



**Efecto residual del dióxido de silicio y composta en el cultivo de
phaseolus vulgaris cv. 'strike' con acolchado plástico**

Yamilet Martínez-Durán¹, Elia Nora Aquino-Bolaños², Liliana Lara-Capistrán¹,
Isabel Alemán-Chávez³, Ramón Zulueta-Rodríguez^{3*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre
Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa 91000, Veracruz, México.

²Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos (CIDEA-UV),
Av. Doctor Luis Castelazo, Industrial Las Animas, C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: rzulueta36@hotmail.com

RESUMEN

En la actualidad existen normas y recomendaciones técnicas aplicables a planteles en distintas zonas agroecológicas, de modo que la biomasa cosechada sea sana e inocua para su comercialización. Así, y tomando en cuenta que la residualidad de algunos insumos aplicados al suelo pueden ser aprovechados por cultivos subsecuentes, en la presente investigación se determinó el efecto residual de una composta y un fertilizante a base de dióxido de silicio aplicado en el cultivo precedente de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round Zucchini' sobre el crecimiento y producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Strike' acolchado con plástico bajo condiciones de campo. En ambos cultivos se utilizó un diseño en bloques al azar con ocho tratamientos: T1: Testigo absoluto (T), T2: Composta (C), T3: Fertilizante a base de dióxido de silicio (Fs), T4: Acolchado plástico plata-negro (Ap), T5: Composta+Fertilizante

a base de dióxido de silicio (C+Fs), T6: Composta+Acolchado plástico plata-negro (C+Ap), T7: Composta+Fertilizante a base de dióxido de silicio+Acolchado plástico plata-negro (C+Fs+Ap) y T8: Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro (Fq+Ap), cada uno distribuido en tres bloques, con arreglo topológico a tresbolillo y disposición total de 960 unidades experimentales. Se evaluó altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas y nódulos, biomasa aérea y radicular seca, área foliar, producción total de vainas e índice de cosecha. Los resultados obtenidos se valorizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y contraste de mínima diferencia significativa (HSD) de Tukey, con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha=0.05$). El ANOVA efectuado señaló diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas (Tukey, $P\leq 0.05$), siendo C+Fs+Ap fue el mejor tratamiento debido a la residualidad de la composta y del dióxido de silicio. En producción total de vainas se registró un incremento de 313.69 % respecto a las plantas-testigo. Se concluye que el acolchado plástico, uso de composta y fertilizantes a base de dióxido de silicio incrementan el rendimiento y acumulación de biomasa con valor agrícola de esta Fabaceae en campo y, al mismo tiempo, la residualidad y rotación de los cultivos y elementos técnico-agrícolas citados reducen los costos de producción en el tiempo y en el espacio.

PALABRAS CLAVE: Dióxido de silicio, composta, cultivo

ABSTRACT

Currently there are technical standards and recommendations applicable to farms in different agro-ecological zones, so that the harvested biomass is healthy and safe for marketing. Thus, and taking into account that the residuality of some inputs applied to the soil can be used by subsequent crops, in the present investigation the residual effect of a compost and a silicon dioxide-based fertilizer applied in the previous crop of squash was determined. Italian (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round Zucchini' on the growth and production of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Strike' padded with plastic under field conditions. A randomized block design with eight treatments was used in both crops: T1: Absolute control (T), T2: Compost (C), T3: Fertilizer based on silicon dioxide (Fs), T4: Silver-black plastic padding

(Ap), T5: Compost + silicon dioxide-based fertilizer (C + Fs), T6: Compost + silver-black plastic mulch (C + Ap), T7: Compost + silicon dioxide-based fertilizer + Plastic mulch silver-black (C + Fs + Ap) and T8: Chemical fertilizer + silver-black plastic padding (Fq + Ap), each one distributed in three blocks, with a staggered topological arrangement and a total arrangement of 960 experimental units. Plant height, stem diameter, number of leaves and nodules, dry aerial and root biomass, leaf area, total pod production and harvest index were evaluated. The results obtained were valued by means of analysis of variance (ANOVA) and Tukey's least significant difference (HSD) contrast, with a significance level of 5% ($\alpha = 0.05$). The ANOVA carried out indicated significant differences between the treatments for all the variables evaluated (Tukey, $P \leq 0.05$), with C + Fs + Ap being the best treatment due to the residuality of the compost and silicon dioxide. In total pod production there was an increase of 313.69% compared to the control plants. It is concluded that the plastic mulch, use of compost and silicon dioxide-based fertilizers increase the yield and accumulation of biomass with agricultural value of this Fabaceae in the field and, at the same time, the residuality and rotation of the crops and technical elements. cited agricultural crops reduce production costs in time and space.

KEY WORDS: Silicon dioxide, compost, plantation

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria tiene profundos efectos sobre el ambiente y, en muchos sentidos, se le considera como la principal fuente de contaminación de los mantos freáticos por nitratos, fosfatos y plaguicidas (Aguilar y Pérez, 2008). También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero (metano y óxido nitroso) y, en gran medida, contribuyen a otros tipos de contaminación del aire y del agua. Del mismo modo, los métodos de apropiación de los recursos agrícolas, forestales y pesqueros -y su alcance- no solo son las principales causas de la pérdida de biodiversidad del mundo, sino que los costos externos globales de los tres sectores pueden ser considerables (FAO, 2015).

La agricultura también afecta a la base de su propio futuro a través de la erosión del suelo (FAO, 2015) y degradación por sales cuando las prácticas de riego son inapropiadas (FAO/GTIS, 2016) o la fertilización es mayor de lo normal (Lamz y González, 2013), el envenenamiento de zonas costeras (UNAM/CNDH, 2018), vías fluviales y océanos por inmoderado uso de plaguicidas (FAO, 2019) o la extracción excesiva de

agua y la reducción de la diversidad genética en plantas y animales (SCDB, 2008).

A pesar de ello, se estima que la capacidad total mundial de producción y suministro mundial de fertilizantes sintéticos ($N+P_2O_5+K_2O$) se incrementará hasta 317,474 y 273,384 miles de toneladas en 2020 (FAO, 2017), pero si se implementan tecnologías sustentables que mejoren el rendimiento y la productividad en los cultivos, resulta factible que el uso total de los mismos se reduzca hasta un 37 % entre 1997-99 y 2030 (FAO, 2015). No obstante, por el momento se estima que la aplicación de este tipo de insumos da cuenta del 43 % de los nutrimentos que la producción agrícola anualmente sustrae en todo el mundo, misma que podría llegar hasta un 84 % en los próximos años (FAO, 2015).

Sin embargo, lo denotado no solo deriva del uso actual que en muchos países en desarrollo es bastante ineficaz, pues en China, donde hoy en día se consume el mayor volumen de fertilizantes nitrogenados del planeta, se pierde casi la mitad del nitrógeno por volatilización y de un 5 a un 10 % más por infiltración (FAO, 2015), o por tratarse de un elemento móvil en el suelo, y de muy escaso efecto residual, también por desnitrificación (Romero *et al.*, 2018).

En consecuencia, el manejo de los cultivos y la residualidad de ciertos nutrimentos en el suelo (como fósforo [P] y potasio [K] [Romero *et al.*, 2018]) introducen un nuevo marco de alternativas para diagnosticar cuales son los arreglos de componentes idóneos para la implementación de secuencias (rotaciones), elección de especies e investigación acerca de las necesidades reales de fertilización estratégica que permitan alcanzar los rendimientos por unidad de superficie esperados ($t \cdot ha^{-1}$) (Sauer y Andreo, 2017) y, de este modo, mantener la capacidad productiva de las zonas dedicadas a la producción agrícola (FAO, 2017). De acuerdo con ello, y a pesar de que los niveles de residualidad pueden variar dependiendo del elemento o compuesto específico que se trate, del pH, la temperatura y del momento de aplicación, la proyección de los beneficios que se desean obtener en más de un cultivo les posiciona como una herramienta adecuada para disponer su mejor época de labranza tanto en el ámbito espacial como en el cronológico, lo cual en gran medida está relacionado con la ocurrencia de lluvias y con las especies elegidas para su siembra (Principiano y Acciaresis, 2017). Y es precisamente en este contexto, que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el

efecto residual de una composta y un fertilizante a base de dióxido de silicio aplicados en el cultivo precedente de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L. cv. 'Round Zucchini') sobre el crecimiento y producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Strike' acolchado con plástico bajo condiciones de campo.

TEORÍA

Residualidad de fertilizantes

De acuerdo con Salvagiotti *et al.* (2004), los efectos de una fertilización no se restringen únicamente al ciclo agrícola de un cultivo, ya que es muy factible la expresión de efectos residuo-fraccionarios en labrantíos subsecuentes. Además, la residualidad de los agroquímicos aplicados en una parcela son resultado de diversos factores, entre los que se acentúan la dosis, forma y sitio de aplicación (Bayer, s.f.).

Al respecto, la adecuada dosificación de un fertilizante (y sus derivaciones posteriores) se interpretan como la prolongación de sus efectos al cultivo o cultivos sucesivos al que se le realizó la fertilización (Lora, 2005). De este modo, y en forma general, una mayor velocidad en la solubilidad propia del producto y la cantidad aplicada puede asociarse con una baja residualidad, en tanto que una lenta disolución, como es el caso de rocas fosfóricas

y escorias Thomas, suelen exhibir un adecuado efecto residual, al punto de que, con frecuencia, su acción benéfica se expresa con mayor incidencia en el cultivo que sigue al que recibió la fertilización (Lora *et al.*, 2004).

Por tanto, y con el fin de asegurar el mayor de los beneficios agroeconómicos al optar por el manejo de estos insumos en un determinado sistema de producción, se hace imprescindible considerar las interacciones que ocurren con el medio biótico y abiótico mas, sobre todo, las posibles rutas habituales de transformación que los elementos esenciales (químicos o sustancias minerales) añadidos sufren en el suelo y, a partir de ello, las plantas puedan transformarles en moléculas orgánicas complejas (biomasa) (Oruz *et al.*, 2011).

PARTE EXPERIMENTAL

Localización del área experimental

El presente estudio se efectuó durante los meses febrero-mayo de 2019 en los campos del Seminario Mayor de Xalapa, ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la cercanía del Bulevar Diamante, en la ciudad de Xalapa-Enríquez, Veracruz, México, cuyas

coordenadas geográficas son 19°33'13.4"LN, 96°56'39.8"O y elevación de 1,428 msnm.

Área donde se estableció el experimento

El sitio donde se estableció el presente bioensayo abarcó una superficie total de 119.6588 m² en la cual se había cultivado calabacita italiana (*C. pepo*) cv. 'Round Zucchini' durante el ciclo septiembre-diciembre de 2018, con un diseño experimental en bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo absoluto, T), T2: (Composta, C), T3: (Fertilizante a base de silicio, Fs), T4: (Acolchado plástico plata-negro, Ap), T5: (Composta+Fertilizante a base de silicio, C+Fs), T6: (Composta+Acolchado plástico plata-negro, C+Ap), T7: (Composta+Fertilizante a base de silicio+Acolchado plástico plata-negro C+Fs+Ap) y T8: (Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro, Fq+Ap).

A continuación, el cultivo de frijol se estableció en el ciclo febrero-junio de 2019, siguiendo los mismos tratamientos del cultivo con antelación distinguido, solo que sin la aplicación de composta ni silicio para evaluar su residualidad en el comportamiento agronómico de la fabácea. Para esto se utilizaron semillas de frijol ejotero (*P. vulgaris*) cv. 'Strike' adquiridas en una casa

distribuidora de productos e insumos agrícolas localizada en Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

Alineación de las camas, colocación del acolchado plástico y siembra de semillas de frijol ejotero

Se utilizaron camas de 1.20 m por 5 metros de largo, en las cuales se colocó el acolchado plástico plata-negro, calibre 400, extendiéndole de acuerdo a su respectiva medida, dejando 30 cm de más de cada lado para su entierro y fijación en pequeñas zanjitas cavadas en los extremos. Este se perforó con el extremo filoso de una lata de aluminio, a dos hileras y con distancia de 25 cm entre ellos.

La siembra de las semillas de frijol ejotero cv. 'Strike' se realizó el 22 de febrero de 2019, con un arreglo topológico a tresbolillo, de modo que cada planta de una fila quedase frente a un hueco (entre dos plantas) de la fila siguiente a 25 cm de distancia. Cabe denotar que en cada orificio (hoyo) se depositaron dos semillas, las cuales se cubrieron con un poco de suelo que se apisonó para eliminar bolsas de aire y, por último, se finalizó con un riego suave para concentrar humedad suficiente para la emergencia y crecimiento inicial de las nuevas plántulas.

Fertilización, riego y manejo fitosanitario de plagas y enfermedades

Se realizó una aplicación foliar de fertilizante comercial Bayfolan ($1 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua) debido a que las plantas presentaban síntomas de clorosis. Por otra parte, el riego habitualmente se realizó una vez al día, de forma manual y por las mañanas, dependiendo de las condiciones de humedad del sitio. No se presentaron problemas fitosanitarios fuertes y, en consecuencia, no hubo necesidad de ocupar biocidas químicos.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas y nódulos a los 56 días después de la siembra (DDS); biomasa aérea y radical seca (g), área foliar (cm^2), producción total (cm) e índice de cosecha (%) a los 72 DDS.

Análisis estadístico

En primera instancia se realizaron los contrastes de normalidad correspondientes y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas fueron analizadas mediante un ANOVA y contraste de mínima diferencia significativa (HSD) de Tukey, con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) del software

STATISTICA, versión 8.0 (StatSoft, Inc. 2007) para Windows.

RESULTADOS

El análisis estadístico para las variables altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y nódulos, biomasa seca aérea y radicular expresó diferencias significativas entre todas ellas (Tukey, $P \leq 0.05$). En altura de la planta los mejores tratamientos fueron C+Ap, C+Fs+Ap y Fq+Ap con incrementos respectivos de 101.06 %, 69.09 % y 38.75 % en comparación con las plantas-testigo (Cuadro 1), respuesta que a menudo suelen depender de los nutrimentos presentes en el suelo (Peralta-Antonio *et al.*, 2019), en las materias primas (residuos biológicos) y en las condiciones utilizadas para la elaboración de la composta (Ebertseder y Gutser, 2003).

En las variables diámetro de tallo, número de hojas y de nódulos, volumen radicular, biomasa radicular y aérea fresca el mejor tratamiento fue C+Fs+Ap con incrementos de 104.6 %, 146.86 %, 160.76 %, 80 %, 466 % y 466 % en comparación con las plantas-testigo, lo cual puede atribuirse a los beneficios que de los tres componentes del citado tratamiento se derivan, tal y como en la literatura especializada se le reporta con la

composta (Liu *et al.*, 2013; Nguyen *et al.*, 2013; Senevirathne *et al.*, 2019ⁱ), el fertilizante a base de silicio (Castellanos *et al.*, 2015; Liang *et al.* 2015a, 2015b; García-Ramos *et al.*, 2018) y el acolchado plástico de colores (Hernández, 2014; Torres-Bojorques *et al.*, 2017a, 2017b).

Así, en ocasiones es comprensible registrar algunas diferencias agronómicas en las plantas cultivadas donde se adicionó abono orgánico y/o dosis reducidas de fertilizante químico, de modo tal que se constata factibilidad para promover su siembra sin necesidad de recurrir al uso excesivo de tales insumos sintéticos (Muñoz *et al.*, 2013), en virtud de la reserva de nutrimentos, alcances de fertilidad y mejoramiento de características pedológicas que las compostas fomentan en la fisiología de las plantas (Hüttl y Fussy, 2003; Kluge y Bolduan, 2003; Muñoz *et al.*, 2013).

Lo denotado es ratificado a través de las variables agronómicas evaluadas por Gómez-Álvarez *et al.* (2008) en *P. vulgaris* (altura de la planta, entre ellas) e incluso pudiera dar soporte a lo manifestado por Ancín (2011), respecto al rendimiento de ejote (vaina tierna) verde en *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Alubia', quien no observó diferencias significativas entre los fertilizantes químicos

y orgánicos, a pesar de que los primeros mostraban una tendencia a dar mayor rendimiento.

Esto concuerda con lo reportado por Ocegueda (2007), al registrar efectos positivos en la nodulación y peso de grano en plantas de frijol donde se aplicaron abonos orgánicos (compostas) en el suelo, o en el rendimiento registrado por Canacuán *et al.* (2018) con el uso de composta en el cultivo de esta leguminosa arbustiva.

Por último, vale la pena tomar en cuenta las consideraciones expresadas por Ramírez *et al.* (2010) respecto a que la utilización de distintas alternativas de fertilización (química, orgánica y biológica) son capaces de provocar efectos esperados sobre el crecimiento de las plantas de frijol (*P. vulgaris*), la nodulación natural y el rendimiento sostenible.

En cuanto al uso de enmiendas con silicio como alternativa para mejorar la producción en frijol, Pinzón-Sandoval *et al.* (2017) confirmaron que el silicato de magnesio mostró un efecto positivo sobre la dinámica nutricional y el comportamiento fisiológico del cultivar 'ICA' en campo (contenido total de clorofilas, área foliar, grosor de hoja, masa fresca y seca, componentes de rendimiento, contenido foliar de silicio y fosforo)

bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Tunja-Boyacá (Colombia).

Incluso el silicio optimiza la conductancia estomática y la tasa fotosintética neta mediante el bloqueo parcial del transporte apoplástico radicular y la limitación de acumulación foliar de Na^+ en medios salinos y, en consecuencia, una mayor acumulación de biomasa seca (Zuccarini, 2008).

La aplicación de fosfato térmico enriquecido con calcio, magnesio y silicio contribuyó a aumentar el número de vainas por planta, variables de crecimiento y rendimiento de frijol cv. 'ICA Cerinza' en suelos con pH moderadamente ácidos, al favorecer la absorción de fósforo proveniente de su solubilidad mejorada, convirtiéndose en una alternativa más para incorporarle como una práctica agronómica elegible (Quintana-Blanco *et al.*, 2017).

En la actualidad, los precedentes señalados armonizan con los estudios mediante nano partículas de sílice (nanosílice) hechos por Alsaedi *et al.* (2017) en la exitosa germinación de semillas y crecimiento del frijol común (*P. vulgaris*).

Finalmente, lo expresado por Jansen *et al.* (2019) acentúa la trascendencia que del uso de materiales plásticos en

los suelos se derivan, posición que unifica criterios y circunspecciones de especialistas y personal versado en la tecnificación agronómica con el fin de incrementar la eficacia de los cultivos y aprovechar los insumos de producción (como nutrimentos, agua de riego y fertilizantes orgánicos, biológicos o hasta sintéticos) y, en consecuencia, maximizar rendimientos, precocidad, calidad e inocuidad de los frutos cosechados (Mondino *et al.*, 2017; Nachimuthu *et al.*, 2017; Bahadur *et al.*, 2018; Goldberger *et al.*, 2019; Jansen *et al.*, 2019).

En cuanto a la biomasa seca de raíz se refiere, los mejores tratamientos fueron Fq+Ap (Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro) y C+Fs+Ap (Composta+Fertilizante a base de silicio+Acolchado plástico plata-negro) con incrementos respectivos de 116 % y 102.08 % (Cuadro 1). Lo denotado puede deberse al uso de los componentes con antelación referidos, de tal modo que además de receptor la disponibilidad y dinámica de los nutrimentos, las fluctuaciones de temperatura del suelo se amortiguan y la evapotranspiración se minimiza (Fritz, 2012; Filipović *et al.*, 2016).

También promueven eficacia en la absorción de agua y la acumulación de biomasa con valor agrícola al

favorecer la estabilidad estructural y fertilidad del suelo, tal y como se advierte en diversos estudios (Lamont, 2017; Jabran, 2019) entre los que incluso hoy en día resaltan las ventajas ambientalmente sostenibles de los acolchados plásticos biodegradables sobre las de acolchados de polietileno convencional (Fesseha y Abebe, 2019; Ahirwar *et al.*, 2019).

Para Brechelt (2008), la composta puede utilizarse en todos los cultivos y en cualquier etapa fenológica, debido a que la liberación de nutrimentos es paulatina y ello permite satisfacer con mayor propiedad las necesidades requeridas por las plantas.

Así, Rodríguez *et al.* (2016) reportaron mayor porcentaje de materia seca de raíz con el suministro de composta, aunque sin diferencia estadística con el biol aplicado en la biomasa acumulada en la acelga (*Beta vulgaris* L. cv. 'Cicla').

Sin embargo, el uso de abonos orgánicos (como gallinaza, estiércol de bovino y/o composta de estiércol caprino) puede incrementar la cantidad de biomasa seca radicular hasta en 18.2 % por arriba de las plantas-testigo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* cv. 'Italica') (Vicente, 2016), efectos que Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández (2018) consideran estar asociados al tipo de

abono, la proporción aplicada, la especie y las características de los materiales degradados y mineralizados de residuos de origen animal y vegetal aplicados.

Por otro lado, para biomasa aérea seca, C+Fs+Ap (Composta+Fertilizante a base de silicio+Acolchado plástico plata-negro) vuelve a ser el mejor tratamiento con incrementos de 264.48 % respecto a las plantas-testigo, con igualdad estadística en los demás tratamientos (Cuadro 1). Esto puede atribuirse a la residualidad de los abonos orgánicos cuyos

componentes favorecen la acumulación de follaje (biomasa seca) en el cultivo de espárragos (*Asparagus officinalis* L.) y de brócoli (*Brassica oleracea* cv. 'Italica') hasta un 50.0 % y 46.8 % en respectiva comparación con las plantas-testigo, tal y como Vásquez *et al.* (2012) y Vicente (2016) lo constataron, y que concuerda con lo registrado por Porfirio (2014) en plantas de fresa (*Fragaria x ananasa Duch* cv. 'Festival', 6.64 g) cultivadas con composta+fibra de coco.

Cuadro 1. Análisis estadístico para las variables altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas (56 DDS); y número de nódulos, biomasa área y radicular seca (72 DDS).

Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de hojas	Número de nódulos	Volumen radical (mL)	Biomasa fresca de raíz (g)	Biomasa fresca de follaje (g)	Biomasa seca de raíz (g)	Biomasa seca de follaje (g)
T	35.00c	4.67d	26.33e	8.00d	3.33cd	1.00e	42.00g	0.48de	8.56c
C	35.66bc	5.21cd	29.00cde	13.00c	4.66abc	2.66cd	90.00e	0.43e	11.00c
Ap	35.66bc	6.98bc	32.00c	2.66f	5.33ab	2.66cd	114.66cd	0.73b	24.83b
Fs	38.00bc	5.96bcd	31.00cd	6.00e	4.66abc	3.33bc	104.00d	0.61c	12.56c
C+Ap	73.00a	6.48bcd	28.00de	6.66de	4.00bc	2.00de	118.66c	0.55cd	10.66c
C+Fs	54.66ab	5.93bcd	42.33b	4.00f	4.00bc	2.00de	70.00f	0.64bc	10.76c
C+Fs+Ap	71.00a	9.53a	65.00a	42.66a	6.00a	5.66 ^a	238.00a	0.97a	31.20a
Fq+Ap	69.33a	7.85ab	45.00b	15.00b	2.00d	4.00b	156.00b	1.04a	21.33b

Clave de los tratamientos: Testigo (T), Composta (C), Acolchado plástico plata-negro (Ap), Fertilizante a base de silicio (Fs), Composta+Acolchado plástico plata-negro (C+Ap), Composta+Fertilizante a base de silicio (C+Fs), Composta+Fertilizante a base de silicio+ Acolchado plástico plata-negro (C+Fs+Ap), Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro (Fq+Ap). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P \leq 0.05$)

El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los tratamientos para área foliar (Tukey, $P \leq 0.05$), donde C+Fs+Ap, C y C+Fs con incrementos de 169.00 %, 156.86 % y 122.63 % en comparación con las plantas-testigo (Fig. 1). Lo denotado bien puede atribuirse a los múltiples efectos que son promovidos por los componentes de las materias composteadas, entre las que figura el área foliar de las plantas, tal y como Loggiodice *et al.* (2009) lo reportan para la parchita (*Passiflora edulis* cv. 'Flavicarpa'), Sahoo *et al.* (2015) en berenjena (*Solanum melongena* L.), Hernández-Rodríguez *et al.* (2017) en lechuga (*Lactuca*

sativa L.) y jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) e Illanjiam *et al.* (2019) en *Abelmoschus esculentus* (okra), *S. melongena* (berenjena), *S. lycopersicum* (jitomate) y *Capsicum annuum* (chile spp.).

Por otro lado, Caicedo y Chavarriaga (2007) advirtieron que bajo las condiciones en las que se condujo su estudio, la aplicación de silicio aumentó el desarrollo de plántulas de café cv. 'Colombia' en almácigo (mayor área foliar y número de hojas) al fomentar la disponibilidad del fósforo y estimular el crecimiento de la raíz, mediante el proceso fisiológico relacionado a la función fosfórica.

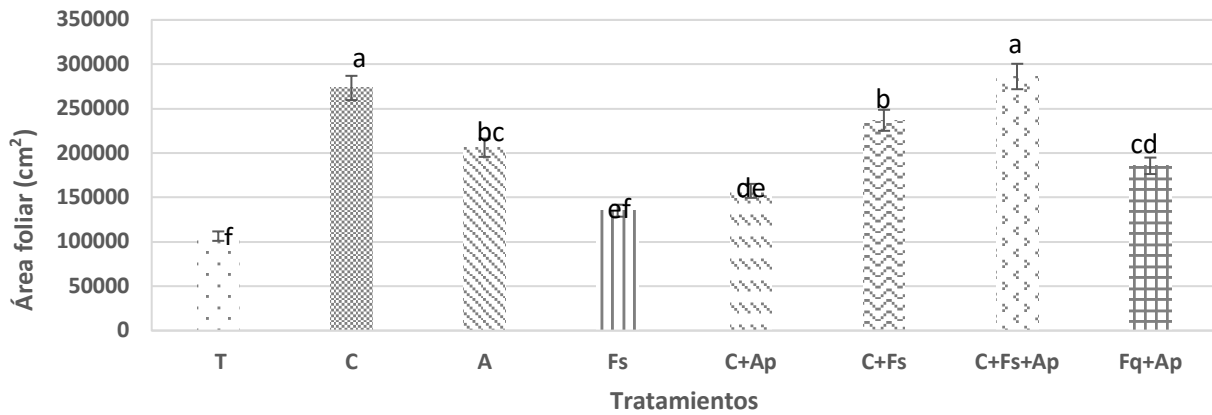


Figura 1. Análisis estadístico para la variable área foliar en plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv.

'Strike' a los 72 días después de la siembra. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P \leq 0.05$). Las líneas verticales en las barras son el error estándar (\pm). Descripción de los tratamientos:

Testigo (T), Composta (C), Acolchado plástico plata-negro (Ap), Fertilizante a base de silicio (Fs), Composta Acolchado plástico plata-negro (C+Ap), Composta+Fertilizante a base de silicio (C+F), Composta+Fertilizante a base de silicio+Acolchado plástico plata-negro (C+F+Ap), Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro (Fq+Ap).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre todas las variables evaluadas en este trabajo (Tukey, $P \leq 0.05$). Así, en la producción total de vainas (frutos en verde) los mejores incrementos proporcionales de 313.69 %, 192.22 % y 153.56 % se registraron en los tratamientos C+F+Ap, Fs y Fq+Ap en comparación con las plantas-testigo (Fig. 2). Esto puede atribuirse a la residualidad que los fertilizantes orgánicos, como las compostas, influyen positivamente en el incremento de número de vainas (y otras

determinaciones agronómicas como rendimiento en granos [$\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ y $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]) en *Phaseolus vulgaris* L. (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008). De hecho, esta tecnología ecológica constituye una vía para la reutilización y biotransformación de materiales orgánicos, cuyo contenido nutricional y capacidad de proveer nutrimentos a los cultivos son muy apreciados en los sistemas de producción sostenible, entre los que dicha Fabaceae se distingue (Escobar *et al.*, 2013).

En este sentido, Canacúan *et al.* (2018) confirmaron que tanto la composta como el fertilizante químico presentaron un incremento superior en rendimiento de fréjol (*P. vulgaris* cv. 'Paragachi') del 30 %, comparándoles con el biol. No obstante, Bautista-Zamora *et al.* (2017) consideran la necesidad de indagar más sobre el efecto de los abonos orgánicos en contraste con los fertilizantes químicos, con el fin de construir un esquema de ventajas y desventajas de cada uno de estos compuestos, así como proponer puntos de equilibrio que permitan una óptima producción e involucren las virtudes de los distintos tipos de fertilizante que se acostumbran aplicar en las parcelas agroproductivas (Bautista-Zamora *et al.*, 2017).

Finalmente, el ANOVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos para la variable Índice de Cosecha (Tukey, $P \leq 0.05$), indicando que C+Fs+Ap, C+Fs y C fueron los mejores con incrementos de 27.16 %, 9.50 % y 6.49 % en comparación al grado de madurez y desarrollo registrado en los frutos (vainas tiernas o ejotes verdes) de las plantas-testigo.

En primera instancia, el resultado obtenido con el tratamiento C+Fs+Ap converge con lo denotado por

Maqueira *et al.* (2017) en cuanto a que los mayores valores de Índice de Cosecha se vinculan con los rendimientos provenientes por la capacidad de exportación de fotoasimilados hacia los granos contenidos en las vainas de *P. vulgaris*; si bien precisan que ello en gran medida depende del cultivar y las condiciones bajo las cuales se desarrollen las plantas. De igual forma, pudiere inferirse que el uso de la composta en los tres componentes del citado tratamiento (C+Fs+Ap) pudieron influir sobre el IC en frijol, pues se ha constatado que cuando existe competencia por nutrimentos la proporción del peso seco de la *planta madura* (que corresponde a su rendimiento) puede reducirse (White, 1985) y, en consecuencia, la formación de biomasa total y materia seca en las vainas de esta Fabaceae (Morales-Rosales *et al.*, 2008); aunque las repercusiones y/o derivaciones varían de acuerdo con las características del material composteado (Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández, 2018).

Por otra parte, se han reportado respuestas provechosas en el grado de madurez en plantas de arroz (*Oryza sativa*) (Detmann *et al.*, 2012) y jitomate (*Lycopersicon esculentum*) (Haghighi *et al.*, 2012) mediante su nutrición con silicio.

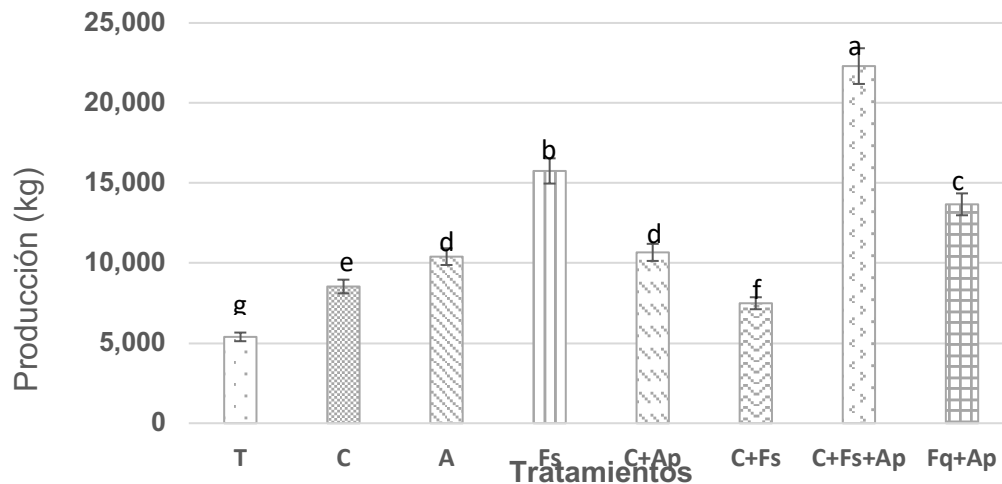


Figura 2. Análisis estadístico para la variable producción total en plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv.

'Strike' a los 72 días después de la siembra. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $P \leq 0.05$). Las líneas verticales en las barras son el error estándar (\pm). Descripción de los tratamientos:

Testigo (T), Composta (C), Acolchado plástico plata-negro (Ap), Fertilizante a base de silicio (Fs), Composta+Acolchado plástico plata-negro (C+Ap), Composta+Fertilizante a base de silicio (C+Fs), Composta+Fertilizante a base de silicio+Acolchado plástico plata-negro (C+Fs+Ap), Fertilizante químico+Acolchado plástico plata-negro (Fq+Ap).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que el efecto residual de la composta, fertilización a base de silicio y el acolchado plástico plata-negro favorecieron el crecimiento, producción y calidad de las vainas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) cv. 'Strike' bajo las condiciones de manejo en que se condujo este experimento establecido a cielo abierto.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades de nuestra entidad educativa por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa IV: Agricultura Protegida (periodo agosto-diciembre 2018 y febrero-julio 2019) para el desarrollo y conclusión de esta investigación. De igual manera, al Padre Alejandro Pérez, ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- H. Alsaedi, H. El-Ramady, T. Alshaa, M. El-Garawani, N. Elhawat and M. Almohsen, "Engineered silica nanoparticles alleviate the detrimental effects of Na⁺ stress on germination and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*)", Environ. Sci. Pollut. Res., Vol. 24, 2017, pp. 21917-21928.
- Hernández-Rodríguez, L. Robles-Hernández, D. Ojeda-Barrios, J. Prieto-Luévano, A. C. González-Franco and V. Guerrero-Prieto, "Semicompost and vermicompost mixed with peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings", Interciencia, Vol. 42, 11, 2017, pp. 774-779.
- Brechelt, "El compost como abono orgánico", 2008, República Dominicana, Obtenido en la Red Mundial el 21 de septiembre de 2020, http://www.rapal.org/articulos_files/Manual.
- I. Torres B., A. Morales-Maza, F. Núñez-Ramírez y L. Cervantes-Díaz, "Hierro foliar y acolchado plástico en *Capsicum chinense* Jacq. infectado con tospovirus", Rev. Mex. Cien. Agríc., Vol. 8, 2, 2017a, pp. 369-380.
- I. Torres-Bojorques, A. Morales M., R. L. Grijalba C., L. Cervantes D. y F. Núñez-Ramírez, "Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus", Acta Univ., Vol. 27, 5, 2017b, pp. 3-10.
- Lamz P. y M. C. González C., "La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata", Cult. Trop, Vol. 34, 4, 2013, pp. 31-42.
- Bayer, "Residualidad", s. f., Obtenido en la Red Mundial el 11 de febrero de 2020. <https://www.environmentalscience.bayer.mx/ppm/tips-and-tools/residualidad>.
- H. Liu, Y. Liu, C. Fan and S. Z. Kuang, "The effects of composted pineapple residue return on soil properties and growth and yield of pineapple", J. Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 13, 2, 2013, pp. 433-444.
- Vásquez P., C. Céspedes L. H. Paillán L. y S. Vargas S., "Manejo orgánico de cultivos hortícolas", In: M. C. Céspedes L., Ed., Producción hortofrutícola orgánica, 2012, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile. pp. 80-110.
- Bautista-Zamora, C. Chavarro-Rodríguez, J. Cáceres-Zambrano y S. Buitrago-Mora, "Efecto de la

- fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. 'ICA Cerinza', Rev. Colomb. Cienc. Hortic., Vol. 11, 1, 2017, pp. 122-132.
- Canacúan, F. Sánchez e I. Martínez, "Evaluación agronómica del fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Paragachi bajo el método biointensivo con abonos orgánicos. In: M. Rodríguez, Coord. Ed., VI Congreso REDU, 2018. Editorial de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, pp. 1184-1189.
- Hernández S., "Manual acolchado vegetales y películas plásticas", Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, Hidalgo (México), México, 2014, 25 p.
- E. Huerta-Muñoz y J. Cruz-Hernández, "Efectos de los abonos orgánicos en el crecimiento de las plantas de geranio y belén". Acta Agr. Pec., Vol.4, 2, 2018, pp. 44-53.
- E. H. Pinzón-Sandoval, W. A. Quintana-Blanco and G. E. Cely-Reyes, "Effect of magnesium silicate in cv. 'ICA Cerinza' common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions", Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, Vol. 70, 3, 2017, pp. 8285-8293.
- E. J. Morales-Rosales, J. A. S. Escalante-Estrada y J. A. López-Sandoval, "Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). Universidad y Ciencia, Vol. 24, 1, 2010, pp. 1-10.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). "Perspectivas para el Medio Ambiente; Agricultura y Medio Ambiente", 2015. Obtenido en la Red Mundial el 6 de febrero de 2020. <http://www.fao.org/3/y3557/y3557s11.htm#TopOfPage>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)/GTIS (Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo), "Estado mundial del recurso suelo; resumen técnico", 2016, Roma, Italia. 79 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), "World fertilizer trends and outlook to 2020; Summary report", 2017, FAO, Rome, Italy, 27 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), "Soil erosion: The Greatest Challenge to Sustainable Soil Management", 2019, FAO, Rome, Italy, 100 p.

- Salvagiotti, G. Gerster, S. Bacigaluppo, J. Castellarín, C. Galarza, N. González, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol, y P. Vallone.”Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda”, *Cienc. del Suelo*, Vol. 22, 2, 2004, pp. 92-101.
- Nachimuthu, N. V. Halpin and M. J. Bell. “Productivity benefits from plastic mulch in vegetable production likely to limit adoption of alternate practices that deliver water quality benefits: An on-farm case study”, *Horticulturae*, Vol. 3, Article ID 42, 2017, doi: 10.3390/horticulturae3030042.2017.
- Fesseha and F. Abebe, “Degradation of plastic materials using microorganisms: A Review”, *Public Health Open J.*, Vol. 4, 2, 2019, pp. 57-63.
- H. R. Sahoo, M. Sahoo, M. Baboo and N. Gupta, “Effect of red laterite soil and vermicompost on growth and development of chilli and brinjal grown under polypot conditions”, *Trop. Plant Res.*, Vol. 2, 3, 2015, pp. 172-174.
- A. Muñoz V., M. A. Velásquez V., H. Macías R. e I. Sánchez C., “Producción de chile (*Capsicum annuum* L.) a campo abierto con biofumigación del suelo”, 2013, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, 60 p.
- F. Oruz P., J. Betrán A., F. Iguácel S. y M. V. López S., “Fertilización con subproductos orgánicos (Hacia una gestión sostenible de nutrientes en la agricultura)”, 2011, Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, España, 71 p. (Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario no. 232).
- I. Romero, A. Sanzano, E. R. Romero, F. Madrid, Y. Navarro Di M., R. Miranda, H. Rojas Q., Juárez, G. y R. Dellmans, “Extracción y balance de macronutrientes en caña de azúcar con riego por goteo y en secano”, *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS)*, Vol. 30, 2018, pp. 8-13.
- J. R. Goldberger, L. W. DeVetter and K. E. Dentzman, “Polyethylene and biodegradable plastic mulches for strawberry production in the United States”, *Experiences and opinions of growers in three regions. Horttechnology*, Vol. 29, 5, 2019, pp. 619-628.
- J. W. White, “Conceptos básicos de fisiología del frijol”, *In*: M. López G., F. O. Fernández O. y A van

- Schoonhoven, Eds., Frijol: Investigación y producción, 1985, Programa de las Naciones Unidas (PNUD) / Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, pp. 43-59.
- C. Detmann, W. L. Araújo, S. C. V. Martins, L. M. V. P. Sanglard, J. V. Reis, E. Detmann, F. Á. Rodrigues, A. Nunes-Nesi, A. R., Fernie, and F. M. Da Matta, “Silicon nutrition increases grain yield, which, in turn, exerts a feed-forward stimulation of photosynthetic rates via enhanced mesophyll conductance and alters primary metabolism in rice”, *New Phytol.*, Vol. 196, 2012, pp. 752-762.
- K. Jabran, “Use of mulches in agriculture: Introduction and concepts”, *In: K. Jabran, Ed., Role of mulching in pest management and agricultural sustainability*, 2019, Springer, Cham, Switzerland, pp. 1-14.
- A. Maqueira L., O. Rojan H., S. A. Pérez M. y W. Torres N., “Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de Los Palacios”, *Cult. Trop.*, Vol. 38, 3, 2017, pp. 58-63.
- L. Castellanos G., R. de Mello P. y C. N. Silva C., “El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas”, *Cultivos Tropicales*, Vol. 36, no. especial, 2015, pp. 18-26.
- L. Jansen, M. Henskens and F. Hiemstra, “Report on use of plastics in agriculture”, Schuttelaar & Partners, Ed., Schuttelaar & Partners B.V., Nederland, 2019, 19 p.
- L. M. Caicedo M. y W. Chavarriaga M., “Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia”, *Agron.*, Vol. 15, 1, 2007, pp. 27-37.
- L. Porfirio V., “Relaciones hídricas y mineralización de la fracción orgánica en sustratos con base en cachaza” Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, México, 2014, 114 p.
- Ancín R., “Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Alubia) en el Distrito de San Juan de Castro Virreyña-Huancavelica (Perú)”, Tesis de licenciatura, Universidad Pública de Navarra, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, España, 2011, 97 p.

- M. C. Mondino, D. Balaban, O. Cavalieri y S. M. García, "Efecto de la cobertura de suelo con acolchados plásticos sobre el comportamiento del cultivo de alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.)", Revista FAVE, Secc. Cienc. Agrar., Vol. 16, 2, 2017, pp. 61-67.
- M. D. Ocegueda R., "Efecto de la aplicación de compostas sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo en el cultivo de frijol", Tesis de maestría. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, División de Ciencias Agronómicas, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México, 2007, 51 p.
- M. Haghghi, Z. Afifipour and M. Mozafarian, "The alleviation effect of silicon on seed germination and seedling growth of tomato under salinity stress", Veg. Crop. Res. Bull., Vol. 76, 2012, pp. 119-126.
- M. V. Sauer y A. I. Andreo, "Rotaciones de cultivos bajo siembra directa para el sudoeste chaqueño", In: F. O. García y A. A. Correndo, Eds., Simposio Fertilidad 2017; Más allá de la próxima cosecha, 2017, International Plant Nutrition Institute, Argentina, pp. 11-18.
- Escobar E., J. Mora D. y N. Romero J., "Respuesta agronómica de *Zea mays* L. y *Phaseolus vulgaris* L. a la fertilización con compost", Luna Azul, no. 37, 2013, pp. 18-27.
- N. Peralta-Antonio, G. Bernardo de Freitas, M. Watthier y R. H. S. Santos, "Compost, bokashi y microorganismos eficientes: Sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis", Idesia (Arica), Vol. 37, 2, 2019, pp. 59-66.
- R. H. Loggiodice, M. Sindoni V. y C. Marín, "Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en vivero", UDO Ag., Vol. 9, 1, 2009, pp. 126-135.
- Zuccarini, "Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress", Biol. Plant., Vol. 52, 1, 2008, pp. 157-160.
- F. Hüttl and M. Fussy, "Organic matter management-A contribution to sustainability", In: European Commission, Ed., Seminar Proceedings: Applying Compost Benefits and Needs, 2003, Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Austria, and European Communities, pp. 9-17.

- Fernández G., R. Ávila A., M. López R., P. Gavilán Z. y N. A. Oyonarte G., “Manual de riego para agricultores” Módulo 1: Fundamentos del Riego, 2010, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesca, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, España, 104 p.
- R. Gómez-Álvarez, G. Lázaro-Jerónimo y J. A. León-Nájera, “Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco”, Universidad y Ciencia, Vol. 24, 1, 2008, pp. 11-20.
- R. Kluge and R. Bolduan, “Several years application of compost-Effects on physical and microbiological properties of soils”, *In*: European Commission, Ed., Seminar Proceedings: Applying Compost Benefits and Needs, 2003, Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Austria, and European Communities, pp. 225-228.
- R. Lora, “Efecto residual de la fertilización en la papa”, Memorias del I Taller Nacional sobre Fisiología y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa”, 2005, Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA), Bogotá, Colombia, pp. 74-77.
- R. Lora, D. Páez y M. Guzmán, “Respuesta de la papa criolla a fuentes y dosis de fósforo en Cundinamarca, Colombia”, Suelos Ecuat., Vol. 4, 1, 2004, pp. 1-8.
- R. Ramírez O., M. Á. Ramos P. y S. Ricardo P. “Mejoramiento de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con el uso de alternativas de fertilización”, Ciencias Holguín, Vol. 16, 2, 2010, pp. 1-11.
- R. Senevirathne, S. Sutharsan, S. Srikrishnah and A. Paskaran, “Evaluation of applying different levels of compost and biochar on growth performance of *Glycine max* (L.)”, Asian J. Biol. Sci., Vol. 12, 3, 2019, pp. 482-486.
- Ahirwar, M. K. Tiwari, G. Namwade and S. Bhukya, “Biodegradable plastic mulch for water conservation in horticultural crops”, Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., Vol. 8, 2, 2019, pp 1731-1737.
- S. Bahadur, S. Pradhan, S. Verma, R. Maurya and S. K. Verma, “Role of plastic mulch in soil health and crop productivity, *In*: R. K. Rao, P. K. Sharma, B. Jirli and M. Raghuraman, Eds., Climate Change and its Implications on Crop Production and Food Security, 2018, Mahima Publications, Uttar Pradesh, India, pp. 338-344.

- SCDB (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica), "La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo", 2008, SCDB, Montreal, Canadá. 56 p.
- S. Illanjiam, J. Sivakumar and C. S. Sundaram, "Microbial diversity of vermicompost and its efficacy on organic vegetables", Res. J. Life Sci. Bioinform. Pharm Chem. Sci., Vol. 5, 1, 2019, pp. 806-819.
- StatSoft, Inc., STATISTICA (data analysis software system), version 8.0, 2007, USA: SAS Institute Inc.
- Ebertseder and R. Gutser, "Nutrition potential of biowaste composts", In: European Commission, Ed., Seminar Proceedings: Applying Compost Benefits and Needs, 2003, Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Austria, and European Communities, pp. 117-128.
- T.-T. Nguyen, S. Fuentes and P. Marschner, "Effect of incorporated or mulched compost on leaf nutrient concentrations and performance of *Vitis vinifera* cv. Merlot." J. Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 13, 2, 2013, pp. 485-497.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)/CNDH (Comisión Nacional de los Derechos Humanos), "Estudio sobre protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos", UNAM/CNDH, México, 2018, 313 p.
- Filipović, D. Romić, M. Romić, J. Borošić, L. Filipović, F. J. K. Mallmann and D. A. Robinson, "Plastic mulch and nitrogen fertigation in growing vegetables modify soil temperature, water and nitrate dynamics" Experimental results and a modeling study", Agric. Water Manag., Vol. 176, 2016, pp.100-110.
- V.A. Fritz, "Plastic mulches: Benefits, types, and sources. In: T. T. Nennich, Ed., Minnesota High Tunnel Production Manual for Commercial Growers", 2012, 2nd ed., Regents of the University of Minnesota, USA, pp. 75-77.
- A. Quintana-Blanco, E. H. Pinzón-Sandoval y D. F. Torres, "Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'ICA Cerinza'", Revista UDCA Actual. Divulg. Cient., Vol. 20, 1, 2017, pp. 51-59.
- J. Lamont, "Plastic mulches for the production of vegetable crops", In: M. D. Orzolek, Ed., A guide to the manufacture, and potential of plastics in

- agriculture, 2017, Elsevier, Cambridge, MA (USA), pp.45-60.
- García-Ramos, M. E. Galindo-Tovar, J. Murguía-González, I. Landero-Torres y O. R. Leyva-Ovalle, "Fertilización complementada con sílice en la resistencia del tomate a *Fusarium oxysporum* Schtdl", Agron. Mesoam., Vol. 29, 1, 2018, pp 42-55.
- Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong and A. Song, "Analysis of silicon in soil, plant and fertilizer", In: Liang, Y. Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong and A. Song, Eds. Silicon in agriculture; From theory to practice, 2015a, Springer, Dordrecht, Germany, pp. 19-44.
- Y. Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong and A. Song, "Silicon uptake and transport in plants: Physiological and molecular aspects", In: Y. Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong and A. Song, Eds., Silicon in agriculture; From theory to practice, 2015b, Springer, Dordrecht, Germany, pp. 69-82.
- Y. Rodríguez G., R. D. Alemán P., J. Domínguez B., S. Soria R., H. Hernández R., C. Salazar G. y M. R. Jara A., "Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* var. *cicla* bajo condiciones de invernadero", Rev. Amazon., Vol. 5, 2, 2016, pp. 104-117.
- Z. Vicente H., "Utilización de abonos orgánicos y riego por goteo en la producción de brócoli", Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, 2016, 94 p.
-