



# CIENCIA, TECNOLOGÍA APLICADA Y SOCIEDAD PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE ACTUAL

Compiladoras:

• Lizbeth Angélica Castañeda Escobar • María Graciela Hernández y Orduña



## Gobierno del Estado

### Cuitláhuac García Jiménez

Gobernador Constitucional del Estado

### Eric Patrocinio Cisneros Burgos

Secretario de Gobierno

### Zenyazen Roberto Escobar García

Secretario de Educación

### Jorge Miguel Uscanga Villalba

Subsecretario de Educación Media Superior

## COVEICyDET

### Dr. Darwin Mayorga Cruz

Director General

### Dr. Raúl López Leal

Secretario Técnico

### Mtro. Sergio Raúl del Valle Méndez

Jefe de la división de Desarrollo Tecnológico

### Dra. Ana Karina Díaz García

Jefa de la División de Desarrollo Científico

### Lic. Diana Laura Rodríguez Gómez

Consultora de Difusión

## El Colegio de Veracruz

### Dr. Mario Rául Mijares Sánchez

Rector

### Mtra. María del Carmen Celis Pérez

Subdirectora Académica

## Comité Organizador FONAGE 2020

### Dra. Lizbeth Angélica Castañeda Escobar

Presidente

### Dra. Claudia Patricia Fernández de Lara Arcos

Coordinación de Difusión

### Ing. Esperanza Calalpa Durán

Coordinación de Planeación

### Ing. Nelly Sanchez Gómez

### Dra. María Graciela Hernández y Orduña

Coordinación de Vinculación

### Dra. María Margarita González de la Tijera

Coordinación de Logística

## Edición

### Martin Raúl Palestino Romano

Diseño Gráfico

### Nayeli Donajit Guerrero Colorado

### Luis Antonio Miranda Hernández

Diseño Editorial y Maquetación

Ciencia, Tecnología Aplicada y Sociedad para el Desarrollo Sustentable Actual.

©Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

COVEICYDET

AV. RAFAEL MURILLO VIDAL 1735.

C.P. 91069, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

1° Edición, 2021

250 ejemplares digitales

ISBN 978-607-9090-17-3

Impreso en México

Ciencia, Tecnología Aplicada y Sociedad para el Desarrollo Sustentable Actual fué editado por Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET). El contenido es responsabilidad de los autores. Se autorizó la reproducción total o parcial de la obra, siempre y cuando se cite la fuente.

# ÍNDICE

AISIMILACION FOLIAR DE MACRONUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) INOCULADO CON MICROORGANISMOS BIOESTIMULANTES EN INVERNADERO	8
ACOLCHADOS NATURALES PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE FRIJOL EJOTERO CV. 'STRIKE'	18
EFICACIA DEL FUNGICIDA MICROBIOLÓGICO BioControl Fol Y DEL INDUCTOR Y DIFERENCIADOR FLORAL PromoBest EN EL CULTIVO SEMI-HIDROPÓNICO DE PEPINO CRIOLLO Calypso ( <i>Cucumis sativus</i> L.) BAJO INVERNADERO	26
USO DE ACOLCHADO PLÁSTICO, COMPOSTA Y DIÓXIDO DE SILICIO EN EL CULTIVO DE Cucurbita pepo CV. 'ROUND ZUCCHINI' EN CAMPO	38
ESTABILIDAD DE SETAS ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) USANDO MÉTODOS COMBINADOS	48
CIENTÍFICAS MEXICANAS EN CONTEXTOS MIGRATORIOS: REDES Y PRÁCTICAS	59
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL INTERNO BASADO EN EL MODELO COSO, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE LA REGIÓN DE XALAPA VERA-CRUZ	63

## LA AGRICULTURA Y LA ECONOMÍA EN VERACRUZ

72

## EXPERIENCIAS DE ESTUDIANTES TRANS FEMENINAS EN ESPACIOS ESCOLARES DEL ESTADO DE MORELOS

78

## EN TIEMPOS DE CONTINGENCIA, NUEVA FORMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

88

## MULIERSOS: UNA ALTERNATIVA PARA LAS MUJERES MEXICANAS.

97

## MUJERES DURANTE LA PANDEMIA: REPERCUSIONES EN SUS PAPELES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS.

103

## PANDEMIA DE COVID-19: DE LA OFICINA A CASA, DISRUPCIONES EN LA VIDA DE MUJERES ASALARIADAS.

111

## PERCEPCIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO PARA SER VÍCTIMA DE VIOLENCIA FEMINICIDA EN MUJERES DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

119

## EXPO COSME: FOMENTO A LA CREATIVIDAD Y A LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE ESTUDIANTES DE Q.F.B. DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

129

## TE INVITRO A CULTIVAR: PROGRAMA PARA FOMENTAR VOCACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS EN LAS ADOLESCENTES

137

**PLATAFORMA PARA LA COLABORACIÓN Y DIFUSIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN EL ITESCO**

147

**ANALISIS CICLO DE VIDA EN EL PROCESO DE LA PRODUCCIÓN DE VINO DE MIEL ARTESANAL**

157

**LA SHEAROGRAFIA CON LUZ ELECTROLUMINISCENTE PARA LA ESTIMACION DE ESFUERZOS Y LOCALIZACION DE FALLAS: UN ESTUDIO DE VIABILIDAD EN CELDAS SOLARES DE SILICIO**

167

**POTENCIAL PRODUCTIVO Y COMERCIAL DEL CULTIVO DE MORINGA OLEÍFERA DEL MUNICIPIO DE EMILIANO ZAPATA**

176

**DISEÑO MECÁNICO DE MÁQUINA CNC CON 4 GRADOS DE LIBERTAD**

186

# USO DE ACOLCHADO PLÁSTICO, COMPOSTA Y DIÓXIDO DE SILICIO EN EL CULTIVO DE *Cucurbita pepo* CV. 'ROUND ZUCCHINI' EN CAMPO

Guadalupe Contreras-Martínez<sup>1</sup>, Liliana Lara-Capistrán<sup>2</sup>,  
María del Carmen Núñez-Camargo<sup>2</sup>, Isabel Alemán-Chávez<sup>2</sup>,  
Fernando Hernández-Baz<sup>3</sup>, Ramón Zulueta-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Docente de la Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

## Resumen

El uso de los fertilizantes químicos ha reflejado incrementos importantes en biomasa con valor agrícola en diversos cultivos. Sin embargo, su aplicación desmedida tiene efectos nocivos sobre el ambiente y la salud de las personas. Por ello se han puesto a prueba diversos abonos orgánicos con la intención de mejorar la fertilidad de los suelos, incrementar los rendimientos y optimizar la calidad de las cosechas. La composta de bovino y los fertilizantes órgano-minerales proporcionan ventajas nutricionales para la sostenibilidad de los sistemas agroproductivos, sin necesidad de recurrir al suministro de insumos sintéticos. Por lo anterior, en esta investigación se evaluó la morfometría y productividad de la calabacita de bola (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round zucchini' en campo con la adición de composta de bovino, acolchado plástico negro-plata, fertilizante a base de sílice y minerales naturales. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: Testigo absoluto (T), T2: Composta (C), T3: Fertilizante de silicio (FS), T4: Acolchado plástico (AP), T5: Composta más Fertilizante de silicio (C+FS), T6: Composta más Acolchado plástico (C+AP), T7: Composta más Fertilizante de silicio más acolchado plástico (C+FS+AP) y T8: Fertilizante químico más Acolchado plástico (FQ+AP), cada uno distribuido en tres bloques con disposición total de 240 unidades experimentales. Se valorizaron diversas variables in situ y, 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 % ( $\alpha = 0.05$ ). En producción total T7 fue prominente (3.604 kg), siendo un tratamiento alternativo para reducir el uso de fertilizantes químicos en este cultivo a cielo abierto. Se concluye que T7 (C+FS+AP) fue el mejor tratamiento en todas las variables evaluadas, lo cuál le vuelve una opción ele-

gible para incrementar el rendimiento y la producción de esta cucurbitácea en campo.

## Introducción

El uso de fertilizantes químicos en la agricultura incrementa las biomassas de producción en diversos cultivos, pero el uso excesivo de estos productos no solo conducen a una drástica disminución en el contenido de materia orgánica (MO) de los suelos, sino que también perjudican su fertilidad, eliminan organismos benéficos, salinizan el suelo y contaminan el ambiente (Reyes et al., 2010; Savci, 2012a; Savci, 2012b). En la agricultura se utilizan elevadas aplicaciones de fertilizantes minerales, especialmente los nitrogenados, el principal responsable del contenido de nitratos en las aguas superficiales, subterráneas y pozos cercanos a las áreas sometidas a elevadas aplicaciones de fertilizantes que pueden llegar a ser tóxicos para el consumo humano (Zahoor et al., 2014). Es por ello que se han optado por utilizar abonos orgánicos tales como residuos de cosechas, estiércol, abonos verdes y compostas, ejerciendo un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos (Vázquez et al., 2015). Entre estas alternativas está la composta derivada de residuos orgánicos parcialmente degradada y estabilizada debido a que se ha reportado que mejora la capacidad de almacenamiento de agua, mineralización de N, P y K, regula favorablemente el pH y fomenta la actividad microbiana elevando de manera adecuada el rendimiento de los cultivos (de la Cruz-Lázaro et al., 2010; Vázquez et al., 2015). Otra alternativa son los fertilizantes a base de silicio que limita los efectos por tensiones abiotícas y bióticas en diversos cultivos tales como la caña de azúcar y el arroz, reduciendo así los efectos negativos, causados por el consumo excesivo de fertilizantes, debido que el silicio amortigua los impactos de estrés causados por la salinidad, metales pesados, altas y bajas temperaturas, inundaciones y efectos de estrés biótico (plagas y enfermedades) que impiden su crecimiento, desarrollo y productividad (Yassen et al., 2017; Artyszak, 2018). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la morfometría y productividad de la calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round Zucchini' en campo con la adición de compostado de bovino, acolchado plástico negro-plata, fertilizante a base de sílice y minerales naturales.

## Teoría

### Acolchados plásticos

La era de los acolchados plásticos se inició en los años 70-80 para mejorar la productividad florícola y hortícola (Zenner de Polanía y Peña, 2013). Sin embargo, su uso ha aumentado vertiginosamente en todo el mundo debido a su peso ligero, área de cobertura por volumen, fácil procesabilidad, flexibilidad y alta resistencia química, sin hacer menos el aprecio que los agricultores le tienen al constatar su capacidad para proporcionar condiciones microclimáticas óptimas para el crecimiento de los cultivos, el rendimiento y la eficiencia del uso del agua (Sarkar et al., 2018; Deng et al., 2019), que de una u otra forma se derivan a partir del aumento de la temperatura del suelo, la reducción de competencia con las arvenses, la conservación de la humedad o el descenso de ataque de insectos dañinos (Ahirwar et al., 2019), los cuales inciden sobre la calidad de la producción (Filippi et al., 2011; Calderón et al., 2013; Quintero,

2015) y la relación costo/beneficio e implicaciones económicas para los productores que adopten materiales poliméricos o biodegradables en sus parcelas (Velandia et al., 2020). Pat-Fernández et al. (2016) mencionan que el uso de estos materiales evita o minimiza mermas indeseables en el rendimiento ocasionadas por el clima (sobre todo en zonas donde el agua es el factor limitante). Por otro lado, Martínez de la Cerda (s.f.) también matiza las ventajas siguientes: Obtención de cosechas precoces, compactación aminoarada del suelo y mayor oxigenación de las raíces, actividad microbiana acrecentada y dinámica, estructura del suelo mejorada y incremento en la disponibilidad de nutrientes, lixiviación reducida de fertilizantes, ahogamiento de plántulas/plantas por exceso de agua atenuado, hidroevaporación minimizada y cosecha de productos más sanos.

### **Composta**

La composta puede ser definida de diferentes maneras y, por ello, a continuación se presentan algunas acepciones: Medina y Jiménez (2001) indican que, desde el punto de vista físico, el compostaje provoca un cambio drástico en el tamaño, apariencia, color, consistencia y textura de lo que inicia como tejidos vivos, hojas, ramas, raíces o restos de animales, pasando por la forma intermedia de mezclas semilíquidas o pastosas, pero terminado como una tierra fresca, oscura, porosa, ligera y sin olor, apropiada para la penetración y sostén de las raíces de las plantas. A decir de Picó (2002), la composta es el resultado de un proceso de biodegradación de materia orgánica llevado a cabo por organismos y microorganismos del suelo bajo condiciones aerobias. Dicho proceso ocurre en la naturaleza sin intervención directa del hombre y, en consecuencia, se considera un reciclaje natural; mas como deriva de la acción de los macro y microorganismos del suelo bajo condiciones aerobias, el volumen de residuos se reduce entre un 50 y 85 %. Por otra parte, en el INIFAP (2005) consideran que la composta es un abono o fertilizante natural, resultante de la descomposición de desechos orgánicos, procesados biológicamente mediante microorganismos y bajo condiciones de manejo cuidadoso, sin mal olor y rico en nutrientes para las plantas. La FAO (2013) considera que un abono orgánico (o composta) es el producto de la transformación de residuos orgánicos que bacterias, hongos, protozoarios y lombrices convierten en humus, el cual cumple las siguientes funciones: Provee elementos nutritivos, mejora la porosidad y retención de agua y aire en el suelo, y aumenta la resistencia a plagas y enfermedades. Luego entonces, y tomando en consideración las distinciones dadas, el compostaje y uso de las compostas es un proceso económica y ecológicamente pretendido, que día a día tiene más aceptación en numerosos países por tratarse de un desecho estabilizado y fitosanitariamente inocuo, el cual para ser empleado como componente de sustratos en diversos sistemas de producción hortícola y se optimice el beneficio de los compostas (Hidalgo et al., 2009), se deberán tomar en cuenta varios detalles, entre los que sobresalen la calidad del producto final, su uniformidad, reproducibilidad y previsibilidad (Raviv, 2013).

### **Silicio en las plantas**

El silicio (Si) no es considerado como un elemento esencial para las plantas, y este constituye entre el 0.1% y el 10% del peso de la materia seca de las plantas superiores y su acumulación puede variar significativamente entre las especies (Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2018). Sin embargo, hay evidencias de que las plantas en las que existe carencia de Si a menudo son más débiles y su crecimiento, desarrollo, viabilidad y reproducción es anormal (Aguilar, 2012). De hecho este mineral no solo tiende a incrementar el crecimiento de las plantas y a modificar su arquitectura, pues se ha constatado su potencial para aumentar la produc-

tividad y, tras acumularse en sus tejidos, los fortalece mecánica y bioquímicamente, de modo que disminuye el ataque de enfermedades fungosas (Jiménez, 2016). De igual manera, puede contrarrestar los efectos tóxicos de elementos tales como aluminio y manganeso e incluso coadyuvar a la formación de nanoestructuras utilizando compuestos orgánicos, enzimas u organismos como catalizadores (Aguirre-Mancilla et al., 2007). El silicio se absorbe como ácido mono-silícico ( $\text{Si}[\text{OH}]_4\text{H}_2$ ) a través del sistema radicular en un rango de pH de 2 a 9, y se acumula en las células epidérmicas de las hojas (Borda et al., 2007). Los efectos benéficos del Si están asociados con su alta deposición en tejidos vegetales, los cuales mejoran su fuerza y rigidez (Ma y Yamaji, 2006). También es posible su papel activo en la estimulación de mecanismos de defensa y resistencia a enfermedades de las plantas. Asimismo, este elemento químico metaloide no solo logra coadyuvar en la tolerancia a factores de estrés abiótico tales como toxicidad de metales pesados, salinidad y sequía, sino que debido al aumento de la actividad de las enzimas antioxidantes, puede reducir la generación de especies reactivas de oxígeno (Balakhnina y Borkowska, 2013). De entre las investigaciones que se han realizado en distintas plantas y cultivos, a continuación se mencionan las siguientes: En avena forrajera (*Avena sativa L.*) aplicar 100 mg·kg<sup>-1</sup> (116 g·maceta<sup>-1</sup>) del ácido mono-silícico previo a la siembra, aumentó la altura y producción de materia seca al mejorar la absorción nutricional promovida por el Si; además, el aporte efectuado estimuló la elongación celular, turgencia y conversión de los asimilados (Borda et al., 2007). La aplicación de concentraciones crecientes de estimulación Si (1, 2, 3 y 5 mM) exógeno en plantas de melón amargo (*Momordica charantia L.*) bajo estrés salino (50 mM NaCl) puede aumentar la tasa e índice de germinación y vitalidad de las plántulas (Wang et al., 2010). En flores de clavel (*Dianthus caryophyllus L.*) cv. 'Harlem', el haber añadido 100, 150 y 200 mg·L<sup>-1</sup> de silicato de potasio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) mejoró la vida en florero como resultado de una reducción significativa en la producción de etileno (Jamali y Rahemi 2011), y la aplicación de 2.5 mM de Si junto con el ácido acetilsalicílico (3 mM) moderó su marchitamiento, retrasó la degradación de carbohidratos y redujo la actividad de la enzima oxidasa (Kazemi et al., 2012). Según Furcal-Beriguete y Herrera-Barrantes (2013), el empleo de Si aumenta la cantidad de O<sub>2</sub> en hojas, tallos y raíces y con ello la rizosfera, junto con elementos como fierro y manganeso se oxidan, reduciéndose su captación por parte de la planta. En dicho tenor, Shahnaz et al. (2011) reportan que en la borraja común (*Borage officinalis L.*) el Si juega un papel desintoxicante cuando la planta está bajo estrés de aluminio, porque estimula la síntesis de compuestos fenólicos y prolina. En maíz, Abdel Latef y Tran (2016) se percataron que la aplicación de Si por cebado de semillas (o sea, como tratamiento previo con el fin de mejorar su tasa de germinación) mejoró el crecimiento de plantas expuestas a estrés alcalino inducido por Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0, 25, 50 y 75 mM) realzando el contenido relativo de agua de la hoja y los niveles de pigmentos fotosintéticos, azúcares solubles, proteínas solubles, aminoácidos libres totales y K<sup>+</sup>, así como actividad de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y peroxidasa (POD). Por otra parte, el suplemento de Si dio lugar a una disminución en los contenidos de prolina, malondialdehído (MDA) y sodio (Na<sup>+</sup>), que junto con un nivel de potasio (K<sup>+</sup>) mejorado, condujo a un ajuste favorable en la relación K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> en plantas estresadas, en comparación con las plantas tratadas solo con estrés alcalino. Tal tipo de observaciones confirman que el Si juega un papel fundamental para aliviar los efectos negativos del estrés alcalino en el maíz (Abdel Latef y Tran, 2016). Del mismo modo, Marxen et al. (2016) mostraron que la aplicación de 0.4 y 17.3 t·ha<sup>-1</sup> Si (como gel de sílice) para plantas de arroz cv. "Khang Dan 18" aumentó el contenido de Si en los tejidos de la planta e influyó en la producción de biomasa y grano con valor agrícola.

# Parte experimental

## Localización del área experimental

El presente estudio se realizó durante los meses agosto-noviembre de 2018 dentro del Seminario Mayor de Xalapa, ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la cercanía del Bulevar Diamante, en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, cuyas coordenadas geográficas son 19°33'6.86"LN, 96°56'41.71"LO y elevación de 1,428 msnm. Diseño experimental y descripción de los tratamientos

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Composta, C), T3: Fertilizante de silicio (FS), T4: (Acolchado plástico, AP), T5: (Composta + Fertilizante a base de silicio, C+FS), T6: (Composta + Acolchado plástico, C+AP), T7: (Composta + Fertilizante a base de silicio + Acolchado plástico, C+FS+AP) y T8: (Fertilizante químico + Acolchado plástico), cada uno distribuido en tres bloques, con diez plantas distanciadas a 40 cm dentro de cada bloque, obteniendo un total de 240 unidades experimentales.

## Semilla agronómica

Las semillas agronómicas de calabacita de bola (*Cucurbita pepo*) cv. 'Round zucchini' utilizadas en este trabajo fueron de la marca Pacífica comercializada por Geneseds. Superficie utilizada, preparación del suelo y alineación de las camas El espacio elegido para establecer este trabajo fue de 400 m<sup>2</sup>. La alineación de las camas de siembra (0.90 m de ancho por 5 m de largo) se trazó con hilo rafia, estacas y cal, tomándose en cuenta las dimensiones del diseño experimental y área de laboreo por donde se tenía que transitar. A continuación, el suelo se aflojó a 25-30 cm de profundidad y se le aparejó y niveló con un rastillo para que las camas de cultivo quedaran listas para la siembra y distribución de los tratamientos a evaluar.

## Colocación del acolchado plástico

El acolchado plástico utilizado para este trabajo fue plata-negro, calibre 400, el cual se midió y cortó de 6 m de largo por 0.90 m de ancho para colocarlo sobre las camas de acuerdo con el esquema de trabajo experimental trazado en campo. En seguida, y durante su fijación, se abrieron pequeñas zanjas en los extremos de las camas, las cuales sirvieron para enterrar el plástico. Tras finalizar la colocación del acolchado en las camas, se retiró el plástico que cubría las perforaciones espaciadas a 40 cm en una sola hilera.

## Siembra directa a campo y fertilización

Una vez que el terreno cumple con las expectativas deseadas, se realizó la siembra directa en campo con una separación entre planta y planta de 40 cm. Una vez emergidas las plántulas de calabaza (15 días después de la siembra, DDS) se efectuaron las primeras aplicaciones de composta y fertilizante químico: 30 g de composta de bovino, 41.67 g de silicio, 26 g de urea y 20 g BLAUKORN® CLASSIC 12-8-16 + (3MgO) de acuerdo con su correspondiente tratamiento.

## VARIABLES evaluadas

Las variables evaluadas fueron diámetro del tallo (mm, 34 DDS), número de hojas (34 DDS), botones, flores masculinas y femeninas (48 DDS), área foliar (cm<sup>2</sup>, 27 DDS), número de frutos y grados Brix (°Brix, 55 DDS) y producción total (kg, 55 DDS).

## Análisis de la composta de bovino

Las características de la composta de bovino utilizada en este trabajo fueron clasificadas de acuerdo con los valores de referencia indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 expedida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales el día 31 de diciembre de 2002 (SEMARNAT, 2002): pH 6.8 (neutro), 54.44 % de materia orgánica (muy alto), C.E. de 800 dS·m<sup>-1</sup> (muy fuertemente salino); N 2.712 mg·kg<sup>-1</sup> (muy bajo), P 125 mg·kg<sup>-1</sup> (alto), K 5.8553 mg·kg<sup>-1</sup>(alto), Ca 21.50 mg·kg<sup>-1</sup> (alto), Mg 11.05 mg·kg<sup>-1</sup>(alto) y Na 0.3008 mg·kg<sup>-1</sup> (bajo).

## Análisis estadístico

En primera instancia se realizaron los contrastes de normalidad y tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas se analizaron 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 10.0 (StatSoft, Inc. 2011) para Windows.

# Resultados

El análisis estadístico mostró diferencias significativas (Tukey,  $P\leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados en el presente trabajo. En el Cuadro 1 se observa que el mejor tratamiento fue C+FS+AP con incrementos de 84.25 % en diámetro de tallo, 68.64 % en número de hojas, 70.22 % en número de botones, 113.02 % en número de flores masculinas, 593.64 % en número de flores femeninas, 3827.33 % en área foliar y 342.5 % en número de frutos totales con respecto a las plantas-testigo. Esto puede atribuirse a la combinación e interacción de los factores citados, pues en diversos estudios se ha comprobado que la compostura, el silicio y el acolchado plástico no solo proporcionan toda una gama de nutrientes a los suelos, sino que a la par el contenido de materia orgánica se incrementa, la capacidad de retención de agua mejora, y se protege a los cultivos contra factores abióticos y bióticos, revelando efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (D'Hose et al., 2012; Tubana et al., 2016; Montemayor-Trejo et al., 2018).

Tratamientos	Diámetro del tallo (mm)	Número de hojas	Número de botones	Número de flores masculinas	Número de flores femeninas	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Número de frutos totales
T	6.73e	6.60c	36.07d	4.07d	1.73d	823.02b	3.60c
C	9.40cd	7.80bc	46.20cd	4.60cd	3.40cd	1212.14b	5.27c
FS	9.60cd	6.80c	45.93cd	6.13abcd	4.27d	856.70b	4.73c
AP	10.27bcd	9.53ab	58.53abc	6.80abc	5.60bc	1254.16b	6.73bc
C+FS	8.60d	7.53bc	48.47bcd	6.33abcd	4.87c	1123.19b	5.73bc
C+AP	11.47ab	10.60a	44.20d	7.87ab	7.93b	2607.16b	9.40b
C+FS+AP	12.40a	11.13a	61.40a	8.67a	12a	32322.78a	15.93a
FQ+AP	10.53bc	10.40a	59.87ab	5.47bcd	11.93a	29692.16a	17.40a

►Cuadro 1. Análisis estadístico para las variables diámetro del tallo, número de hojas, botones, flores masculinas, flores femeninas, área foliar y frutos de calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round zucchini' en campo. Clave de los tratamientos: T (Testigo), C (Composta), FS (Fertilizante de silicio), AP (Acolchado plástico), C+FS (Composta + Fertilizante de silicio), C+AP (Composta + Acolchado plástico), C+FS+AP (Composta + Fertilizante de silicio + Acolchado plástico) y FQ+AP (Fertilizante químico más Acolchado plástico). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P\leq 0.05$ ).

Para la variable en calidad de °Brix, los tratamientos preponderantes fueron C+FS+AP (6.166 °Brix) y FQ+AP (6.166 °Brix) con incrementos respectivos de 131.28 % en comparación con la concentración de componentes dentro de los frutos de las plantas-testigo (2.666 °Brix) (Fig. 1), lo cual se puede atribuir de igual manera a la combinación de los tres factores. Aun cuando datos bibliográficos indican que el rango de °Brix de la calabaza va de 8 a 14 (Cordovilla, 2011), estudios realizados revelan que los efectos del silicio en las verduras son limitados y sus beneficios están relacionados con funciones morfoestructurales y de defensa vegetal contra ataque de plagas y fitopatógenos, mas si la actividad fotosintética se optimizase, entonces la concentración de sólidos solubles en los frutos pudiese aumentar (Munaretto et al., 2018). Por otro lado, y a pesar de que los resultados obtenidos estadísticamente muestran que el tratamiento FQ+AP contribuyó de igual manera en el contenido de °Brix en los frutos de calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round zucchini' cosechados en este bioensayo establecido en campo, tendrían que valorarse aspectos relacionados con los mayores beneficios que de ellos pudieren provenir, tanto a nivel económico como de sustentabilidad agroproductiva y ecológica. Así que, desde una perspectiva de una buena política de abonado y/o fertilización, sería conveniente someter estos materiales a una evaluación en diferentes cultivos y zonas con el fin de comprobar cuales son los rendimientos potenciales esperados por unidad de superficie.

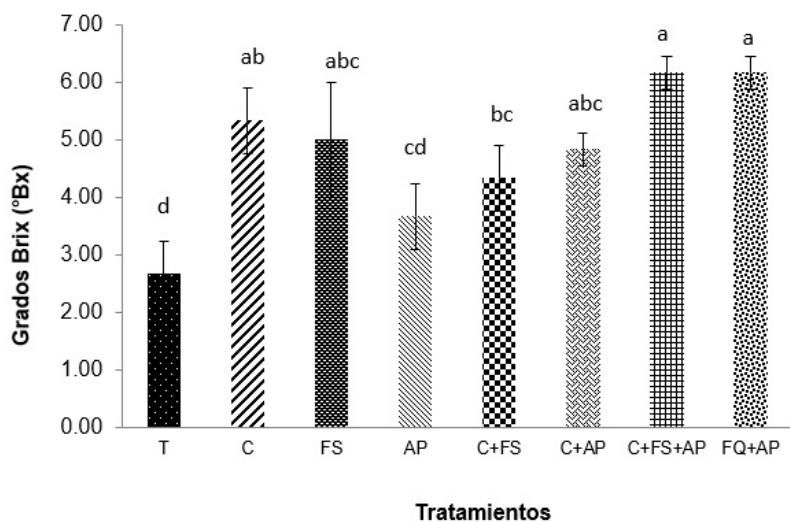


Figura 1. Efecto de los tratamientos probados en la variable °Brix en plantas de calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round zucchini'. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). Las líneas verticales en las barras son el error estándar ( $\pm$ ). Clave de los tratamientos: T (Testigo), C (Composta), FS (Fertilizante de silicio), AP (Acolchado plástico), C+FS (Composta + Fertilizante de silicio), C+AP (Composta + Acolchado plástico), C+FS+AP (Composta + Fertilizante de silicio + Acolchado plástico) y FQ+AP (Fertilizante químico más Acolchado plástico).

Por ultimo, para la variable producción total de biomasa con valor agrícola, el análisis estadístico indicó diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey  $P \leq 0.05$ ), marcando a C+FS+AP como el mejor tratamiento con incrementos de 3, 480.12 % en comparación con las plantas-testigo (Fig. 2). Del igual manera, esto puede atribuirse a lo mencionado con antelación en las demás variables, pues al tratarse de una combinación con tres factores (composta, fertilizante a base de silicio y acolchado plástico), proporcionan condiciones estructurales favorables y nutricionales al suelo y plantas, pudiéndose matizar que el silicio puede promover la resistencia mecánica de la planta, la intercepción de la luz y la tolerancia a diversas formas de estrés biótico y abiótico, lo

cual mejora tanto el rendimiento como la calidad del cultivo (Guo-chao et al., 2018). El tratamiento FQ+AP también destacó con fomento de 3,379.45% en la acumulación de biomasa, dado que la aplicación de fertilizantes químicos incrementa el rendimiento de diversos cultivos agrícolas, trayendo consigo eficiencias económicas que a menudo dejan a un lado la atención ambiental, de modo que investigaciones sugieren que el uso masivo e indiscriminado de estos insumos en todo el mundo conlleva un riesgo elevado de acumulación de contaminantes en el suelo, aire y cuerpos de agua, con el consecuente perjuicio colateral y daño tanto a la salud humana como a los ecosistemas terrestres y acuáticos (Zhang et al., 2018). Por otro lado, y a pesar de que los resultados obtenidos estadísticamente muestran que el tratamiento FQ+AP contribuyó de igual manera en el contenido de °Brix en los frutos de calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round zucchini' cosechados en este bioensayo establecido en campo, tendrían que valorarse aspectos relacionados con los mayores beneficios que de ellos pudieren proveer, tanto a nivel económico como de sustentabilidad agroproductiva y ecológica. Así que, desde una perspectiva de una buena política de abonado y/o fertilización, sería conveniente someter estos materiales a una evaluación en diferentes cultivos y zonas con el fin de comprobar cuáles son los rendimientos potenciales esperados por unidad de superficie.

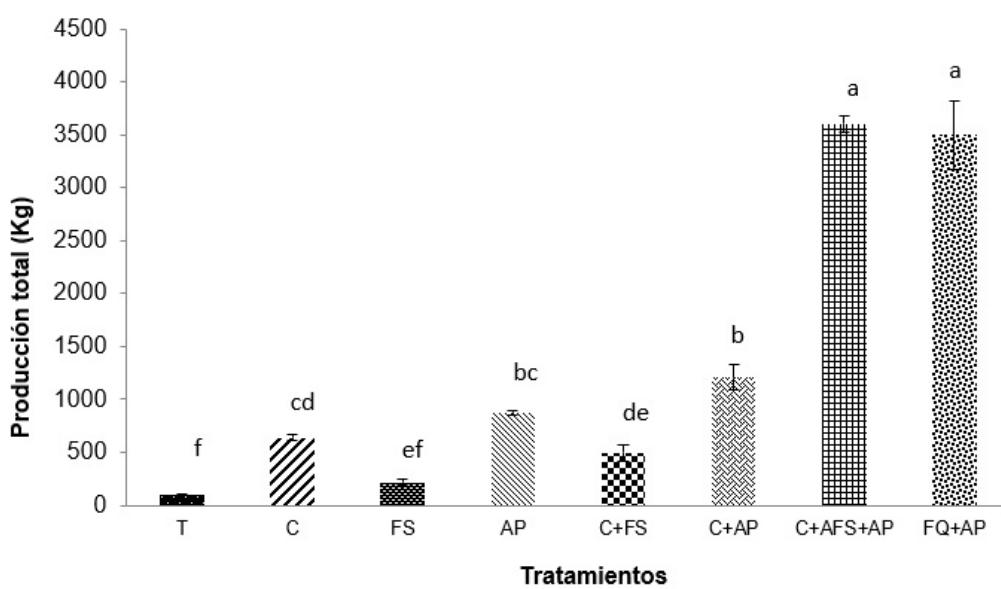


Figura 2. Efecto de los tratamientos probados en la variable producción total en plantas de calabacita de bola (*Cucurbita pepo L.*) cv. 'Round zucchini'. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). Las líneas verticales en las barras son el error estándar ( $\pm$ ). Clave de los tratamientos: T (Testigo), C (Composta), FS (Fertilizante de silicio), AP (Acolchado plástico), C+FS (Composta + fertilizante de silicio), C+AP (Composta + Acolchado Plástico), C+FS+AP (Composta + fertilizante de silicio + Acolchado Plástico) y FQ+AP (Fertilizante químico + Acolchado plástico).

## Conclusiones

Dado que el uso intensivo de fertilizantes químicos en la agricultura es muy elevado, y sus pérdidas por lixiviación a las aguas subterráneas y superficiales suscitan gran preocupación por sus consecuencias ecológicas y de salud pública, hoy en día es impostergable buscar alternativas de manejo de cultivos amigables con el ambiente y la seguridad e inocuidad alimentaria. Algunas alternativas para minimizar estrés por factores abióticos y bióticos son el uso de coberturas plásticas (preferentemente biodegradables), la aplicación de composta

y fertilizantes a base de silicio para contribuir con el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de frutos de calabaza de bola cv "Round zucchini" bajo condiciones de campo.

## Agradecimientos

A las autoridades de nuestra entidad educativa por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa III. Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación. De igual manera, al Padre Alejandro Pérez, economista del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

## Bibliografía

- A. A. Abdel Latef y L-S.P. Tran, "Impacts of priming with silicon on the growth and tolerance of maize plants to alkaline stress", *Front. Plant. Sci.*, Vol. 7, Article 243, 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.00243.
- A. Artyszak, "Effect of silicon fertilization on crop yield quantity and quality-A literature review in europe", *Plants*, Vol. 7, Article 54, 2018, doi:10.3390/plants7030054.
- A. Marxen, T. Klotzbücher, R. Jahn, K. Kaiser, V. S. Nguyen, A. Schmidt, M. Schädler and D. Vetterlein, "Interaction between silicon cycling and straw decomposition in a silicon deficient rice production system", *Plant Soil*, Vol. 398, 1-2, 2016, pp. 153-163.
- A. Yassen, E. Abdallah, M. Gaballah and S. Zaghloul, "Role of silicon dioxide nano fertilizer in mitigating salt stress on growth, yield and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus L.*)", *Int. J. Agric. Res.*, Vol. 12, 3, 2017, pp. 130-135.
- B. Jamali and M. Rahemi, "Carnation flowers senescence as influenced by nickel, cobalt and silicon", *J. Biol. Environ. Sci.*, Vol. 5, 15, 2011, pp. 147-152.
- B. S. Tubana, T. Babu and L. E. Datnoff, "A review of silicon in soils and plants and its role in us agriculture: History and future perspectives", *Soil Science*, Vol. 181, 9-10, 2016, pp. 1-19.
- C. Aguirre-Mancilla T., Chávez-Barcenas, P. García-Saucedo y J. C. Raya-Pérez, "El silicio en los organismos vivos", *Interciencia*, Vol. 3, 2007, pp. 504-509.
- C. Cordovilla, "Estudio de la concentración de mezclas de harina de maíz (*Zea mays L.*) y panela en la compota de calabaza (*Cucurbita ficifolia Bouché*)", Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador, 2011, 63 p.
- D. J. Sarkar, M. Barman, M. De and D. Chatterjee, "Agriculture: Polymers in crop production mulch and fertilizer", *Encyclopedia of Polymer Applications*, 2018, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 1-20.
- E. D. Jiménez F., "Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)", Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador, 2016, 48 p.
- E. de la Cruz-Lázaro, R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A. J. Lozano del Rio, A. Gómez-Vázquez y R. Sánchez-Hernández, "Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero", *Interciencia*, Vol. 35, 5, 2010, pp. 363-368.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), "Good agricultural practices

- for greenhouse vegetable crops; Principles for mediterranean climate areas”, 2013, Rome, Italy, FAO, 616 p. (FAO Plant Production and Protection Paper 217).
- F. C. Gómez-Merino y L. I. Trejo-Téllez, “The role of beneficial elements in triggering adaptive responses to environmental stressors and improving plant performance, In: S. Vats, Ed., Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants, 2018, Springer Nature, Singapore, pp. 137-172.
- F. Filippi, G. Magnani, S. Guerrini and F. Ranghino, “Agronomic evaluation of green biodegradable mulch on melon crop”, Italian J. Agron., Vol. 6, Article e18, 2011, pp. 111-116.
- G. C. Picó A., “Composta”, Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas, 2002, 5 p. (Servicio de Extensión Agrícola).
- G. Reyes, A. Chaparro-Giraldo y K. Ávila, “Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón”, Rev. Colomb. Biotecnol., Vol. 12, 2, 2010, pp. 151-162.
- G. Shahnaz, E. Shekoofeh, D. Kourosh and B. Moohamdbagher, “Interactive effects of silicon and aluminum on the malondialdehyde (MDA), proline, protein and phenolic compounds in *Borago officinalis* L.” J. Med. Plants Res., Vol. 5, 24, 2011, pp. 5818–5827.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), “Elaboración y uso de compostas”, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, 2005, 20 p. (Folleto para Productores no. 26).
- I. Zenner de Polanía y F. Peña B., “Plásticos en la agricultura: Beneficio y costo ambiental: Una revisión”, Revista UDCA Actual. Divulg. Cient., Vol. 16, 1, 2013, pp. 139-150.
- J. A. Montemayor-Trejo, E. Suárez-González, J. P. Munguía-López, M. Á. Segura-Castruita, R. Mendoza-Villareal y J. L. Woo-Reza, “Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera”, Vol. especial 20, 2018, pp. 4107-4115.
- J. A. Medina R. e I. Jiménez Y., “Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales”, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, 2001, 198 p.
- J. C. Aguilar G., “Aplicación de silicio en tomate y su efecto en la calidad nutricional”, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Departamento de Horticultura, Saltillo, Coahuila, México, 2012, 37 p.
- J. F. Ma and N. Yamaji, “Silicon uptake and accumulation in higher plants”, Trends Plant Sci., Vol. 11, 8, 2006, pp. 392-397.
- J. Martínez de la Cerda, (s.f.), Acolchado en hortalizas. Obtenido de la Red Mundial el 25 de septiembre de 2020. <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/hortalizas/8acolchado.pdf>.
- L. A. Calderón M., D. C. Angulo R., D. Rodríguez C., C. M. Grijalba R. y M. M. Pérez T., “Evaluación de materiales para el acolchado de fresa cultivada bajo invernadero”, Rev. Facultad de Ciencias Básicas, Vol. 9, 1, 2013, 8-19.
- L. Deng, Y. Yu, H. Zhang, Q. Wang and R. Yu, “The effects of biodegradable mulch film on the growth, yield, and water use efficiency of cotton and maize in an arid region”, Sustainability, Vol. 11, Article 7039, 2019, doi:10.3390/su11247039.
- L. M. Munaretto, R. V. Botelho, J. T. V. Resende, K. Schwarz and A. J. Sato, “Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon”, Hortic. Bras., Vol. 36, 1, 2018, pp. 40-46.
- L. Zhang, C. Yan, Q. Guo, J. Zhang and J. Ruiz-Menjivar, “The impact of agricultural chemical inputs on environment: Global evidence from informetrics analysis and visualization”, Int. J. Low-Carbon Tec., Vol. 13, 4, 2018, pp. 338-352.
- M. Kazemi, M. Gholami and F. Bahmanipour, “Effect of silicon and acetylsalicylic acid on antioxidant activity, membrane stability and ACC-oxidase activity in relation to vase life of carnation cut flowers”, Biotechnol., Vol. 11, 2, 2012, pp. 87-90.



