIVISIÓN II

Prueba de desarrollo de la planta

Los resultados fueron visualizados con mayor efecto en Jitomate Cherry, donde las 4 aislados probados tuvieron un mayor desarrollo de la planta, comparado con el control. De igual manera se observaron efectos positivos en la planta de Espinaca teniendo como resultados mayor efecto los aislados que el control.

Tabla 2. Resultados de las pruebas realizadas con los antibiogramas

Antibiogramas												
Aislados	PE	DC	ENX	NET	GE	CRO	SXT	AK	AM	E	CL	CF
UG-V-033	R	/ R	R	S	S	R	R	S	R	R	R	R
UG-V-064(1)	R	/ R	S	S	S	R	R	S	S	R	R	R
UG-V-051(2)	R	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S
UG-V-093	R	R	R	S	R	S	S	S	S	R	R	R
UG-V-005	R	R	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R
UG-V-096	R	R	S	S	S	R	R	S	R	R	R	R
UG-V-016(2)	R	R	S	S	S	R	R	S	S	R	R	R
UG-V-012	R	R	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R
UG-V-102	S	R	S	S	R	R	S	S	S	S	R	S
UG-V-090(1)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Tabla 3. Porcentaje de germinación en semillas de pepino (*Cucumis sativus*).

• AISLADOS	• PORCENTAJE
• UG-V-096	• 84%
• UG-V-013	• 88%
• UG-V-039(2)	• 80%
• UG-V-005	• 88%
• UG-V-039(1)	• 96%
• UG-V-064(1)	• 92%
• UG-V-033	• 92%
• UG-V-016(2)	• 72%
• UG-V-035	• 68%
• UG-V-090(1)	• 96%
• UG-V-009(1)	• 68%
• UG-V-093	• 96%
• CONTROL	• 80%
• UG-V-066	• 96%
• UG-V-012	• 100%
• UG-V-051(2)	• 88%



Tabla 4. Resultados de las confrontaciones entre hongos y aislados.

Organismos fitopatógenos	Aislados	Inhiben
Fusarium oxisporum	UG-V-105	X
	UG-V-060(1)	X
	UG-V-096(2)	X
	UG-V-007	X
Alternaria sp.	UG-V-093	X
	UG-V-064(1)	X
	UG-V-096	X
	UG-V-090(1)	X
Bipolaris sp.	UG-V-077	X
	UG-V-007	X
	UG-V-051(1)	X
	UG-V-086	X
Sclerotium sp.	UG-V-033	X
	UG-V-090(1)	X
	UG-V-039(2)	X
	UG-V-096	X

Prueba de control biológico

Los resultados obtenidos en esta prueba nos demuestran que los aislados caracterizados presentan características que ayudan a disminuir o proviene el efecto de organismos fitopatógenos.

Conclusiones

En la actualidad, la microbiología del suelo ha tomado gran relevancia debido a su aplicación en el proceso agrícola. Por sus aportaciones en relación con la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, habilidades debidas a la capacidad de la degradación de la materia orgánica, la solubilización de las rocas y sustancias que promueven el desarrollo de las plantas, así como la simbiosis ya sea entre bacterias y plantas, o hongos y planta, simbiosis que en algunos casos se vuelve obligada para ambos organismos.

El uso de bacterias promotoras del crecimiento de plantas es una buena opción para mejorar el área de conocimiento con tecnologías aplicadas, como el caso de la producción de biofertilizantes, la aceleración de crecimiento, la rapidez de aumentar la germinación y el control biológico de plagas y enfermedades, todas ellas para uso en la producción agrícola en armonía con el medio ambiente.

Agradecimientos

Este proyecto fue apoyado por fondos institucionales UG proyecto 616/2015.



Bibliografía

- Kloepper, J. (1992), "Proposed elimination of the term endorhizosphere. Phytopathology" en Trends Biotechnol, Num. 82 [pp. 726-727].
- Glick, B. (1999). "Biocontrol Mechanism". Chapter 7. En Glick, B., Patten, C., Holguin, G. y Penrose, D. Biochemical and genetic mechanism used by plant growth promoting bacteria. Canada: Imperial Collage Press [pp. 215-248].
- Ferrera, C. (2007). Microbiología agrícola", hongos, bacterias, micro y macro fauna, control biológico y planta-microorganismo. México: Editorial Trillas.



DESARROLLO DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *Amyntas corticis* EN UN SUELO CONTAMINADO CON ANTRACENO

Martínez-Rabelo F^{1,2}; Hernández-Castellanos, B³; Barois-Boullard I^{2*}.

¹Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Zacapoaxtla, Puebla. México.

²Instituto de Ecología A. C.. Xalapa, Veracruz. México.

³Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.

*Isabelle Barois: isabelle.barois@inecol.mx; Carretera antigua a Coatepec Núm. 351, Col. El Haya, Xalapa, Veracruz. País. CP 91070; Tel. +52(228)-842-1800.

Resumen

Se mostró que las lombrices de tierra epigeas, las que viven en la superficie del suelo, son eficientes en la descomposición de hidrocarburos y se piensa que podrían ser usadas para bioremediar suelos contaminados por hidrocarburos. La lombriz tropical *Amyntas corticis*, epiendógea que vive en el suelo pero que se mueve en su superficie, podría también ser una buena opción en bioremediación, por ello el objetivo de este trabajo fue observar si *A. corticis* podía vivir y reproducirse en suelo contaminado con antraceno y que tanto promovía su degradación. Para ello se estableció un experimento en mesocosmos con suelo contaminado con 100mg/kg de antraceno con 3 *A. corticis* adultas o sin. Hubo subtratamientos con suelo enriquecido con estiércol de vaca y esterilizado, teniendo así 8 tratamientos. A los días 0, 7 y 14 se midió el contenido de antraceno por medio de cromatografía de gases y a los 56 días se observó el crecimiento en biomasa, la producción de capullos y presencia de lombrices juveniles. El antraceno en esa concentración afectó poco a la lombriz ya que el 100% sobrevivió. Las lombrices en el tratamiento con estiércol crecieron muy bien, su biomasa aumentó más de un 68%. La producción de capullos y el nacimiento de lombrices se vieron más afectados los tratamientos esterilizados, mostrando la importancia de la presencia de los microorganismos para un buen desarrollo de las lombrices. Las *A. corticis* promovieron la descomposición del antraceno y hay una sinergia con los microorganismos, el tratamiento con lombrices y sustrato no esterilizado degradó del 60% al 50% del antraceno en 15 días.

Palabras clave

Lombriz de tierra; hidrocarburo; degradación

Introducción

La mayoría de los trabajos relacionados con la remediación de suelos con lombrices solo se ha enfocado al estudio de lombrices epigeas o composteras, una de las más utilizadas es *Eisenia fétida/andrei*, demostrando la efectividad que tiene en la remoción de hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP's (Dendooven *et al.*, 2011; Contreras *et al.*, 2006). Pocos estudios se han realizados con lombrices tierra endógeas de zonas tropicales (Hernández-Castellanos *et al.*, 2013) donde se encuentra la mayor contaminación de derrames de petróleo por lo cual este trabajo pretende investigar la efectividad de la lombriz epi-endógea de zona tropical *Amyntas corticis*. Es una lombriz que vive en los primeros cm del suelo, pero también es activa en la superficie del suelo y su hojarasca, tiene gran capacidad de movimiento y es una lombriz común en México (Fragoso y Rojas, 2014) y puede coincidir con zonas donde se extrae



petróleo. El objetivo de este estudio es observar si *A. corticis* contribuye en la remoción de antraceno en un suelo durante un experimento de 56 días en mesocosmos, utilizando como sustrato un andosol y estiércol de vaca, en suelo esterilizados y no esterilizado para determinar la sinergia que tiene *A. corticis* con los microorganismos para degradar el antraceno.

Materiales y Métodos

Las *A. corticis*, el suelo y el estiércol fueron colectados en la congregación de Zoncuantla en el municipio de Coatepec. Se realizaron 2 tratamientos (con y sin lombrices), con 8 subtratamientos (con o sin estiércol y esterilizado y no esterilizado) con 5 réplicas por subtratamiento, teniendo un total de 40 unidades experimentales o mesocosmos. Los mesocosmos fueron recipientes de vidrio de (18.4 cm x 18.4 cm x 7.3 cm) a los que se les colocó 500g de suelo seco o 460 más 40 g de estiércol de vaca seco representado el 8 % del peso del suelo seco según el subtratamiento. Para la contaminación de suelo con antraceno se introdujo 50 mg de antraceno diluido con acetona según Contreras-Ramos *et al.* (2006) para tener una concentración de 100 mg /kg. El sustrato de cada unidad se humedeció a su capacidad de campo agregando agua destilada, 300 ml para suelo y 350 ml para suelo con sustrato, se utilizó un atomizador para dispersar el agua. Por último se pesaron 3 lombrices (*A. corticis*) adultas que se introdujeron en los tratamientos correspondientes. Todas las unidades se taparon con tapa y se mantuvieron a 25°C.

El Suelo usado es tipo andosol con pH neutro rico en materia orgánica (C= 4.82 % N=0.34%). El suelo enriquecido con estiércol de vaca duplico su contenido de materia orgánica (C= 8.8 % N=0.59%). El antraceno del suelo se estuvo midiendo en el día 0, 7 y 14 con un cromatógrafo de gases (Contreras-Ramos *et al.* 2006)

Resultados y Discusión

Promedio de la biomasa inicial y final de la lombrices

Después de los 56 días en suelo con antraceno las lombrices se encontraron en actividad, vivas y sanas; *A. corticis* tolera las concentración de 100 mg/kg⁻¹ del hidrocarburo poliaromático antraceno sin ninguna dificultad. Se tuvo una supervivencia del 100%, en los 4 tratamientos tanto en suelo con y sin sustrato o esterilizado.

El valor inicial en promedio de la biomasa de las 3 lombrices introducidas en la unidad experimental fue de 4.172 g para los 4 tratamientos al que se sometieron a las lombrices. Los valores más altos de biomasa de *A. corticis* después de los 56 días, se registraron en los tratamientos con estiércol de vaca, en el sustrato no esterilizado (S+EV+L) la biomasa fue de 7.388 g y el esterilizado (Se+EVe+L) fue de 7.035 g, teniendo un incremento de biomasa respectivo de 78 y 68 %. A pesar de estar en un suelo estéril las lombrices aumentaron su biomasa, además de que las lombrices eran muy activas y se desplazaban con mucha facilidad, esto gracias al estiércol de vaca, que aumento el C y N en comparación con el suelo natural, por lo cual no se vio ningún efecto negativo del contaminante sobre la biomasa de las lombrices. Los tratamientos en donde las lombrices fueron más afectadas fue el control (S+L) con un promedio de 3.340 g de biomasa disminuyendo esta de 1.049 g, seguido del tratamiento (Se+L) donde el promedio de la biomasa fue de 3.027 disminuyendo 0.930 g. En estos tratamientos las lombrices no se desplazaban al tocarlas, se quedaban en el mismo lugar y tenían muy poco movimiento. Esto podría ser el resultado de falta de alimento que a lo largo

de los 56 días se acabó y además el contaminante por esa falta les pudo afectar. Aquí la esterilización de los sustratos parece haber aportado un poco más de alimento a las lombrices por la materia de los microorganismos muertos y además hubo menor competencia entre microorganismos y lombrices por el alimento.

Promedio de capullos y Natalidad de la lombrices

Las 3 lombrices de cada tratamiento al inicio estaban cliteladas por lo tanto adultas con posibilidad de producir capullos. En el tratamiento (S+EV+L) se encontró en promedio 22 capullos y 15 lombrices nacidas producidas por 3 lombrices, en este tratamiento a primera vista el antraceno no tuvo un efecto negativo. En el tratamiento Se+EVe+L, se encontraron en promedio por 3 lombrices 5 capullos pero no se encontró ninguna lombriz juvenil. En el tratamiento (S+L) se encontraron en promedio por 3 lombrices, 3 capullos y 2.6 lombrices nacidas y en él Se+L se encontraron 2 capullos y 0.2 lombrices nacidas (Fig. 1). El efecto negativo de los tratamientos más importante en la producción de capullos y la presencia de lombrices juveniles fue la esterilización del sustrato el cual eliminó los microorganismos que protegen a los capullos de la pudrición o favorecieron el desarrollo de un microorganismo que hizo que los capullos y las lombrices recién nacidas no prosperaran. García y Fragoso (2003) en un experimento alcanzaron pesos de *A. corticis* más bajos (1.52 g) pero la producción de capullos fue mucho más elevada de 4 a 5 capullos por semana por individuo cuando se alimentaba con suelo enriquecido con mucuna o aserrín.

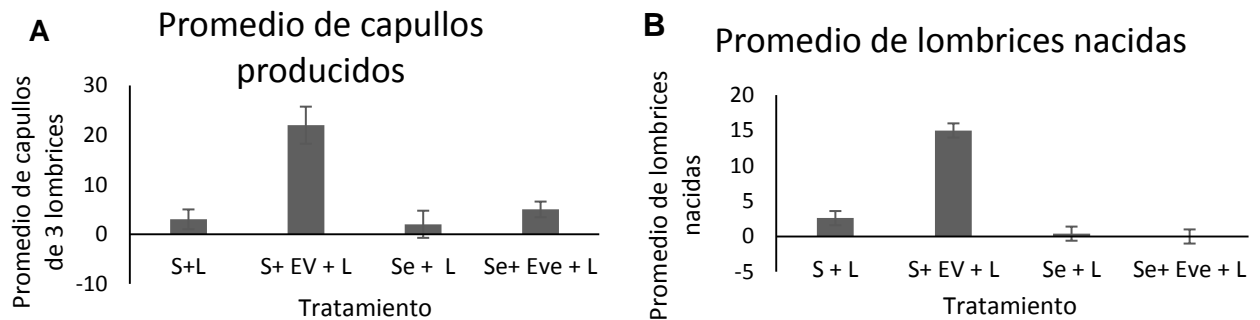


Figura 1: A) Promedio del número de capullos producidos y B) de lombrices nacidas en, en unidades experimentales de 500 g de suelo o enriquecido con 8% de estiércol de vaca con 3 lombrices *Amyntas corticis* después de 56 días (para los tratamientos ver Fig. 2, los valores son el promedio de 5 réplicas con su error estándar).

Degradación del antraceno

En los resultados preliminares de comparación entre tratamientos con lombrices y sin lombrices vemos la tendencia que con lombrices y sustrato no esterilizados la degradación es más rápida; el tratamiento S+ EV+L fue el que mostro la mayor degradación del antraceno; después de 14 días más del 60 % había desaparecido. En cambio los tratamientos con sustratos estériles presentaron una degradación menor (Figura 2). Estas velocidades de degradación son parecidas a las encontradas por Coutiño-González *et al.* (2011) y Contreras-Ramos *et al.* (2006).

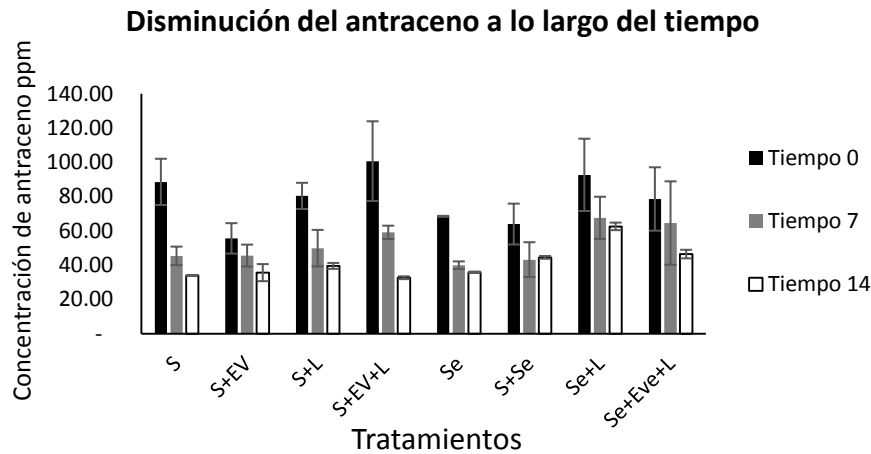


Figura 2: Disminución del antraceno en el suelo en presencia de *Amyntas corticis* o no en el tiempo inicial después de 7 y 14 días de incubación (S=suelo , S + EV = suelo + estiércol de vaca , S + L = Suelo + Lombriz, S + EV + L= Suelo + estiércol de vaca + lombriz, Se: Suelo esterilizado , Se+Eve= Suelo y estiércol de vaca esterilizado , Se + Eve + L = Suelo y estiércol de vaca esterilizado + lombriz. Las medidas de antraceno son el promedio de 3 con su error estándar).

Conclusiones

El antraceno a las concentraciones de 100 mg/kg parece no afectar la lombriz de tierra *A. corticis*. El estiércol de vaca es un buen sustrato alimenticio para *A. corticis*. La esterilización del sustrato mostro que para el desarrollo de los capullos los microorganismos nativos del sustrato (suelo y estiércol) son importantes. El antraceno se descompone de manera más rápida en presencia de lombrices y suelo no estéril.

Agradecimientos

Agradecemos a la M en C. Sandra Rocha por su apoyo en los análisis químicos de suelo, en particular en los de antraceno. También estamos agradecidos con Gilberto y Lizeth por su apoyo en el montaje del experimento.

Bibliografía

- Contreras-Ramos, S.M., Alvarez-Bernal, D.y Dendooven, L., 2006. Eisenia fetida increased removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil. Environ. Pollut. 141: 396– 401.
- Coutiño-González, E., Hernández-Carlos, B., Gutiérrez-Ortiz, R., y Dendooven, L. (2010). The earthworm Eisenia fetida accelerates the removal of anthracene and 9, 10-antraquinone, the most abundant degradation product, in soil. International Biodeterioration & Biodegradation, 64(6): 525-529.
- Dendooven, L, Alvarez-Bernal, D y Contreras-Ramos, S.M. (2011) Earthworms, a means to accelerate removal of hydrocarbons (PAHs) from soil? A mini-review. Pedobiologia 54, Issue SUPPL.: S187-S192.
- Fragoso, C., y Rojas, P. (2014). Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. Rev.Mex Biodiv. ,85:197-207.
- García J. A. y and Fragoso C. (2003) Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (Pontoscolex corethrurus and Amyntas corticis). Pedobiologia, 47: 754–763
- Hernández-Castellanos, B., Ortíz-Ceballos, A., Martínez-Hernández, S., Noa-Carrazana, J. C., Luna Guido, M., Dendooven, L., y Contreras-Ramos, S. M. (2013). Removal of benzo (a) pyrene from soil using an endogeic earthworm Pontoscolex corethrurus. Ap. Soil Ecol., 70: 62-69.



MINERALOGÍA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN HORMIGUEROS DE LA ESPECIE COSECHADORA *Pogonomyrmex desertorum* (Wheeler).

Nuñez-Balderas, L. V.^{1*}; Gutiérrez-Castorena, M. C.¹;

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: nunez.laura@colpos.mx; Calle R. F. Magón Núm. 189 C-12, Col. Tlatelolco, México, D. F., México CP 06900; Tel. +52(155)1502-7410

Resumen

Hay numerosos estudios que hacen referencia al impacto de la construcción de los hormigueros en las alteraciones estructurales, acumulación y liberación de nutrientes, así como la posible mejora de la calidad del suelo. Otros estudio, se concentran en la construcción y optimización mecánica de los flujos de energía para mantener la temperatura y la humedad dentro del hormiguero, pero poco se sabe de los materiales que emplean en la construcción de estos. El propósito de este trabajo fue identificar los minerales dominantes en los hormigueros y determinar la selectividad de las hormigas a estos minerales. El muestreo se realizó en tres hormigueros de la especie *Pogonomyrmex desertorum* (Wheeler) ubicados en el municipio de Tepejí del Río, Hidalgo. Se recolectaron muestras de suelo y de hormigueros en cráter, cámaras y laderas. Se utilizó DRX en fracción fina y gruesa, y el microscopio petrográfico para la identificación y cuantificación de los minerales. Las hormigas emplean feldespatos de sodio y calcio como minerales primarios en el interior de los hormigueros, como cementantes utilizan óxidos de hierro y amorfos silicatados. También se encontró una mayor cantidad de hematita en cámaras y en laderas.

Palabras clave

Hormigueros; feldespatos; hematita

Introducción

Las hormigas influyen en la estructura, propiedades hidráulicas y ciclo de los nutrientes en el suelo y significativamente alteran las propiedades físicas, químicas y bioquímicas; en suelos ácidos incrementan el pH y en alcalinos lo disminuyen (Boots y Clipson, 2013; Frouz et al., 2003). La proporción de éstas respecto a la mesofauna del suelo es menor de 0.002 a 5 % (Lavelle y Pashani, 1989) y la superficie que ocupa un hormiguero es menor a 1 % y ocasionalmente puede llegar a 10 % (Lobry de Bruyn, 1999; Petal, 1998).

La técnica empleada en la construcción de los hormigueros es tirando y llevando en sus mandíbulas el material. Este proceso también implica el movimiento y la distribución de materiales orgánicos e inorgánicos a través del suelo. Algunos autores reportan un efecto de bioturbación, debido al incremento o disminución en el contenido de arcilla y al aumento de arenas y limos (Haitao et al., 2010; Nkem et al., 2000; Wiken et al., 1976; Salem y Hole, 1968). Las hormigas de la especie *Lasius flavus* (Fabricius) construyen hormigueros en lugares con altos contenidos de materia orgánica; además, son selectivas a la clase de partículas minerales de la matriz del suelo (Boots y Clipson, 2013).

La estructura de un hormiguero consiste en una entrada central, denominada **cráter**, es más compacta para limitar el establecimiento de plantas y abundante en nutrientes, aunque la función principal es la defensa. A mayor profundidad se encuentran las **cámaras**, empleadas en el almacenamiento de alimento, crianza y habitaciones para la reina y hormigas guardianas. Las **laderas**, brindan protección y son basureros donde se encuentran entradas laterales. (Kasimova et al., 2013; Gorosito, 2006; Lal, 1988).

Muchos trabajos han demostrado el efecto de las hormigas sobre el suelo; sin embargo, no se han determinado los minerales que se presentan en los hormigueros, ni mucho menos su selectividad a estos. La especie *Pogonomyrmex desertorum* (Wheeler) es una hormiga roja cosechadora que habita en zonas áridas y semiáridas de la República Mexicana; su dieta consiste principalmente en semillas y pueden alimentarse cuando las temperaturas del suelo son mayores a 50° C y se presentan déficits de agua. Se ha calculado que una hectárea de terreno puede contener 180,000 hormigas (Kay y Whitford, 1974). Los objetivos de este trabajo fueron: i) identificar y cuantificar los minerales empleados en la construcción de hormigueros de la especie *Pogonomyrmex desertorum* en el cráter, cámara y laderas y ii) determinar si son selectivas respecto a los minerales encontrados en el suelo.

Materiales y Métodos

Muestras de tres hormigueros de la especie *Pogonomyrmex desertorum* se recolectaron, localizados cerca de la ciudad de Tepejí del Río, Hidalgo, México. Las coordenadas geográficas son 19° 54' 1.76" latitud norte y 99° 22' 22.39" latitud oeste y la altura de 2284 msnm. El clima característico de la región es templado semiseco con lluvias en verano; la temperatura promedio anual es de 15.8 ° C y la precipitación media anual es de 704.5 mm.

La selección de los hormigueros fue al azar, con diámetro mayor a 1 m. De cada hormiguero se colectaron tres muestras correspondientes a la parte superficial del cono (0 a 10 cm), cámaras (debajo del cono a una profundidad de 10 a 20 cm) y laderas (0 -10 cm). Para poder comparar la mineralogía se tomó una muestra de suelo compuesta (0-20 cm) a una separación de 5 m de los hormigueros. Las muestras fueron secadas al aire, molidas y tamizadas a 2 mm. Posteriormente, fueron tratadas con H₂O₂ al 30% a 80 °C en baño María, para la eliminación de materia orgánica (ISRIC, 1995). También se eliminaron los óxidos de hierro, aluminio y manganeso con ditionito citrato bicarbonato (DCB) (Mehra y Jackson, 1960).

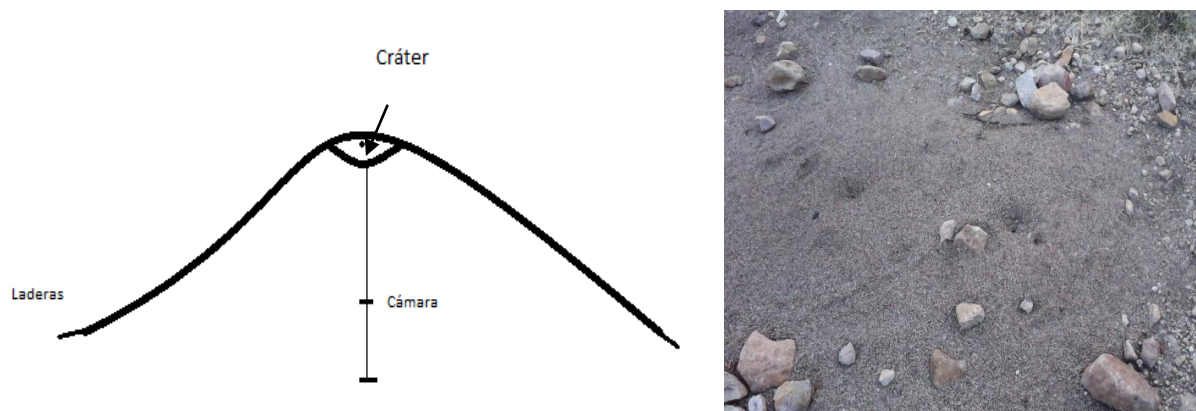


Figura 2 Estructura de un hormiguero de la especie *Pogonomyrmex desertorum* (Wheeler).



Los minerales primarios se identificaron y cuantificaron a partir de sus propiedades ópticas en el microscopio óptico de luz polarizada, empleando la fracción arenosa recuperada de la determinación textural. Las arenas fueron montadas en un portaobjetos (Bullock, 1985).

Para la difracción de rayos X (DRX), las muestras se trataron con H_2O_2 al 30% a 80 °C en baño María para eliminar la materia orgánica (ISRIC, 1995). La DRX se practicó en la fracción menor a 2 mm (suelo) y la fracción fina recuperada de la textura, después de la sedimentación de la arcilla y limo, fue tratada para eliminar los óxidos usando ditionito citrato carbonato (DCB) (Mehra y Jackson, 1960).

La fracción gruesa y la fracción arcillosa (con y sin óxidos de hierro, aluminio y manganeso) fueron analizadas en difracción de rayos X (DRX) de acuerdo con el procedimiento del ISRIC (1995). De la fracción arcillosa se prepararon agregados orientando las muestras y los tratamientos fueron a) natural y b) saturados con etilén glicol. Se utilizó un tubo de rayos X con radiación $K\alpha$, el recorrido del goniómetro fue de 0 a 20 grados para la fracción fina y para minerales primarios de 0 a 50 grados. Posteriormente, las reflexiones se identificaron con las fichas de Mineral Power Difracción File. Para evaluar la selectividad de las hormigas en los materiales empleados para la construcción de los hormigueros se cuantificaron los minerales de la fracción gruesa por conteo de granos (100) y se usó un microscopio petrográfico.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza para los minerales cuantificados en la sección gruesa. Para discriminar entre medias se ocupó el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Resultados y Discusión

Los minerales primarios en suelo y hormiguero se muestran en el Cuadro 1. Los minerales dominantes detectados por DRX en la fracción arcillosa son polimorfos de cuarzo: amorfos silicatados, cristobalita y tridimita, además de biotita. En la fracción gruesa predominan feldespatos de Na y Ca (albita cálcica). La cristobalita se concentra en el cráter, la albita baja en la ladera y suelo, y la hematita en las cámaras. Este último mineral no es abundante en el suelo. Los minerales encontrados en la fracción gruesa y arcillosa indican que el material parental del lugar es de origen volcánico predominando riolitas y andesitas.

Los minerales observados en DRX son similares a los encontrados en lamillas de la fracción gruesa. En el Cuadro 2 se puede observar que la cristobalita y la magnetita se presentan en la misma cantidad en los hormigueros y en el suelo. Sin embargo, las hormigas son selectivas al utilizar predominantemente feldespatos de Na^+ y Ca^{2+} ; cuarzo aunque no es significativo, predomina en el cráter; y por último la hematita, que no es un mineral secundario, predomina en las cámaras.

Los minerales amorfos son los materiales cementantes en la construcción de los hormigueros, de acuerdo con su abundancia en la fracción fina, en comparación con el suelo. Briese (1982) demostró que hay acumulación en los hormigueros de Ca^{2+} , C, PO_4^- y N, y lo asoció con la descomposición de las semillas y el material desechado. Stone (1983) encontró que los hormigueros debajo del suelo tenían pH elevados y que los niveles de Ca eran altos. La



DIVISIÓN II

predominancia de feldespatos de Na y Ca en las cámaras de los hormigueros indica la selectividad de este material por las hormigas de la especie *P. desertorum*. Las propiedades térmicas de los feldespatos de Na y Ca se caracterizan por poseer baja capacidad calorífica específica en promedio es de $0.71 \text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ y una baja conductividad térmica es de $1.91 \text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$, frente al cuarzo cuya capacidad calorífica similar, sin embargo, la conductividad calorífica es de $6.5 \text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ (Schön, 2011). Es interesante comparar estos dos materiales, el cuarzo en el cráter podría tener la función de refractar el calor y los feldespatos en las cámaras de aislantes.

Cuadro 5 Composición mineralógica de la fracción arcillosa y suelo.

Fracción fina	Biotita		Cristobalita		Tridimita		Amorfos silicatados	
Hormigueros	**		**		**		****	
Suelo	**		****		****		**	
Fracción gruesa	Albita cálcica	Cristobalita	Tridimita	Magnetita	Hematita	Óxidos de Hierro	Albita baja	
Cráter	****	***		**	**	*		
Cámara	**	***				*	****	
Ladera	***	****	***	**	**	*		
Suelo	****	***	***	**		*		

Cuadro 2 Análisis de varianza para los minerales dominantes identificados en la fracción gruesa en hormiguero y suelo.

Mineral	Cuarzo			Feldespatos de sodio y calcio			Hematita			
	Ubicación	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.
Cámara	20.3a	6.7	32.8	25.3b	3.2	12.7	15.0c	1.7	11.5	
Ladera	21.3a	2.5	11.8	14.3a	0.6	2.3	5.0a	3.6	72.2	
Cráter	40.0b	0.0	0.0	8.0a	0.0	0.0	8.0b	0.0	0.0	
Suelo	20.0a	0.0	0.0	17.0a	0.0	0.0	4.0a	0.0	0.0	
P		0.090			0.008			0.040		

Diferencias significativas en la $p > 0.05$ de acuerdo al mineral y la ubicación.

Nkem et al. (2000) y Lal (1988), mencionan que la parte superior del cráter del hormiguero debe de ser un material no cementado. Las hormigas emplean la fracción gruesa para que las propiedades de retención de agua y la transmisión de esta sean favorables, lo que concuerda con la abundancia del cuarzo en el cráter. La hematita se forma de la deshidratación interna de la ferrihidrita. Las condiciones que favorecen su formación son ambientes aerobios, actividad microbiana, baja actividad de agua y pH alcalinos (Acevedo et al., 2004), indicando que este mineral, no es un material empleado en la construcción de los hormigueros, si no que se forma a partir de otros hidróxidos que funcionan como cementantes. Las cámaras de los hormigueros



pueden favorecer la formación de la hematita, aunque hay que hacer más investigación al respecto.

Conclusiones

La especie *Pogonomyrmex desertorum* (Wheeler) para la construcción de hormigueros emplea feldespatos de Na^+ y Ca^{2+} , principalmente albitas cálcicas y como cementantes óxidos de hierro y amorfos silicatados. La hematita prevalece en el interior de los hormigueros, ya que se encuentran las condiciones idóneas para su formación, pero no es un material empleado en la construcción de hormigueros.

Agradecimientos

Al laboratorio de Control Biológico, postgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y al M. C. Juan M. Vanegas-Rico por la identificación de la especie.

Bibliografía

- Acevedo S., O., E. Ortiz, M. Cruz y E. Cruz. 2004. El papel de los óxidos de hierro en los suelos. *Terra Latinoamericana* 22:485-497.
- Boots, B. and N. Clipson. 2013. Linking ecosystem modification by the yellow meadow ant (*Lasius flavus*) to microbial assemblage in different soil environment. *Eur. J. of Soil Biol.* 55:100-106.
- Briese, D.T., 1982. The effects of ants on the soil of a semi-arid salt bushland habitat. *Insectes Sociaux* 29, 375–386.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, and T. Tursina. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications, England.
- Frouz, J., M. Hole and J. Kalcik. 2003. The effect of *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) ant nest on selected soil chemical properties. *Pedobiologia* 47:205-212.
- Gorosito, N. B., P. Cumi, V. Hallaire, P. J. Folgarait and P. M. Lavelle. 2006. Morphological changes in *Camponotus punctulatus* (Mayr) anthills of different ages. *Geoderma* 132:249-260.
- Haitao, W., W. Donghui, L. Xianguo and Y. Xiaomin. 2010. Spatial distribution of ant mounds and effects on soil physical properties in wetlands of the Sanjiang plain, China. *Acta Ecologica Sinica* 30:270-275.
- ISRIC (Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos). 1995. Procedimientos para análisis de suelos. pp. 1-145. In: L. P. van Reeuwijk (ed.). Procedures for soil analysis. Trad. al español por M. C. Gutiérrez C., C. A. Tavaréz E. y C. A. Ortiz S. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Kay, C. A. and W. G. Whitford. 1974. Influences of temperatura and humidity on oxygen consumption of five chihuahuan desert ants. *Comp. Biochem. Physiol.* 52:281-286.
- Kasimova, R. G., Y. V. Obnosov, F. B. Baksht and A. R. Kacimov. 2013. Optimal shape of an anthill dome: Bejan's constructal law revisited. *Ecological Modelling* 250:384-390.
- Lal, R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 24: 101-116.
- Lavelle, P. y B. Pashanasi. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33, 283–291.
- Lobry de Bruyn, L. A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agric., Ecosystems and Environment* 74:425-441.
- Mehra, O. P. and M. L. Jackson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.* 5: 317-327.
- Nkem, J. N., L. A. Lobry de Bruyn, C. D. Grant and N. R. Hulugalle. 2000. The impact of ant bioturbation and foraging activities on a surrounding soil properties. *Pedobiologia* 44:609-621.
- Petal, J. 1998. The influence of ants on carbon and nitrogen mineralization in drained fen soils. *Applied Soil Ecology* 9:271-275.



DIVISIÓN II

- Salem, M. and F. D. Hole, 1968. Ant (*Formica exsectoides*) pedoturbation in a forest soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:563-567.
- Schön, S. J. 2011. Physical Properties of Rocks a Workbook. Handbook of Petroleum Exploration and Production. Montanuniversität, Leoben, Austria 494 pp.
- Wiken, E.B., L. M. Boersma, L. M. Lavkulich and L. Farstead.1976. Biosynthetic alteration in a British Columbia soil by ants (*Formica fusca*, Linne). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40, 422–426.
- Whitfor, E. G. 1978. Foraging in seed harvester-ants *Pogonomyrmex* spp. *Ecology* 59: 185-189.



FACTORES ASOCIADOS A LA BIOMASA MICROBIANA EN SUELOS CHINAMPEROS CON DIFERENTE USO

Reyes-Ortigoza, AL¹; Arroyo-Martínez, MC¹; Batlle-Sales, J². ; Galicia-Palacios.MS¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Laboratorio de Edafología. México, D.F. 04510.

² Universidad de Valencia España. Departamento de Biología Vegetal.

Autor Responsable: Amada Laura Reyes Ortigoza amadalaura@ciencias.unam.mx; Ciudad Universitaria Facultad de Ciencias. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Laboratorio de Edafología, Edificio A, Planta Baja Coyoacán, México, D.F. C.P 04510; Tel. +52(555)-6224922

Resumen

La investigación se realizó en la zona chinampera de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. De 75 muestras de suelo se seleccionaron 18 con diferente uso 5 sin trabajar, 5 cultivados, 5 con pastizales y 3 con tule. Se determinó biomasa y respiración microbiana así como CIC, Sales solubles e intercambiables, CE, pH, %C y N, también se extrajeron sustancias húmicas y se evaluó el contenido de carbono de AH, AF y huminas, se calcularon los índices E_4/E_6 y AH/AF. Se hicieron correlaciones de r y pruebas de Tuckey. Las correlaciones definieron que la biomasa microbiana, respiración, relación C/N y CIC dependen de manera importante de las características de salinidad (pH, CE y PSI) y evolución del humus (E_4/E_6 y AH/AF) en estos suelos con diferente uso.

El uso de suelo afecta la distribución de biomasa microbiana incrementándola en suelos de pastizal con mayor salinidad. La mayor evolución del humus fue en suelos más afectados por sales. La respiración menor se encontró en suelos con tule. Se concluyó que los factores que influyeron la distribución de biomasa microbiana en los suelos de chinampa fueron la salinidad y la evolución del humus. Y que la evolución del humus no disminuye con la salinidad. Los pastizales fueron los suelos con mayor salinidad, evolución de humus y biomasa microbiana. Y los de menor salinidad y biomasa los suelos sin trabajar y cultivados.

Palabras clave

Biomasa microbiana; chinampas, uso de suelo

Introducción

La biomasa microbiana es el componente vivo de la materia orgánica del suelo, representa la fracción lábil y responde rápidamente a la perturbación o recuperación del suelo (Rice et al., 1996; Ross et al., 2001). Sus valores se asocian a los microorganismos del suelo que juegan un papel importante en el desarrollo y conservación del suelo. Las alteraciones en la biomasa microbiana, como el descenso de la misma, parece estar determinado por propiedades de las comunidades microbianas, su tipología y actividad, así como por las condiciones climáticas y de manejo a las que se somete el suelo, más que a sus características edáficas (Van Gestel et al. 1991).

En la zona chinampera existen suelos que están contaminados por sales, debido al mal manejo con acumulación de desechos, al riego con aguas contaminadas, a la aplicación de fertilizantes y a la proximidad del área urbana. Sin embargo el origen antrópico de estas



chinampas que implicó acumulación de lodo extraído del fondo de la ciénega, así como la aplicación continua de espesos mantos de plantas acuáticas y estiércol o compostas han conferido características favorables a estos suelos, entre las que se pueden citar elevados porcentajes de materia orgánica hasta de 70g 100 g⁻¹ de suelo, altas capacidades de intercambio catiónico 90-100 cmol +kg⁻¹ que atenúan los efectos de salinidad (Reyes-Ortigoza y Calderón 2004).

El uso de suelo en la zona de chinampas ha cambiado a lo largo de su historia, actualmente existen muchas áreas abandonadas o sin trabajar, algunas que se trabajan con diferentes cultivos, muchas que se usan para ganadería y crecimiento de pastos y pocas que son naturales asociadas a tulares.

Con base en las características prevaecientes en la zona de chinampas y la importancia de la biomasa microbiana asociada a la perturbación, conservación y recuperación se planteó como Objetivo: Definir factores químicos, de salinidad o del humus que se asocian a los cambios de biomasa microbiana en suelos de chinampas con diferentes usos.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en la zona chinampera de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, entre los 19° 15' 11" y 19° 19' 15" LN y 99° 00' 58" y 99° 07' 08" LW. Se colectaron 75 muestras de suelo superficial de 0 a 20 cm dentro de una malla con puntos equidistantes, cada 500 m que abarcan 2657 ha. Se seleccionaron 18 muestras de suelo con diferente uso de suelo 5 de suelos sin trabajar, 5 de suelos cultivados, 5 de suelos con pastizales y 3 con suelos de tulares.

Para la determinación de la respiración y biomasa microbiana se usaron muestras húmedas y tamizadas en malla de 2 mm. La respiración se evaluó por la producción de CO₂ en un sistema cerrado, el CO₂ se atrapó en una solución de NaOH 0.5 M y se valoró con HCl 0.5M (García et al., 2003). La biomasa microbiana se evaluó por el método de Fumigación-Incubación, las muestras se someten a la acción fumigante de cloroformo, el carbono de la biomasa microbiana se determina por incrementó de CO₂ respirado de las muestras fumigadas frente a las no fumigadas (controles) el CO₂ se determinó como en el proceso de respiración (García et al , 2003).

Para las determinaciones químicas y de caracterización del humus Los suelos se secaron y tamizaron en malla de 2 mm. Se hicieron determinaciones de pH y conductividad eléctrica (C.E) Richards *et al* (1985), se determinó el carbono total (Ct) por el método de Walkley y Black, nitrógeno total (Nt) método de Kjeldahl, relación carbono nitrógeno, Na intercambiable, CIC y PSI por el método de Thomas.

Las sustancias húmicas (AH, AF y huminas) se extrajeron por el método de Kononova & Bel'chicova 1960, se determinó carbono de las fracciones húmicas por el método de Walkley y Black 1947. Con los AH una vez purificados se realizó el coeficiente de extinción óptica en el espectro visible, de 450 hasta 726 nm, con un espectrofotómetro PYE UNICAM 8600 UV/VIS para determinar la relación E₄/E₆. (van Reeuwijk 2002). Se realizaron correlaciones de R y Prueba de Tuckey para ver la asociación entre propiedades con la biomasa microbiana y las diferencias estadísticas entre grupos con usos de suelos distintos.



Resultados y Discusión

Los resultados mostraron valores mayores con diferencia significativa de biomasa microbiana en suelos con pastizal y menores en suelos sin trabajar e intermedios en suelos cultivados o con tulle (Tabla 1). Mientras que la respiración fue mayor en suelos sin trabajar y menor en suelos con tulle esto se asoció al mejor desarrollo de microorganismos en suelos no alterados por el manejo. El pH más alcalino se encontró en los suelos de pastizal y tulle mientras que los casi neutros o ligeramente ácidos se encontraron en suelos cultivados o sin trabajar. Los PSI mayores a 15 se encontraron en suelos con pastizal y el resto de usos de suelo variaron con valores de 6 a casi 8. Las relaciones C/N menores que implicaron mayor disponibilidad de carbono se encontraron en suelos de pastizal y cultivados, mientras que los suelos sin trabajar fueron los de mayores valores lo que implicó una mayor reserva de carbono al igual que los suelos con tulle. La CIC osciló de 50 a 60 y fue mayor en suelos cultivados o con tulle. Las características del humus definidas por las relaciones E_4/E_6 así como por el % C de AH/AF definieron una mayor complejidad en suelos de pastizal y una menor en suelos con tulle, mientras que los suelos sin trabajar o cultivados mostraron rangos parecidos (Tabla 1).

Tabla No.1 Propiedades biológicas, químicas y del humus en suelos chinamperos con diferentes usos

Uso suelo	Muestra	Biomasa	Respiración	pH	CE	PSI	C/N	E_4/E_6	AH/AF	CIC
Sin trabajar	1	1081.82	1.4	6.1	2.96	1.24	59.62	3.4	1.3	57.39
	2	551.72	0.83	6	12.16	18.64	28.76	6.35	0.07	59.94
	3	1061.86	1.05	6.6	4.53	6.79	51.75	4.89	0.83	29.32
	4	413.92	0.19	7.2	1.93	5.67	23.14	3.86	3.5	54.34
	5	511.94	0.18	7	3.65	1.79	11.38	5.15	1.46	63.77
		724.252	0.73	6.58	5.046	6.826	34.93	4.73	1.432	52.952
Cultivada	6	699.13	0.98	6	10.31	11.2	17.72	3.92	2	63.77
	7	328.64	0.9	6.9	3.06	4.26	20.53	3.87	0.93	53.55
	8	454.48	0.8	7.9	1.99	2.35	16.59	4.9	0.51	62.5
	9	942.45	0.26	7.7	2.12	5.31	14.43	4.89	1.5	59.94
	10	1752.06	0.23	7.8	8.94	10.92	9.76	3.96	0.35	67.6
		835.352	0.634	7.26	5.284	6.808	15.806	4.308	1.058	61.472
Pastizal	11	110.52	0.4	8.2	13.94	18.02	11.1	3.16	2.48	71.19
	12	1052.08	0.26	8.7	16.48	28.48	12.72	4.22	3.54	63.77
	13	1237.15	1.3	8.6	5.16	18.11	15.93	4.2	3.5	53.55
	14	2313.98	0.79	8.3	27.84	35.48	22.74	3.82	0.37	33.15
	15	691.49	0.23	8.4	1.91	1.42	23.5	3.96	0.008	40.13
		1081.044	0.596	8.44	13.066	20.302	17.198	3.872	1.9796	52.358
Tular	16	1263.42	0.56	8.5	6.13	15.16	48.28	6.62	1.57	61.22
	17	780.46	0.14	8.3	4.13	6.53	10.2	4.61	0.36	83.93
	18	409.75	0.09	7.9	3.54	1.85	4.26	3.96	0.08	43.73
		817.88	0.263	8.233	4.6	7.85	20.91	5.06	0.67	62.96

Nota: CIC en cmol Kg^{-1} , pH en H_2O 1:2.5, CE en dS m^{-1} , Respiración en $\text{mgC-CO}_2/10$ g suelo, Biomasa microbiana en μgCg^{-1} suelo.

Las correlaciones por grupo de uso de suelo mostraron en biomasa una correlación importante con la CE y el PSI, así como una correlación alta de 0.93 con las características del humus E_4/E_6 y 0.67 con AH/AF (Tabla 2). La respiración se asoció con C/N y a las características del humus E_4/E_6 y AH/AF y PSI, la relación C/N se asoció al PSI y CE; la relación C/N, al igual que las características del humus y la CIC se asociaron también con CE y PSI. Finalmente el pH se asoció a las características del humus y a la CIC. (Tabla 2)



DIVISIÓN II

Tabla No.2. Correlaciones R valores de determinaciones sin agrupar por uso de suelo

	Biomasa	Respiración	CE	PSI	C/N	E4/E6	AH/AF	CIC	pH
Biomasa	0	0.4133	0.021345	0.016085	0.37515	0.93299	0.66871	0.23994	0.29439
Respiración	0.20551	0	0.7806	0.62764	0.0085295	0.90414	0.74659	0.2593	0.06696
CE	0.53776	0.07064	0	7.37E-08	0.65554	0.62683	0.8431	0.6307	0.46278
PSI	0.5581	0.1227	0.91877	0	0.76066	0.9151	0.25759	0.77321	0.16393
C/N	0.22237	0.59964	-0.11291	-0.077235	0	0.30552	0.8084	0.1416	0.09644
E4/E6	0.021348	-0.030574	-0.12299	0.027065	0.25583	0	0.39998	0.70019	0.79383
AH/AF	-0.10834	0.081916	0.050229	0.28161	-0.061517	-0.2113	0	0.40985	0.51442
CIC	-0.29185	-0.28064	-0.12162	-0.07308	-0.36055	0.097545	0.207	0	0.76684
pH	0.26159	-0.44101	0.18484	0.34266	-0.40392	-0.06629	0.16442	0.075187	0

La tabla de correlaciones por grupo de uso de suelo mostró una asociación positiva de la biomasa microbiana con la CE, PSI, pH y relación AH/AF, mientras que hubo una correlación negativa con las relaciones E₄/E₆ y C/N.

La respiración fue asociada a la biomasa microbiana por su correlación positiva al igual que con la relación AH/AF y por su correlación negativa con la CIC y el pH. (Tabla 3).

La CE se correlacionó de forma positiva con respiración, PSI, pH, AH/AF y de forma negativa con E₄/E₆ y CIC. El PSI se correlacionó de forma positiva con respiración, pH y AH/AF y de forma negativa con CIC y relación E₄/E₆. La relación C/N mostró correlaciones positivas con respiración, CE y PSI y negativa con el pH. La relación E₄/E₆ tuvo correlaciones positivas con la relación C/N y CIC y negativas con AH/AF. La relación AH/AF mostró correlaciones positivas con C/N y negativas con CIC. La CIC mostro correlaciones positivas con biomasa y C/N. El pH mostró correlaciones positivas con E₄/E₆, AH/AF y CIC.

Tabla No. 3. Correlaciones R con promedios de grupos por uso de suelo.

	Biomasa	Respiración	CE	PSI	C/N	E4/E6	AH/AF	CIC	pH
Biomasa	0	0.95308	0.055604	0.046892	0.34404	0.19875	0.35239	0.66693	0.22989
Respiración	-0.046922	0	0.80899	0.93992	0.64474	0.47757	0.36519	0.3249	0.32716
CE	0.9444	0.19101	0	0.010059	0.61333	0.15916	0.14657	0.37551	0.41709
PSI	0.95311	0.060077	0.98994	0	0.60229	0.23682	0.20777	0.42804	0.32572
C/N	-0.65596	0.35526	-0.38667	-0.39771	0	0.51415	0.95618	0.55712	0.30496
E4/E6	-0.80125	-0.52243	-0.84084	-0.76318	0.48585	0	0.18514	0.4794	0.74557
AH/AF	0.64761	0.63481	0.85343	0.79223	0.043823	-0.81486	0	0.086431	0.9164
CIC	-0.33307	-0.6751	-0.62449	-0.57196	-0.44288	0.5206	-0.91357	0	0.83189
pH	0.77011	-0.67284	0.58291	0.67428	-0.69504	-0.25443	0.083597	0.16811	0

Las correlaciones señaladas definieron que la biomasa microbiana, respiración, relación C/N y CIC dependen de manera importante de las características de salinidad (pH, CE y PSI) y evolución del humus (E₄/E₆ y AH/AF) en los suelos con diferente uso de chinampas.

El uso de suelo afecta la distribución de biomasa microbiana incrementándola en suelos de pastizal con mayor salinidad, atribuible al desarrollo de especies que se adaptan a condiciones adversidad.

La mayor evolución del humus en suelos más afectados por sales definió que la salinidad no impide el desarrollo de moléculas complejas del humus.

La respiración menor en suelos de tule se atribuyó a los ambientes más anóxicos del lugar



Conclusiones

Los factores que influyeron la distribución de biomasa microbiana en los suelos de chinampa fueron la salinidad y la evolución del humus.

La evolución del humus no disminuye con la salinidad en los suelos de chinampa

La salinidad y evolución del humus mostró correlaciones positivas con la relación C/N y CIC.

Los pastizales fueron los suelos con mayor salinidad, evolución de humus y biomasa microbiana. Y los de menor salinidad y biomasa los suelos sin trabajar y cultivados.

Agradecimientos

A la DGAPA de la UNAM por el financiamiento para esta investigación a través del Proyecto PAPIIT IN 218512. "Índices de Calidad en Suelos de Humedal de Tláhuac, Xochimilco y San Gregorio Atlapulco".

Bibliografía

García, I., Gil, S.F., Hernández, F.T., Trasar, C.C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: Medidas de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Mundi Prensa, Madrid, España.

Kononova, M., N. P. Bel'chikova 1960 Investigations on the nature of soil humic substances. Soviet Soil Science 11: 1149- 115.

Reyes-Ortigoza, A.L. y García-Calderón, N.E. 2004. Evolución de las fracciones húmicas de suelos en la zona chinampera de la ciudad de México. *Terra Latinoamericana* 22 (3):289-298.

Rice, C.W., Moorman, T.B. & Beare, M. —1996— Role of Microbial biomass C and N in soil quality In: Doran, J.W. Jones, A.J. (Eds). *Methods for assessing soil quality SSSA, Madison, Wisconsin. Special Publication 49:203-216.*

Ross, U., Joergensen, K. & Chandler, K. —2001— Effects of Zn enriched sewage sludge on microbial activities and biomass in soil—*Soil Biol. Biochem.* 33:633-638

Van Gestel, M., Ladd, J.N. & Amato, M. —1991— Carbon and Nitrogen mineralization from two soils of contrasting texture and micro aggregate stability: influence of sequential fumigation, drying and storage—*Soil Biol. Biochem.* 23:313-322.

van Reeuwijk L. P (ed) 2002 *Procedures for Soil Analysis*. Sixth edition, International Soil Reference and Information Centre. ISRIC, FAO Netherlands.



EFFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL TIEMPO DE GERMINACIÓN DE *Ligustrum japonicum*

Bolívar-Duarte, M^{1*}; Cepeda-Dovala, J M²; Rodríguez-Gutiérrez, L³; Antonio-Bautista, A⁴;
Del Toro-Jáuregui, IJ⁵; Quintero-González, M M⁶

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coah.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Estadística y Cálculo. Buenavista, Saltillo, Coah.

⁴Secretaría del Medio Ambiente. Saltillo, Coah. México.

⁵Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coah.

⁶Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Gral. Escobedo, N. L.

*Autor responsable: m_bolivard@hotmail.com; Calle Lerdo de Tejada Núm.570, Col. Zona Centro, Saltillo, Coah. México. CP 25000; Tel. +52(844)-410-1072

Resumen

La salinidad se presenta en las zonas áridas y semiáridas, siendo uno de los problemas ambientales más antiguos considerado como un factor limitante en la germinación y establecimiento de la mayoría de las plantas. El uso de aguas residuales tratadas se ha enfocado al sector agrícola, siendo una alternativa importante el reuso en la producción forestal. En el caso de la germinación la semilla reduce su velocidad de imbibición presentando una disminución en esta etapa; esto se debe al efecto osmótico. Por lo que el objetivo planteado fue, evaluar el efecto del, CaCl_2 , MgCl_2 y NaCl en *Ligustrum japonicum* (trueno) con 5 niveles de salinidad (1, 2, 3 y 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) y un tratamiento extra como testigo (agua destilada) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4 con tres repeticiones cada uno. Se planteó evaluar el tiempo de germinación a los 70 días, contabilizándose cada 14 sin lograr el 100 por ciento de semillas germinadas. En los resultados se observó que el CaCl_2 aceleró la germinación ya que esta inició a los 28 días en todos los niveles, no así el MgCl_2 que sólo lo hizo con 2 y 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El mayor retraso lo tuvo con NaCl , ya que se inició el día 42 en las tres primeras concentraciones y en la última en el día 56. Con lo anterior se demuestra que niveles altos de salinidad retardan la germinación.

Palabras clave

Salinidad; días a la germinación; *Ligustrum japonicum*

Introducción

En zonas áridas y semiáridas la salinidad de los suelos, provocada por la mala calidad del agua, así como por su uso ineficiente, los degrada afectando su productividad. Esto debido a la inhibición de la germinación y el crecimiento de las plantas, reduciendo el rendimiento y la calidad del producto. El agua utilizada en el sector agrícola puede provenir de la lluvia, superficial de escorrentía, agua municipal y agua de drenaje tratada, dependiendo de las características y limitaciones de suelo, condiciones y prácticas agrícolas.

La salinización es un proceso donde las sales más solubles por lo general se tratan de cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio. Lo que se traduce en valores muy altos de la



presión osmótica en la solución del suelo, afectando el crecimiento de la mayoría de los cultivos (Layne *et al.*, 2007).

Las plantas están sometidas frecuentemente a situaciones desfavorables para su desarrollo y funcionamiento óptimo ocasionadas por alteraciones en el medio ambiente. Para Porta *et al.* (1999) el estrés salino provoca cambios fisiológicos y bioquímicos en el metabolismo de las plantas, que determinan su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones, para lo cual las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia.

En el caso de la semilla se reduce su velocidad de imbibición y por ende se presenta una disminución en la velocidad de la germinación, debido al efecto osmótico. Los procesos de división y elongación celular también pueden presentar alteraciones, así como la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso germinativo (González y Ramírez, 1996). El uso de aguas residuales tratadas se ha enfocado principalmente al sector agrícola seguido por el piscícola, pero cabe señalar que otra alternativa donde se emplea el agua de reuso es la producción forestal.

Jiménez (2010) especifica que niveles moderados y altos de salinidad generalmente además de retardar la germinación afecta el porcentaje de emergencia de las plántulas, aunque especifica que depende del cultivo forestal y el tipo de sal presente. La salinidad limita los procesos germinativos y fisiológicos de los cultivos afectando la velocidad de germinación de las semillas germinadas. Por ello en el presente trabajo se buscó evaluar el efecto de CaCl_2 , MgCl_2 y NaCl en *Ligustrum japonicum* (trueno) con 5 niveles diferentes de salinidad: 1, 2, 3 y 4 dS.m^{-1} y un tratamiento extra como testigo (agua destilada) sobre el tiempo de germinación.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de Junio a septiembre del 2013 en el Laboratorio de Análisis de Calidad de Semilla del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila, perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente del gobierno del estado de Coahuila de Zaragoza. Ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera a Zacatecas en la Ciudad de Saltillo. Geográficamente sus coordenadas son: Latitud 25°22'29.7" Norte y Longitud 101°00'42.7" Oeste a 1757 msnm.

La preparación de los tratamientos se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La semilla empleada de *Ligustrum japonicum* perteneciente a la reserva del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila, recolectada en Enero 2012 procedente del Parque Central de Parras de la Fuente, Coah.

Se colocaron 20 semillas en cada caja Petri de plástico de 100 x 15 mm en una cama de algodón y papel filtro esterilizado; se regaron con los dos tipos de sal: Cloruro de Calcio (CaCl_2) Cloruro de Magnesio (MgCl_2) y Cloruro de Sodio (NaCl) en sus cuatro concentraciones: 1, 2, 3 y 4 dS.m^{-1} y el tratamiento de agua destilada (testigo); repitiéndose cada uno de ellos tres veces, siendo considerada cada caja como una unidad experimental. Se introdujeron a una cámara de germinación de alta capacidad con las siguientes condiciones; temperatura de 25° C, humedad del cinco por ciento y 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, por un periodo de 70 días.

Las variables evaluadas fueron: germinación fisiológica, utilizándose el modelo estadístico completamente al azar con arreglo factorial 3x4 con un tratamiento extra, teniendo como factor



A los tipos de sales y factor B los niveles de salinidad.

Los resultados de las variables evaluadas estuvieron expresados en conteo directo, por lo que fueron transformados como lo recomienda Steel y Torrie (1988) mediante la siguiente ecuación:

Transformación logarítmica.

$\log (y)$

Donde:

(y) es el valor entero y positivo del dato a transformar.

Debido a que las variables evaluadas presentaron valores de cero se realizó un ajuste empleándose la siguiente ecuación:

$\log (y+1.5)$

El análisis estadístico se realizó utilizando el software de hoja de cálculo Excel 2013 para obtener el análisis de varianza (ANOVA), en cada caso según la variable evaluada y se procedió a hacer la prueba estadística de comparación de medias con la prueba de "Tukey" cuando fue necesario.

Resultados y Discusión

A pesar de que para el presente experimento se determinó a un plazo de 70 días para la germinación de *L. japonicum* en ninguno de los tratamientos se logró obtener el 100 por ciento de semillas germinadas. Los conteos se realizaron cada 14 días. Si tomamos en cuenta los días que tardó la semilla para germinar en condiciones normales (testigo) podemos decir que el CaCl_2 aceleró la germinación de las mismas en todas las concentraciones a los 28 días (Figura 1).

En la Figura 2, correspondiente al MgCl_2 y testigo, la germinación se inició a los 28 días en las concentraciones de 2 y 4 dS m^{-1} con un porcentaje igual entre los dos primeros e incrementándose en éste último; se observó que a los 42 días hubo germinación en todas las concentraciones siendo mayor en el de 4 dS m^{-1} , pero menor que el testigo. Al final del trabajo (70 días) el porcentaje se incrementó con la concentración de sal, siendo igual en 3 y 4 dS m^{-1} .

Con el NaCl la germinación inició el día 42 en las concentraciones 1, 2 y 3 dS m^{-1} y en el nivel más alto (4 dS m^{-1}) se presentó hasta el día 56; coincidiendo con Jiménez (2010) en que la concentración alta de sal retarda la germinación (Figura 3).

DIVISIÓN II

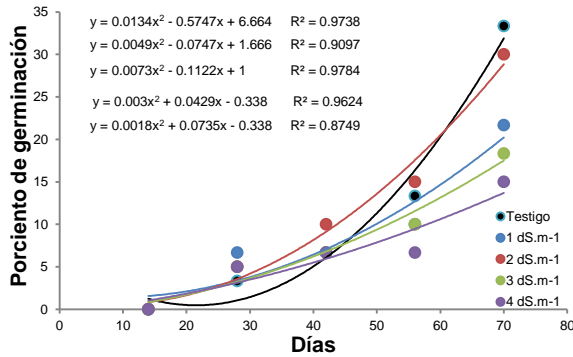


Figura 1. Porcentaje de germinación fisiológica con CaCl₂

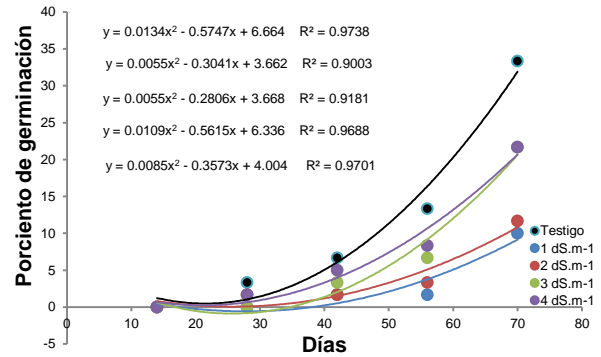


Figura 2. Porcentaje de germinación fisiológica con MgCl₂

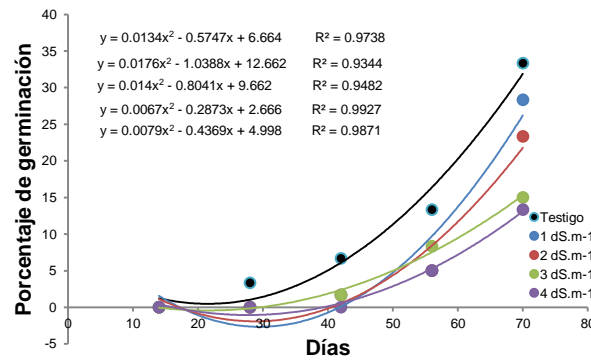


Figura 3. Porcentaje de germinación fisiológica con NaCl

Conclusiones

El presente estudio demuestra que la presencia de Cl⁻ y Na⁺ producen estrés hídrico, toxicidad iónica y desequilibrio nutrimental, ya que intervienen en la nutrición mineral afectando el metabolismo celular, teniendo como consecuencia la turgencia y elongación, hasta la pérdida de la estructura celular y disminución de la actividad enzimática, iniciando con los porcentajes de germinación, tiempo de germinación (días) terminando con la afectación en el rendimiento de los cultivos.

Bibliografía

- González, L. y R. Ramírez. 1996. Respuesta de *Terannus labilis* diferentes niveles de salinidad durante la germinación y crecimiento. *Cultivos Tropicales* 17(3):17–19.
- Jiménez, A. A. 2010. Evaluación de Diferentes Tipos y Niveles de Sales Sobre la Germinación de Pino (*Pinus Greggii*) Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 49 p.
- Layne Garsaball, J. A., Rafael Méndez, J., & Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Temas Agrarios*, 12(2).
- Porta C.; López-Acevedo R. y Roquero De L. 1999. *Edafología*. Mundi-Prensa, Madrid, p454; 657-705
- Steel, R. G. C. y Torrie, J. H. 1988. *Bioestadística principios y procedimientos* 2° edición 1988- México McGraw-Hill Pp. 163, 228-229.



PRODUCCIÓN DE AJO BAJO DOS FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN AMBIENTE PROTEGIDO

Carballo-Méndez, FJ^{1*}; Rodríguez-Ortiz, JC²; Alcalá-Jáuregui, JA²; Ruiz-Espinoza, FH¹; Rodríguez-Fuentes, H³ y Zamora-Salgado, S¹

¹ Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Agronomía. La Paz, Baja California Sur. México.

² Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México.

³ Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Escobedo, Nuevo León, México.

*Autor responsable: ing.fercarballo@hotmail.com; Carretera al sur km.5.5, Col. El Mezquitito, La Paz, B.C.S. C.P. 23080. Tel. +52(612)-123-8800

Resumen

El objetivo del experimento fue evaluar la producción de ajo orgánico en ambiente protegido, bajo dos frecuencias de riego. El experimento se realizó en el Rancho El Rosario, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México, ubicado en las coordenadas 22° 10' 29" latitud norte y 100° 55' 02' longitud oeste, a una altitud de 1870 msnm. Se desarrolló dentro de un invernadero tipo túnel de baja tecnología. Se evaluaron dos tratamientos, basados en las frecuencias de riego utilizadas para la producción de tomate orgánico en suelo y sustrato, establecido en la misma estructura de protección. El tratamiento 1 fue la frecuencia de riego para suelo, mientras que el tratamiento 2 fue frecuencia de riego para sustrato. Las variables evaluadas fueron: a) rendimiento, b) peso de bulbo, c) diámetro de bulbo, d) número de dientes por bulbo, e) peso de diente, f) porcentaje de bulbos por categoría comercial y g) eficiencia en el uso del agua. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con diez repeticiones cada uno. Estadísticamente no existen diferencias significativas en el rendimiento, 0.58 kg m⁻² y 0.52 kg m⁻², para tratamiento 1 y 2, respectivamente. Sin embargo, se observan valores superiores en un 7.5 %, promedio, para el tratamiento 1; el mismo tratamiento resultó ser superior estadísticamente, con un 22.3%, en eficiencia en el uso del agua. La producción de ajo exportable fue estadísticamente similar en ambos tratamientos, siendo el 43.5% y 37.8% de la producción del tratamiento 1 y 2, respectivamente.

Palabras clave

Riego por goteo, agricultura orgánica, ambiente protegido.

Introducción

Actualmente, las condiciones climáticas se han convertido en un factor de impacto negativo en la producción de ajo en México, ya que dichas condiciones se han modificado afectando el crecimiento y desarrollo del cultivo en campo abierto; en este contexto, resulta fundamental conocer las condiciones que aseguren la máxima eficiencia en el uso del agua por los cultivos (Lipinski, *et al.*, 2009; Narváez-Ávila, 2015). El manejo del agua de riego en zonas de escasez de agua tiene que ser llevada a cabo eficientemente, con el objetivo de ahorrar agua y maximizar su productividad o eficiencia de uso (Macías-Duarte *et al.*, 2010).



DIVISIÓN II

El objetivo de la tecnificación de los riegos presurizados es el de aumentar la eficiencia de conducción y aplicación del agua de riego y lograr una mayor uniformidad del agua que requieren los cultivos. Estas tecnologías presentan ventajas pero también dudas y preguntas a los productores, como lo son el cuándo y cuánto regar. El riego por goteo ofrece muchas ventajas como un método de aplicación de agua para la producción de hortalizas, pues se favorece el ahorro de agua debido al humedecimiento de sólo una fracción del volumen total de suelo que incluye el de mayor actividad radicular (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

El ajo es un cultivo que se está tecnificando debido a su rentabilidad; la tecnología más implementada es el riego por goteo, logrando incrementos en la producción y calidad (Bravo, 2008). El manejo del agua es uno de los factores que más afectan el rendimiento de ajo. Es conocido que el volumen de agua aplicado y el método de riego influyen en el rendimiento y en la calidad de la producción de ajo, como consecuencia del régimen de humedad del suelo (Barrios-Díaz *et al.*, 2006). Además, bajas eficiencias en el uso de agua de riego, llevan a una disminución en la productividad del cultivo (Bravo, 2008). Por otra parte, el tamaño del bulbo de ajo es el parámetro de calidad comercial más generalizado y el conocimiento del efecto del manejo del régimen de humedad en el suelo sobre la distribución del rendimiento por calibre de bulbo, puede permitir a los agricultores tener una referencia para establecer sus metas de producción con base en la disponibilidad de agua para riego y sistema de riego seleccionado (Barrios-Díaz *et al.*, 2005; Barrios-Díaz *et al.*, 2006). Por lo anterior y debido a las implicaciones técnicas de los sistemas protegidos, del manejo y conservación de suelo y agua, de la productividad y sustentabilidad de la agricultura, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de dos frecuencias de riego sobre la producción del cultivo de ajo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el Rancho El Rosario, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México, ubicado en las coordenadas 22° 10' 29" latitud norte y 100° 55' 02' longitud oeste, a una altitud de 1870 msnm. Se desarrolló dentro de un invernadero tipo túnel de baja tecnología (traspatio), 250 m² (10 m de ancho por 25 m de largo y 5 m de alto), con ventanas laterales de 1.5 m de alto, con cubierta de polietileno color blanco. La siembra se llevó a cabo el 26 de septiembre del 2013 y la cosecha el 15 de febrero del 2014. Se utilizaron dientes mediados de ajo, variedad criolla, blanco tipo california, precoz, de categoría mediana. La densidad establecida fue aproximadamente de 277,500 plantas ha⁻¹, en parcelas experimentales de 3 m², con un arreglo topológico de 0.08 m entre plantas, a doble hilera (0.3 m entre hileras) y 0.9 m entre camas.

Se evaluaron dos tratamientos, basados en las frecuencias de riego utilizadas para la producción de tomate orgánico en suelo y sustrato, establecido en la misma estructura de protección. En el caso del tratamiento 1 (frecuencia de riego para suelo), la tensión para aplicar el riego fue entre 12 y 14 kPa. En el tratamiento 2 (frecuencia de riego para sustrato), se aplicaron en promedio dos riegos por día, el primero entre las 9:00 y las 10:00 am, y el segundo poco después de las 15:00 horas. En el tratamiento 1 se realizaron 50 riegos, con un volumen aplicado de 100.07 l m⁻², mientras que en el sistema 2 fueron 97 riegos, con un volumen de 112.77 l m⁻².

Las variables evaluadas fueron: a) rendimiento (kg m⁻²), b) peso de bulbo (gr), c) diámetro de bulbo (mm), d) número de dientes por bulbo, e) peso de diente (gr), f) porcentaje de bulbos por categoría, y g) eficiencia en el uso del agua (EUA) (kg m⁻³). Para el caso de porcentajes por



DIVISIÓN II

categoría, se clasificó de acuerdo con su diámetro ecuatorial en los calibres comerciales de la Asociación de Productores y Exportadores de Ajo y la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006, en: No exportable, que son los calibres 3, 4 y 5 (< 45 mm), y Exportable, calibres 6,7,8 y 9, que equivale a: Gigante (45 a 50 mm), Jumbo (50 a 55 mm), Extra jumbo (55 a 60 mm), Súper jumbo (60 a 65 mm), respectivamente (Secretaría de Economía, 2006 y Reveles-Hernández et al., 2009). Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar. Cada bloque tenía una área de 3 m², con 9 repeticiones por tratamiento; de cada bloque y repetición, se tomaron diez plantas al azar, que fueron la parcela útil. Los análisis se realizaron en el paquete de diseños experimentales de la FAUANL (Olivares, 1994). En el caso de los porcentajes, se les realizó una transformación mediante el procedimiento sugerido por Reyes (1992), con el objetivo de que los datos sean más confiables, las varianzas más homogéneas y el coeficiente de variación más bajo.

Resultados y Discusión

Estadísticamente no existen diferencias significativas en el rendimiento. Sin embargo, se observan valores superiores para el tratamiento 1, con un 10.63%, 11.18%, 3.05%, 5.39% y 7.29%, para peso de bulbo, diámetro de bulbo, número de dientes y peso de diente, respectivamente. En la eficiencia en el uso de agua, estadísticamente el tratamiento 1 fue superior, siendo 22.30 % más eficiente (cuadro 1). Barrios-Díaz *et al.*, (2006), mediante riego por goteo en un intervalo de tensión entre 10-20 kPa, rango en el cual se encuentra la tensión utilizada en este trabajo (12-14 kPa), obtuvo una EUA de 5.21 kg m⁻³, dichos autores encontraron que en el rango de 20-30 kPa de tensión, se presenta la mayor eficiencia en el uso del agua, y que por arriba de 30 kPa y debajo de 10 kPa, el rendimiento disminuye significativamente. Huez-López *et al.*, (2009), obtuvieron una EUA de 4.25 kg m⁻³, prácticamente con la misma densidad de siembra; dichos resultados representan un 11.3% y 36.5% menos en comparación con el tratamiento 1, y un 10 % más y 11.3% menos con el tratamiento 2, respectivamente.

Cuadro 1. Análisis estadístico de las variables en estudio.

Tratamiento	Rendimiento	Crecimiento				
		Peso de bulbo	Diámetro de bulbo	Número de dientes	Peso de diente	EUA
1	0,58 (a)	26.05 (a)	43.51 (a)	17.98 (a)	1.47 (a)	5,80 (a)
2	0,52 (a)	23.43 (a)	42.22 (a)	17.06 (a)	1.47 (a)	4,73 (b)
C.V.	14.27	14.45	5.81	7.79	13.68	14.37

Medias con distinta lateral dentro de una misma línea son significativamente diferentes (P≤0.05).

C.V.: coeficiente de variación.

En la categorización de los bulbos, los resultados muestran una producción de clase de exportación del 42.5 % y 37.4%, de los bulbos, del tratamiento 1 y 2, respectivamente, siendo estadísticamente iguales. Los bulbos de calidad para exportación, presentaron un comportamiento diferente para cada categoría.; la categoría la gigante (45 a 50 mm de diámetro), la presentó el mayor porcentaje de producción en ambos tratamientos, sin que exista diferencia significativa; las clases jumbo y súper jumbo, fueron estadísticamente superior en el tratamiento 1, caso contrario para la clase extra jumbo (cuadro 2).



DIVISIÓN II

Cuadro 2. Análisis estadístico de la categorización comercial de bulbos.

NMX-FF-018- SCFI-2006 APEA	Categorías								
	No exportable				Exportable				Total
	3	4	5	Total	6	7	8	9	
					Gigante	Jumbo	Extra Jumbo	Super Jumbo	
1	9.77 (b)	19.22 (a)	28.48 (a)	57.47 (a)	21.12 (a)	13.16 (a)	4.55 (b)	3.70 (a)	42.53 (a)
2	17.44 (a)	21.41 (a)	23.79 (b)	62.64 (a)	23.01 (a)	9.36 (b)	3.55 (a)	1.45 (b)	37.36 (a)
C.V.	5.88	18.9	6.25	12.4	16.24	1.03	3.31	3.31	18.92

NMX-FF-018-SCFI-2006: Normal Oficial Mexicana para comercialización de ajo.

APEA: Asociación de Productores y Exportadores de Ajo.

Medias con distinta lateral dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

C.V.: coeficiente de variación.

Conclusiones

Los resultados muestran que estadísticamente los dos tratamientos son iguales para las variables de rendimiento, notándose una superioridad de alrededor del 7.5% del tratamiento 1 (frecuencia de riego para suelo, basada en una tensión de entre 12 y 14 kPa, para aplicar el riego). El tratamiento 1 fue estadísticamente más eficiente en el uso del agua, superando al tratamiento 2 (frecuencia de riego para sustrato, aproximadamente 2 riegos por día), en un 22.3%. El rango de tensión de humedad del suelo, comprendido entre 12 y 14 kPa, resulta una tensión adecuada para realizar los riegos, ya que se obtiene una buena eficiencia en el uso del agua, en este caso de 5.8 kg m^{-3} .

Agradecimientos

Al señor José Fernando Delgadillo Martínez, propietario del Rancho El Rosario, por permitir llevar a cabo el presente experimento en sus instalaciones.

A la empresa Agro Riego San Luis por facilitar el material y equipo para el desarrollo del presente trabajo.

A PROMEP-SEP por su apoyo a la red de agricultura sostenible de la zona centro y norte de México (ASOCEN). Proyecto UASLP-CA-209 convenio PROMEP/103.5/13/6908.

Bibliografía

- Barrios-Díaz, J. M., Larios-García, M. C., Castellanos, J. Z., Alcántar-González, G., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., Tijerina-Chávez, L., & Cruz-Romero, W. 2005. Rendimiento y calidad de ajo con diferente manejo del riego por goteo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), 233-239.
- Barrios-Díaz, J. M., Larios-García, M. C., Castellanos, J. Z., Alcántar-González, G., Tijerina-Chávez, L., & de las Nieves Rodríguez-Mendoza, M. 2006. Efecto del sistema de riego y tensión de humedad del suelo en rendimiento y calidad del ajo. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 75-81.
- Bravo, L. A. 2008. Ajo. Metodología de riego por goteo. Eficiencia y productividad. Disponible en: www.inifapzac.sagarpa.gob.mx
- Huez-López, M. A., Preciado, F. A., López, E. J., Álvarez, A., Jiménez, J. & Valenzuela, P. (2009). Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. *BIOtecnia*, Mayo-Agosto, 11(2), 3-12.
- Lipinski, V.M.; Gaviola, S.; & Portela, J.A. 2009. Efecto del déficit de riego controlado en diferentes estadios del



DIVISIÓN II

- cultivo sobre el rendimiento de ajo colorado y castaño. Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/pdf/cra-vferti/cra-ryd-16-Lipinski-2.pdf>. Consultado: 15/02/2012.
- Macías-Duarte, R., Grijalva-Contreras, R. L., & Robles-Contreras, F. (2010). Productividad y calidad de variedades de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. *BIOTecnia*, Enero-Abril, 12(1), 44-54.
- Narvárez-Ávila, S. 2015. Declive indetenible en producción de ajo. *Panorama informativo de los Estados* (2015-05-12). SAGARPA. 45 p.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, Nuevo León, México.
- Reyes, C. P. 1992. Diseño de experimentos aplicados: Agronomía, Biología, Química, Industrias, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud. Ed. Trillas., pp 299-335.
- Reveles-Hernández, m., Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. *Libro técnico no. 11*. Inifap. Zacatecas, México. 272 p.
- Secretaría de economía. 2006. NMX-FF-018-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - especie -ajo (*Allium sativum* L.) – especificaciones. 11 p.



BIORREMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE CELDAS DE TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

Hernández-Sánchez, K¹; Jiménez-Salgado, T¹; Mauricio-Gutierrez, A²; López -Reyes, L¹
Aguilar-Torres O¹; Tapia-Hernández, A^{1*}

¹Lab. de Microbiología del Suelo, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas-ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. México.

²Catedra-CONACYT- Comisionada a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México D.F.México.

*Autor responsable: armando.tapia@correo.buap.mx; Edificio 103-J Ciudad Universitaria, Boulevard San Claudio, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP 72570; Tel. +52(222)-229-5500 ext. 2558

Resumen

La sociedad actual depende en gran medida del petróleo para generar energía y materias primas para la industria. Sin embargo, durante la exploración, explotación, transporte y refinación se genera contaminación a los ecosistemas agua y suelo. El sureste de México es particularmente sensible a los derrames por accidentes y daños a los ductos. En este trabajo se trataron lixiviados de celdas de biorremediación de suelo contaminado con petróleo crudo. Los tratamientos consistieron en la aplicación fertilización inorgánica (nitrógeno y fósforo), dos fertilizantes orgánicos comerciales (composta y "biol-degradador") y la inoculación con cepas bacteriana degradadoras de hidrocarburos (11BB y 11BR), con tres concentraciones iniciales de Hidrocarburo Totales de Petróleo (HTP) 3500,5000 y 10,000 ppm. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente, durante diez días. La adición de fertilizantes químicos u orgánicos favoreció la degradación de los hidrocarburos. En todos los tratamientos se presentó una disminución en el porcentaje de degradación respecto al incremento en la concentración del hidrocarburo. El tratamiento con composta tuvo las mayores degradaciones en las concentraciones de 3500 y 5000 ppm, (86.63 y 84.29% respectivamente), sin embargo, con 10000 ppm la bioaumentación con bacterias degradadoras presentó la mejor degradación con el 79.48 %. Los resultados obtenidos sugieren que la bioaumentación y bioestimulación son técnicas que pueden ser empleadas para eliminar el contenido de hidrocarburos en agua o lixiviados, como sería en el tratamiento de aguas residuales de estaciones de servicio.

Palabras clave

Biorremediación; Lixiviados; Bioaumentación

Introducción

La demanda de energía actualmente es satisfecha en gran medida por los combustibles fósiles, por lo que la industria petroquímica es de importancia mayor a nivel mundial. Sin embargo, la industria petrolera tienen fuertes impactos negativos al ambiente, ya que durante la exploración, extracción, transporte, almacenamiento y refinación (Bravo E. 2007). México no es ajeno a esta problemática, de acuerdo a la Comisión Nacional de hidrocarburos entre el 2000 y 2014 se han derramado 14,836,025 litros de petróleo crudo, siendo Tabasco y Veracruz los estados de mayor afectación.

La aplicación de técnicas de biorremediación ha demostrado ser una alternativa viable para la recuperación de sitios contaminados por compuestos orgánicos y particularmente de



hidrocarburos del petróleo. Entre las tecnologías más ampliamente usadas en la biorremediación de suelo contaminado está tratamiento en celdas, en las cuales se puede aplicar bioaumentación o bioestimulación (Baker, 1994).

Las investigaciones en la biorremediación de aguas superficiales contaminadas con hidrocarburos o lixiviados son escasas. En el presente trabajo se evaluó la biodegradación de hidrocarburos en lixiviados de celdas de tratamiento de suelo contaminado con petróleo crudo por bioaumentación con cepas degradadoras de hidrocarburos y por bioestimulación con fertilizantes inorgánicos y fertilizantes orgánicos.

Materiales y Métodos

Las muestras lixiviados se tomaron de celdas de tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos del estado de Tabasco afectados por derrames de petróleo, y enviadas al laboratorio en contenedores de plástico; las cuales presentaban hidrocarburo libre en la superficie, así como suelo en el fondo. Se separaron las fases para extraer el lixiviado, el cual se mantuvo en un bote a temperatura ambiente. A una muestra representativa del lixiviado se le determinó: pH, Conductividad, DBO, DQO, Nitrógeno Total y Contenido de fósforo. El contenido de hidrocarburos cuantificó como hidrocarburos totales de petróleo de acuerdo al método EPA 418.1 modificado en que se utilizó tetracloroetileno como solvente y se leyó por espectrofotometría de infrarrojo a 2980nm.

Las bacterias utilizadas para la bioaumentación fueron las cepas 11BB y la 11BR de la colección del laboratorio de Microbiología del Suelo-BUAP, asiladas de recortes de perforación. El "biol-degradador" y la composta comercial fueron de marca Mave, a los que también se les determinó la población microbiana por número más probable en placa.

El ensayo experimental se estableció con 300 ml del lixiviado en frascos de vidrio con tapa de plástico con capacidad de 500ml, los cuales se aplicó aireación (500ml de aire/minuto) el ensayo se llevó a cabo por triplicado durante 10 días a temperatura ambiente. Se ajustó la concentración de hidrocarburos a los 3 niveles de contaminación 3500; 5000 y 8600 ppm con hidrocarburo libre recuperado y se mantuvo relación C:N:P, 100:10:1. Para bioestimulación con fertilizantes orgánicos agregó el 3.5% de los productos comerciales.

Se determinó la población bacteriana total inicial y final por la técnica de número más probable en placa de cada uno de los tratamientos por triplicado, en agar soya tripticaseína.

Debido a la alta emulsificación que presentaban los tratamientos la determinación de hidrocarburos totales (TPH) se realizó con base en la norma NMX-AA-005-SCFI-2000, Análisis de agua – Determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, por gravimetría. Esta norma fue modificada con fines necesarios para el análisis.

Se realizó el análisis estadístico a los resultados de degradación de los diferentes tratamientos por la aplicación de una análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de tukey con el programa statistica versión 8.

Resultados y Discusión

El análisis físico-químico de la muestras de lixiviado mostro valores muy por encima de los valores de referencia que marca la NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles del contaminante en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes



DIVISIÓN II

nacionales. Cabe resaltar los elevados valores de metales pesados Hg,Pb,Cd y Cr con valores de 0.09, 29.4,1.04 y 10.0 mg/L respectivamente alrededor de 10 veces mayor que lo estipulado en la norma. La presencia de estos metales probablemente se debe a la alta concentración de petróleo que presentaba el suelo, (Grodava, *et al.* 2001., Osuji and Onojake. 2004)

La bioestimulación por la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos, es una técnica muy usada que ha demostrado ser eficiente en la remediación de suelos contaminados, aunque depende de las condiciones particulares del suelo.(Bento *et al.* 2005. Groudeva *et al* 2001)

La degradación en el tratamiento testigo fue mayor en la concentración más baja del hidrocarburo, esta degradación pudo deberse a la presencia de microorganismo degradadores nativos de los suelos contaminados. La bioestimulación con fertilización química mostro un incremento en la degradación de hidrocarburos respecto al tratamiento testigo, sin embargo, los tratamientos con fertilización orgánica, Bio-degradador o composta, presentaron un incremento significativo en el porcentaje de degradación de los hidrocarburos presentes (cuadro1). Esto puede ser atribuido a que junto con nutrientes se incorpora una cantidad de flora con capacidad de degradación de hidrocarburos (Grodava, *et al.* 2001).

La aplicación de cepas con capacidad de degradación de mostró ser eficiente, particularmente a concentraciones más altas, que los datos muestras que no se presnta disminución en los porcentajes de degradación respecto a la concentración inicial del hidrocarburo. (cuadro1)

Cuadro 1. Porcentaje de Degradación de Hidrocarburo de los diferentes tratamientos de lixiviado de suelo contaminado con petróleo crudo a después de 10 días, a temperatura ambiente

Tratamientos	Concentración inicial de hidrocarburos (ppm)		
	3500	5000	10000
Testigo	28.57 ² ± 0.43 ^e	9.90 ± 3.16 ^e	7.40 ± 1.43 ^d
Fertilizante química	44.90 ± 1.70 ^d	31.65 ± 3.11 ^d	29.78 ± 2.35 ^c
Biol-Degradador	66.70 ± 0.69 ^c	56.69 ± 3.59 ^c	75.18 ± 2.61 ^a
Bacterias	78.10 ± 1.78 ^b	75.09 ± 2.67 ^b	79.48 ± 0.47 ^a
Composta	86.63 ± 1.03 ^a	84.29 ± 2.34 ^a	65.79 ± 2.72 ^b

¹Cada valor representa el promedio de triplicados.

Letras diferentes en la columna indican diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba de Tukey $p \leq 0.05$)

Conclusiones

Los datos muestran que la presencia de metales pesados no inhibió la degradación de los hidrocarburos en ninguno de los tratamientos. El incremento en la concentración inicial de hidrocarburos afecta negativamente la biodegradación, sin embargo la bioaumentación no se vio afectada, a las concentraciones ensayadas.

La bioaumentación y la bioestimulación mostraron ser técnicas útiles para la biodegradación de hidrocarburos presentes en aguas y lixiviados.



Bibliografía

- Baker K. 1994. Bioremediation of Surface and subsurface soils. *In* Biorremediation ed. Katherine H. Baker and Diane S. Herson editorial Mc Graw.Hill USA. Pag. 203-260.
- Bento F.M., Camargo F.A O., Okeke B. C and Frankenberger W. T. 2004. Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. *Bioresource Technology* 96 (2005) 1049–1055.
- Bravo, E. 2007. Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. http://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf 20/09/2015.
- Groudeva V.I., Grodev S.N. and Doyecheva A.S. 2001 Bioremediation of water contaminated with crude oil and toxic heavy metals. *Int. J. Miner. Process.* 62: 293–299
- NMX-AA-005-SCFI-2000, Análisis de agua – Determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- Osuji L.C. and Onojake C.M. 2004. Trace Heavy Metals Associated with Crude Oil: A Case Study of Ebocha-8 Oil-Spill-Polluted Site in Niger Delta, Nigeria. *CHEMISTRY & BIODIVERSITY*. 1:1708-1715
- Sarkar, D., Ferguson, M., Datta, R. and Birnbaum, S. 2005. Bioremediation of petroleum hydrocarbons in contaminated soils: Comparison of biosolids addition, carbon supplementation, and monitored natural attenuation *Environmental Pollution* 136 (2005) 187e195
- Tyagi M., da Fonseca M. M. and de Carvalho R.C. (2001). Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. *Biodegradation* 22: 231–241
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/16/parte3_13.html
http://www.cnh.gob.mx/_docs/Mapa_de_Fugas_y_Derrames_2000_2014.pdf



PÉRDIDAS DE CARBONO ORGÁNICO POR EROSIÓN EN LOS SUELOS DEL SITIO RAMSAR "PRESA MANUEL ÁVILA CAMACHO", PUEBLA

López-Teloxa¹, L C, Castelán-Vega, R^{1,2}, Cruz-Montalvo, A² y Tamaríz-Flores, JV^{1,2}

¹Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias-BUAP. Puebla, Puebla.

²Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas-BUAP. Puebla, Puebla.

* López-Teloxa, L. C., citlaly_lo@hotmail.com 14 sur 6301, San Manuel, Puebla, Pue. Tel. (2222) 295500 ext. 7353.
Fax: 7351, C. P. 72570

Resumen

Uno de los principales procesos de degradación del suelo es la erosión, la cual depende de varios factores, entre ellos se encuentra la pendiente, la cobertura, el clima y la actividad antrópica, además es la causas del desequilibrio de los ecosistemas (Nuñez, 2001). El objetivo de este trabajo es determinar los grados de erosión que presentan los suelos del Sitio Ramsar y el Contenido de Carbono orgánico del suelo (COS) almacenado. Para determinar las pérdidas en t/ha de COS se realizaron tres muestreos, en temporada de sequía (febrero 2014 y febrero 2015) y lluvia (julio 2014). Con un total de 40 puntos, la extracción de muestras consistió en tomar una porción del suelo a dos profundidades 0-10 y 10-20 cm, se aplicó la técnica del cilindro para determinar densidad aparente. Después de procesar las muestras, se les determinó carbono orgánico mediante el método de Walkley-Black, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000. Para estimar las pérdidas de suelo en t/ha/año (ton/ha/año) se siguió la Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos establecida por la FAO en 1980. Se observa que el Sitio Ramsar presenta en tres sectores según el grado de erosión: Nula, Ligera, Moderada y Severa. La zona que presenta un grado de erosión severo y mayores pérdidas de suelo es el Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva (BQ/VSa) localizado al sur del sitio Ramsar, las zonas que se encuentran cubiertas por este uso de suelo han presentado mayores pérdidas de CO durante los tres muestreos.

Palabras clave

Pérdida de suelo, erosión, uso de suelo

Introducción

Uno de los principales procesos de degradación del suelo es la erosión, la cual depende de varios factores, entre ellos se encuentra la pendiente, la cobertura y el clima, por lo que los procesos erosivos también pueden ser de forma natural a causa de los rayos del sol el viento, la lluvia y los procesos fluviales marítimos. Sin embargo, así como existen los procesos erosivos de manera natural, existen aquellos provocados por el humano, también conocida como erosión antrópica, que es originada por suplir alimentos y materias primas para los diferentes procesos alimenticios e industriales. Al hacerlo, causa desequilibrios en los ecosistemas de la Tierra, favoreciendo el desarrollo de procesos erosivos cuando se talan y quemar los bosques y la vegetación circundante, o causando la ruptura de los ciclos

DIVISIÓN II

hidrológicos naturales (Nuñez, 2001). Es por esto que el objetivo de este trabajo es determinar los grados de erosión que presentan los suelos del sitio Ramsar, así como también, determinar el Contenido de Carbono orgánico almacenado de acuerdo a los diferentes usos de suelo y grados de erosión.

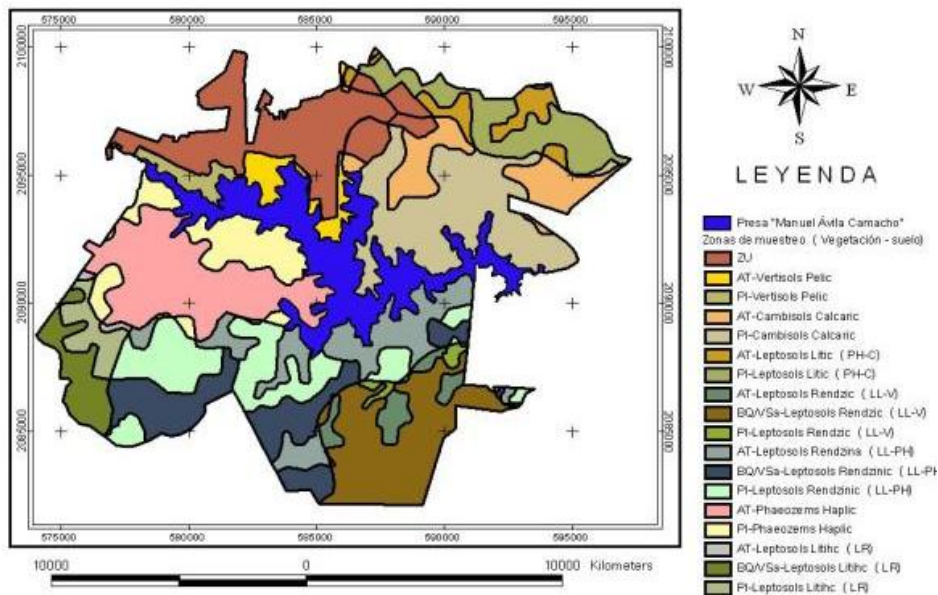
Materiales y Métodos

Para determinar las pérdidas en toneladas por hectárea de Carbono Orgánico de suelo (COS) se realizaron tres muestreos, en temporada de sequía (febrero 2014 y febrero 2015) y lluvia (julio 2014). Se seleccionaron un total de 40 puntos, de acuerdo al tipo y uso de suelo (Mapa 1 y 2). La extracción de muestras consistió en tomar una porción del suelo a dos profundidades 0-10 y 10-20 cm, se aplicó la técnica del cilindro para determinar densidad aparente. Después de procesar las muestras, se les determinó CO mediante el método de Walkley-Black de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000. La densidad aparente (D_a) del suelo se evaluará *in situ* en muestras no alteradas de suelo utilizando cilindros de 7 cm de diámetro y 6 cm de altura, mediante el método del cilindro propuesto por Blake y Hartge (1986). A continuación, el contenido de carbono orgánico total en suelos se calculará con base en la ecuación propuesta por González *et al.* (2008):

$$COS = CO (D_a) P_s,$$

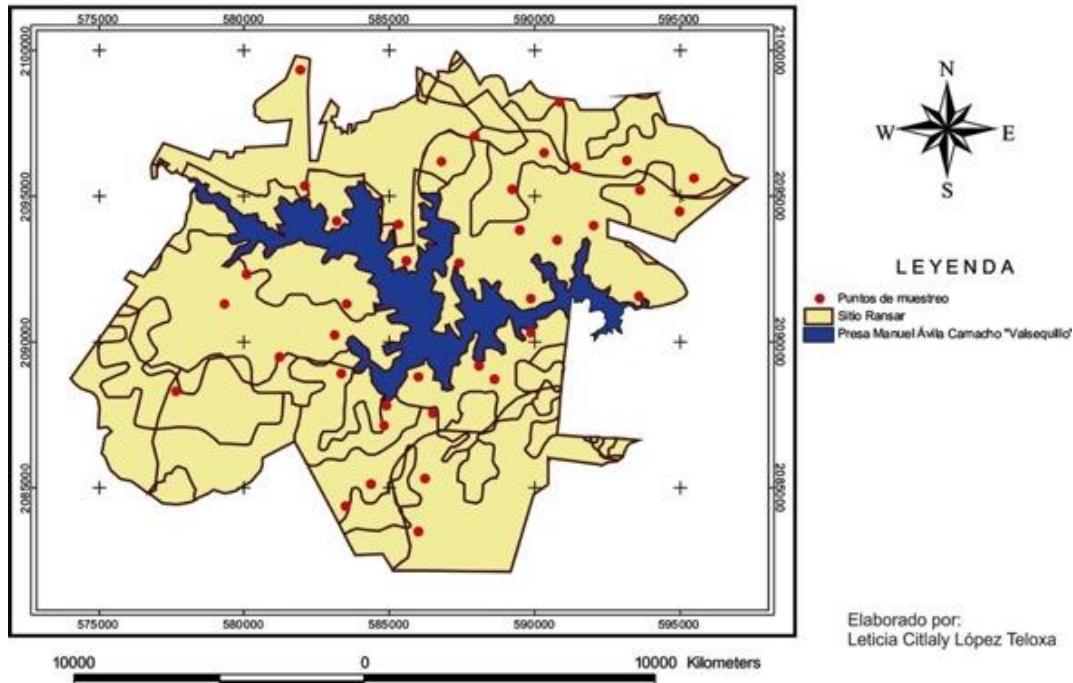
Donde:

COS=Carbono orgánico total en suelo por superficie (Mg/ha); CO= Carbono orgánico total (%);
 D_a = Densidad aparente (Mg/m³); P_s =Profundidad del suelo (m)



Mapa 1. Zonas de Muestreo.

DIVISIÓN II



Mapa 2. Ubicación de los puntos seleccionados para el muestreo.

Para estimar las pérdidas de suelo en toneladas/hectárea/año (ton/ha/año) se siguió la Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos establecida por la FAO en 1980. Dicha metodología se basa en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), y representa la metodología más idónea para el cálculo de las pérdidas de suelo en tierras agrícolas. De acuerdo a la USLE, la tasa de pérdidas de suelo por erosión hídrica, A , es una función de: el poder erosivo de la lluvia, R ; la erodabilidad de los suelos, K ; la cobertura vegetal, C ; la práctica conservacionista, P y el factor combinado de la pendiente y la longitud de la misma, LS ; todos estos factores conforman la USLE, la cual se expresa matemáticamente como:

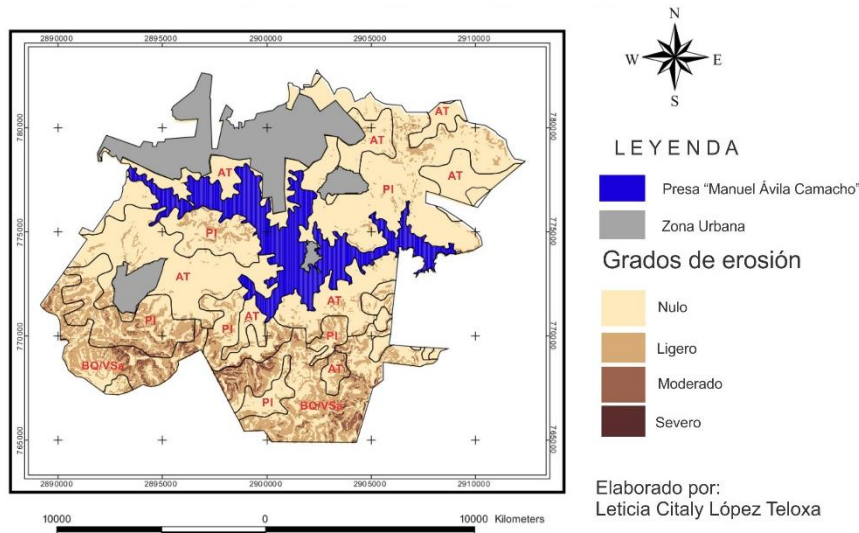
$$A = RKCLP$$

De estos factores, R no puede ser modificado; K depende fuertemente de la textura de los suelos, la cual no puede ser fácilmente mejorada. De esa manera, sólo C , P y LS pueden ser cambiados. Las prácticas agronómicas comunes, pueden utilizarse para modificar la cobertura vegetal, y consecuentemente C , mediante manejo de desechos y mejoramiento de los sistemas de siembra. El factor P puede ser cambiado por prácticas agronómicas sustentables, como las barreras vegetativas, o con obras de conservación de suelos como terrazas, zanjas o acequias de ladera. La modificación del factor P está íntimamente ligado a la reducción de la longitud de pendiente, L . Por último, la pendiente, S , sólo puede ser modificada mediante obras de estabilización del terreno, tales como terrazas.

Resultados y Discusión

Después de realizar un análisis de los datos obtenidos de los recorridos de prospección edáfica dentro del sitio Ramsar, a continuación se presenta un mapa de la distribución espacial del grado de erosión actual en la zona de estudio, donde más del 55 % del territorio se encuentra con un grado de erosión nulo, las cuales principalmente abarca áreas dedicadas a la Agricultura de Temporal, donde después de pasar la temporada se quedan en una etapa de barbecho, quedando a expensas de las condiciones climáticas; 30% con un grado de erosión ligero, en estas áreas también son utilizadas para agricultura de temporal y algunas otras es pastizal inducido, además, el grado de pendiente es más elevado; 10% se encuentra con un grado de erosión moderado, estas áreas no son utilizadas principalmente de pastizal inducido y por último, aproximadamente el 5% de la superficie, presentan un grado de erosión severo, a pesar que son las partes más altas que se localizan en la zona, no se les ha dado un buen uso llevando a la erosión de esos (Mapa 3).

Durante años, los suelos del ahora denominado Sitio Ramsar, han sido degradadas principalmente por la siembra de maíz, siendo este cultivo prácticamente el único que se desarrollan en la zona, otras razones que pueden atribuirse a las condiciones de la zona es que habitantes se han dedicado también a cortar madera para producir carbón y a pastorear su ganado, acciones que aumentan el proceso de erosión, ya que el suelo desprovisto de vegetación favorece el impacto directo de las gotas de lluvia en los suelos, acelerando los procesos erosivos por salpique de agua y por escorrentía laminar, el proceso también aumenta, como ya se había mencionado anteriormente, dependiendo en gran medida del grado de inclinación de la pendiente, ya que al incrementarse el ángulo de ésta, aumenta la susceptibilidad de las partículas finas del suelo de ser arrastradas por el agua de lluvia, en forma laminar. Sin embargo, no se puede dejar a un lado el importante crecimiento que ha presentado la Ciudad de Puebla, que ha consumido parte de los suelos que anteriormente eran dedicados a la agricultura, y que ahora han perdido su estructura imposibilitando el desarrollo de la vegetación.

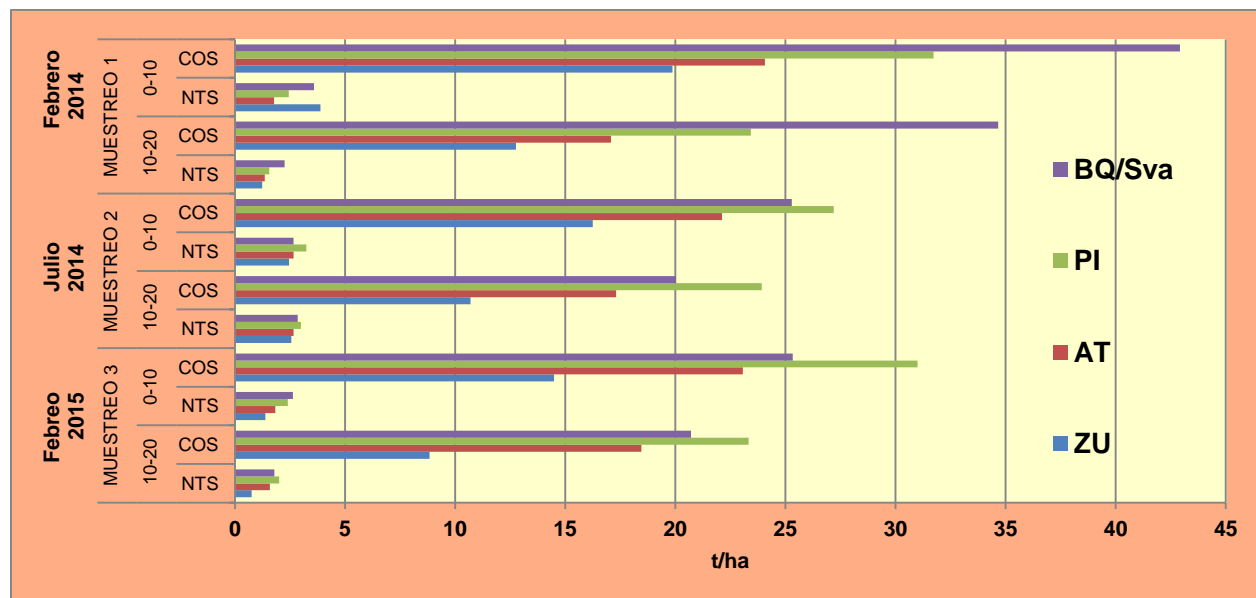


Mapa 3. Mapa de erosión de suelo del sitio Ramsar



DIVISIÓN II

En el mapa 3 se puede observar que las zonas con mayores pérdidas de suelo son el Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva (BQ/VSa) que se localiza el sur del sitio Ramsar, de acuerdo a esto y a los resultados obtenidos de contenido de COS, se observa que las zonas que se encuentran cubiertas por este uso de suelo, ha presentado mayores pérdidas de CO durante los tres muestreos.



Conclusiones

- Se observó una disminución considerable en cuanto al contenido de carbono orgánico y nitrógeno total en suelos del sitio RAMSAR para el segundo muestreo, esto se debe principalmente a la erosión del suelo, provocando la pérdida de los principales nutrientes del suelo.
- El grado de erosión que presentan los suelos del sitio es nulo, ligero, moderado y severo.
- El bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva presenta mayores pérdidas de CO y suelo.

Bibliografía

- González, M. L., B. J. D. Etchevers y M. C. Hidalgo (2008), "Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo", *Agrociencia*, núm. 42, pp. 741-751.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.
- FAO (1980) "Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos". Roma.



PRODUCTIVIDAD DEL AGUA DE LLUVIA EN CAFÉ (*Coffea arabica*) DEL DDR024 MOTOZINTLA, CHIAPAS, MÉXICO

Ríos-Flores, JL^{1*}; Bermúdez-Serrano, E²; Ruiz-Torres, J¹; Torres-Moreno, M³; Castro-Franco, R¹; Cantú-Brito, JE⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Carretera Gómez Palacio- Cd Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango, C.P. 35230.

²NaanDanJain S.A de C.V. Avenida Industrias 1565, Col. Centro San Luis Potosí, San Luis Potosí.

³SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo 35000, Dgo., México.

⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, 27059 Torreón, Coahuila.

*Autor responsable: j.rf2005@hotmail.com; Calle S/N Núm. S/N, Col. Domicilio Conocido Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango. México. CP 35230; Tel. + (871)-7760160.

Resumen

El objetivo fue determinar la productividad del agua de lluvia (huella hídrica verde) en el cultivo de café cereza (*Coffea arabica*) en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR024) Motozintla, Chiapas producido en condiciones de temporal. Se desarrollaron modelos matemáticos que permitieron evaluar la productividad del agua de lluvia como indicadores de la sustentabilidad del agua en el DDR024, Motozintla, Chiapas. Los resultados indican que en promedio para el estado de Chiapas se requirieron 11,792 litros de agua de lluvia para producir un kg de café, mientras que para Motozintla el indicador fue 3, 931 L kg⁻¹. Por otro lado se determinó que para producir USD\$1 de ingreso en Motozintla demandó 12.2 m³, mientras que en el estado de Chiapas se requieren 34.8 m³ para generar ese mismo dólar de ingreso. Por otro lado se encontró que cada hectómetro de agua (hm³) generó un ingreso promedio para el estado de Chiapas igual a USD\$32,952, mientras que en Motozintla, ese mismo volumen de agua generó USD\$81,811 de ingreso. El indicador social muestra que a nivel estatal cada hectómetro de agua que se invirtió en producir café generó 16.3 empleos permanentes, mientras que en el DDR024-Motozintla el indicador fue 26.5 empleos hm⁻³. Se concluye que la productividad del café en el DDR024 Motozintla Chiapas fue más eficiente que las determinadas a nivel estatal de Chiapas.

Palabras clave

Huella hídrica; eficiencia; agua.

Introducción

La escasez de agua es uno de los factores limitantes para agricultura en general (Araus, 2004). A medida que la competencia por el agua se intensifica en el mundo, el agua en la producción de alimentos debe ser utilizada más eficientemente (Pasquale, Hsiao y Federes, 2007). El concepto de productividad del agua fue establecido por Kijne, Barker y Molden (2003) como una medida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. En la producción de cultivos, el objetivo de promover el uso eficiente del agua, es producir mayores rendimientos económicos con menos agua, cuando el agua es un factor limitante (Boutraa, 2010).



El café es de gran importancia económica para los productores, en su mayoría países en desarrollo y de considerable importancia social para los países consumidores. El café es, en términos económicos, el producto agrícola más importante negociado en el mundo (Plan Innovación Café, 2011). En Chiapas se estima que alrededor de 183, 761 productores producen café, los cuales se distribuyen en 241, 876.14 has en 198,320 predios, ocupando el primer lugar a nivel nacional en cuanto a número de productores, superficie y por ende producción del aromático. El consumo de café es posible mediante el uso de los recursos naturales, entre ellos el agua de lluvia. Por ello el objetivo de este trabajo fue la determinación de la productividad del agua de lluvia en el DDR024, Motozintla, Chiapas.

Materiales y Métodos

Fuentes de información

Se utilizó la base de datos del SIAP (Sistema Información Agroalimentario y Pesquero) ciclo agrícola 2013, empleándose de esa fuente datos de superficie cosechada (ha), producción física anual (ton), Valor Bruto de la Producción (VBP, en \$ miles de pesos), con ellos se generaron los datos de rendimiento físico “RF” anual (ton ha⁻¹), precios medios rurales (\$ nominales ton⁻¹), rendimiento monetario “RM” por hectárea (\$ nominales ha⁻¹). Los costos por hectárea y número de jornales/ hectárea se obtuvieron de FIRA (2013).

Variables evaluadas

1. Litros de agua usados en el riego, necesarios para producir 1kg de producto físico (Y₁).
2. Los gramos de producto físico producido por cada m³ de agua usada (Y₂).
3. Metros cúbicos de agua usados para producir USD\$1 de ingreso bruto (Y₃).
4. Ingreso bruto generado por hm³ de agua (Y₄).
5. Ganancia (en USD\$) producida por cada hm³ de agua usada en el riego (Y₅).
6. Metros cúbicos de agua utilizados para producir USD\$1 de utilidad bruta (Y₆).
7. Empleos generados por hm³ (Y₇).
8. Horas de trabajo invertidas por ton (Y₈).
9. USD\$ de ganancia a nivel regional por trabajador (Y₉).
10. USD\$ de ganancia por hora invertida de trabajo (Y₁₀).
11. Punto de equilibrio “PE” (Y₁₁, en ton ha⁻¹).
12. Vulnerabilidad crediticia (=Y₁₂, = RF/PE. Si Y₁₂<1 el productor es vulnerable a que no se le de crédito: sí Y₁₂>1 es menos vulnerable, ya que al ser mayor su rendimiento físico que el punto de equilibrio, es factible se le de crédito productivo).

Ecuaciones matemáticas empleadas

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10000LR}{RF} \quad (1)$$

$$Y_2 = \frac{RF_i}{10,000 \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right)} \quad (2)$$



DIVISIÓN II

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 LR}{RM} = \frac{10000 LR}{RF (Pr)} \quad (3)$$

$$Y_4 = \frac{RM_i}{10,000 \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right)} \quad (4)$$

$$Y_5 = \frac{u_i}{10,000 \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right)} \quad (5)$$

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000LR}{U} \quad (6)$$

$$Y_7 = \frac{S_i J_i / 288}{S_i (10,000) \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right) / 1000,000} = \frac{25 J_i EC_i}{72 LR_i} \quad (7)$$

$$Y_8 = \frac{8J_i}{RF_i} \quad (8)$$

$$Y_9 = \frac{S_i u_i}{S_i \left(\frac{J_i}{288} \right)} = 288 \frac{u_i}{J_i} \quad (9)$$

$$Y_{10} = \frac{S_i u_i}{S \left(\frac{J_i}{8} \right)} = \frac{1 u_i}{8 J_i} \quad (10)$$

$$Y_{11} = PE = \frac{c_i}{pr_i} \quad (11)$$

$$Y_{12} = \frac{RF_i}{PE_i} \quad (12)$$

Donde:

Si = Superficie cosechada (ha) del i-ésimo cultivo.

Pi = Producción física anual (ton) del i-ésimo cultivo.

VBPi= Valor Bruto de la Producción

LRi = Lámina de riego (m) del i-ésimo cultivo.



DIVISIÓN II

ECi= Eficiencia hidráulica de conducción (en %) de la i-ésima forma de riego en el i-ésimo cultivo.

RFi = Rendimiento físico (ton) por hectárea del i-ésimo cultivo.

RMi = RFi * pri = Ingreso o rendimiento monetario (en \$) por hectárea del i-ésimo cultivo.

ui = RMi – ci = Ganancia o utilidad por ha (en \$) del i-ésimo cultivo.

Ui = Ganancia o utilidad total (en \$) del i-ésimo grupo de cultivos

Vi = Volumen de agua utilizado (en m³) en todo el i-ésimo grupo de cultivos vi = 10,000(LRi/ECi) =Volumen de agua (en m³) por ha usado por el i-ésimo cultivo.

Ci= Coste total (en \$) de la producción del i-ésimo grupo de cultivos.

ci= Coste por ha (en \$) del i-ésimo cultivo.

Ji= Número de jornales por ha.

Resultados y Discusión

Indicadores de la huella hídrica verde en el cultivo de Café cereza (Coffea arábica)

La variable Y₁ indica que en promedio a nivel estatal se requirieron un total de 11, 792 litros de agua de lluvia para producir un kilogramo de café cereza, mientras que en el DDR024 Motozintla, Chiapas fueron necesarios solamente 3,931 L Kg⁻¹, lo que indica que el DDR Motozintla empleo un tercio del agua de lluvia que empleo el estado de Chiapas para producir la misma cantidad de café (Cuadro 1).

Cuadro 5: Indicadores de la *Huella Hídrica* verde a través de indicadores de eficiencia física (Y₁ y Y₂), económica (Y₃ a Y₆) y social (Y₇ a Y₁₂) del agua de lluvia en el cultivo de café cereza (*Coffea arabica*) en el DDR Motozintla, Chiapas en 2014. Cifras en pesos nominales de 2014.

Variable económica	Motozintla	Chiapas	Motozintla /Chiapas =1
Y ₁ = Litros de agua por kilogramo	3.931	11.792	0,33
Y ₂ = Gramos/m ³ de agua	254	85	3,00
Y ₃ = m ³ de agua por USD\$ de ingreso bruto	12,2	34,8	0,35
Y ₄ =USD\$ de Ingreso bruto/ hm ³ de agua	\$81.811	\$32.952	2,48
Y ₅ =USD\$ de Utilidad bruta/ hm ³ de agua	\$6.638	-\$17.484	-0,38
Y ₆ = m ³ de agua por USD\$ de utilidad bruta	150,7	-57,194	-2,63
Y ₇ = Empleos generados por cada hm ³ de agua	26,5	16,3	1,63
Y ₈ = Horas de trabajo invertidas por tonelada	240	443	0,54
Y ₉ = USD\$ de Ganancia a nivel regional por trabajador	\$250	-\$1.071	-0,23
Y ₁₀ = USD\$ de Ganancia / hora invertida de trabajo	\$0,11	-\$0,47	-0,23
Y ₁₁ = Punto de Equilibrio (ton ha ⁻¹)	3,335	3,163	1,05
Y ₁₂ = Vulnerabilidad crediticia	1,088	0,622	0,33
Vulnerabilidad crediticia si Y ₁₂ es menor de 1	Poco vulnerable	Vulnerable	

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras del SIAP (2014) y de FIRA (2014).



Visto de otra forma, la variable Y_2 indica que mientras a nivel estatal se produjeron 85grs por cada metro cúbico de agua de lluvia, en el DDR Motozintla el indicador fue 254 grs m^{-3} , lo que indica que el cultivo de café en Motozintla fue 3 veces más productivo al emplear el agua de lluvia (Cuadro 1). La variable Y_3 , indica que para producir USD\$1 de ingreso en Motozintla se utilizaron 12.2 m^3 , cifra equivalente a casi una tercera parte (35%) de los 34.8 m^3 que en promedio se emplearon para el estado de Chiapas. Por otro lado la variable Y_4 indica que un hectómetro de agua a nivel estatal generó USD\$32,952, mientras que el DDR Motozintla empleando esa misma cantidad de agua de lluvia generó USD\$81,811 de ingreso bruto, lo que indica que Motozintla en términos económicos generó 148% más dólares por hectómetro de agua de lluvia. Respecto de la utilidad que generó el cultivo se observó que a nivel estatal se obtuvo una pérdida USD\$17,784, mientras que para el DDR Motozintla se obtuvo una utilidad positiva de USD\$6,638, lo que indica que en términos de utilidad el DDR Motozintla resultó más productivo que el promedio estatal (Y_5).

La variable Y_6 , indica la cantidad de agua de lluvia que se empleó para generar USD\$1 de utilidad bruta, así se determinó que en el estado de Chiapas se emplearon 57,194 m^3 para generar esa utilidad mientras que en DDR Motozintla se requirieron 150.7 m^3 por cada dólar de utilidad bruta. En cuanto a la productividad social del agua de lluvia se observa que en Chiapas se generaron un total de 16.3 empleos hm^{-3} , mientras que en Motozintla se generaron 26.5 empleos hm^{-3} (variable Y_7) asimismo se determinó que la productividad horaria en Motozintla fue 54% ($240 h ton^{-1}$) mayor que la observada a nivel estatal de 443 $h ton^{-1}$ (Y_8).

Por otro lado se determinó que la ganancia por trabajador (Y_9) fue de USD\$240 en el DDR Motozintla, mientras que a nivel estatal se obtuvo una pérdida por trabajador igual a USD\$1,071, de tal forma que la ganancia por hora de trabajo en el caso de Motozintla fue de USD\$0.11 h^{-1} , mientras a nivel estatal la ganancia por hora fue de -USD\$0.47 h^{-1} (Y_{10}).

Finalmente bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 3.163 $t ha^{-1}$ en Chiapas, y de 3.335 $t ha^{-1}$ en Motozintla, por lo que tomando en consideración la producción en cada, se observa que solo Motozintla supera el punto de equilibrio con un rendimiento de 3.630 $t ha^{-1}$, mientras que el estado de Chiapas con sus 1.967 $t ha^{-1}$ no logra cubrir el punto de equilibrio, por ello económicamente el estado de Chiapas como agregado de todos los municipios que producen café es vulnerable desde el punto de vista crediticio, mientras que Motozintla podría cubrir algún tipo de crédito para la producción más fácilmente.

Conclusiones

Se concluye que en términos de productividad, física, económica y social el cultivo de café cereza fue más productivo empleando el agua de lluvia en relación al promedio estatal de Chiapas.

Bibliografía

- Araus, J., L. 2004. The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology* 144:259–272.
- Pasquale, S., Hsiao, T. C., and Y. E. Fereres. 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. *Water productivity: Science and Practice. Irrig. Sci.* 25:189–207.



Memorias del XI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo
“2015, Año internacional de los suelos:
Crear conciencia en la sociedad para el manejo sostenible del suelo”



DIVISIÓN II

- Kijne, J.W., Barker, R., and D. Molden, 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunity for Improvement. CABI, Cambridge, UK.
- Boutraa, T., 2010. Growth performance and biomass partitioning of the desert shrub *Calotropis Procera* under water stress conditions. Res. J. Agric. Biol. Sci., 6: 20-26.
- Plan Innovación Café 2011. Estrategia de innovación hacia la competitividad en la cafecultora mexicana. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Noviembre del 2011.
- FIRA. 2013. Sistema de elaboración de Costos Agropecuarios en su Modulo Agrícola de FIRA. www.fira.gob.mx



MODIFICACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO Y LAS REPERCUSIONES EN LA BIOTA DEL RÍO DUERO, MICHOACÁN

Rivera-Rivas, MV¹; Escalera-Gallardo, C¹; Moncayo-Estrada, R²

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán. Jiquilpan, Michoacán. México.

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California. México.

*Autor responsable: verence_biólogía@yahoo.com.mx; Calle Justo Sierra #28, Jiquilpan, Michoacán. C.P 59510. Tel. 01 353 533 0218

Resumen

Las actividades agrícolas y energéticas forman parte de las principales modificaciones que alteran los caudales ecológicos y con ello a la estructura y establecimiento de las comunidades biológicas. El río Duero es de suma importancia para el desarrollo de actividades agrícolas dentro del Valle de Zamora y Tangancicuaro, Michoacán. En el presente estudio se planteo identificar las modificaciones físicas del río Duero y como estas impactan en la distribución de los macroinvertebrados, organismos considerados indicadores de la calidad de agua. Para lo cual se registraron cada una de las alteraciones físicas del río, además se establecieron 24 sitios de muestreo a lo largo del río, en los cuales se obtuvieron muestras biológicas durante las temporadas de estiaje y lluvias mediante una red manual de marco rectangular de 25.4 x 45.7cm y se fijaron en alcohol al 70% para su transporte y posterior análisis en laboratorio. También se registraron parámetros de calidad de agua con un multisensor, en laboratorio se determinó DBO, DQO, fosfatos sólidos sedimentables y suspendidos. La respuesta de la comunidad al ambiente se hizo a través del índice de diversidad de Shannon-Weiner y análisis multivariados (árboles jerárquicos y NMDS). Con lo que respecta al caudal ecológico se concluye que para el caso del río Duero, no se cumple con las características, pues en temporada de estiaje la comunidad de macroinvertebrados se ve truncada por el desvío total del río, además los resultados fisicoquímicos y biológicos muestran un estado de degradación del río Duero.

Palabras clave

Caudal ecológico, macroinvertebrados, río Duero.

Introducción

Desde los primeros asentamientos humanos, se ha buscado el establecimiento en zonas con agua disponible para consumo y para desarrollar las actividades agrícolas (Toledo, 2006). Sin embargo, el crecimiento demográfico ha conllevado a una acelerada demanda de agua y a la vez a una contaminación severa de este vital líquido, debido a que los ríos son empleados como vías de desechos, alterando en gran medida la calidad del agua (Postel y Richter, 2003, Postel, 2000). Otras formas de alterar la calidad del agua, además de las descargas residuales, son las construcciones de presas, embalses, canales y diversas obras que desvían el cauce del agua, la deforestación y los cambios de uso de suelo, son factores indirectos que impactan en la calidad y cantidad de agua disponible (Richter *et al.*, 1996). La modificación a los caudales no sólo produce una alteración biofísica en los ecosistemas, además disminuye

la recarga de acuíferos así como la conservación de la biodiversidad (Baxter, 1977).

De aquí la importancia de contemplar y regular un caudal ecológico, el cual es definido como el volumen mínimo requerido en los ríos para mantener su estructura y funcionamiento, así como el intercambio de materia y energía con las zonas riparias o las desembocaduras de las cuencas (Postel y Richter, 2003). Además un caudal ecológico debe ser capaz de poseer condiciones óptimas para el desarrollo de hábitats acuáticos y de las comunidades inmersas en el ecosistema (Jiménez *et al.*, 2005). El río Duero forma parte de la cuenca Lerma-Chapala, siendo el tributario más importante que desemboca en el lago de Chapala, no sin antes unirse con el río Lerma.

En el presente trabajo se planteo identificar las diferentes modificaciones del río Duero, Michoacán y como estas impactan en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, además se realizó un análisis fisicoquímico del agua y se observó la relación de estos con la distribución de macroinvertebrados.

Materiales y Métodos

a) Estaciones de Muestreo.

La elección de los puntos de muestreo se basó en un estudio previo denominado: *Saneamiento Integral de la cuenca del río Duero* (Moncayo *et al.*, 2009). En este se detectaron sitios con alteraciones evidentes, por factores tales como alto grado de contaminación con residuos sólidos, materia orgánica y descargas de aguas residuales, definidos por niveles altos de nutrientes, bacterias o por valores bajos de oxígeno. A partir de lo anterior, se establecieron siete puntos principales de impacto, repartidos a lo largo del río Duero (figura 1), en cada uno de los cuales, se tomaron cuatro muestras, la primera a 100 metros antes del punto principal, la segunda en dicho punto y las restantes a 500 y 1000 metros después del punto de impacto. Esto se implementó con la finalidad de determinar el grado de depuración natural del río a través del espacio. El número final de sitios de muestreo fue de 24.

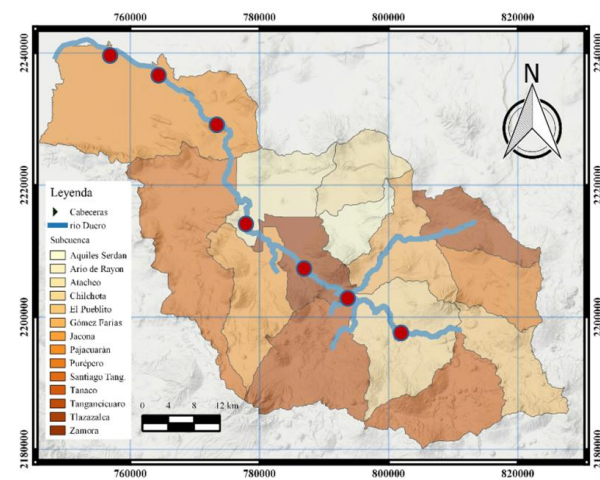


Figura 1. Puntos principales de muestreo en el río Duero.



b) Parámetros físicos y químicos.

Se caracterizó cada uno de los sitios de muestreo con 15 variables físicas y químicas tanto *in situ*, como en el laboratorio. Dentro de las variables que se midieron, está la transparencia del agua expresada como la profundidad de visión del disco de Secchi. Asimismo, se registró la velocidad de corriente con el flujómetro Flowatch AMI0608 y se midió el ancho y la profundidad del cauce (m) (con un flexómetro y una varilla graduada respectivamente), para obtener el caudal por medio de la fórmula:

$$Q = V \times A$$

Donde **Q** es el gasto; **V** es Velocidad y **A** es el área.

Además, se determinó la temperatura (°C), la conductividad eléctrica (μS), la salinidad (‰), sólidos totales disueltos (ppm), pH, NH₄ (ppm de N), NO₃ (ppm de N), Cl⁻ (ppm), concentración de oxígeno disuelto (ppm), porcentaje de saturación de oxígeno (%) y turbidez (NTU) por medio del multisensor Hydrolab DS5. Para los análisis de la demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO, respectivamente), se recolectaron en cada sitio de muestreo 1.5 litros de muestra, obtenidos del primer metro de profundidad. Estas muestras se pusieron en hieleras para conservarlas, aislarlas de la luz solar y facilitar el traslado para su posterior análisis.

c) Parámetros biológicos

Se capturaron organismos en cada sitio de muestreo, luego de la toma de muestras de agua y la determinación de los parámetros físicos y químicos. Para la obtención de dichas muestras se empleó una draga Ekman de 400 cm² de superficie de extracción y una capacidad de 4 L. Adicionalmente, en cada sitio se tomó una muestra con una red manual de marco rectangular de 25.4 x 45.7 cm, con una abertura de malla de 365 μ dirigida a contracorriente. Las muestras, se colocaron en una bandeja para posteriormente lavarlas en una cubeta con fondo de tamiz de 420 μ y eliminar la mayor parte de las arcillas contenidas en ellas. Posteriormente, la muestra se colocó en un contenedor rotulado con el nombre del sitio muestreado, fecha y tipo de técnica que se empleó para su obtención. Las muestras fueron fijadas con alcohol al 70% para el análisis posterior. La toma de las muestras y el lavado de las mismas se ajustó a la norma internacional de estandarización UNE-EN ISO 10870:2012. Finalmente se identificaron hasta el nivel de género.

Resultados y Discusión

La composición de macroinvertebrados a lo largo de las diferentes estaciones del río fue decreciendo conforme se avanza a la parte baja del río, este comportamiento se puede observar en los diferentes periodos de muestreo a consecuencia del incremento de materia orgánica que provoca modificaciones en las características fisicoquímicas del agua. En el ciclo estudiado la comunidad de macroinvertebrados estuvo compuesta por 54 familias y 67 géneros; para el caso de los diferentes periodos de muestreo mayo fue el que presentó mayor número de familias y géneros mientras que en diciembre registro el mayor número de



DIVISIÓN II

organismos y el menor número de familias y géneros (tabla 1) donde se muestra cada una de las temporadas en las que se realizaron los muestreos.

Tabla 1. Registro de organismos en los diferentes ciclos de muestreo.

	Familias	Géneros	Número de organismos
Mayo 2013	39	43	9864
Julio 2013	31	36	6147
Septiembre 2013	32	34	3036
Diciembre 2013	30	33	19389
Marzo 2014	34	40	13345

De acuerdo al el índice el Shannon, el periodo más diverso corresponde a Mayo ya que el 50% de los sitios obtiene valores mayores a 2, para el caso de Julio 29% y 42%, 25%, 8% para los meses de Septiembre, Marzo y Diciembre respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Valores del índice de Shannon aplicados a macroinvertebrados.

Shannon	may-13	jul-13	sep-13	dic-13	mar-14
RASTRO	2.17	3.46	2.20	1.35	0.76
BOCA	1.65	2.08	0.37	1.85	2.03
POZA	2.13	2.05	2.37	0.35	2.15
ETUCUARIO	2.34	0.00	2.11	1.69	1.35
VALLE GPE.	2.28	1.83	1.36	1.65	1.98
TANGANCICUARIO	2.34	1.61	1.21	1.19	1.06
ADJUNTAS	2.51	0.00	2.07	1.46	1.21
ANTES PLATANAL	2.15	3.27	1.75	2.08	1.46
PLATANAL PRINCIPAL	2.83	2.10	2.51	0.97	1.73
LIBRAMIENT	2.89	2.60	2.32	2.30	0.95
TAMANDARO	2.45	2.02	2.60	2.20	1.89
LIMAS	2.45	0.89	1.93	1.12	1.39
CELIO	1.42	1.57	1.67	1.43	1.26
DUERO	1.42	1.48	1.67	1.43	1.26
ESPINOS	1.10	0.85	2.58	0.95	0.29
ANTES PLANTA	1.66	0.82	1.10	0.98	0.33
DREN A	0.33	0.88	1.11	0.54	1.08
DESEMBOCA	1.25	1.79	2.53	0.76	1.75
ESTANZUELA ANTES	1.45	1.18	1.56	1.98	1.36
ESTANZUELA PRINCIPAL	0.19	0.65	1.11	1.19	1.57
S. CRISTOBAL	0.77	1.26	1.43	2.10	1.58
CAPULIN	0.00	1.08	1.47	2.28	0
CUMUATO	0.00	1.30	1.84	2.04	1.77
IBARRA	0.00	1.11	2.16	1.46	1.62

En el caso del caudal ecológico, el río presenta un manejo excesivo, tal es el caso del platanal, los espinos y San Cristóbal, en el primero de los sitios se desvía cerca del 80% del agua para generar energía eléctrica; en el segundo de los casos se origina el dren A, mismo

que es utilizado para el riego de la parte norte de Zamora y que se une nuevamente al río Duero en la Estanzuela; en el último de los casos el río es desviado en su totalidad hacia el municipio de Pajacuarán con el fin de utilizar sus aguas en el cultivo de fresa principalmente, dejando seco el cauce del río hasta la desembocadura con el río Lerma (Figura 2).

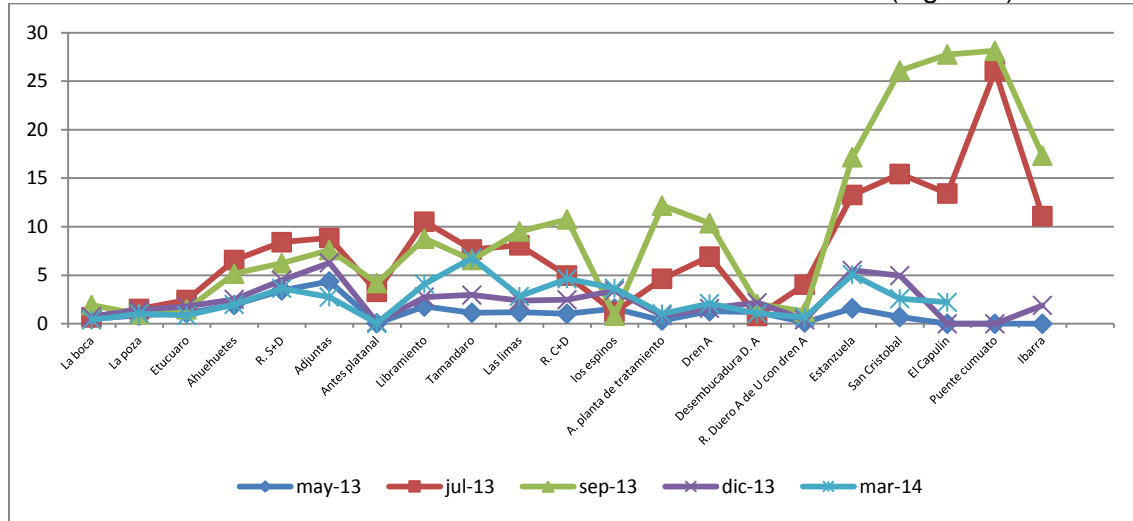


Figura 2. Caudal del río Duero desde la parte alta (izquierda) hacia la parte baja (derecha).

Finalmente de acuerdo al ICA para agua potable indica que a excepción del manantial que le da origen del Río Duero, el resto del trayecto del río se ubica en escalas de contaminado y excesivamente contaminado. Destacando como los sitios de mayor riesgo la Presa Urepetiro, Tangancícuaro, Las limas y el tramo desde la Planta de Tratamiento de Zamora a El Capulín. Para el uso agrícola el río se puede considerar como contaminado manifestándose más en las épocas de secas, justamente cuando es desviado para el cultivo de fresa para el municipio de Pajacuarán, en época de lluvias los contaminantes se diluyen ofreciendo el río una mejor calidad del agua, sin embargo, destacan sitios como Tangancícuaro, Los Espinos y La Estanzuela como extremadamente contaminados. Considerando el uso de la calidad del agua tenemos que solamente 6.24% de los sitios pueden ser utilizados para consumo humano, mientras que para la agricultura solamente se debería de utilizar el 34.37% de los sitios revisados del río, sin embargo, los agricultores lo utilizan al 100%.

Conclusiones

Las modificaciones al cauce del río Duero, para cuestiones agrícolas y energéticas están poniendo en alto riesgo a las comunidades biológicas a tal punto de la desaparición, siendo el grupo de los macroinvertebrados el más afectado debido a la poca o nula movilidad por parte de estos organismos, de aquí que se requiera tomar medidas al respecto que vayan más allá de un simple decreto de caudal ecológico.

Bibliografía

- BAXTER, R.M. 1977. Environmental effects of dams and impoundments. Annual Review of Ecology and Systematics 8: 255-238.
- Jiménez, Jorge A., Julio Cavo, Francisco Pizarro & Eugenio González. 2005. Conceptualización de caudal



DIVISIÓN II

- ambiental en Costa Rica: Determinación inicial para el Río Tempisque. UICN, Costa Rica 40 Pp.
- MONCAYO Estrada R. S. Ochoa Estrada, J. T. Silva García, F. Estrada Godoy, J. Nava Velázquez, A. Sánchez González, F. Villapando Barragán, L. F. Ceja Torres, C. Escalera Gallardo, N. A. Aguilera Ceja, L. A. Ávila Meléndez, J. A. Zarazúa Escobar 2009. *Programa detallado de acciones para el proyecto emblemático. Saneamiento Integral de la Cuenca del Río Duero*. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
- Postel, Sandra & Brian Richter. 2003. Rivers for life. Managing water for people and nature. Island Press, EE.UU 253 Pp. 12.
- Postel, Sandra. 2000. Entering an era of water scarce city: The challenges ahead. *Ecological applications* 10 (4): 941-948. 13.
- Richter, Brian D., Jeffrey V. Baumgartner, Jennifer Powell & David P. Braun. 1996. A method for assessing hydrologic alteration with ecosystems. *Conservation Biology* 10 (4): 1163-1174.
- Toledo, Alejandro. 2006. Agua, hombre y paisaje. SEMARNATINE, México 259 Pp.



PRODUCTIVIDAD DEL AGUA DE LLUVIA, DEL SUELO, DEL CAPITAL Y LABORAL EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL DDR VILLAFLORES, CHIAPAS, MÉXICO

Ríos-Flores, JL^{1*}; Torres-Moreno, M²; Ruiz-Torres, J¹; Navarrete-Molina, C¹; Cantú-Brito, JE³; Bermúdez-Serrano E⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Carretera Gómez Palacio- Cd Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango, C.P. 35230.

²SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo 35000, Dgo., México.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, 27059 Torreón, Coahuila.

⁴NaanDanJain S.A de C.V. Avenida Industrias 1565, Col. Centro San Luis Potosí, San Luis Potosí.

*Autor responsable: j.rf2005@hotmail.com; Calle S/N Núm. S/N, Col. Domicilio Conocido Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango. México. CP 35230; Tel. + (871)-7760160.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la productividad del agua, el capital, el suelo y la fuerza laboral en el cultivo de café cereza (*Coffea arabica*) en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 021 Villaflores versus Chiapas producido en condiciones de temporal. Se aplicaron modelos matemáticos que generaron números indicadores que permitieron evaluar la productividad del agua de lluvia, el suelo, el capital invertido y la fuerza laboral del cultivo. Los resultados indican que Chiapas es el principal productor de café en México, aportando 42 centavos de cada \$1 de valor generado por el café. Se usaron 5,885.4hm³ de agua de lluvia en todo el estado, de los cuales 347.11 hm³ se usaron en el DDR 021, asimismo se invirtieron USD \$272,18 millones de dólares, de los cuales USD \$25,88 fueron el costo total de las 74,166 ton de café cereza producidas en las 24,124 ha cosechadas en el DDR 021 Villaflores. El café generó 96,038 empleos a nivel estatal, de los cuales 9,130 los aportó Villaflores. La productividad del agua fue de 214 y 84.8L kg⁻¹ de café cereza en Villaflores y el estado respectivamente. Un hm³ de agua de lluvia produjo: a) ingresos del orden de USD\$1, 357.6 y USD\$667.1, b) ganancias del orden de USD\$405.5 y USD\$285.0 y 26.3 y 16.3 empleos a nivel del DDR 021 Villaflores y el estado de Chiapas respectivamente ingreso, ganancia y empleo. La productividad social medida por la cantidad de horas invertidas de trabajo por ton de café cereza en el DDR 021 Villaflores 56.3% superior a la del estado de Chiapas. Se concluye que el café producido en el DDR021 Villaflores es más productivo en términos físicos, económicos y sociales en el uso del agua de lluvia para producción de café cereza en comparación con el promedio encontrado a nivel estatal.

Palabras clave

Agua, café, eficiencia, productividad, Chiapas.

Introducción



DIVISIÓN II

La superficie de café en México ha venido disminuyendo a partir de la crisis de los precios del café, ya que a principios de los noventa se llegó a cultivar café en 785,000 hectáreas y actualmente se han dejado de cultivar alrededor de 100,000 hectáreas. En la década de los ochenta se producían en promedio 5.2 millones de sacos al año, mientras que a principios del año 2000 la producción promedio anual fue de 4,000 sacos (Fonseca, 2006). En México el café es el producto que ocupa el tercer lugar en importancia en cuanto a la superficie cosechada después del maíz y sorgo. La actividad se sustenta en un padrón de 504,372 productores que cultivan 688,718 hectáreas; un alto porcentaje de los mismos son minifundistas, el 64% de los cafecultores posee superficies menores a una hectárea y tan solo el 2.6% posee superficies mayores a 5 hectáreas. De acuerdo a los datos de Water Footprint Network, la red global que establece los estándares para calcular la huella hídrica, para producir una taza de café se requieren alrededor de 130 litros de agua, la mayor parte para la cosecha de la planta (Buzo, 2012).

En México no existe mucha información acerca de la huella hídrica del café, sin embargo Arreguín *et al.*, (2007), menciona que el café Cuesta alrededor de 21,000 litros de agua producir 1 kg de café tostado. Para una taza normal de café, se requieren 7 gramos de café tostado, por lo que una taza de café cuesta 140 litros de agua. Suponiendo que una taza normal de café tenga 125 ml, necesitamos entonces más de 1,100 gotas de agua para producir una gota de café. Beber té en vez de café se ahorraría una gran cantidad de agua. Para una taza de té estándar de 250 ml se requieren 30 litros de agua. Por ello el objetivo de este trabajo fue determinar la productividad física, económica y social del agua de lluvia, así como la rentabilidad, la productividad del suelo y fuerza laboral en el cultivo de café cereza (*Coffea arabica*) en el Distrito de Desarrollo Rural Villaflores, Chiapas.

Materiales y Métodos

Fuentes de información

Se utilizó la base de datos del SIAP (Sistema Información Agroalimentario y Pesquero) ciclo agrícola 2013, empleándose de esa fuente datos de superficie cosechada (ha), producción física anual (ton), Valor Bruto de la Producción (VBP, en \$ miles de pesos), con ellos se generaron los datos de rendimiento físico "RF" anual (ton ha^{-1}), precios medios rurales (\$ nominales ton^{-1}), rendimiento monetario "RM" por hectárea (\$ nominales ha^{-1}). Los costos por hectárea y número de jornales/ hectárea se obtuvieron de FIRA (2013).

Variables evaluadas.

1. Litros de agua usados en el riego, necesarios para producir 1kg de producto físico (Y_1).
2. Los gramos de producto físico producido por cada m^3 de agua usada (Y_2).
3. Metros cúbicos de agua usados para producir USD\$1 de ingreso bruto (Y_3).
4. Ingreso bruto generado por hm^3 de agua (Y_4).
5. Ganancia (en USD\$) producida por cada hm^3 de agua usada en el riego (Y_5).
6. Metros cúbicos de agua utilizados para producir USD\$1 de utilidad bruta (Y_6).
7. Empleos generados por hm^3 (Y_7).



8. Horas de trabajo invertidas por ton (Y_8).
9. USD\$ de ganancia a nivel regional por trabajador (Y_9).
10. USD\$ de ganancia por hora invertida de trabajo (Y_{10}).
11. Punto de equilibrio "PE" (Y_{11} , en ton ha⁻¹).
12. Vulnerabilidad crediticia ($=Y_{12}$, = RF/PE. Si $Y_{12} < 1$ el productor es vulnerable a que no se le de crédito: sí $Y_{12} > 1$ es menos vulnerable, ya que al ser mayor su rendimiento físico que el punto de equilibrio, es factible se le de crédito productivo).

Resultados y Discusión

Indicadores de la huella hídrica verde en la producción del cultivo de café cereza (*Coffea arabica*) mediante índices de productividad y eficiencia del agua de lluvia.

El Cuadro 1 muestra los indicadores evaluados y las unidades de medida en cada uno de ellos, de esa fuente se puede observar que la productividad del agua en el DDR 021 Villaflores fue de 0.214 kg m⁻³, mientras que el promedio a nivel estatal fue de 0.085 kg m⁻³, lo cual indica que la productividad física del agua de lluvia fue 252% más productiva en el DDR 021 Villaflores en relación al promedio estatal. Visto de otra forma en el DDR Villaflores se emplearon 4,68 m³ de agua para producir 1kg de café cereza, mientras que en el estado de Chiapas se empleó 11,792 m³ kg⁻¹ de café cereza en promedio, es decir; el DDR 021 Villaflores empleo 40% menos agua que la empleada a nivel estatal para producir la misma cantidad de café cereza. Es importante considerar que a nivel de Chiapas, producir un kg de café cereza, es decir, el café que recién se ha cosechado, en verde, que aún no ha sido descascarado y desecado ni tostado, se observa que se requieren 11,792 litros de agua para producir un kg de café en estas condiciones, mientras que de acuerdo con Arreguín *et al* (2007), la huella hídrica del café a nivel de agregación general, en promedio para todo el mundo, es de 21,000 L kg⁻¹, lo que sugiere que el consumo directo representó 56% (11,792 /21,000=56%), dejando el restante 44% para el total del agua virtual consumida en las actividades inherentes a la producción. La variable Y_2 , que mide la cantidad de gramos de café producidos por m³ de agua de lluvia usado en la producción, muestra que ese volumen de agua, fue capaz de producir 85 gr de café como promedio a nivel de todo el estado, pero, ese mismo m³, produjo 215 gr en Villaflores, lo que ubica al agua de lluvia empleada en Villaflores como 3 veces más *productiva* que el promedio estatal (Cuadro 1).

Asimismo el Cuadro 1 en sus variables Y_5 y Y_6 , la cantidad de ganancia generada por hectómetro cúbico y la cantidad de agua utilizada en la producción para producir USD\$1. Así, se determinó que mientras que a nivel estatal, en Chiapas, cada hm³ de agua de lluvia, al ser usado en la producción de café, generaba USD \$17,484 *de pérdida*, en el DDR Villaflores, ese mismo volumen de agua de lluvia producía USD \$19, 808, *de ganancia*, lo que ubica al DDR 021 Villaflores como altamente *productivo* en el uso del agua de lluvia. Por otro lado se determinó que en promedio a un nivel de agregación general, para todo el estado de Chiapas, un hm³ de agua de lluvia permitió que el equivalente de 16.3 personas fueran empleadas, mientras que en Villaflores el indicador fue 23.3 empleos hm⁻³, esto es, que en términos de productividad social, el agua de lluvia en el DDR 021 Villaflores, fue 61% (el indicador fue 1.60) más productiva. Otra faceta de la productividad social del trabajo, es el que señala cuanto tiempo de trabajo se invierte por unidad de producto, en este caso, se determinó que a nivel de



DIVISIÓN II

agregación de todo el estado, producir una ton de café cereza (equivalente a 170 kg de café oro) demandó una inversión de 443 horas de trabajo, mientras que en el DDR 021 Villaflores, la inversión de trabajo fue de 283 horas (Cuadro 1).

Por otra parte, debe observarse que existe una relativa similitud entre las horas/hombre/100 kg de café oro a nivel de Chiapas en su conjunto, con un indicador de 261, en relación con El Salvador, en donde en promedio para todo el país, se demanda una inversión de trabajo de 238 horas/hombre/100 kg de café oro, pero en ningún país de los ahí mencionados, ni en Chiapas ni en el DDR Motozintla, o Villaflores se acerca a la productividad social del trabajo en la producción de café de Hawaii, donde bastan 80 horas/hombre/100kg, para producir lo que en Kenya se produce en 306 horas, no obstante, solo Sao Paulo, con 118 horas, Motozintla con 141 horas y Villaflores con 167 horas son los que más se acercan a Hawaii en su productividad social del trabajo en la esfera del café (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1: Indicadores de la productividad del suelo, del agua, del capital y de la fuerza laboral en el cultivo de Café cereza (*Coffea arabica*) en los DDR de Villaflores, en el estado de Chiapas en 2013.

Variable económica		Villa Flores	Chiapas	Nacional
Productividad del suelo:				
Rendimiento físico	ton ha ⁻¹	3,07	1,97	1,80
Rendimiento monetario (USD\$)	Ingreso ha ⁻¹	\$ 1.357,6	\$ 667,1	\$ 583,9
Rendimiento monetario (USD\$)	Ganancia ha ⁻¹	\$ 285,0	-\$ 405,5	
Productividad del agua:				
rendimiento físico	kg m ⁻³	0,214	0,085	
rendimiento físico	m ³ kg ⁻¹	4,68	11,792	
rendimiento monetario	USD\$ de ganancia hm ³	\$ 19.808	-\$17.484	
Productividad social del agua	Empleo hm ⁻³	26,3	16,3	
Productividad del capital:				
Tasa de ganancia	% de excedente sobre capital invertido	26,6%	-37,8%	
Productividad social del capital	Empleo/Inversión (en empleos por cada millón de USD invertidos)	352,9	352,9	
Punto de equilibrio	ton ha ⁻¹	2,43	3,16	
Productividad laboral:				
Trabajo por ha	Jornadas/ha	109	109	
Trabajo por ha	Horas/ha	872,0	872,0	
Horas de trabajo por ton	h ton ⁻¹	283,6	443,3	
Kilogramos por hora	kg h ⁻¹			
Ganancia/jornada	USD\$ jornada ⁻¹			
Ganancia/hora	USD\$ hora ⁻¹			
Rendimiento físico/Punto de equilibrio		1,27	0,62	

Fuente: Elaboración propia. Cifras monetarias en USD del día 9 de febrero de 2015 a las 1653 horas, a razón de \$14.82 pesos mexicanos por dólar norteamericano.



Lo que indica que el DDR la productividad social del trabajo medida por la cantidad de horas invertidas de trabajo por ton de café cereza, es 56.3% superior a la promedio estatal, ya que en las 443 horas necesarias como promedio en el estado para producir una ton de café, en el DDR 021 Villaflores se producirían 1.563 ton ($=443/283=1.563$), lo cual deja bien situado al DDR 021, no obstante, en la palestra del mercado mundial de café, la comparación debiera hacerse no contra Chiapas, sino contra otros lugares del mundo caracterizados precisamente por su producción cafetalera, Colombia es por antonomasia, ese parámetro de comparación. De esa forma, puede observarse en el Cuadro 2 que mientras que en Colombia se demandan 118 horas/hombre para producir 100 kg de café oro, en Villaflores, producir esa misma cantidad de café oro requirió de 167 horas/hombre, lo que sugiere una relativamente buena posición en la competitividad internacional, en tanto el DDR 021 Villaflores.

Cuadro 2: Rendimientos promedio e insumos y mano de obra por hectárea y para la producción de 100 kilogramos de café oro

	Hawaii ¹	Kenya ²	El Salvador ³	Colombia ³	Sao Paulo ⁴	Villa Flores ⁵	Motozintla ⁶	Chiapas ⁶
Rendimiento kg/ha	2402	1558	660	523	488	523	617	334
Hora/Hombre/ha	1921	4774	1556	799	577	872	872	872
Hora/Hombre/100 kg	80	306	238	151	118	167	141	261

Fuentes: Con base en Arreguín et al (2007), quien a su vez cita como fuentes a: 1) Keeler et al (32). Los datos de cosecha presentados en forma de café pergamino fueron convertidos a café oro usando la relación 100 libras café oro para 120 libras café pergamino. 2) Mutuku (49). Los datos de cosecha presentados en forma de cerezas de café fueron convertidos a café oro usando la relación 17 libras café oro para 100 libras café cereza. 3) Naciones Unidas- F.A.C (50). 4) Naciones Unidas- F.A.C (51). nb. Todos estos datos no incluyen la mano de obra del beneficio. 5) Elaboración propia, con base en las cifras de este estudio del café del DDR Motozintla, Chiapas, México. De acuerdo a lo anterior, se establece que 100 libras de café oro = 120 libras de café pergamino = 588.2352941 libras de café cereza; es decir, de cada 100 kg de café cereza se extraen 17 kg de café oro. 6) Bermúdez (2015).

Con base en el Cuadro 1, se determinó que de acuerdo con la variable Y_{12} (Vulnerabilidad crediticia) en la que se señala un índice igual a 0.622, al tener el productor chiapaneco un rendimiento físico equivalente a solo el 62.2% del que mínimamente debería tener para empezar a producir ganancia, el productor es altamente vulnerable, ya que no es sujeto de crédito en institución financiera alguna. Por su parte, el DDR Villaflores produjo 3.07 ton ha⁻¹ y obtuvo un indicador igual a 1.27 ton ha⁻¹, es decir, que el rendimiento físico que realmente obtuvo el productor agrícola fue 2.41 veces superior al mínimamente requerido para empezar a generar ganancia, lo que en apariencia señala una posición firme del café producido en el DDR 021 Villaflores, en tanto que con la producción que realmente genera podría pagar cualquier tipo de crédito.

Conclusiones

Se concluye que el café producido en el DDR021 Villaflores es más productivo en términos físicos, económicos y sociales en el uso del agua de lluvia para producción de café cereza en comparación con el promedio encontrado a nivel estatal.

Bibliografía

Buzo, Z. P. 2012. Consumo que deja huella. Disponible en http://ciencia.unam.mx/leer/80/Consumo_que_deja_huella Publicado en 2012. Acceso el día 20 de febrero del 2015.



DIVISIÓN II

- FIRA. 2013. Sistema de elaboración de Costos Agropecuarios en su Modulo Agrícola de FIRA. www.fira.gob.mx
- Fonseca A. S. 2006. El Café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Gaceta ecológica. 80: 19-31. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Arreguín-Cortés, F López-Pérez, M., Marengo-Mogollón, H. & Tejeda-González, C. 2007. Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.
- SIAP. 2013. Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Publicado en diciembre del 2013. Acceso en julio del 2014.



ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN LOS CULTIVOS FORRAJEROS DEL DISTRITO DE RIEGO 017, COMARCA LAGUNERA

Rios-Flores, JL^{1*}; Torres-Moreno, M²; Ruiz-Torres, J¹; Torres-Moreno, MA³; Navarrete-Molina, C¹; Cantú-Brito, JE⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Carretera Gómez Palacio- Cd Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango, C.P. 35230. ²SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo 35000, Dgo., México. ³Innovación Ambiental para la Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Diego Rivera No.1 Int. 203 Unidad ISSSTE Texcoco Edo de México. ⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, 27059 Torreón, Coahuila.

*Autor responsable: j.rf2005@hotmail.com; Calle S/N Núm. S/N, Col. Domicilio Conocido Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango. México. CP 35230; Tel. + (871)-7760160.

Resumen

La escasez de agua es un factor sumamente limitante para agricultura, por lo que el agua en la producción agrícola debe ser utilizada eficientemente. Este trabajo estimó la productividad física, económica y social del agua de riego en cultivos forrajeros del Distrito de Riego 017 irrigados con agua superficial por gravedad y se comparó contra alfalfa irrigada con agua subterránea, en La Comarca Lagunera México. La productividad promedio de los forrajes irrigados por gravedad fue de 3.57 kg m⁻³ de forraje, de \$0.38 de ganancia m⁻³, y cada hm³ generó 4.6 empleos, mientras que con agua subterránea los correspondientes indicadores fueron de 3.79 kg m⁻³, \$0.49 de ganancia m⁻³ y 3.7 empleos hm⁻³. El precio promedio del m³ de agua irrigada fue de \$0.14 y \$0.38 para gravedad y bombeo respectivamente. El cultivo de alfalfa es ineficiente en el uso del agua en tanto que emplea grandes cantidades de agua que no transforma en gran cantidad de forraje, ni recurso monetario, o empleos que compensen este uso irracional, por lo que se requeriría evaluar las estrategias de riego a seguir, así como la determinación de los cultivos que serían más competitivos para este Distrito de Riego.

Palabras clave

Agua, forrajes, eficiencia, productividad.

Introducción

El concepto de la productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.*, (2003) como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Para incrementar la productividad del agua es necesario maximizar la productividad de cada gota de agua, así como una mejor captación y aprovechamiento de agua de lluvia que pueda contribuir en la reducción de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de determinada región (Mekonnen y Hoekstra, 2010). La determinación de la productividad en la práctica se utiliza como una herramienta de diagnóstico para entender el uso del agua en los sistemas agrícolas.

Este indicador permite a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver problemas técnicos, de la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola, proporcionando elementos para la



determinación de posibles oportunidades de redistribución de agua en las cuencas (Kijne *et al.*, 2003). Este trabajo busca evaluar los indicadores de productividad física, económica y social del agua subterránea en los cultivos forrajeros del Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera.

Materiales y Métodos

Fuentes de información

Se utilizó la base de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del ciclo agrícola 2012, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada de alfalfa, maíz forrajero, avena forrajera y sorgo forrajero en condiciones de riego rodado o de gravedad. Para este estudio se define como agricultura de riego por gravedad todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua normalmente de lluvia, captada en presas y embalses y posteriormente conducida a la parcela.

Para construir los costos de producción del cultivo, propios de los productores que rentan maquinaria, se emplearon los datos de la SAGARPA, para el ciclo 2012. Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia del DR017 Comarca Lagunera, compuesto por los 15 municipios. Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Matamoros Coahuila, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Comarca Lagunera, generadas por el programa de software “D’Riego” versión 1.0.

Indicadores de productividad.

Se generaron modelos matemáticos que estimaran la productividad del agua usada en el riego, para ello, se utilizó el *método analítico*, empleándose los siguientes modelos matemáticos:

$$Y_1 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{10,000 \sum_{i=1}^n S_i \frac{LR_i}{EC_i}} \cdot$$

ECUACIÓN (1).

$$Y_2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i RM_i}{10,000 \sum_{i=1}^n S_i \frac{LR_i}{EC_i}}$$

Ecuación (2).

$$Y_3 = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i u_i}{10,000 \sum_{i=1}^n S_i \frac{LR_i}{EC_i}}$$

Ecuación (3).

$$Y_4 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i c_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

Ecuación (4).



$$Y_5 = \frac{Y_2}{Y_4} = \text{Ingreso apropiado por uso del agua}$$

Ecuación (5).

$$Y_6 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \left(\frac{J_i}{288} \right)}{\sum_{i=1}^n \left[S_i \left(10000 \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right) / 1000000 \right) \right]} = \frac{25 \sum_{i=1}^n S_i J_i}{72 \sum_{i=1}^n S_i \left(\frac{LR_i}{EC_i} \right)}$$

Ecuación (6).

$$Y_7 = \frac{8 \sum_{i=1}^n S_i J_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{8 \sum_{i=1}^n S_i J_i}{\sum_{i=1}^n S_i R F_i}$$

Ecuación (7).

$$Y_8 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i u_i}{\sum_{i=1}^n S_i (J_i * 288)}$$

Ecuación (8).

$$Y_9 = \frac{1 \sum_{i=1}^n S_i u_i}{8 \sum_{i=1}^n S_i J_i}$$

Ecuación (9).

$$Y_{10} = \frac{\text{Costo total del grupo forrajero}}{\text{Precio promedio del forraje}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i c_i}{\sum_{i=1}^n V B P_i / \sum_{i=1}^n P_i}$$

Ecuación (10).

Donde:

- S_i = Superficie cosechada (ha) del i-ésimo cultivo.
- P_i = Producción física anual (ton) del i-ésimo cultivo.
- VBP_i = Valor Bruto de la Producción
- LR_i = Lámina de riego (m) del i-ésimo cultivo.
- EC_i = Eficiencia hidráulica de conducción (en %) de la i-ésima forma de riego en el i-ésimo cultivo.
- RF_i = Rendimiento físico (ton) por hectárea del i-ésimo cultivo.
- RM_i = $RF_i * p_i$ = Ingreso o rendimiento monetario (en \$) por hectárea del i-ésimo cultivo.
- u_i = $RM_i - c_i$ = Ganancia o utilidad por ha (en \$) del i-ésimo cultivo.
- U_i = Ganancia o utilidad total (en \$) del i-ésimo grupo de cultivos (forrajero en este caso).
- $V_i = \sum_{i=1}^n S_i v_i$ = Volumen de agua utilizado (en m^3) en todo el i-ésimo grupo de cultivos.
- v_i = $10,000(LR_i/EC_i)$ = Volumen de agua (en m^3) por ha usado por el i-ésimo cultivo.
- C_i = Coste total (en \$) de la producción del i-ésimo grupo de cultivos (forrajero en este caso).
- c_i = Coste por ha (en \$) del i-ésimo cultivo.
- J_i = Número de jornales por ha.
- 288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador
- $\sum_{i=1}^n S_i (J_i / 288)$ = Número de empleos generados al año por el i-ésimo grupo de cultivos.
- p_i = Precio (en \$) por ton de forraje del i-ésimo cultivo.



Resultados y Discusión

El indicador de la variable Y_2 indica que en promedio el grupo forrajero irrigado por gravedad, generó \$1.60 de ingreso m^{-3} , superior incluso a la alfalfa de bombeo, con \$152 de ingreso m^{-3} . De igual forma, la variable Y_3 , muestra que cada metro cúbico en promedio produjo \$0,38 de ganancia (contra \$0,49 m^{-3} producidos por la alfalfa de bombeo), mientras que a nivel individual solo los cultivos de maíz y sorgo forrajeros obtuvieron un índice por arriba del promedio (\$0,68 m^{-3} y \$0.46 m^{-3} respectivamente), incluso el avena tuvo un indicador negativo (-\$0.85 m^{-3}), indicando que por cada m^3 de agua se incurrió en una pérdida de 85 centavos, la alfalfa de gravedad con \$0.28 m^{-3} , lo que los situó como altamente improductivo en el uso del agua.

Cuadro 1: Indicadores de la Huella hídrica mediante índices de eficiencia y productividad del agua de riego de gravedad en los principales cultivos Forrajeros del Distrito de Riego (DR) 017 La Laguna.

Tipo de índice:	Variable	Alfalfa G	Maíz forrajero G	Avena Forrajera G	Sorgo forrajero G	Grupo forrajero G	Parámetro de referencia: Alfalfa B
Productividad física	$Y_1 = Kg\ m^{-3}$	2,21	4,07	1,05	4,35	3,57	3,79
Productividad económica	$Y_2 =$ Ingreso bruto m^{-3}	\$ 0,88	\$ 2,24	\$ 0,42	\$ 1,99	\$ 1,60	\$ 1,52
Productividad económica	$Y_3 =$ Ganancia m^{-3}	\$ 0,28	\$ 0,68	\$ -0,85	\$ 0,46	\$ 0,38	\$ 0,49
Indicador económico	$Y_4 =$ Precio del m^3 de agua al productor	\$ 0,11	\$ 0,15	\$ 0,16	\$ 0,15	\$ 0,14	\$ 0,38
Indicador económico	$Y_5 =$ Ingreso bruto m^{-3} /precio al productor del m^3	7,85	15,02	2,70	13,34	11,55	3,96
Indicador económico	$Y_6 =$ Empleos generados hm^3	2,8	5,3	4,9	5,5	4,6	3,7
Indicador económico	$Y_7 =$ Horas de trabajo invertidas por ton	2,91	3,00	10,68	2,92	2,98	2,22
Indicador económico	$Y_8 =$ Ganancia por trabajador	\$ 101.645	\$ 127.554	-\$173.883	\$ 82.841	\$ 100.319	\$ 134.228
Indicador económico	$Y_9 =$ Ganancia por hora invertida de trabajo	\$ 44,1	\$ 55,4	-\$75,5	\$ 36,0	\$ 35,5	\$ 58,3
Indicador económico	$Y_{10} =$ Punto de equilibrio ($ton\ ha^{-1}$)	41,60	32,80	36,58	38,66	38,17	54,36

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras del SAGARPA Delegación Región Lagunera. Cifras monetarias en pesos nominales de 2012. G = irrigado con aguas superficiales de las presas locales mediante gravedad. B = irrigado con agua subterránea mediante bombeo.

En cuanto a la productividad social del agua, medida bajo la forma de empleos generados por hm^3 de agua (Y_6), el indicador promedio fue 4,6 empleos hm^{-3} de agua empleada en el riego, observándose que la producción de sorgo forrajero fue la que demandó más mano de obra, con un total de 316,641 jornales año⁻¹(Cuadro 1), es decir; se generaron 5,5 jornales hm^{-3} en ese cultivo, siendo la alfalfa irrigada por gravedad quien menos empleo generó, con un índice de 2,8 empleos hm^{-3} , mientras que la de riego por bombeo generó 3,7 empleos hm^{-3} , lo que indicaría que el cultivo de alfalfa en el DR017 no muestra eficiencia social en el uso del



agua, en tanto que no genera gran cantidad de empleos como el maíz forrajero con 5.3, o la avena forrajera con 4.9 o el sorgo forrajero con 5.5.

La variable Y_7 analiza el número de horas de trabajo que se requieren para generar una tonelada de forraje, se observa que la producción de una tonelada de forraje varió desde 2.91 h ton⁻¹ en el cultivo de alfalfa, hasta 10.68 h ton⁻¹ en avena forrajera (el promedio grupal fue de 2.98 h ton⁻¹), lo que estaría señalando que este último cultivo no muestra productividad horaria, es decir, que la hora de trabajo rinde menos fruto en comparación con los otros cultivos forrajeros analizados.

La productividad del trabajo vista como el grado de eficiencia que se tiene para producir en determinado tiempo de trabajo una mayor cantidad de producto (González, 2005). En este sentido se determinó la ganancia por trabajador y ganancia por hora de trabajo respectivamente. Así, se determinó, mediante la variable Y_8 , que el trabajador promedio, adscrito a la producción de forrajes de riego por gravedad, logró aportar en promedio \$100,319 de ganancia, determinándose que en el caso de la alfalfa de gravedad, la ganancia fue de \$101,645 por trabajador, mientras que en maíz forrajero y sorgo forrajeros fue de \$127,554 y \$82,841 respectivamente. Otra variable que mide la productividad social del trabajo, está dada por Y_9 , la cual muestra en el Cuadro 1, que una hora de trabajo en condiciones sociales promedio, generó en la producción de forrajes irrigados por gravedad, un monto de \$35.5, a la par que en el cultivo referente esa misma hora de trabajo produjo \$58.3, esto es, 64.2% más ganancia.

En el grupo forrajero de gravedad, los cultivos de maíz forrajero, sorgo forrajero y alfalfa, se posicionaron 56.05, 1.4 y 24.2% arriba del promedio grupal respectivamente, al generar \$55.4, \$36 y \$44.1 de ganancia h⁻¹. Por otro lado, bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado, la cantidad mínima que se requiere producir de forraje en promedio, para tener una operación que a partir de allí inicie su viabilidad económica (punto de equilibrio), fue de 38.17 ton ha⁻¹ en el grupo forrajero de gravedad en su conjunto, pero ya desagregado a nivel de cada cultivo del grupo, se tuvieron los siguientes puntos de equilibrio (en ton ha⁻¹): alfalfa 41.60, maíz forrajero 32.80, avena forrajera 36.58, y 38.66 en sorgo forrajero.

Conclusiones

El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción agropecuaria del país. Sin embargo en este estudio se observó que el precio real del agua representó un porcentaje muy bajo del costo de producción, lo que provoca un uso irracional del mismo.

El cultivo de alfalfa es ineficiente en el uso del agua en tanto que emplea grandes cantidades de agua que no transforma en gran cantidad de forraje, ni recurso monetario, o empleos que compensen este uso irracional. Por lo que se requeriría evaluar las estrategias de riego a seguir, así como la determinación de los cultivos que serían más competitivos para este Distrito de Riego.

Bibliografía

- González, M. J. 2005. Salarios, precios y productividad, una aproximación al valor de la fuerza de trabajo en México. *Análisis Económico*. 44 (20):63-91.
- Kijne, J.W., Barker, R., and D. Molden, 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunity for Improvement. CABI, Cambridge, UK.



DIVISIÓN II

- Mekonnen, M. M, and Hoekstra, A. Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology Earth System Sciences*. 14 (7): 1259–1276.
- SAGARPA. 2012. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria*. Región Lagunera Coahuila-Durango, Cd. Lerdo, Dgo., México. 252p.



CALIDAD DE AGUA PARA USO RECREATIVO EN EL MUNICIPIO DE TOLIMÁN, JALISCO (CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TUXCACUESCO-AYUQUILA Y ARMERÍA)

Aguirre Garcia, Á^{1*}; Martínez Rivera, LM¹; Sandoval Legazpi, JJ¹; Meza Rodriguez, D¹

¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco, México.

*Autor responsable: aguirrea@cucsur.udg.mx; Calle Independencia Nacional Núm. 151, Col. Centro, Autlán de Navarro, Jalisco, México, CP 48900; Tel. +52(317)-382-5010

Resumen

La confluencia de los ríos Ayuquila y Tuxcacuesco, que juntos integran el Armería es una zona importante en donde la gente de la región utiliza para el esparcimiento los fines de semana, pero principalmente durante el periodo vacacional de semana santa en la cual se llega a tener una población de más de 16,000 personas en solo tres días. Por esta razón es muy importante el ordenamiento de la visita pública a partir del año 2000 que se estableció la Feria Ambiental del Río Ayuquila, donde se busca reducir el impacto ambiental y también la salud de los visitantes, ya que aguas arriba las poblaciones vierten sus aguas residuales directas a los ríos sin ningún tratamiento. Desde 1996 se monitorea la calidad de agua de ambos ríos, pero solo presentamos datos de 2013 a 2015, dado que en estos años la contaminación por coliformes ha ido en aumento de crítica a fuerte para los días de la Feria Ambiental del Río Ayuquila, para tratar de que no ocurran casos graves se hacen carteles informando a la población cual es el estado de calidad de agua así mismo las autoridades se les informa con anticipación.

Palabras clave

Calidad de agua, coliformes, contaminación, Río Ayuquila-Armería, Río Tuxcacuesco

Introducción

La zona comprendida en zona de San Pedro Toxin, que es la confluencia de los ríos Ayuquila y Tuxcacuesco, que juntos integran el Armería (Figura 1), son una zona importante en donde la gente de la región utiliza para el esparcimiento los fines de semana, pero principalmente durante el periodo vacacional de semana santa en la cual se llega a tener una población de más de 16,000 personas en solo tres días. A partir del año 2000, se estableció la Feria Ambiental del río Ayuquila la que ha buscado reducir el impacto ambiental en la zona y ordenar la afluencia de turistas a esta zona, que ya no son solo de la región, sino que vienen de municipios lejanos. Esta zona representa pues una zona recreativa importante, para todas aquellas personas que no tienen los recursos económicos para llevar a su familia a la playa, como se acostumbra en nuestro país.

Por esta razón no solo es importante el ordenamiento de la visita pública y de su impacto ambiental, sino también de la protección de la salud de los visitantes a este sitio recreativo, dado que aguas arriba todos los municipios descargan sus aguas residuales sin tratar. A finales de cada mes desde 1996, se hace un muestreo de tres sitios de esta zona, como parte del programa de monitoreo del Río Ayuquila y Tuxcacuesco, sin embargo, para este informe especial se adjuntó un muestreo adicional realizado el día 9 de Abril de 2014, para

tener un dato a una semana de realizar la Feria Ambiental 2014. Aunque se muestrean otros parámetros fisicoquímicos, en este reporte solo se indican los resultados microbiológicos por su impacto en la salud pública y porque los otros parámetros no tienen una influencia negativa en este momento para el uso recreativo del agua de este río Ayuquila-Armería. En este informe se presentan datos de 2013 y de los datos mensuales de 2014, y de ene a abril de 2015 para tener una referencia con ambos años.



Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo

Los resultados microbiológicos reportados en este informe comprenden solamente coliformes fecales y coliformes totales. Las bacterias indicadoras fecales, tales como coliformes fecales (coliformes termotolerantes) y coliformes totales, *E. Coli* y enterococos intestinales son bacterias excretadas por humanos y animales de sangre caliente, sobreviven a sistemas de tratamiento y gran cantidad de ellas sobreviven por cierto tiempo en medio ambiente acuáticos (Kavka & Poetsch 2002). *E. coli* es uno de los mejores indicadores para evaluar una contaminación fecal reciente, principalmente causado por aguas no tratadas que son vertidas en cuerpos de agua y por medios difusos como pastizales y granjas. Las coliformes fecales y totales indican también la presencia de bacterias patógenas, virus y parásitos (Kavka & Poetsch, 2002).

Materiales y Métodos

El impacto de la contaminación en la calidad fisicoquímica y biológica del agua se evaluó a través de un monitoreo mensual durante tres años (2013-2015) en la confluencia de los Ríos Tuxcacuesco (Lat 19° 36' 39" y long 103° 57' 49"), Río Ayuquila (Lat 19° 36' 05" y Long 103° 58' 07") y Río Armería (Long 19° 35' 59" y long 103° 57' 29", Integra Ayuquila y Tuxcacuesco). en las diferentes fuentes de descargas residuales para muestrear la calidad del agua del río .



DIVISIÓN II

En cada sitio se midieron los siguientes parámetros: a) Características hidráulicas del río que incluyen, descarga, velocidad, profundidad y área de la sección. Durante el monitoreo mensual se evaluaron los parámetros organolépticos (turbiedad), fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, nitratos, nitritos, amoníaco, fosfatos, calcio y magnesio), biológicos (coliformes totales y coliformes fecales). Sin embargo, para esta parte del estudio solo se consideró el análisis de las bacterias coliformes, utilizando para su colecta bolsas esteriles, que fueron transportadas en hielera a una temperatura de 4 °C y puestas a incubación utilizando E.Coli Plates (3M Petrifilm) a una temperatura de 35°C y un periodo de 24 horas.

Resultados y Discusión

En las figuras siguientes nos detallan las concentraciones de coliformes fecales en los tres sitios, Río Tuxcacuesco (Figura 2), Río Ayuquila (Figura 3) y Río Armería (Figura 4). Podemos encontrar dos condiciones, la primera es altas concentraciones de coliformes fecales y totales en temporada seca, en donde es el tiempo en donde más habitantes de las comunidades y la región utilizan el río como espacio recreativo. La segunda condición es el incremento de la concentración por arrastre de los escurrimientos superficiales, que se incrementan a las descargas de las aguas residuales sin tratar en toda la cuenca.

Para el caso de la primera condición, En el caso del Río Tuxcacuesco, podemos apreciar en la figura 2, las altas concentraciones de bacterias tanto coliformes totales como coliformes fecales, que lo clasifican como **Contaminación Crítica a Fuerte** para abril de 2013, 2014 y 2015 de acuerdo con el cuadro 1. En el caso del río Ayuquila, el agua se clasifica entre **Contaminación Moderada a Crítica**, para la temporada de secas, con mejor calidad de agua comparado con el Tuxcacuesco, pero con niveles que pueden ser riesgosos para la población en temporada de Semana Santa.

Cuadro 1. Clasificación de aguas de ríos en base a contaminación por heces fecales (Kavka, 2006)

Clasificación por Contaminación Fecal		Clases				
		I	II	III	IV	V
Parámetro	Contaminación Fecal	Poca	Moderada	Crítica	Fuerte	Extrema
<i>Escherichia coli</i> (Coliformes Fecales)	en 100 ml de Agua	≤100	>100 -- 1000	>1000 -- 10,000	>10,000 a 100,000	> 100,000
Coliformes Totales	en 100 ml de Agua	≤ 500	> 500 a 10,000	> 10,000 a 100,000	> 100,000---1,000,000	> 1,000,000



DIVISIÓN II

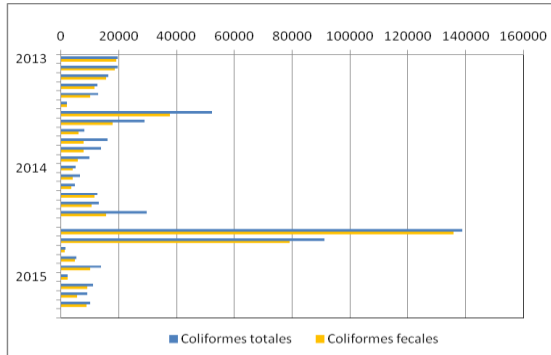


Figura 2. Calidad del agua en base a coliformes fecales y totales en Río Tuxcacuesco

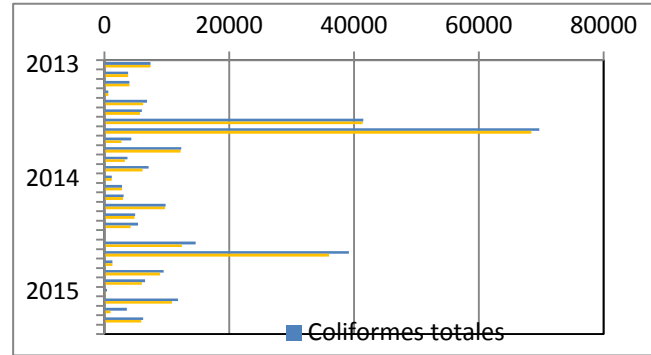


Figura 3. Calidad del agua en base a coliformes fecales y totales en Río Ayuquila

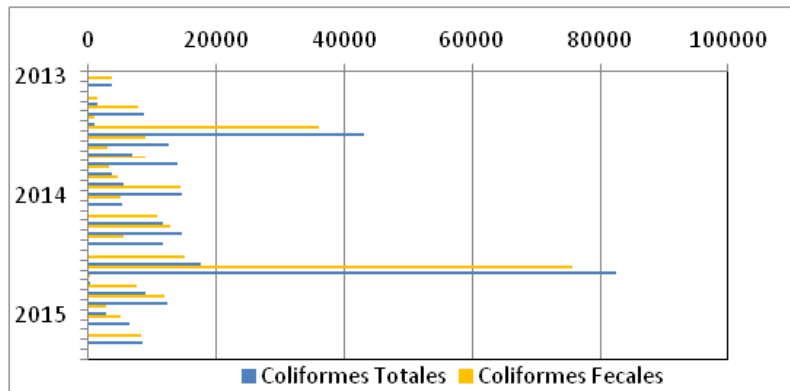


Figura 4. Calidad del agua en base a coliformes fecales y totales en Río Armería

Las condiciones del Río Armería, se reflejan en una combinación de las aguas que confluyen, encontrando en los tres años en no muy buenas condiciones. Evaluando el mes de abril de los tres años en 2013, las coliformes fecales oscilaron entre 0 a 100 NMP/100 ml (**Moderada**), para 2014 hasta 2700 NMP/100 (**Crítica**) y para el 2015 se encontraron en una concentración de 8,800 NMP/100 (**Crítica**).

La Unión Europea (2006), recomienda como una agua excelente para uso recreativo aquella que tiene bacterias coliformes (E. Coli) con menos de 500 NMP/100 ml y un agua de buena calidad hasta los 1000 NMP/100 ml. En el caso de los tres sitios, superan estas concentraciones, por lo que no son adecuadas para bañarse en esta agua.

Para el periodo de lluvias, hay un incremento fuerte de coliformes con valores que oscilan en la categoría de **Fuerte** a **Extrema** por el arrastre proveniente de escurrimientos superficiales, aunque en terminos recreativos durante este periodo, hay poco uso debido a las altas corrientes y profundidad en esta zona.



Conclusiones

Las descargas de aguas residuales sin tratar representan un riesgo a la salud pública de las comunidades que hacen uso del río Ayuquila-Armería con fines recreativos, ya que la mayoría se encuentra fuera de los estándares internacionales recomendados. Ante estas condiciones y las condiciones fluctuantes de los valores, principalmente en la temporada de secas, donde el caudal baja, se recomienda un monitoreo constante y unos días antes de la máxima visita pública al área en Semana Santa para prevenir a los usuarios sobre las condiciones que se encuentra en ese momento. Finalmente, se puede prevenir a las personas, pero no se resuelve el problema de fondo, que es que los municipios traten sus aguas antes de verterlas a los cuerpos de agua.

Bibliografía

- Kavka, G. G. y Poetsch, E. (2002): Microbiology. -- In: Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River. Eds. Péter Literáthy, Veronika Koller Kreimel, Igor Liska. Eigenverlag ICPDR. 138--150.
- Kavka, G. G., G.D. Kasimir y A. H. Farnleitner. 2006. Microbiological water quality of the River Danube (km 2581 - - km 15): Longitudinal variation of pollution as determined by standard parameters. In: Proceeding 36th International Conference of IAD. Austrian Committee Danube Research/IAD, Vienna. 978--3--9500723--2--7, pp. 415--421.
- Unión Europea. 2006. DIRECTIVE 2006/7/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. 4.3.2006. L64/37 - 51. Official Journal of the European Union.



AVANCES DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA DEL RÍO SANTIAGO, MÉXICO.

Can-Chulim, Á¹; Cruz-Crespo, E¹; Bojórquez-Serrano, JI¹; Ortega-Escobar, EM²; Ortiz-Vega, MI¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Tepic, Nayarit. México.

²Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México.

*Autor responsable: canchulim@yahoo.com.mx; Carretera Tepic-Compostela km 9, Xalisco, Nayarit. México. C. P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. CP 63780; Tel. +52(311)-211-0128

Resumen

La mayor cantidad de agua que se emplea para riego en el distrito de riego 043 de Nayarit, es de tipo superficial y proviene del río Santiago. El río inicia en el lago de Chapala y en su transcurso atraviesa la ciudad de Guadalajara en donde recibe la mayor cantidad de aguas de tipo urbano-industrial, además recibe en su margen derecha cuatro grandes afluentes y una de menor magnitud en su margen izquierda. Esta agua que se incorpora al cauce del río contribuye a la variación de las concentraciones iónicas. Se realizó un muestreo en el periodo de estiaje. Se establecieron 15 estaciones de muestreo y se recolectaron dos muestras simples en cada una. Se determinaron aniones y cationes mayoritarios, pH, conductividad eléctrica (CE) y se calculó el valor de la RAS. Los resultados obtenidos demuestran que se obtuvo una media de pH de 7.8, mínima de 7.2 y máxima 8.1 y CE media de 796 $\mu\text{S cm}^{-1}$; mínimo 372 máxima 1822. Media de RAS de 4, y mínimo de 2 y máximo 13. En periodo de estiaje ocurre una reconcentración de iones por la evaporación, que da como resultado valores elevados de CE, además que el calcio precipita y queda en predominio el ion sodio.

Palabras clave

Agua residual; agua sódica bicarbonada; periodo de estiaje

Introducción

La mayor cantidad de agua que se emplean para riego en la planicie costera del Noroeste del estado de Nayarit, ubicada en el distrito de riego 043, es de tipo superficial y proviene del río Santiago. El río inicia en el lago de Chapala y en su transcurso atraviesa la ciudad de Guadalajara en donde recibe la mayor cantidad de aguas de tipo urbano-industrial, además recibe en su margen derecha cuatro grandes afluentes y una de menor magnitud en su margen izquierda (Gómez *et al.*, 2012). Se infiere que el agua residual que se incorpora al cauce del río Santiago modifica la concentración iónica inicial. Además, en el periodo de estiaje, cuando más se empleada el agua para riego, la concentración iónica en el agua es alta por procesos de reconcentración ocasionados por la evaporación.

La calidad del agua del río de acuerdo a los índices de calidad del agua de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Nayarit (SEMANAY, 2014) es deficiente, pero esta clasificación no contempla parámetros agrícolas. La calidad del agua para uso agrícola es definida por la concentración cuantitativa y cualitativa de los iones en solución. El agua de baja calidad, que se utiliza en la agricultura, propicia la obtención de bajos rendimientos, principalmente por los



efectos que provocan, como son la salinización y sodificación de los suelos y la toxicidad de iones específicos en las plantas (Silva *et al.*, 2004).

Esta investigación se plantea con base a estos antecedentes y considerando que los índices de calidad del agua establecidos en la zona de estudio son de tipo ambiental y de salud, no enfocados al uso agrícola.

Por tanto, definir la calidad del agua para uso agrícola del río Santiago permitirá a los productores agrícolas y a los organismos encargados de regular las políticas agropecuarias en el estado de Nayarit, tomar las decisiones correctas sobre el uso y manejo del agua, de manera que se establezca un equilibrio que permita obtener los mejores rendimientos, calidad e inocuidad de los productos agrícolas en la cuenca del río, ubicada en el distrito de riego 043.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El río Santiago se ubica en la región hidrológica administrativa número VIII Lerma-Santiago-Pacífico (23°24'36" y 20°18'03" N, 101°16'48" y 105°28'12" O) con un escurrimiento medio superficial de 7849 millones de metros cúbicos por año, con un área de cuenca de 76 416 km² y longitud de 562 km. Abarca porciones de seis entidades federativas: Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Nayarit (CONAGUA, 2011). Geológicamente se ubica entre en Eje Neovolcánico (cuenca alta) y Sierra Madre Occidental (cuenca baja) (Ferrari *et al.*, 1999).

El río Santiago recibe sus principales afluentes por la margen derecha y corresponde a escurrimientos provenientes de altitudes que rebasan los 2500 m, divididos en las subcuencas de los ríos Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota (Gómez *et al.*, 2012). Existe un afluente de menor magnitud que confluye con en el margen izquierdo, después del embalse de la presa Aguamilpa, el río Mololoa.

Ubicación de las estaciones de muestreo

La toma de muestras para las determinaciones físico-químicas se realizaron con base a la norma mexicana NMX-AA003-1980. La recolección de las muestras se hizo con recipientes de polipropileno de capacidad de un litro, tomando dos muestras simples por cada estación. El muestreo se realizó en el periodo de estiaje. Se establecieron 15 estaciones de muestreo georreferenciados con GPS, considerando las entradas y salidas de los afluentes principales y puntos estratégicos que indicaron las modificaciones de calidad (Cuadro 1). Los parámetros físico químicos del agua se determinaron con base a la APHA (2012).

Variables

Las variables de calidad del agua que se consideraron son las siguientes: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y relación de absorción de sodio (RAS).



Distribución espacial de la calidad del agua

Para la distribución longitudinal de la calidad del agua a través de su trayecto se realizaron gráficas descriptivas donde se colocaron en el eje X las estaciones de muestreo y en el eje Y la concentración de iones.

Análisis estadístico

El análisis estadístico incluyó la descripción estadística de los parámetros de calidad del agua (media, desviación estándar, rango máximo y mínimo) mediante el uso del programa Excel.

Cuadro 1. Estaciones de muestreo del río Santiago, México.

Estación	Identificación	Ubicación		Altitud m
		N	O	
1	Río Santiago Salida Chapala, en Ocotlán	20° 20' 01.81"	102° 47' 06.87"	1528
2	Río Santiago Puente Carr. Fed 80, en Puente Grande	20° 34' 10.86"	103° 08' 50.83"	1452
3	Río Santiago Puente Carr. Fed 54, Guadalajara - Juchipila	20° 50' 20.32"	103° 19' 44.42"	910
4	Río Santiago Después río Juchipila, en San Cristobal de La Barranca	21° 02' 44.00"	103° 26' 31.10"	808
5	Río Santiago Salida presa Santa Rosa, Carr. Amatitan-El Salvador	20° 54' 43.08"	103° 42' 42.41"	656
6	Río Santiago En salida de la cortina La Yesca	21° 11' 18.48"	104° 06' 33.30"	402
7	Río Santiago Salida presa El Cajón, Carr. a San José de Mojarras	21° 25' 18.42"	104° 27' 36.12"	215
8	Río Santiago Salida de presa Aguamilpa	21° 49' 20.28"	104° 49' 58.86"	70
9	Río Santiago Después río Mololoa, en Estación Pany	21° 44' 18.72"	105° 00' 39.12"	40
10	Canal Canal derecho	21° 43' 42.77"	105° 02' 13.05"	41
11	Canal Canal izquierdo	21° 50' 01.71"	105° 06' 47.43"	25
12	Río Santiago En Santiago Ixcuintla (puente La Presa)	21° 48' 13.02"	105° 14' 23.23"	18
13	Río Santiago En Amapa	21° 46' 55.46"	105° 14' 52.69"	17
14	Río Santiago En Villa Juárez	21° 41' 02.54"	105° 23' 21.06"	3
15	Río Santiago En Villa Juárez-Los Corchos	21° 40' 38.23"	105° 26' 13.47"	1

Resultados y Discusión

El pH del río Santiago es alcalina (Figura 1). Se obtuvo una media de pH de 7.8, con una máxima de 8.2 y una mínima de 7.2. La media de la CE fue de 796 $\mu\text{S cm}^{-1}$, con una máxima de 1822 y una mínima de 372 (Figura 2).



DIVISIÓN II

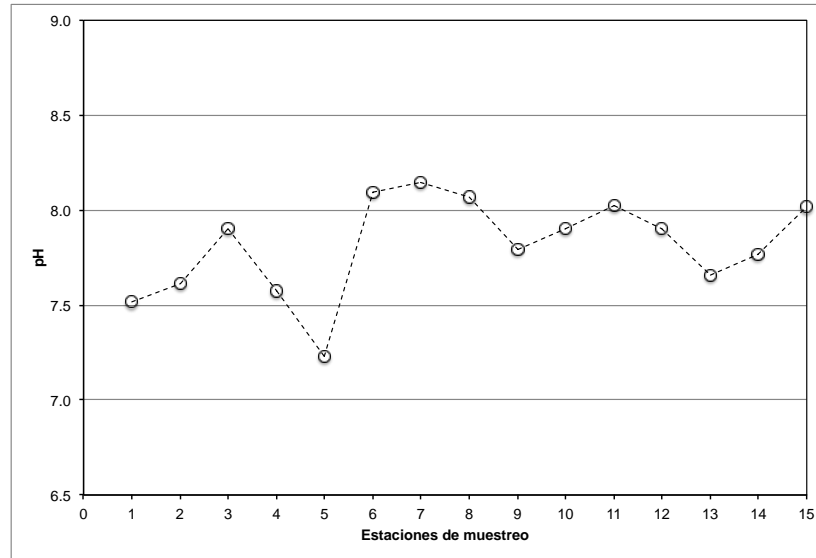


Figura 1. pH del agua del río Santiago, México.

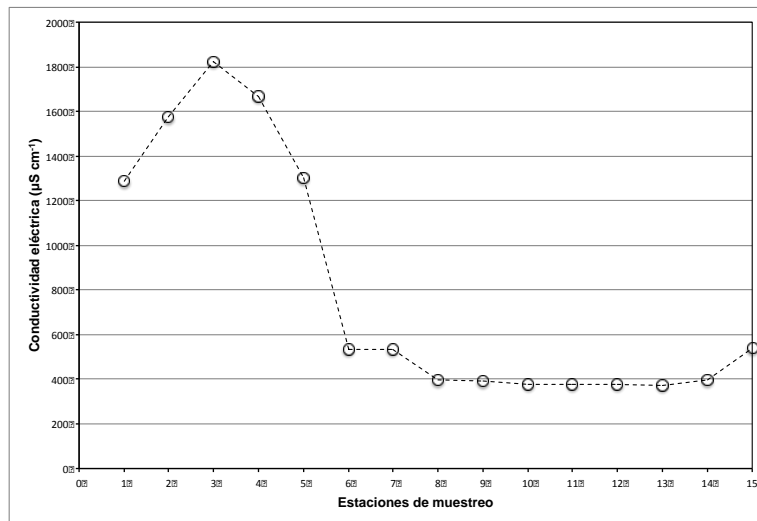


Figura 2. Conductividad eléctrica del río Santiago, México.

Como el agua del río Santiago se utiliza para el riego en el distrito de riego 043, en el estado de Nayarit, se realizó una clasificación de calidad con respecto al pH y CE, obteniendo que el agua del río Santiago, que sale de la presa Aguamilpa y que se emplean para el riego, aún cuando incrementa el pH y la CE, sigue siendo apta para uso agrícola.

Se encontró que desde la Estación 1, ubicada en la salida del lago de Chapala, hasta la Estación 5, en la salida de la cortina de la presa Santa Rosa, la concentración iónica expresada en términos de CE es elevada, con una media de $1070.8 \mu\text{S cm}^{-1}$, clasificándose como agua C3. Después de la presa Santa Rosa la CE disminuye drásticamente hasta un valor de $534 \mu\text{S cm}^{-1}$, como se constata en la presa La Yesca (Figura 2).



DIVISIÓN II

Este cambio referido a la mejora de la calidad, se atribuye a que estas dos presas funcionan como lagunas de estabilización y además, a los grandes desniveles en el tramo presa Santa Rosa - La Yesca que proporciona aireación al agua del río Santiago. El desnivel desde la presa Santa Rosa - La Yesca es de 102 m (Cuadro 1).

El muestreo se realizó en periodo de estiaje. En este periodo es cuando más se utiliza el agua del río para riego en el distrito No. 043, por lo que se recomienda especial atención en la calidad del agua del río Santiago. De acuerdo a Sultana *et al.* (2009) la composición del agua superficial por lo general es baja, debido a que proviene de las precipitaciones pluviales, teniendo incrementos en puntos donde reciben descargas de agua residual, tal como se encontró en esta investigación.

Los resultados obtenidos de la relación de adsorción de sodio (RAS) tiene una media de 4, con una máxima de 13 y mínima de 2. Las estaciones de muestreo con valores altos corresponden al tramo lago de Chapala - Presa Santa Rosa (S2). Posterior a la presa los valores de RAS disminuyen (S1) de tal forma que en el área de riego del distrito 043 por lo que no existe problema para uso agrícola, de acuerdo a este índice (Figura 3).

El RAS se puede utilizar como un valor aproximado de la sodicidad después del riego (Hussein y Rabenhorst, 2001). Rodríguez *et al.* (2009) encontraron valores de RAS menores de 10 y las clasifican como de buena calidad para uso agrícola.

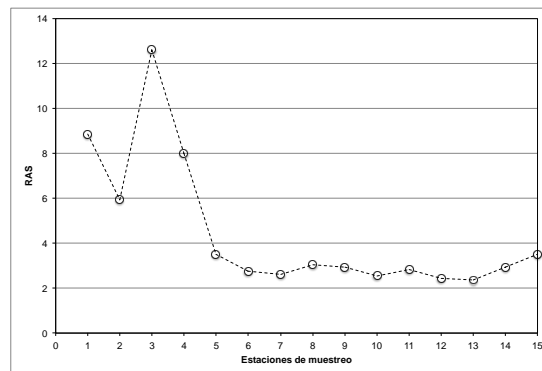


Figura 3. Relación de adsorción de sodio del río Santiago, México.

La concentración iónica del sodio predomina en el periodo con una media de 5.4 meq L^{-1} . Mientras que por el lado de los aniones el bicarbonato de sodio con una media de 6.0 meq L^{-1} . En el periodo de estiaje, parte de la concentración de calcio precipita y queda en predominio el ion sodio, dando como resultado una agua de tipo sódico bicarbonatada. La sal que se formaría sería NaHCO_3 , una sal altamente tóxica para los cultivos (Sánchez *et al.*, 2008). Can *et al.* (2014), encontraron esta similitud en predominio iónico del calcio en periodos de precipitación pluvial concluyendo que son benéficas cuando se aplican en el riego, no así en el caso del predominio del sodio, que trae como consecuencia posibles deterioros en las propiedades físicas del suelo. Padilla y García (2012) mencionan que la característica bicarbonatada es debido al material geológico con la que el agua tiene contacto.



Conclusiones

El agua del río Santiago que se usa para riego en el distrito de riego riego 043 en Nayarit, en el periodo de estiaje, es de buena calidad. La concentración iónica total del agua del río incrementa debido a la evaporación que concentran los cationes y aniones mayoritarios en solución. Los valores de la RAS incrementan por ser en estiaje por lo que es necesario consideraciones para el manejo del agua.

Agradecimientos

Al Programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) que mediante el apoyo a la incorporación de nuevos PTC 2014 (PROMEP/103.5/13/97) hizo posible esta investigación.

Bibliografía

- APHA. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 edition. American Public Health Association. Washington, DC, EEUU.
- Can C., Á., E.M. Ortega E., E.I. Sánchez B. y E. Cruz C. 2014. Calidad del agua para riego en la Sierra Norte de Puebla, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 5 (5): 77-96.
- CONAGUA. 2011. Estadísticas del agua en México, edición 2011. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. 185p.
- Ferrari, I., G. Pasquere, S.S. Venegas and R.F. Romero. 1999. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block, pp. 65 - 83. *In: Delgado, G. H., D.G. Aguirre and J.M. Stock (Eds).*
- Gómez, B.M.A., P.E. Díaz y H.A. Gutiérrez. 2012. Composición de la comunidad ictica de la cuenca del río Santiago durante su desarrollo hidráulico. *Hidrobiología* 22 (1): 62-78.
- Hussein, A.H. and M.C. Rabenhorst. 2001. Tidal Inundation of transgressive coastal areas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65 (2): 536-544.
- NMX-AA-003-1980. Aguas Residuales: Muestreo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México. 7 p.
- Rodríguez, O.J.C., H.J.L. García, C.R.D. Valdez, M.J.L. Lara, H.F. Rodríguez y F.O. Loredó. 2009. Calidad agronómica de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10 (3): 385-367.
- Padilla, C.T.A. y A.N. García. 2012. Hidroquímica del agua superficial de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21: 17-20.
- Sánchez B., E.I., M. Ortega E., V. Hernández G., M. Camacho E. y J. Kohashi S. 2008. Crecimiento de plantas de papa (*Solanum Tuberosum*) cv. Apha. Inducido por diversas soluciones salinas. *Interciencia* 33 (9): 647-650.
- SEMANAY. 2014. Ordenamiento ecológico de la llanura costera del estado de Nayarit. Disponible en: http://www.semanay.nayarit.gob.mx/Bitacora_Ambiental/Llanura_Costera/INFORME/CARACTERIZACION/4%20Ambiental.pdf.
- Silva, R.H., L.M. Ortiz y H.E. Acevedo. 2004. Relaciones hídricas y ajustes osmóticos en trigo. *Agrociencia* 41 (1): 23-24.
- Sultana, N., M.A. Haque and S.H. Elahi. 2009. Evaluation of surface irrigation water quality in Muktagacha Upazila of Bangladesh. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 31 (2): 229-235.



CÁSCARA DE CACAHUATE COMO PRECURSOR ALTERNATIVO PARA LA PREPARACIÓN DE UN CARBÓN ACTIVADO Y SU APLICACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUA

Torres P. J.^{1*}, González L. D. E.¹, Delgado R. M.¹

¹Instituto de Ciencias Biomédicas, Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Anillo Envoltante del Pronaf y Estocolmo s/n, Zona Pronaf, Ciudad Juárez, Chihuahua, C.P. 32310, México.

Tel: +52 656 6881821 ext.1621 *Correo electrónico: jonatan.torres@uacj.mx

Resumen

Dentro de los principales problemas que provocan la contaminación del suelo, son los residuos orgánicos, esto debido al rápido crecimiento de urbanización y la significativa generación de residuos. Un ejemplo de esto es en el estado de Chihuahua, el cual se destaca por ser uno de los principales estados en presentar mayor producción de cacahuete, donde las industrias que procesan esta materia prima, no realizan una disposición final correcta para las cáscaras de cacahuete, siendo la incineración su única opción. Es por eso que en este proyecto, se buscó la revaloración para este residuo orgánico, procesándolo como carbón activado, para la eliminación del colorante R40 de medio acuoso y así disminuir este residuo orgánico. La preparación del carbón activado se lleva a cabo un proceso de carbonización y activación física con agua simultánea, y una modificación con hierro en la superficie, aplicándolo a procesos de batch, obteniendo así un material con capacidades adsorbentes.

Palabras clave

Carbón activado, rojo No.40, cáscara de cacahuete.

Introducción

El cacahuete se clasifica dentro de la familia *papilionaceae*, genero *Arachis*. De las 12 especies conocidas, la más importante es la *Arachis hypogaea* el cacahuete común (Ferreira *et al.*, 2007). La mayoría de las cáscaras de cacahuete son descartadas como residuos sólidos o quemados en pilas, lo que resulta en pérdida de recursos y la contaminación del medio ambiente. Por lo tanto, hay una necesidad de convertir estos subproductos en productos útiles, de valor añadido La cáscara de cacahuete es uno de los materiales potenciales que funcionan como adsorbentes.

Puede ser utilizado para la extracción de color, ya que también puede traer un número ilimitado de beneficios económicos y ambientales para el tratamiento de aguas residuales industriales (Wu *et al.*, 2013). Las industrias vierten contaminantes a los cuerpos de agua, lo que afecta principalmente a organismos que viven y se alimentan de este recurso. Entre los contaminantes se encuentran son los colorantes, estos son moléculas altamente estables que resisten la degradación química, biológica y la exposición a la luz. La coloración de los ríos, lagos u otro lecho de agua es indicio de contaminación (Cortázar-Martínez, 2012). Existen métodos para la eliminación de colorantes, la adsorción es ampliamente utilizada en la eliminación de contaminantes refractarios de las aguas residuales. Las principales ventajas de un tratamiento de adsorción para el control de la contaminación del agua son una menor



inversión en términos de costo inicial de desarrollo, diseño simple, operación fácil, y libres o de menor generación de sustancias tóxicas (Song *et al.*, 2011).

En estos métodos de adsorción se utiliza el carbón activado, este posee una gran área superficial capaz de adsorber unas grandes diversidades tanto gaseosas como líquidas. Estos carbones activados son de los más utilizados en la remoción de colorantes, y en la actualidad es de los más utilizados para remover color, olor y sabor. La preparación de estos carbones activados comerciales es muy cara, a causa de esto se han realizado investigaciones en las que se buscan materiales alternativos para la preparación de estos, entre ellos se encuentran los residuos agrícolas de los cuales se ha demostrado mediante investigaciones que algunos de estos viables para la preparación de materiales carbonosos. Uno de estos residuos es la cáscara de cacahuete la cual es rica en celulosa, hemicelulosa y polímero, la cáscara de cacahuete es un residuo considerado como abundante y económico en el estado de Chihuahua (Financiera Rural, 2011), siendo este el segundo productor a nivel nacional y destacando Delicias y Ojinaga a nivel municipal (Chihuahua-SAGARPA, 2010).

Materiales y Métodos

Preparación del material carbonoso.

El cacahuete utilizado se obtuvo del mercado local (Ciudad Juárez, Chihuahua), a este se le retiró la semilla dejando solo la cáscara la cual fue de nuestro interés, posteriormente las cáscaras se depositaron en un recipiente grande, y se colocaron en una estufa de secado marca Shel Lab durante 24 horas a una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Transcurridas las 24 horas las cáscaras deshidratadas se introdujeron a un reactor de cuarzo acoplado a un horno rotatorio marca Carbolite modelo HT 11/75, el cual se mantuvo en atmósfera inerte a través de un flujo de nitrógeno de 0.7 L/min, posteriormente se aumentó la temperatura con una rampa de calentamiento de 10°C por minuto hasta alcanzar 857°C , dicha temperatura se mantuvo durante 80 minutos en los cuales se suministró un flujo de agua destilada (0.5 L/min) para promover la activación; al término del tiempo estipulado, la temperatura descendió manteniendo constante el flujo de nitrógeno.

Después del proceso de carbonización/activación, los materiales obtenidos se fragmentaron y agruparon por tamaño con ayuda de un tamiz de cobre para generar un diámetro de partícula uniforme entre 1.0 y 0.425 mm y otro menor a 0.425 mm según fue necesario. Para la modificación de los materiales con hierro, el material fue sometido a contacto con una disolución de cloruro de hierro hexahidratado ($\text{Cl}_3\text{Fe}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 3 M, 2g de carbón activado proveniente de cáscara de cacahuete (PHAC) se sumergieron en esta disolución durante 60 horas en un frasco hermético, a 80°C . Al retirar el carbón de dicha disolución, se le realizaron lavados con agua destilada para eliminar cualquier residuo que interfiera con la superficie.

Pruebas de sorción en batch

Se realizaron estudios de sorción por lotes para obtener los parámetros clave como las constantes de velocidad de sorción.

Determinación de cenizas.



Se realizó la determinación de cenizas para el carbón activado alternativo PHAC-Fe, para esto se utilizaron 3 crisoles de porcelana y se colocaron en la mufla a 600 °C por 2 horas, transcurrido el tiempo se retiraron de la mufla y se colocaron durante 15 minutos en el desecador de vidrio, posteriormente se tomaron las masas de los 3 crisoles de porcelana y se les agregó a cada uno 0.5 gramos de PHAC-Fe (ATSM, 1994). Ya registrada la masa del crisol más el carbón activado, se introdujeron en la mufla y se llevaron a una temperatura de 600 °C por 3 horas, después de esto se pesaron nuevamente en la balanza analítica y se tomó dato de la masa.

Este mismo procedimiento se realizó para los materiales carbonosos de PHAC, PHAC-Fe, GAC y GAC-Fe.

Resultados y Discusión

Obtención de carbón activado alternativo

Realizado el procedimiento descrito anteriormente para la elaboración del carbón activado alternativo, se obtuvo un rendimiento del 19% lo que se equipara a los rendimientos obtenidos de la fabricación de algunos otros carbones activados a partir de precursores lignocelulósicos. El rendimiento obtenido nos indica que el tiempo y la temperatura fueron los adecuados para que se llevara a cabo el proceso de carbonización/activación.

Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó para obtener un valor cuantitativo acerca de la cantidad de carbón con la que están constituidos los carbones activados preparados, ya que además de carbón se pueden presentar otros compuestos como inorgánicos que en este caso se reporta como % total de cenizas. En la tabla 3.1 se puede apreciar el promedio del porcentaje de cenizas contenidas en cada carbón preparado. Por ejemplo, la comparación de PHAC-857°C-H₂O con un contenido promedio de 3.1 % presenta menor cantidad de cenizas que el GAC con un contenido total promedio de cenizas de 6.7%, y una diferencia entre estos de 3.6 %, lo que nos indica mayor cantidad de carbón en PHAC-857°C-H₂O. Para los materiales modificados se observa que el material PHAC-Fe retuvo mayor cantidad de nanopartículas de Fe, con un contenido de cenizas de 4.2%. Para el material GAC-Fe fue menor la cantidad de nanopartículas de Fe retenidas, con un contenido de cenizas de 0.6 %.

Cuadro 1. Contenido total de cenizas de los carbones activados preparados a partir de cáscara de cacahuete.

	<i>PHAC-Fe</i>	<i>PHAC-857°C-H₂O</i>	<i>GAC-Fe</i>	<i>GAC</i>
Contenido de cenizas totales (%)	7.3	3.1	7.3	6.7
Desv. Estándar	0.2051	0.0240	0.4299	0.0365

Cinética de sorción

Se realizaron cinéticas de sorción para evaluar el proceso de sorción del colorante orgánico sobre los diferentes materiales obtenidos a partir de cáscara de cacahuate y se compararon con carbón activado comercial. En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados de sorción obtenidos con los materiales modificados con Fe donde el equilibrio se alcanzó a partir de las 100 y 48 h respectivamente para PHAC-Fe y GAC-Fe; en éste último caso la sorción es completa a las 72h. Para los materiales sin modificación alguna (Figuras 3 y 4), se presentaron resultados de sorción muy similares, infiriendo con ello que la modificación no afecta de manera positiva o negativa la capacidad de sorción de ambos materiales probados para la eliminación del colorante azoico rojo No. 40.

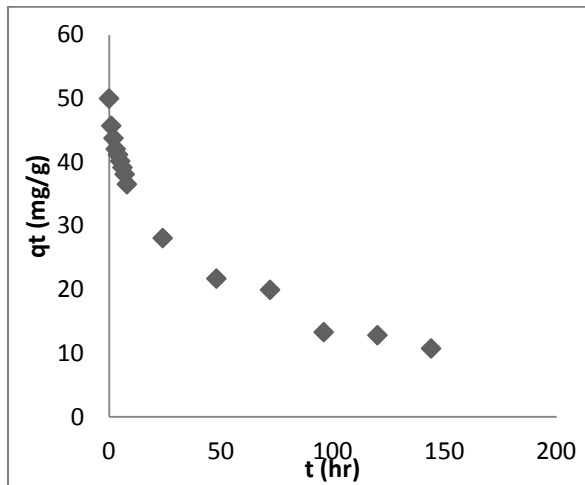


Figura 1. Sorción de colorante R40 en (mg)/ PHAC-Fe (g), en función del tiempo (h) a temperatura ambiente y una concentración inicial de 50 mg/L.

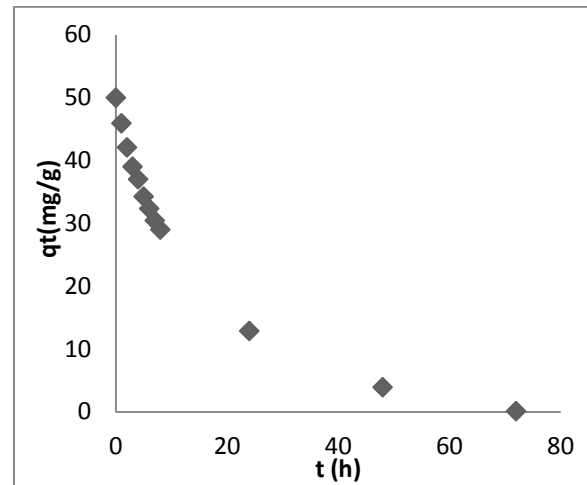


Figura 2. Sorción de colorante R40 en (mg)/ GAC-Fe (g), en función del tiempo (h) a temperatura ambiente y concentración inicial de 50 mg/L.

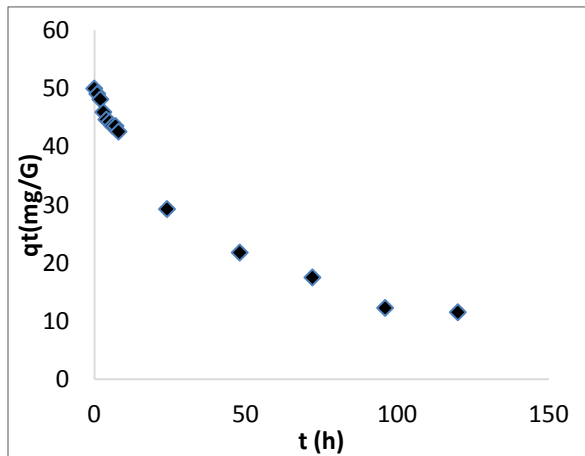


Figura 3. Sorción de colorante R40 en (mg)/ PHAC (g), en función del tiempo (h) a temperatura ambiente y concentración inicial de 50 mg/L.

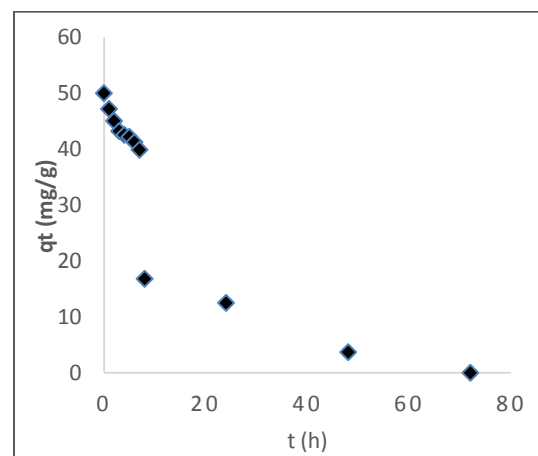


Figura 4. Sorción de colorante R40 en (mg)/ GAC (g), en función del tiempo (h) a temperatura ambiente y concentración inicial de 50 mg/L.



Conclusiones

Se logró obtener un material carbonoso con propiedades adsorbentes como alternativa de uso a un material lignocelulósico abundante en el Estado de Chihuahua (cáscara de cacahuete) el cuál presenta un grado de porosidad importante mediante el proceso de activación fisicoquímica.

En estos primeros estudios se observó que no existe diferencia significativa entre la sorción del R40 en PHAC, PHAC-Fe, GAC y GAC-Fe.

Como recomendación se propone realizar pruebas de isotermas de sorción, así como un proceso de sorción en continuo (columnas) para obtener mayor número de resultados y poder establecer las capacidades máximas de sorción y la posible utilización del material a escalas mayores.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con apoyo del Proyecto: PROMEP/103.5/12/3457 así como con el Proyecto: Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua No. CHIH-2012-C03-194671.

Bibliografía

- Aguayo-Villarreal, I. A., Ramírez-Montoya, L. A., Hernández-Montoya, V., Bonilla-Petriciolet, A., Montes-Morán, M. A., & Ramírez-López, E. M. **2013**. Sorption mechanism of anionic dyes on pecan nut shells (*Carya illinoensis*) using batch and continuous systems. *Industrial Crops and Products*, 48, 89-97.
- Cortazar-Martinez, A., Gonzalez-Ramirez, C. A., Coronel-Olivares, C., Escalante-Lozada, J. A., Castro-Rosas, j., Vilagomez-Ibarra, J. R. **2012**. Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y ciencia*.
- Ferreya, J. C., Kuskoski, E. M., Bordignon-Luiz, M.T., Barrera-Arellano, M.T., Fett, M.T. **2007**. Propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuete (*Arachishypogaea*Lineau). *GRASAS Y ACEITES*, 58 (3).
- Financiera Rural, **2011**. Monografía del Cacahuete. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. (Accesado en 10 enero 2015).
- Song, J., Zou, W., Bian, Y., Su, F., & Han, R. **2011**. Adsorption characteristics of methylene blue by peanut husk in batch and column modes. *Desalination*, 265(1), 119-125.
- Torres-Pérez, J., Solache-Ríos, M., & Colín-Cruz, A. **2008**. Sorption and desorption of dye remazol yellow onto a Mexican surfactant-modified clinoptilolite-rich tuff and a carbonaceous material from pyrolysis of sewage sludge. *Water, Air, and Soil Pollution*, 187(1-4), 303-313.
- Wu, M., Guo, Q., Fu, G. **2013** .Preparation and characteristics of medicinal activated carbon powders by CO₂ activation of peanut shell. *Powder Technology*, vol. 247.



APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA EN CINCO ACUÍFEROS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Troyo-Diéquez, E¹; Cruz-Falcón, A¹; Beltrán-Morales, FA²; Nieto-Garibay, A¹; Villarruel-Sahagún, L³; García-Hernández, JL⁴; Preciado-R, P⁵; Murillo-A, B¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. PAZA. La Paz, Baja California Sur. México.

²Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.

³Universidad Estatal de Sonora. Unidad Académica Hermosillo. Hermosillo, Sonora. México.

⁴Universidad Juárez del estado de Durango. FAZ. Gómez Palacio, Durango. México.

⁵Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: etroyo04@cibnor.mx; Calle Instituto Politécnico Nacional Núm. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23096; Tel. +52(612)-123-8484 ext. 3442.

Resumen

La escasez de agua está afectando gran parte del norte y noroeste de México y aumentará en el futuro debido al crecimiento de la población, lo que requiere un cambio en la distribución del consumo de agua. Se aplicó el Índice de escasez de agua (Iwsc), que es función de la Demanda de agua y de la Oferta hídrica neta, y se realizó una proyección en el tiempo de dicho índice, tomando el caso de cinco acuíferos en la porción norte y centro del estado de Baja California Sur: Vizcaíno, San Ignacio, La Purísima, Mezquital Seco y Santo Domingo. El método de Iwsc se propone para ser considerado como instrumento de gestión en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas. Los acuíferos de San Ignacio y La Purísima fueron los más críticos, con valores de Iwsc alrededor de 1.35 y 1.25, respectivamente. La proyección del modelo en el tiempo permitió mejorar el nivel de resolución de la información sobre la oferta hídrica y la demanda de agua por diferentes usos para hacer utilitario el cálculo de Iwsc y su uso como instrumento técnico-científico en la toma de decisiones relacionadas con el recurso agua. El análisis del indicador aplicado para los últimos 30 años indica que tendió a estabilizarse alrededor de 1.0 en la región, en tanto que el valor máximo (Iwsc = 2.46) se observó para el año 1991. La aplicación realizada permitió precisar el cálculo de Iwsc a nivel acuífero y demostró la necesidad de planificar el abastecimiento de las diversas demandas en las cuencas asociadas.

Palabras clave

Índice Iwsc; escasez de agua; acuífero

Introducción

El agua constituye un elemento vital para la existencia de los seres humanos y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productivas. El desarrollo de estas actividades influencia, directa o indirectamente, a las fuentes proveedoras de agua. La explotación exagerada o sobreexplotación de una fuente de agua puede tener efectos sobre las características de la calidad del agua ofrecida y alterar la dinámica de flujo del agua transportándola desde la fuente abastecedora hasta la fuente receptora de efluentes (Bull, 1991), finalmente la excesiva presión sobre una fuente de agua



puede conducir a su agotamiento y eventual desaparición. En este sentido es importante para las labores de planificación sostenible del recurso conocer la cantidad de agua disponible, ofrecida por la fuente de agua, los niveles de demanda y las condiciones de interacción hidráulica necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora de agua. A pesar de las dificultades que la sociedad y los seres vivos, incluyendo las plantas, cultivos y los animales enfrentan para vivir en regiones desérticas, los recursos naturales agua y suelo son cada vez más utilizados por la presión de crecimiento de la población. Dicho problema se refleja en la expansión de las actividades agrícolas en las tierras desérticas, así como en el rápido crecimiento de los centros urbanos, zonas agrícolas y áreas industriales. Tales tendencias no sólo resultan en una demanda creciente de agua utilizable, sino también en la creciente necesidad de eliminación de grandes cantidades de aguas residuales y desechos sólidos (residuos industriales y agroindustriales, desechos peligrosos y residuos sólidos municipales, entre otros). En varios casos, conflictos locales, regionales o interestatales se han desarrollado debido a los derechos o concesiones de agua, frecuentemente imprecisos o ambiguos, fuera del contexto ambiental prevaleciente en las regiones áridas.

Para la ejecución de estudios y proyectos en México que requieren el balance del agua en acuíferos, la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (SEMARNAT, 2015). En cuanto a la estimación de la oferta para el cálculo del balance de agua, se distinguen dos conceptos: (a) oferta total que incluye el agua disponible en la fuente abastecedora y (b) oferta neta que define la cantidad de agua que ofrece la fuente luego de considerar la cantidad de agua que debe resguardarse para mantener la dinámica de aguas escasas (en sequía o caudales mínimos) y proteger las fuentes frágiles.

El Índice de escasez de agua *Iwsc* es una herramienta complementaria para la estimación del balance del agua, modelo que sintetiza la relación numérica entre la demanda y oferta hídrica, brindando un indicador numérico comparable entre localidades, acuíferos o regiones, con potencial utilitario para el análisis de series históricas (Troyo-Diéguéz *et al.*, 2011).

Materiales y Métodos

A partir de las determinaciones de la demanda y oferta hídrica, el Índice de escasez de agua *Iwsc* se estimó mediante la aplicación de la siguiente expresión (Pfister, 2012):

$$Iwsc = D/Ont \quad (1)$$

Donde:

Iwsc : Índice de escasez de agua; *D* : Demanda de agua [m^3]; *Ont* : Oferta hídrica neta [m^3].

A su vez, la oferta hídrica neta resulta de la siguiente expresión:

$$Ont = Ot * Re * Rf \quad (2)$$

Donde:

Ot : Oferta hídrica total [m^3]; *Re* : Factor de reducción para incluir el régimen de sequía;
Rf : Factor de reducción para protección de fuentes frágiles.

El análisis de las formulas (1) y (2) demuestra que el índice *Iwsc* requiere de la definición de cuatro conceptos, tres de ellos relacionados con la categoría de oferta hídrica y el restante relacionado a los elementos del agua demandada por las actividades socio-económicas. En la

DIVISIÓN II

realidad es evidente que la oferta hídrica total también se ve afectada por el estado de degradación de la calidad del agua, sin embargo, debido a la menor densidad de seguimiento de los vectores de calidad del agua y con el fin de garantizar la aplicabilidad del índice de escasez en escenarios con insuficiente información sobre la calidad del agua, en este trabajo no se incluyen elementos de reducción relacionados con la calidad *in situ* y *de facto* del recurso. El índice *Iwsc* como indicador del recurso hídrico puede ser implementado en una diversa gama de dominios espaciales, desde al tramo de un río o arroyos, sean permanentes o efímeros, a una cuenca o región hidrológica, e incluso al territorio del país. *Iwsc* es aplicable a todo territorio en el que se puedan valorar las entradas y salidas de aguas. En principio, la cuantificación de la oferta hídrica debe ser realizada para dominios netamente hidrológicos (ríos, arroyos, cuencas, microcuencas, otros) para después ser fragmentada en términos de las unidades administrativas que definen las demandas de agua (municipios, delegaciones, unidades de riego, regiones productivas, otras.)

Escala de valoración del Índice de Escasez de Agua

Se registra escasez de agua cuando la cantidad de agua tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y las de las demandas potenciales. La práctica mundial en la gestión del agua ha permitido determinar los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico [], según la cual se distinguen cuatro categorías:

$Iwsc < 0.1$:	sin escasez de agua
$0.1 < Iwsc < 0.2$:	escasez de agua baja
$0.2 < Iwsc < 0.4$:	escasez de agua moderada
$0.4 < Iwsc$:	escasez de agua alta

Se aplicó el Índice *Iwsc* en cinco acuíferos del norte y centro del Estado de Baja California Sur: Vizcaíno, San Ignacio, La Purísima, Mezquitil Seco y Santo Domingo, de los cuales el de Vizcaíno, San Ignacio y Santo Domingo (Figura 1) son los que enfrentan mayor explotación.

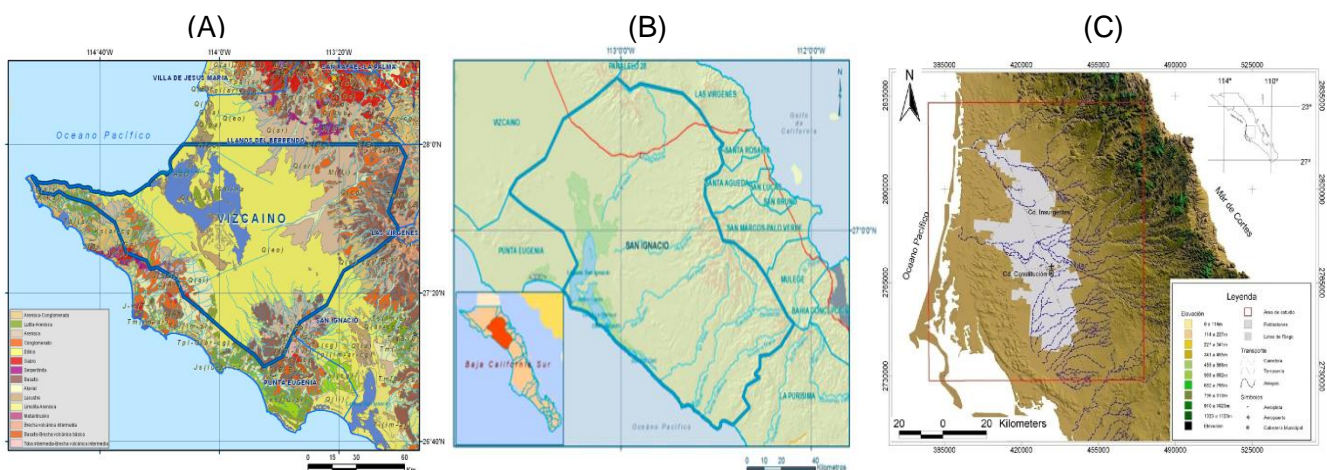


Figura 1. Ubicación de los acuíferos Vizcaíno (A), San Ignacio (B) y Santo Domingo (C), B.C.S.

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García (1964) para las condiciones de la República Mexicana, el clima de la región es de tipo BW (h') hw (x'), que



DIVISIÓN II

corresponde a un clima muy seco o desértico, muy cálido y con régimen de lluvias en verano e invierno (INEGI, 1996). La precipitación total anual promedio en la región es de 105.2 mm.

Los acuíferos en estudio pertenecen al Organismo de Cuenca "Península de Baja California" y son jurisdicción de la Dirección Local Baja California Sur de la Comisión Nacional del Agua. Su territorio se encuentra bajo las disposiciones del "Decreto que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de obras que lo forman", publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954.

Resultados y Discusión

Los acuíferos de San Ignacio y La Purísima fueron los más críticos, con balance anual deficitario de -3.21 y -2.39 millones de m³ (Cuadro 1) y valores de lwsc de 1.35 y 1.25 (Cuadro 2), respectivamente. La proyección del modelo en el tiempo permitió mejorar el nivel de resolución de la información sobre la oferta hídrica y la demanda de agua por diferentes usos para hacer utilitario el cálculo de lwsc y su uso como instrumento técnico-científico en la toma de decisiones relacionadas con el recurso agua. Para una primera aproximación, el análisis se enfoca en la zona central de B.C.S., en la que destaca el Valle de Santo Domingo, BCS, con una población de 40,000 hab. (INEGI, 2010), donde la agricultura depende del agua subterránea del acuífero de Santo Domingo, el cual es abastecido por tres cuencas (CONAGUA, 2009). La cuenca Santo Domingo se extiende en 4119 km² y presenta una red de drenaje del tipo subparalelo, que es dendrítico en la zona alta; la cuenca Las Bramonas con un área de 3466 km², presenta un drenaje similar a la de Santo Domingo y finalmente, la cuenca Santa Cruz tiene 2339 km², que a diferencia de las cuencas descritas anteriormente, no tiene salida al mar. Debido a las características climáticas de la región, los escurrimientos ocurren de mayo a octubre, como resultado de la aproximación de ciclones tropicales. La selección de esta área como referencia se fundamenta en que el Valle de Santo Domingo exhibe una alta tasa de extracción para uso agrícola, en este contexto, aún cuando la densidad de población es relativamente baja, a menudo es identificada como una de las áreas en B.C.S. que no cuenta con disponibilidad de agua para incrementar las extracciones y la actividad productiva.

Cuadro 1. Parámetros hidráulicos de extracción de agua de cinco acuíferos en Baja California Sur.

Código	Acuífero	Recarga	Extracción	Uso ecológico	Balance	lwsc
302	Vizcaíno	41.20	37.83	3.50	-0.13	1.00
303	San Ignacio	9.20	8.11	4.30	-3.21	1.35
304	La Purísima	9.50	2.89	9.00	-2.39	1.25
305	Mezquital Seco	2.60	0.53	0.80	1.27	0.51
306	Santo Domingo	188.00	180.10	9.00	-1.10	1.01
Media Regional		50.10	45.89	5.32	-1.11	1.02

Cuadro 2. Parámetros de balance y del Índice de escasez de agua en cinco acuíferos de B.C.S.

Año	Recarga	Extracción	Uso ecológico	Balance	lwsc
1981	188.00	353.00	9.00	-174.00	1.93
1991	188.00	453.00	9.00	-274.00	2.46
2000	188.00	200.00	9.00	-21.00	1.11
2009	188.00	180.10	9.00	-1.10	1.01
Media Histórica	188.00	296.53	9.00	-117.53	1.63

Conclusiones

El análisis del indicador *Iwsc* aplicado para los últimos 30 años indica que tendió a estabilizarse alrededor de 1.0 en la región, en tanto que el valor máximo (*Iwsc* = 2.46) se observó para el año 1991. Ello significa que los cinco acuíferos analizados constituyen hidrológicamente una "zona de alta escasez de agua o elevado estrés hídrico" (Pfister, 2012). El indicador *Iwsc*, que considera la demanda y los subsidios hídricos, mostró suficiente resolución para detectar la variación y gradiente del balance del agua entre localidades del centro y norte de Baja California Sur. Para llegar a una conclusión más definitiva, en el futuro inmediato deben mejorarse las, simulaciones climáticas regionales de precipitación y pronosticar la demanda de agua ante los cambios sociales y climáticos.

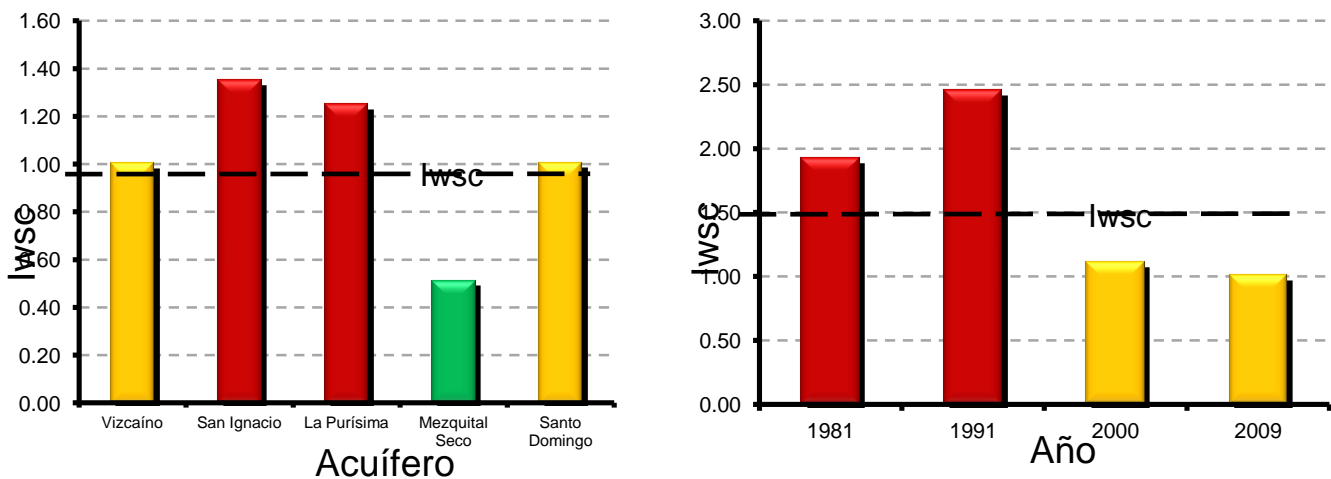


Figura 2. Valores del *Iwsc* para cinco acuíferos de B.C.S. y tendencia histórica regional de 30 años.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Sectorial SEP-CONACyT (Investigación Básica) de México, el apoyo financiero al proyecto 134460 "Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación", con clave interna 180-C.

Bibliografía

- Bull, W.B. 1991. *Geomorphic Responses to Climatic Change*. Oxford UP, London pp 326
- CONAGUA. 2009. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero 0306 Santo Domingo, B.C.S. Subdir. Gral. Técnica. Gerencia de Aguas Subt. Subg. de Eval. y Orden. de Acuíferos. 28 de agosto 2009. México D.F.
- INEGI. 1996. *Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2010. Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. México.
- Pfister, S. 2012. Advanced Water Stress Index (WSI). 50th LCA Discussion Forum. Ecological Systems Design Group. ETH Zurich, Institute for Environmental Engineering. Zurich, December 4, 2012. Suiza. 37 p.



DIVISIÓN II

- SEMARNAT. 2015. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. DOF: 27/03/2015. México, D.F.
- Troyo-Diéguez, E., A. Cruz-Falcón, A. Nieto-G., I. Orona-C., B. Murillo-A., J.L. García-H. and A. Ortega-R. 2011. Assessing environmental and social dimensions of water issues through sustainability indicators in arid and semiarid zones. Chapter 4. En: Uhlig, U. (Ed.) Current Issues of Water Management. Edit InTech. Croatia. 340p