

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EVALUACIÓN DEL BOCASHI Y FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE
HIGUERA (*Ficus carica* L.) Y EN LA DINAMICA DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO

TESIS

Quien presenta BELÉN GUADALUPE MUÑOZ ROCHA

Como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

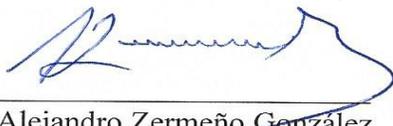
EVALUACIÓN DEL BOCASHI Y FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGUERA (*Ficus carica* L.) Y EN LA DINAMICA DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO

TESIS

Elaborada por BELÉN GUADALUPE MUÑOZ ROCHA como requisito parcial para obtener el Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal



Dr. Alejandro Zermeño González
Asesor



Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Asesor



Dra. Rebeca Betancourt Galindo
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de vivir esta experiencia más y por la oportunidad de seguir aprendiendo y avanzando por el camino.

A mis **Padres** les agradezco por su apoyo y confianza incondicional que siempre me han brindado y por todo ese esfuerzo realizado para seguir adelante y acompañarme en mi camino por esta vida.

A **Dr. Armando Hernández Pérez** por brindarme su tiempo, conocimiento y apoyo para llevar a cabo la investigación.

A mis **asesores** por la colaboración brindada es este proyecto.

A mi **alma mater** la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por recibirme y formar parte nuevamente de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (**CONACYT**) por el apoyo económico brindado para llevar a cabo el trabajo de investigación.

A mis **hermanos y hermanas** por darme buenos consejos sobre la vida y por el apoyo que me han dado.

A todas las **personas** que hicieron posible directa e indirectamente la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

A MIS HERMANOS Y HERMANAS.

A MI QUERIDO PRIMO LUIS ÁNGEL MUÑOZ VALADEZ

A MIS SOBRINAS ALEJANDRA Y ELIZABETH

INDICE DE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Funciones o servicios ecosistémicos del suelo.....	4
Degradación del suelo	5
Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes	6
Nitrógeno	6
Fosforo.....	6
Potasio.....	7
Abonos orgánicos	7
Generalidades	8
Componentes	9
Elaboración.....	10
Mezcla de los componentes	10
Etapa de fermentación y control de la temperatura.....	11
Contenido nutricional	11
Bocashi: supresión del suelo y la protección de plantas cultivadas	12
Bocashi y la calidad del suelo	13
La higuera (<i>Ficus carica</i> L.).....	13
Taxonomía y descripción botánica	13
Origen del cultivo	14
Historia de la higuera.....	14
Importancia social.....	15
Importancia económica mundial y nacional	15

Requerimientos agroecológicos.....	15
Nutrición y fertilización.....	17
Producción de la higuera.....	17
Tipos de higueras.....	18
Variedades.....	19
Propagación.....	19
Sistemas modernos de poda.....	19
Plagas y enfermedades.....	26
MATERIALES Y METODOS.....	29
Localización y condiciones ambientales.....	29
Material vegetal.....	29
Elaboración y maduración del abono.....	29
Tratamientos.....	31
Trasplante y marco de plantación.....	32
Riego y fertilización.....	32
Prevención y control de plagas y enfermedades.....	32
Variables evaluadas.....	33
Crecimiento.....	33
Biomasa seca.....	33
Concentración de iones de la solución del suelo.....	33
Rendimiento estimado.....	33
Análisis estadístico.....	34
RESULTADOS.....	35
DISCUSIÓN.....	41
Crecimiento y biomasa seca.....	41
Concentración de iones.....	42
Rendimiento estimado.....	43
CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura promedio diaria del proceso de la elaboración del abono tipo Bocashi.....	30
Figura 2. Efecto de la interacción entre el abono tipo bocashi y la fertilización con NPK en diámetro del tallo (DT), biomasa seca de tallo (BST), biomasa seca de hoja (BSH) y biomasa seca aérea (BSA) en higuera cv Black Mission. Las barras indican el error estándar de la media.	37
Figura 3. Efecto de la interacción entre el abono tipo Bocashi y la fertilización con NPK en el contenido de nitratos (NO_3), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) en la solución del suelo y en el rendimiento estimado (RE) en el cultivo de higuera cv Black Mission. Las barras indican el error estándar de la media.....	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en diferentes tipos de Bocashi.	12
Cuadro 2. Resultados del análisis de fertilidad del abono tipo Bocashi	31
Cuadro 3. Efecto de la aplicación de abono tipo bocashi y de la fertilización a base de NPK en el crecimiento y biomasa seca en el cultivo de higuera cv Black Mission.	36
Cuadro 4. Efecto de la aplicación bocashi y de la fertilización con NPK en la concentración de iones de la solución del suelo y producción de higo en plantas de higuera cv Black Mission.	39

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Poda vaso español.....	20
Ilustración 2. Poda vaso español modificado	20
Ilustración 3. Poda de vaso español modificado en plena producción.	21
Ilustración 4. Poda de fructificación en vaso español modificado	22
Ilustración 5. Sistema matorral en invernadero y a campo abierto.	22
Ilustración 6. Producción de Higueras manejadas en sistemas de matorral	23
Ilustración 7. Producción sobre ramas primarias en primer año y poda al final de la temporada.....	23
Ilustración 8. Manejo Cordón Horizontal.....	24
Ilustración 9. Poda de formación en cordón horizontal.....	24
Ilustración 10. Fructificación en manejo de Cordón Horizontal	25
Ilustración 11. Manejo Fusseto Múltiple.....	26
Ilustración 12. Síntomas de roya en hoja de higo.....	27
Ilustración 13. Síntomas de necrosis y enrollamiento de hoja	27
Ilustración 14. Mosca negra del higo (Silba adipata)	28

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL BOCASHI Y FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGUERA (*Ficus carica* L.) Y EN LA DINAMICA DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO

POR

BELÉN GUADALUPE MUÑOZ ROCHA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ARMANDO HERNÁNDEZ PÉREZ -ASESOR-

SALTILLO, COAHUILA

DICIEMBRE, 2022

El bocashi es un abono orgánico que aporta macro y micronutrientes al suelo y a la planta. La higuera es un frutal de bajo requerimiento nutricional. El objetivo del estudio fue determinar la dosis óptima entre bocashi y la fertilización con NPK que permita mayor crecimiento y rendimiento de la higuera, y su efecto en la concentración de iones en la solución de suelo. Se evaluaron tres dosis de bocashi (0, 5 y 10 kg planta⁻¹) y cinco concentraciones de NPK (0, 25, 50, 75 y 100 %), en total 15 tratamientos. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de 3x5, con tres repeticiones. Se evaluó: altura final, diámetro de tallo, biomasa seca, área, rendimiento estimado, concentración de NO₃⁻, K⁺ y Ca²⁺ en la solución de suelo. El mayor diámetro de tallo se presentó con la adición de 5 kg de bocashi con el 50 % de la fertilización, mientras que, la biomasa seca se incrementó al adicionar bocashi y una fertilización al 25 y 50 %. La concentración de iones se incrementó al aumentar la concentración de la fertilización independientemente del uso de bocashi. El mayor rendimiento se obtuvo con 10 kg de bocashi y una fertilización al 25 %. La aplicación del bocashi permite disminuir un 75 % de la fertilización en el primer año de plantación.

Palabras clave: higuera, solución de suelo, black mission, crecimiento, abono orgánico.

ABSTRACT

EVALUATION OF BOKASHI AND FERTILIZERS IN THE PRODUCTION OF FIG
TREE (*Ficus carica* L.) AND IN THE SOIL SOLUTION DYNAMICS

BY

BELÉN GUADALUPE MUÑOZ ROCHA
MASTER OF SCIENCE IN PRODUCTION OF SYSTEMS ENGINEERING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ARMANDO HERNÁNDEZ PÉREZ – ADVISER-

SALTILLO, COAHUILA

DICEMBER, 2022

Bokashi is an organic fertilizer that supplies the soil and plants with macro and micronutrients. Fig tree is a fruit crop with low nutrient requirements. The purpose of the research work was to determine the optimum fertilization rates of bokashi and NPK fertilization to promote higher growth and higher yield in fig trees; as well as studying the effect of such fertilization in the ion concentration of the soil solution. Three rates of bokashi were assessed (0, 5 and 10 kg planta⁻¹), as well as five concentrations of NPK (0, 25, 50, 75 and 100 %); 15 treatments in total. We used a fully randomized experimental design with a factorial arrangement of 3x5 and three repetitions, where we assessed: final height, stalk diameter, aerial dry biomass, estimated yield and NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺ concentrations in the soil solution. The largest stalk diameter was achieved with the addition of 5 kg of bokashi and 50 % fertilization, while dry biomass increased with the addition of bokashi plus 25 % and 50 % fertilization. The ion concentration increased with the increase of the fertilization concentration, regardless the use of bokashi. The highest yield was obtained with 10 kg of bokashi and 25 % fertilization. The application of bokashi allows for a reduction of 75 % fertilization in the first year of planting.

Key words: Fig tree, soil solution, black mission, growth, organic fertilizer

INTRODUCCIÓN

EL suelo es el ecosistema más complejo y diverso del mundo y proporciona a la humanidad más del 95% de los alimentos ya sea de manera directa o indirecta (Dominati *et al.*, 2014), pero este es finito, y el rápido crecimiento de la población humana junto con el aumento del consumo de alimentos, está ejerciendo una presión sin precedentes a través de la intensificación de la producción agrícola (Kopittke *et al.*, 2019). Por ello, los productores optan por el uso de fertilizantes minerales solubles, los cuales contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos, e incrementar la producción de alimentos en el mundo (Wang *et al.*, 2018). La FAO señala que, en el año 2018 el consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 188.16 millones de toneladas (t), esto corresponde 107.73 millones de t de fertilizantes nitrogenados (57.75 %), 43.81 millones de t de fosfatados (21.60 %) y 38.94 millones de t de potásicos (20.65 %) (FAOSTAT, 2021). En México el consumo de fertilizantes fue de 2.46 millones de toneladas en el mismo año, el cual, de nitrogenados fue 54.13 %, fosfatados 33.58 % y potásicos 12.29 %.

El consumo excesivo de estos fertilizantes genera degradación del suelo y de los ecosistemas, contaminación de las aguas subterráneas, contaminación del aire, el desequilibrio biológico y reducción de la biodiversidad (Wang *et al.*, 2018 y Chen *et al.*, 2018). Por estas razones la tendencia global del manejo de los sistemas de producción agrícola demanda conocimientos básicos de los recursos, tales como el uso de los abonos orgánicos aplicados al suelo (Ramos *et al.*, 2014), ya que, estos abonos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha,) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivos intensivos para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982). La incorporación de abonos orgánicos, como el tipo bocashi, es una alternativa viable para contribuir a la regeneración de suelos, debido que, aporta al suelo materia orgánica y nutrientes esenciales, estos mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo (Ramírez *et al.*, 2010).

Por otra parte, la higuera (*Ficus carica* L.) es considerada como un frutal rentable, por su bajo requerimiento hídrico y de nutricional. La demanda de su fruto (breva o higo) en

fresco crece anualmente en el mercado nacional e internacional, y México tiene potencial para convertirse en uno de los principales productores a nivel mundial. Pero, para lograrlo, es necesario incrementar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad (Soberanes *et al.*, 2020). EL suelo es el hábitat de mayor diversidad de la tierra y proporciona a la humanidad más del 95% de los alimentos ya sea de manera directa o indirecta (Dominati *et al.*, 2014), pero este es finito, y el acelerado aumento de la población humana junto con el aumento del consumo de alimentos, está ejerciendo una presión sin precedentes a través de la intensificación de la producción agrícola (Kopittke *et al.*, 2019). Por ello, los productores optan por el uso de fertilizantes minerales solubles, los cuales contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos, e intensificar la producción agraria en el mundo (Wang *et al.*, 2018). La FAO señala que, en el año 2018 el consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 188.16 millones de toneladas (t), esto corresponde 107.73 millones de t de fertilizantes nitrogenados (57.75 %), 43.81 millones de t de fosfatados (21.60 %) y 38.94 millones de t de potásicos (20.65 %) (FAOSTAT, 2021). En México el consumo de fertilizantes fue de 2.46 millones de toneladas en el mismo año, el cual, de nitrogenados fue 54.13 %, fosfatados 33.58 % y potásicos 12.29 %.

El consumo excesivo de estos fertilizantes ha contribuido al deterioro del suelo y del medio ambiente, contaminación de los mantos acuíferos, la polución, el desequilibrio biológico y reducción de la biodiversidad (Wang *et al.*, 2018 y Chen *et al.*, 2018). Por estas razones la tendencia global del manejo de los sistemas de producción agrícola demanda conocimientos básicos de los recursos, tales como el uso de los abonos orgánicos aplicados al suelo (Ramos *et al.*, 2014), ya que, estos abonos se han sugerido en tierras sometidas a cultivos intensivos para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982). La incorporación de abonos orgánicos, como el tipo bocashi, es una alternativa viable para contribuir a la regeneración de suelos, debido que, aporta al suelo materia orgánica y nutrientes esenciales, estos mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo (Ramírez *et al.*, 2010).

Por otra parte, la higuera (*Ficus carica* L.) es considerada como un frutal rentable, por su bajo requerimiento hídrico y de nutricional. La demanda de su fruto (breva o higo) en fresco crece anualmente en el mercado nacional e internacional, y México tiene potencial para convertirse en uno de los principales productores a nivel mundial. Pero, para lograrlo, es necesario incrementar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad (Soberanes *et al.*, 2020).

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de las diferentes dosis de bocashi y la concentración fertilizante a base de N-P-K en el crecimiento, biomasa seca, rendimiento del fruto de higuera cv Black Mission, y en la composición química de la solución del suelo.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las tres dosis de bocashi en el crecimiento y rendimiento del higo.
- Determinar la óptima dosis de fertilizantes químico (nitrógeno, fosforo y potasio) que permita mayor producción de higo.
- Estimar la mejor interacción entre bocashi y fertilizantes que mejore la producción del higo.
- Evaluar la dinámica de los nutrimentos de la solución del suelo con la aplicación de bocashi y fertilizantes químicos.

Hipótesis

La combinación de abono tipo bocashi con fertilización mejora el crecimiento, rendimiento de la higuera y la concentración de iones en la solución del suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

El suelo es un recurso natural finito no renovable y es uno de los más importantes de la tierra, ya que proporciona diversos servicios ambientales entre ellos el asociado con los ciclos biogeoquímicos (Burbano, 2016). El suelo es un componente esencial en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación y de extensión limitada (Silva y Correa, 2009).

Funciones o servicios ecosistémicos del suelo

Es un medio vivo y activo que sustenta la vida vegetal y animal. Es vital como fuente de alimentos y materias primas. Es parte fundamental de la biosfera y de la calidad del agua. Este puede tener muchos usos y generalmente se explota de acuerdo con las necesidades económicas y sociales (Council of Europe ,1972). La siguiente son las funciones que cumple el suelo:

Producción de alimentos y biomasa. La producción vegetal se puede utilizar directamente como alimento e indirectamente ya sea, para el ganado o convertirse en combustible u otros productos de consumo. Aunque, muchos requisitos básicos para la vida y el confort humano dependen de la fertilidad del suelo, salud y manejo para sostener su capacidad productiva (MEA, 2005).

Escenario indispensable para los ciclos biogeoquímicos. El suelo es importante para que se lleve a cabo los ciclos del carbono, nitrógeno, fosforo, azufre, entre otros, los cuales son vitales para que haya condiciones adecuadas en el mundo. (Burbano,2016).

Almacenamiento o fijación de carbono. Se trata de la remoción del carbono de la atmósfera, mediante la fotosíntesis de las plantas y su almacenamiento como formas de materia orgánica estables y de larga vida en el suelo.

Almacenamiento y filtración de agua. Es la capacidad del suelo para eliminar compuestos nocivos, almacenar y conducir agua para su uso posterior y prevenir sequías, inundaciones y erosión. Función crucial que cumpla para los suelos agrícolas, contribuyendo al

suministro de agua de calidad, en particular, para garantizar la seguridad alimentaria (Wall *et al.*, 2020).

Soporte de las actividades humanas y fuente de materias primas. El suelo soporta infraestructura (Baveye *et al.*, 2016), suministro de agua y materias primas como arcilla, arena, grava o carbón. Estas funciones, en general, han continuado sin cesar durante milenios y siguen siendo relevantes en la actualidad (Staubach, 2005).

Reserva de biodiversidad. Los suelos albergan más del 25% de la diversidad biológica. De igual manera, más del 40 % de los organismos vivos en los ecosistemas terrestres están asociados a los suelos durante su ciclo biológico (ONU ,2020).

Depósito del patrimonio geológico y arqueológico. La preservación del patrimonio geológico y arqueológico va a depender de los procesos de formación y degradación del suelo y está relacionado, con los efectos de la actividad biológica y la circulación del agua que ocurren en el y además de las acciones humanas (Burbano,2016).

Degradación del suelo

La degradación del suelo es la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad, es decir, aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos (deficiencia de materia orgánica). Por lo que esto, no es otra cosa que la reducción de su capacidad para mantener una productividad sostenida. Por otra parte, la sostenibilidad no implica necesariamente una estabilidad continua de los niveles de productividad, si no la capacidad para recuperar rápidamente los niveles de producción, después de sequías, inundaciones, mal manejo humano, entre otros factores (Cartes, 2013).

Consumo de fertilizantes

Los fertilizantes químicos han contribuido al rendimiento de los cultivos, ya que ayudan a aumentar la producción de alimentos en el mundo. De acuerdo FAO el consumo de

fertilizantes a nivel mundial fue de 188.16 millones de toneladas (t) en el año 2018, esto corresponde a 107.73 millones de t de fertilizantes nitrogenados (57.75 %), 43.81 millones de t de fosfatados (21.60 %) y 38.94 millones de t de potásicos (20.65 %) (FAOSTAT, 2021). En México el consumo de estos fue de 2.46 millones de toneladas en el mismo año, esto corresponde al 1.33 millones de t de nitrogenados (54.13 %), 0.826 millones de t fosfatados (33.58 %) y 0.302 millones de t de fertilizantes potásicos (12.29 %).

La agricultura convencional depende de la aplicación de fertilizantes minerales solubles, con la finalidad de incrementar la producción de los cultivos. Pero su uso excesivo ha provocado: eutrofización, toxicidad del agua, contaminación de los mantos acuíferos, polución, degradación del suelo y del hábitat, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad. Por otra parte, es importante señalar que las plantas cultivadas solo pueden absorber entre un 30 % y 50 % de los fertilizantes inorgánicos, el resto se pierde en el suelo (Chen *et al.*, 2018).

Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes

Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un factor limitante importante para la producción de cultivos sostenible y rentable. Sin embargo, la aplicación excesiva de N a través de fertilizantes puede degradar la salud del suelo y del medio ambiente al aumentar la acidificación del suelo, la lixiviación de N y las emisiones de gases de amoníaco (NH₃) y óxido de nitrógeno (NO, N₂O y NO₂), de los cuales el N₂O se considera un gas de efecto invernadero muy potente que contribuye al calentamiento global (Franzluebbers, 2007; Herrero *et al.*, 2010).

Fosforo

El fósforo es uno de los principales macroelementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Los agricultores pueden obtener y aplicar fósforo en tierras agrícolas con deficiencia utilizando una variedad de fertilizantes comerciales de fosforo procesado o en su forma más natural como roca fosfórica (Chen *et al.*, 2006). El fósforo es una de las

fuentes limitantes (junto con el nitrógeno) para el crecimiento de plantas. La aplicación excesiva de fertilizantes fosforados es una de las principales causas de eutrofización en los ecosistemas acuáticos. Muchos fertilizantes de fosfato solubles en agua son susceptibles de lixiviarse y cargarse en los ecosistemas acuáticos y las aguas subterráneas, lo que conduce a la contaminación y la eutrofización. La eutrofización se expresa por un exceso de algas verde-azuladas, niveles reducidos de oxígeno, disminución de organismos, biodiversidad reducida y efectos a largo plazo de las redes alimentarias. Este fenómeno tiene el potencial de afectar la calidad del agua potable y la capacidad de nadar de manera segura en los lagos (Leone *et al.*, 2008).

Potasio

El potasio (K^+) es un macronutriente esencial para las plantas debido a que, requieren cantidades elevadas de este nutriente e incluso cantidades similares a los requerimientos del nitrógeno, ya que, cumple un papel importante en la activación de más de 60 enzimas que actúan en diferentes procesos metabólicos (INTAGRI, 2017). A pesar de las ventajas del fertilizante potásico, la aplicación de este sigue siendo a menudo inapropiada debido a los hábitos de los agricultores y la falta de orientación sobre su uso (Li *et al.*, 2019). Una de las consecuencias de este, en grandes cantidades endurece y daña la estructura del suelo, ya que es un catión monovalente y puede desplazar algunos cationes en los sitios de intercambio catiónico (Nafziger, 2013). Por otra parte, el suministro de los fertilizantes solubles en grandes cantidades conduce a la liberación de gases de efecto invernadero y la eutrofización. Pero, algunos investigadores tratan de encontrar soluciones para reducir las cantidades de fertilizantes excesivas, sin reducir la cantidad de alimentos a producir (Sedlacek, 2020).

Abonos orgánicos

Los abonos son el resultado de la desintegración natural de la materia orgánica por la acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros productos que aportan nutrientes al suelo y, por tanto, a las

plantas. También se define como un proceso controlado y acelerado de la desintegración de los residuos, esta descomposición puede ser aeróbica o anaeróbica, lo cual da lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Libreros, 2012).

Generalidades

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos y diversos, y regulan muchos procesos relacionados con la productividad agropecuaria (Gómez y Vásquez, 2011). Sus principales funciones son: como sustrato, cobertura, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto es de gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Medina *et al.*, 2010).

En general, los abonos orgánicos pueden proporcionar los siguientes beneficios a la producción de cultivos:

- Aporta la mayoría de los elementos esenciales y este depende de la fuente de abono.
- Son de mayor residualidad que los fertilizantes inorgánicos.
- Liberación lenta de nutrimentos.
- Mejoran la estructura, porosidad, aireación y capacidad de retención de agua del suelo.
- Forma complejos orgánicos con los nutrimentos brindándoles a éstos mayor disponibilidad para las plantas.
- Posee mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que las arcillas, por lo que su incorporación incrementa la CIC, importante para suelos arenosos.
- Liberan bióxido de carbono (CO_2) durante su descomposición que forma ácido carbónico (H_2CO_3) el cual solubiliza nutrimentos de otras fuentes.
- Son fuente de carbono orgánico para la actividad de organismos heterótrofos presentes en el suelo.
- Aumentan la filtración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial.
- Mayor estabilidad de agregados.

Los abonos orgánicos confieren al suelo una mayor capacidad productiva, conservación de su fertilidad en el tiempo y ser sostenibles con el paso de los ciclos productivos (INTAGRI, 2016).

El Bocashi ha sido utilizado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace muchos años. Es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”. Este abono utiliza materiales de origen animal y/o vegetal, los cuales se dejan descomponer en un proceso aeróbico. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos (Shintani *et al.*, 2000). Este abono puede elaborarse con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo con la materia prima disponible (De luna y Vásquez, 2009).

Componentes

Son aspectos básicos que depende la velocidad de descomposición o de la tasa de mineralización gobernada por la actividad microbiológica y la posterior disponibilidad de nutrimentos. Estos son: celulosas, hemicelulosas, ligninas, azúcares y compuestos nitrogenados, los cuales tienen diferentes velocidades de descomposición, dependiendo de su constitución estructural y la facilidad ante el ataque de los microorganismos (Ramos *et al.*, 2014). Sin embargo, no existe una receta exclusiva o fórmula única para la elaboración del bocashi, pues la composición de este abono se ajusta a las condiciones y materiales existentes en la región, como lo siguiente (Restrepo, 2010):

Tierra común: Su función es mayor homogeneidad física y distribución de humedad, favorable para el incremento de la actividad microbiana, logrando una buena fermentación.

Estiércol: Dependiendo de la especie y su producción, aporta N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mg, Zn, Cu y B. Mejora las condiciones físicas y químicas del suelo.

Carbón vegetal: Mejora las características físicas del suelo, como su estructura, facilita la distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía).

Cascarilla de arroz, café o limadura de madera: Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilita la aireación y la absorción de humedad. Es rica en silicio, lo cual es benéfico para las plantas cultivadas, ya que las hace resistentes a las plagas y enfermedades.

Levaduras: Producen sustancias bioactivas como: hormonas y enzimas, que promueven la división celular y el crecimiento radicular.

Cal: Se emplea como enmienda para neutralizar la acidez de los estiércoles y materiales verdes que se usan y constituye una fuente de calcio y magnesio.

Melaza: Es la fuente energética para la fermentación y favorece la multiplicación de la actividad microbiana. Además, es rica en K, Ca, P y Mg ; y contiene micronutrientes; B, Zn, Mn y Fe.

Agua: Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono (Álvarez *et al.*, 2018).

Elaboración

Mezcla de los componentes

Existen tres maneras de elaborar el bocashi. Algunos productores optan por mezclar todos los ingredientes por capas alternas hasta obtener una mezcla homogénea de todos los ingredientes, a la cual poco a poco y por capas agregan el agua necesaria para obtener la humedad recomendada (esta es la forma más usual). Otros mezclan todos los ingredientes en seco y al final, en una última volteada de toda la masa mezclada, agregan el agua hasta conseguir la humedad adecuada. Finalmente, otros productores subdividen todos los ingredientes en proporciones iguales y forman dos o tres montones; luego mezclan todos los ingredientes de cada uno de los montones de manera independiente, lo que facilita la distribución adecuada de todos los ingredientes, pues se agrega la cantidad de agua apropiada para controlar la humedad; y por último juntan todos los montones que se mezclaron por separado, quedando al final una masa uniforme que luego extienden en el piso.

Etapa de fermentación y control de la temperatura

Una vez terminada la etapa de la mezcla de todos los ingredientes del abono y controlada la uniformidad de la humedad, la masa se deja en el piso, de tal forma que la altura del montón tenga, en lo máximo, un metro y cuarenta en los primeros días y después gradualmente se va bajando el montón hasta 50 a 30 centímetros. Algunos productores acostumbran a cubrir el abono con sacos de fibra durante los tres primeros días de la fermentación, con el objetivo de acelerarla. La temperatura del abono se debe controlar todos los días con un termómetro o introduciendo la mano en el mismo, a partir del segundo día de su elaboración. No es recomendable que la temperatura sobrepase de los 65°C. Lo ideal es manejar temperaturas en torno al límite de los 50 °C y de este rango hacia abajo. Durante los primeros días, la temperatura del abono tiende a subir a más 70° C, lo cual no es ideal y no se debe permitir. La temperatura debe ser controlada volteando o mezclando todo el montón dos veces al día cuando sea necesario (una vez en la mañana y otra en la tarde), lo que permite darle una mayor aireación y enfriamiento al abono. Otra buena práctica para acelerar el proceso final de la fermentación es ir bajando gradualmente la altura del montón a partir del tercer día, hasta lograr más o menos una altura de 30 a 50 centímetros al octavo día. De aquí en adelante, la temperatura del abono empieza a ser más baja y se comienza a estabilizar, siendo necesario revolverlo solamente una vez al día. Entre los 12 y los 15 días, el abono orgánico fermentado ya ha logrado su maduración y su temperatura es igual a la temperatura ambiente, su color es gris claro, y queda seco con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta.

Contenido nutricional

Este varía según los materiales utilizados en su elaboración. A continuación, se puede apreciar el contenido de nutrimentos de diferentes abonos tipo bocashi elaborados en cinco lugares distintos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en diferentes tipos de Bocashi.

Referencia	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B
		%						mg Kg ⁻¹		
Cerrato <i>et al.</i> , 2007	1.60	0.40	2.20	1.00	0.70	15175	32	500	108	ND
Restrepo <i>et al.</i> , 2010	1.18	0.70	0.50	2.05	0.21	2304	19	506	61	18
Uribe <i>et al.</i> , 2003	2.18	0.83	0.60	2.41	0.56	3.57*	71	963	117	ND
Jorge <i>et al.</i> , 2007	2.00	0.19	5.30	0.54	0.15	643	5.70	747	16.8	ND

*valor en porcentaje. ND= no determinado.

Estos abonos pueden ser una opción viable para sustituir los fertilizantes minerales. Sin embargo, esta capacidad o potencial del abono debe ser conocida para evitar deficiencias o excesos de los elementos que lo constituyen (Cerrato *et al.*, 2007).

Bocashi: supresión del suelo y la protección de plantas cultivadas

Estudios recientes muestran que las comunidades microbianas beneficiosas del suelo juegan un papel decisivo para la resistencia de los cultivos a los patógenos, un fenómeno conocido como “supresión del suelo” (Valarini *et al.*, 2003; Weller *et al.*, 2002). Pineda *et al.*, (2012) señalan que el microbioma induce la protección de las plantas cultivadas, tanto directa como indirectamente, ya que actúa como agente de control biológico. Así mismo, Escano (1996) señaló que el bocashi solo o en combinación con EM redujo la incidencia de la enfermedad de la pudrición blanda en lechuga y repollo. De igual manera, Xu *et al.*, (2012) y Fontenelle *et al.*, (2015) sugieren que las enmiendas de bocashi ayudan a disminuir la incidencia de enfermedades en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*). Por otro lado, Aljarah (2016) calificó el bocashi con EM como una tecnología prometedora para controlar la pudrición de las semillas y el marchitamiento causado por *P. aphanidermatum* y *R. solani* en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

Bocashi y la calidad del suelo

La incorporación del bocashi en los sistemas de producción agrícola se puede aplicar para mejorar las propiedades del suelo y mejorar las condiciones para el crecimiento y producción de las plantas cultivadas (Iriti *et al.*, 2019). Por otro lado, se han mencionado varios efectos positivos de las aplicaciones del bocashi en la mejora del suelo, y el crecimiento de las plantas, así como en la reducción del uso de fertilizantes inorgánicos, por ejemplo, Wijayanto *et al.*, (2018) demostraron que, el uso del abono bocashi en un suelo marginal podría mejorar las propiedades químicas del suelo, ya que la incorporación de este elaborado con cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y sedimentos de *Metroxylon sagu* aumentan la producción de soja (*Glycine max* L.), por otra parte, Karimuna *et al.*, (2016) señalan que, la incorporación de este abono elaborado con vegetación secundario aumenta la producción del maíz (*Zea mays*) y del maní (*Arachis hypogaea* L.), esto sugiere que, podría reducir potencialmente el costo del uso de fertilizantes químicos.

La higuera (*Ficus carica* L.)

Taxonomía y descripción botánica

Westwood (1982), describe que la especie *Ficus carica* L., es diploide, con número somático de $2n = 26$ y su sistemática vegetal es:

División: Fanerógamas.

Subdivisión: Angiospermas.

Subclase: Arquiclamídeas.

Orden: Urticales.

Familia: Moráceas.

Género: *Ficus*.

Especie: *carica*

Nombre botánico: *Ficus carica* L.

Es un árbol frutal que pertenece a la familia de las Moráceas, esta especie puede ser un árbol o un arbusto, ya que se puede manejar desde los 5 m hasta los 10 m de altura (Sarkhosh, 2018). La mayoría de sus raíces se encuentra entre los 20 y 45 cm de profundidad. En cuanto a las yemas, tiene terminales y axilares, donde las axilares son vegetativas y las axilares compuestas. Una de las características del cultivo es que se pueden encontrar una gran diversidad de hojas en la misma planta, sus hojas están recubiertas de vellosidades con propiedades alergénicas. En cuanto al fruto, es común que el higo sea considerado como el fruto de la higuera, sin embargo, este es un fruto falso que alberga en su interior las flores y posteriormente a los frutos (aquenios), por lo cual al higo se le llama infrutescencia.

Sus frutos, llamados brevas e higos son en realidad infrutescencias (síconos) blandas y dulces por los azúcares que acumulan durante su maduración, siendo el fruto propiamente dicho las semillas no viables (aquenios).

Origen del cultivo

Esta especie se remonta al Medio Oriente, y se piensa que los fenicios lo introdujeron en el mediterráneo, y los griegos en Palestina y Asia Menor (FIRCO, 2017). En México, se considera que fue introducida por los misioneros franciscanos españoles, los cuales plantaron diversas especies de plantas en los atrios parroquiales, en estados como Hidalgo, Guanajuato, Morelos, San Luis Potosí y Zacatecas. En la actualidad, estos árboles se pueden encontrar en la mayoría de los estados del país, ya sea bajo cultivo o creciendo de forma natural (SADER, 2020).

Historia de la higuera

Es producido en todo el mundo en países como Turquía, Egipto y Marruecos, en la antigüedad, esta planta era muy popular en Grecia, se menciona que el fruto de la higuera

era el preferido por el pensador Platón, es por ello, que es conocido como la fruta de los filósofos. Sin embargo, no es una fruta si no una inflorescencia, pero no impidió que en Grecia lo consideraran un manjar, se dice que, en los juegos olímpicos a los ganadores, recibían higos como premio y eran coronados con hojas de higuera (SADER, 2020).

Importancia social

Los higos son apreciados por su sabor dulce, y su versatilidad en la cocina, ya que se pueden preparar en almíbar, con frutos secos y queso, o bien, utilizados en la repostería, o en la elaboración de mermeladas. En México, se puede encontrar el higo en el mercado, por temporadas cortas, y es consumido en fresco, deshidratado o caramelizado (SADER, 2020).

Los higos, además, son ricos en azúcares, y ayudan en la digestión por contener cradina, así mismo, contiene potasio, magnesio, calcio y vitaminas A, B1, B2, B3 y C; el 80 % del contenido del fruto es agua. Este cultivo, tiene una gran apertura en el mercado de exportación a Estados Unidos, lo que representa un factor detonante, el cuál impulsará el incremento de la superficie plantada, atrayendo consigo una mejora en la calidad de vida de los mexicanos (FIRCO, 2020).

Importancia económica mundial y nacional

En el año 2018 este cultivo se reportó en 54 países en todo el mundo, con una superficie cosechada de 218, 729 ha, con un rendimiento promedio de 6.5 t ha⁻¹ (FOASTAT, 2020). Turquía es el principal productor a nivel mundial, seguido de Egipto, Marruecos, Argelia e Irán. A nivel nacional el principal productor es Morelos, con una superficie de producción de 783.5 ha y con una producción de 3, 717 t, la principal variedad cultivada en este estado es la Black Mission, debido a su aceptación en Estados Unidos y Canadá.

Requerimientos agroecológicos

Climáticos

De Fina (1979) señala que el higo es uno de los frutales con mayor plasticidad. Es una especie moderadamente resistente a heladas, ya que resiste temperaturas bajas, la muerte del árbol se da a los -12.2°C , mientras que la muerte de sus frutos es alrededor de los -6°C , por otra parte, un árbol adulto soporta una temperatura inferior de -10°C . Para un crecimiento óptimo se requiere una temperatura media anual entre 17°C a 19°C . Para la maduración del fruto se requiere una temperatura de 32°C a 37°C .

Hídricos y edáficos

Es poco exigente en suelo, pero son más ideales para desarrollarse en los francos arenosos a franco arcillosos (Prataviera, 1990). No soporta problemas de drenaje (Kamas, 2015), ya que es propenso a podredumbres del sistema radicular (Ramos, 1975), por lo que en la preparación de las tierras es conveniente realizar labores profundas que rompan compactaciones subsuperficiales. El pH óptimo del suelo es entre 6 y 8 (Prataviera, 1990). La higuera es considerada como una especie medianamente tolerante a la salinidad, ya que, tolera una conductividad eléctrica (CE) en el suelo máximo de 4.20 dS/m (Maas and Hofmann, 1977). Se considera como un cultivo de bajo requerimiento hídrico, su rango óptimo está entre los 700 a 800 mm anuales (Melgarejo, 2000).

Radiación

En cuanto a la radiación (iluminación intensa) favorece directamente la calidad del fruto, ya que incide en el contenido de azúcares del fruto (Leonel, 2011). Por lo que es necesario siempre monitorear esta condición, ya que en caso de ser necesario se recomienda proteger la madera del árbol con pintura (López, 2014) y usar mulching de restos vegetales en los surcos de plantación (Cherry, 2015).

Nutrición y fertilización

El suelo debe contener la cantidad adecuada de nutrientes para proveer a las plantas cultivadas la cantidad adecuada de nutrientes y así obtener una buena producción. En la naturaleza las plantas se adaptan a las condiciones nutrimentales que existan en el lugar, sin embargo, en la producción agrícola se debe emplear la técnica de aporte de nutrimentos para garantizar las cosechas.

La higuera es un árbol menos demandante de nutrientes que otros cultivos, sin embargo, en suelos carentes de materia orgánica y pobres de nutrientes, es necesaria la aplicación de fertilizantes si se desea obtener buena cosecha. La cantidad de nutrientes que se tiene que aportar depende de varios factores incluyendo el tamaño del árbol, la densidad de plantación, la calidad del agua y suelo.

Rodríguez y Valdez (1999) recomiendan la dosis 80-60-105-20 Kg ha⁻¹ para higueras en plena producción, por otro lado, Martínez (2021) recomienda una dosis de 210-150-150 Kg ha⁻¹ para una producción entre 10 a 20 t ha⁻¹, mientras que para producción en cultivo sin suelo Mendoza (2018) sugiere una dosis de 302-88-121-245-68-2.5-1.5-1.1 Kg ha⁻¹ para una densidad de plantación de 12500 plantas·ha⁻¹ y un rendimiento estimado de 60 t.

Producción de la higuera

Melgarejo (2000) indica, que se presentan los frutos o bien, llamados siconios, y que aparecen de manera continua, y que se encuentran en las axilas de las hojas, y solo una yema axilar se transforma en higo, o bien dando una rama, o las dos yemas dando dos frutos. De acuerdo con la estación del año en la producción de los siconios, se les llaman brevas o higos. Las brevas por su parte pasan el invierno en reposo en las ramas y se cosechan al año siguiente, mientras que los higos se desarrollan en ramas en crecimiento de ese mismo año.

Tipos de higueras

De acuerdo con la manera en que se polinizan y el tipo o número de cosechas producidas al año las higueras se clasifican en cinco tipos:

Silvestres o cabrahigos. Estas plantas se caracterizan por tener solo flores macho, ya que, sus flores femeninas se han transformado en agallas no fértiles por la acción del himenóptero *Blastophaga psenes* L. Estas avispa después transportaran el polen a las higueras tipo Esmirna para que se lleve a cabo la fertilización.

Tipo “Esmirna”. Este tipo de higueras produce solo una cosecha al año, pero ocupa ser polinizada por la avispa *Blastophaga psenes* L fenómeno conocido como caprificación. Este tipo de higueras se produce en África y Oriente próximo, de los cuales se obtienen los mejores higos deshidratados.

Tipo “San Pedro”. Estas plantas producen dos cosechas al año; la primera cosecha son brevas las cuales no necesitan ser polinizadas, y la segundo son higos los cuales se caracterizan por ocupar de la caprificación. Los frutos de ambas cosechas son de color verde.

Bíferas. Al igual que el tipo san pedro, este tipo de higueras produce dos cosechas: brevas e higos, sin embargo, se caracterizan no necesitan ser polinizadas. Sus “falsos frutos” pueden ser de color verde u oscuros, sin embargo, en el mismo árbol las dos cosechas serán siempre del mismo color.

Uníferas. Estos cultivares solo producen una única cosecha de higos y no necesitan polinizarse para obtenerla (Melgarejo, 2019).

Variedades

A nivel internacional, la producción comercial de frutos de higo se basa en las variedades Adriatic, Black Mission, Brown Turkey, Conadria, Kadota y Sarylop. Con excepción de Black Mission, la variedad partenocárpica de mayor producción en California, Estados Unidos (CFAB, 2011), todas estas variedades pertenecen a las higueras tipo Esmirna o de polinización cruzada, y producen una sola cosecha al año (Xanthopoulos et al., 2010; García, 2015).

Propagación

Boliani *et al.* (2019) mencionan que, la principal forma de propagar la higuera es mediante las estacas de tallos leñosos, que son podados después de la cosecha, así mismo, se sugiere que estén libres de plagas y enfermedades. La cv Black Mission, son vigorosas con una alta capacidad de adaptación a condiciones ambientales. Sin embargo, las estacas deben de tener de 20 a 35 cm de altura (Hydroenvironment, 2022).

La reproducción por semillas, únicamente se utiliza con fines de investigación, fundamentalmente para la obtención de nuevos individuos; las plantas obtenidas pasarán un periodo improductivo de unos diez años.

Sistemas modernos de poda

Los sistemas modernos se basan en la producción de higos y no de brevas con árboles de poca altura ya que el corte de fruta es manual, las podas son severas, la mayoría en altas densidades con producción forzada en climas cálidos.

Vaso español

Es un vaso abierto adecuado a densidades medias o bajas (400 a 600 árboles ha⁻¹). Ideal cuando se pretende cosechar brevas e higos, el número de ramas de producción es muy alto, pero de bajo o mediano vigor. Se inicia con despuntar un tallo único a una altura de

40 a 70 cm, se obtienen tres a cinco ramas uniformemente distribuidas que posteriormente se podan de tres a cinco yemas para obtener dos o tres ramas de cada una en múltiples ocasiones hasta tener una copa con abundantes ramas que cubren desde 40 cm del suelo hasta 1.8 m de altura una copa circular con el centro abierto.



Ilustración 1. Poda vaso español

Una vez que el árbol presenta numerosas ramillas de producción, solo se despuntan las más débiles o excesivas, para dejar el mayor número posible de brevas.

Vaso español modificado

Una variante de poda utilizada en climas cálidos que consiste en que una vez que el árbol formado en vaso es adulto, se conservan solo ramas primarias y secundarias y el resto de las ramas se podan a una a tres yemas.



Ilustración 2. Poda vaso español modificado

Con esta variante de poda se busca mejor distribución de ramillas de producción, mayor aprovechamiento de la luz y mejor control sanitario al facilitar la entrada de los productos durante las aspersiones.

Se busca obtener ramas con suficiente vigor para soportar de 8 a 15 frutas cada una, con un promedio de 10 frutas por rama para obtener rendimientos de 20 t ha⁻¹ aproximadamente.



Ilustración 3. Poda de vaso español modificado en plena producción.

Las ramillas muy débiles se eliminan y de acuerdo con el vigor se dejan de una a tres yemas, para obtener abundantes ramas de producción de mediano Vigor (40 a 100 cm de longitud).

Un mes después de la poda se realiza una poda en verde donde se delimita y distribuyen las ramillas de producción, se considera adecuado dejar 5 a 6 ramillas por metro cuadrado de terreno que disponga el árbol.

Poda de fructificación: Una vez distribuidas las ramas de estructura (primarias y secundarias), las ramas de producción se podan a una o dos yemas todos los años para renovar la totalidad de las ramillas, conservando el mismo número todos los años. Para regular el número definitivo de ramillas se requiere hacer poda en verde un mes después de la poda en seco.



Ilustración 4. Poda de fructificación en vaso español modificado

Vaso bajo o matorral

Este sistema consiste en un tallo corto y múltiples ramificaciones cortas en las que se insertan ramas de producción vigorosas que crecen verticalmente, mismas que se renuevan en su totalidad cada año. Es propio para variedades vigorosas como Brown turkey y Kadota. La variedad Black misión puede emplearse en clima cálido o invernadero ya que ahí muestra mayor vigor que a cielo abierto o clima templado. Es el sistema de poda más utilizados para hidroponía en maceta.



Ilustración 5. Sistema matorral en invernadero y a campo abierto.

Ideal para sistemas intensivos, con ancho entre líneas de 1.5 a 3 metros y entre plantas de 0.75 a 2.5 metros. Con 24,000 a 32,000 ramas productivas por hectárea con longitud de 1.8 a 2.3 metros.

Poda de formación del Vaso bajo o matorral: A partir de un solo tallo podado a 40 cm de altura, se originan tres a cuatro ramas, que en podas posteriores cada una se bifurca hasta llegar a 12 o 16 ramas definitivas. Estas ramas posteriormente se renuevan cada año.



Ilustración 6. Producción de Higueras manejadas en sistemas de matorral



Ilustración 7. Producción sobre ramas primarias en primer año y poda al final de la temporada.

Cordón Horizontal

Se inicia despuntando a 20-40 cm de altura un solo tallo, se seleccionan dos ramas colocadas en dirección a la línea y se les deja crecer libremente hasta una altura entre 1.5 y 2 metros. Posteriormente se doblan hasta quedar horizontales y se despuntan según el espacio que dispongan. Las ramas productivas se desarrollan verticalmente a partir de yemas laterales, dejando una rama por lado cada 25 a 40 cm.

Ilustración 8. Manejo Cordón Horizontal.



Poda de formación en cordón Horizontal

Para lograr que las ramas secundarias queden horizontales, se utiliza algún tutor, ya sea una línea de alambre o una vara o carrizo a la que se sujeta las ramas obligándolas a permanecer horizontales, en pocos meses (3) las ramas lignifican lo suficiente para permanecer en esa posición. Este trabajo se puede realizar cuando la rama aun es tierna a los cuatro o cinco meses de plantado o poco antes del primer tirado de hoja.



Ilustración 9. Poda de formación en cordón horizontal.

Cuando se realiza en tierno, en cuanto se coloca horizontal se despunta y se eliminan todas las hojas para estimular la brotación de las ramas de producción. Cuando se realiza en rama recia, después del tirado natural de hojas, se despunta la rama y se estimula la brotación de yemas.

Poda de fructificación en cordón Horizontal

Una vez en posición horizontal las ramas secundarias, se busca la brotación de ramas de producción, mismas que deben crecer verticalmente y estar distanciadas de 30 a 40 cm una de otra, de modo que por cada metro de rama horizontal obtengamos seis ramas, tres de cada lado. Se requiere de colocar una malla o líneas de alambre que eviten que las ramas se doblen hacia los callejones y dificulten las labores de cultivo y cosecha.

Las siguientes temporadas, se podan a una o dos yemas para buscar renovar el mismo número de ramas de producción todos los años.



Ilustración 10. Fructificación en manejo de Cordón Horizontal

Fusetto y fusetto múltiple

Una técnica más avanzada de poda que permite ajustar la cantidad de ramas primarias y de producción a la densidad de plantación es el fusetto, que tiene una gran ventaja adicional: un mejor manejo de la sanidad y facilidad de cosecha del fruto. Este sistema consiste en árboles con una o más ramas primarias sin ramas secundarias de estructura de las que salen las ramillas de producción (con vigor medio o bajo) a lo largo de toda la rama dando un óptimo aprovechamiento de la luz solar y fácil acceso a las ramillas de producción.

Es una poda adecuada para altas, medianas o bajas densidades de plantación y el número de ramas primarias va desde una hasta cinco, según la densidad de plantación.



Ilustración 11. Manejo Fusseto Múltiple.

Se inicia igual que el sistema de vaso y el número de ramas primarias va de 1,600 a 2,400 ha⁻¹. Las ramas se mantienen sin despuntar hasta que alcanzan una altura de 2 metros, el primer año se permite que ramifique libremente, en el siguiente año todas las ramas laterales se podan a uno o dos yemas y se estimula con compensadores de frío la brotación de yemas latentes. Cada rama primaria adulta debe presentar hasta 20 ramillas de producción y una altura de 1.8 a 2.3 metros (Martínez, 2021).

Plagas y enfermedades

Las plantas de higo que son producidas bajo vivero pueden presentar pudrición de tallo y de raíces, la cual está asociada a los patógenos del complejo damping off (*Fusarium*, *Phytium* y *Phytophthora*), que es favorecida por la humedad relativa del 80 %, con temperaturas de 25 °C y altas densidades del cultivo (García *et al.*, 2008). Los autores Hernández y Sandoval (2015), mencionan que es necesario realizar aplicaciones preventivas, identificando los agentes causales, para detectar la sintomatología de la enfermedad, y que estos puedan ser útiles para implementar planes de manejo. Por otra parte, Michailides (2003), reporta que las enfermedades a causa de hongos más relevantes en el cultivo de la higuera son: la pudrición por *Alternaria*, la mancha foliar por *Alternaria* y *Cercospora*, el tizón de las extremidades por *Botrytis*, cancro por *Ceratocystis fimbriata*, mancha foliar por *Cephalosporium*, cáncer de la rama por *Phomopsis cinerascens*, antracnosis del fruto por *Colletotrichum gloesporoides*, pudrición del fruto por *Phytophthora* sp, pudrición de la raíz por *Fusarium* sp, y la roya del higo. En cuanto a la

roya del fruto (*Cerotelium fici* Butler Arthur), es considerada la principal enfermedad del higo (Kenneth, 2013). Esta enfermedad es favorecida por el clima cálido y húmedo, durante el período de vegetación. Los árboles infectados pueden defoliarse en pocas semanas, debido a la propagación de la enfermedad y al periodo corto de incubación (Latinovic *et al.*, 2015).



Ilustración 12. Síntomas de roya en hoja de higo



Ilustración 13. Síntomas de necrosis y enrollamiento de hoja

En el caso de las plagas, Prataciera (1990), menciona que la *Drosophila* sp. es de interés comercial ya que, disemina hongos, bacterias y levaduras desencadenando el

conocido “avinagramiento” del fruto debido a la fermentación de la pulpa. Mismo autor señala que también es atacado por araña roja (*Tetranychus urticae*), piojo de San José, cochinillas, y el mosaico de la higuera, un complejo de virus que genera un moteado en las hojas. Chichón (2016), menciona que los frutos pueden ser atacados por la mosca de las alas manchadas (*Drosophila suzukii*).

Otra plaga importante es la Mosca del higo (*Silba adipata*), se caracteriza por solo atacar a los higos, nunca a las brevas, pudiéndose confundir, en estado de larva, con la mosca de las frutas; los daños causados son similares a los causados por la mosca de las frutas, si bien sus larvas son de menor diámetro que las de *Ceratitis capitata*; el adulto es una mosca intensamente negra de unos 4 mm de longitud. La hembra deposita 2 ó 3 huevos unos 30 ó 40 días antes de la madurez. después de una incubación de 3 a 8 días, las larvas devoran las flores del receptáculo; después la larva de 3ª edad penetra en la pulpa de la base del sicono haciendo una galería sinuosa o circular: Se frena el desarrollo del “fruto” y se tiñe de placas rojo-violáceas.



Ilustración 14. Mosca negra del higo (*Silba adipata*)

La situación nacional es delicada ya que hay reportes de poblaciones de la plaga en varios estados con porcentajes de daño que hacen incosteable la producción, ya que la mayoría de los productores desconoce los métodos de control. Las estimaciones del daño en cultivo de higo en otros países, puede fluctuar entre 50 y 95 % (Katsoyannos y Guerin, 1984); sin embargo, DGSV-CNRF (2019) reportó daños en higo del 12 al 88 %.

MATERIALES Y METODOS

Localización y condiciones ambientales

La presente investigación se llevó a cabo en los meses de abril a diciembre del 2021, en el campo experimenta del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, en las coordenadas 25°21'22.7"N y 101°02'09.4"W, a una altitud de 1,710 msnm. El clima de esta región se clasifica como BS0hw, el cual es una modificación a la clasificación de climas de Köppen elaborada por la maestra Enriqueta García, definido como semicálido con lluvias en verano e invierno fresco, con un rango de temperatura que oscila entre 18 a 22 °C, y una precipitación promedio de 370 mm (INEGI, 2000; Sánchez, 2022). Durante el experimento se presentó una temperatura promedio anual de 21.1 °C y una humedad relativa promedio de 46.6 %.

Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron estacas enraizadas de higuera (*Ficus carica* L.) del cultivar Black Mission, esta variedad, también es conocida como Mission fig o Franciscana, es un cultivar bífero, es decir, produce dos tipos cosechas durante la temporada, brevas e higos, el fruto se caracteriza por ser de color violeta intenso en la parte externa y un color fresa en el interior, y un peso promedio de 30 g.

Elaboración y maduración del abono

La elaboración del abono tipo bocashi se siguió la metodología descrita por Restrepo (2010), utilizando los materiales como: Tierra in situ, sirre vacuno, carbón vegetal, harina de rocas, salvadillo, melaza, levadura y agua. En la Figura 1 se observa el comportamiento de la temperatura registrada durante el proceso de maduración, para la toma de lectura se utilizó termómetro para compostas (marca REOTEMP modelo A24FR-C43), para ello, se introdujo a tres profundidades (15, 30 y 45 cm) y en tres puntos diferentes, Medina-Saavedra *et al.*, (2016) mencionan que, la temperatura es un factor importante a considerar durante el proceso de maduración, se sugiere que la temperatura no supere los 70 °C para

evitar la desnaturalización de nutrientes. Una vez terminado el proceso de maduración, se tomó una muestra representativa para su posterior envío al Laboratorio certificado, para determinar la fertilidad del abono, dichos resultados se presentan en el Cuadro 2.

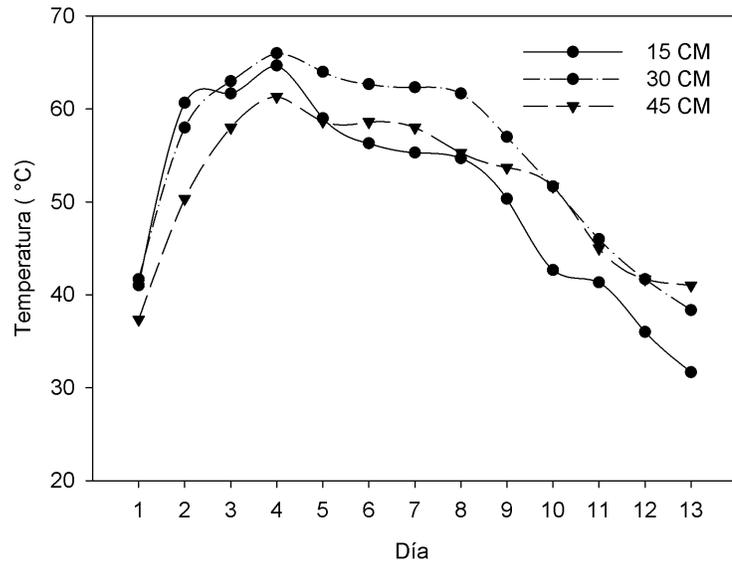


Figura 1. Temperatura promedio diaria del proceso de la elaboración del abono tipo Bocashi.

Cuadro 2. Resultados del análisis de fertilidad del abono tipo Bocashi

Determinación	Resultados
Materia orgánica	14.9 %
Relación C/N	16.90
pH	8.36
CE	4.40 dS m ⁻¹
Nitrógeno total	0.51 %
Fósforo (P)	0.61 %
Potasio (K)	1.15 %
Calcio (Ca)	7.74 %
Magnesio (Mg)	0.60 %
Sodio (Na)	0.14 %
Azufre (S)	0.43 %
Hierro (Fe)	12546.00 ppm
Cobre (Cu)	21.99 ppm
Manganeso (Mn)	293.00 ppm
Zinc (Zn)	189.00 ppm
Boro (B)	22.0 ppm

pH= potencial de hidrogeno, CE= conductividad eléctrica, C=carbono, N=nitrógeno

Tratamientos

Consistieron en tres dosis de abono tipo Bocashi (0, 5 y 10 kg planta⁻¹) y cinco concentraciones de fertilizantes a base de NPK (0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %), la combinación de estos dio un total de 15 tratamientos. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 3 x 5 con tres repeticiones en cada tratamiento.

Trasplante y marco de plantación

El trasplante se realizó el 8 de abril del 2021, para ello se realizó un pozo de 40 cm x 40 cm x 30 cm, previo a la plantación se colocó la cantidad del abono tipo bocashi correspondiente a cada tratamiento. El marco de plantación utilizado fue de tres bolillos a una distancia entre plantas de 3 m y entre hileras 3 m, la densidad de plantación corresponde a 1265 plantas por hectárea. El área total de la experimentación fue de 540 m².

Riego y fertilización

El sistema de riego fue por goteo, colocando una línea de manguera ciega de 16 mm (marca Toro, modelo EHD1335-100) y en cada planta se colocaron dos goteros autocompensados (marca Wade Rain modelo PC2) a una distancia de 30 cm de la higuera, con un gasto hidráulico de 2 l h⁻¹, este sistema de permitió dosificar 4 litros de agua por hora, los riegos se aplicaron cada tercer día con una duración promedio de tres horas. La fertilización a base de N-P-K se utilizó la dosis 116-52-83 kg ha⁻¹, esta dosis es el resultado de la combinación de las recomendaciones de Mendoza (2018) y Rodríguez y Valdez (1999). Estos últimos recomienda que en el primer año de plantación solo se debe aplicar de la dosis total el 13% de N, 18 % de P y 18 % de K. Esta actividad se realizó de forma manual una vez por semana diluyendo la cantidad de fertilizantes correspondiente a cada tratamiento en 12 litros de agua, los fertilizantes utilizados fueron: fosfonitrato, fosfato monoamónico y nitrato de potasio. La aplicación de estos fertilizantes se distribuyó durante los 7 meses que duró el experimento.

Prevención y control de plagas y enfermedades

Las aplicaciones se realizaron conforme fueron requeridas durante todo el ciclo del cultivo, para esta operación se empleó una bomba aspersora de 20 litros. En el desarrollo del cultivo tuvo la presencia de las siguientes plagas: Cochinilla o Caparreta blanca de la higuera (*Ceroplastes rusci* L.) y mosca negra del higo (*Silba adipata*).

Variables evaluadas

Crecimiento

El experimento finalizó a los 251 días después del trasplante, se determinó la altura final desde la base del tallo hasta la parte apical de la planta, utilizando un flexómetro. El diámetro de tallo se midió a 15 cm de la base del tallo, utilizando un vernier digital (modelo 1108-150).

Biomasa seca

Los tallos y hojas se separada en bolsas de papel estraza y posteriormente se introdujeron en un horno de secado marca BLUE M POM -246.F a una temperatura de 65°C durante 72 h, para después registrar la biomasa seca de cada órgano en una báscula digital marca Torrey modelo PCR-40. La biomasa seca aéreo se obtuvo mediante una suma aritmética de la biomasa seca de tallos y hojas.

Concentración de iones de la solución del suelo

Para la evolución de esta variable se colocaron tres lisímetros a una profundidad de 30 cm en cada tratamiento de la marca IRROMETER modelo SSAT 12". La solución se extrajo una vez por semana desde el 3 de septiembre hasta el 3 de noviembre del 2021. Se utilizó una bomba de vacío modelo 1002-SSAT. La solución se obtuvo 24 horas después de haber aplicado la fertilización, las concentraciones de los iones (NO_3^- , K^+ y Ca^{2+}) de esta solución fueron determinado por los Ionómetros Horiba luquatwin.

Rendimiento estimado

Se contabilizo y se pesó cada uno de los frutos que produjo la higuera, sin embargo, solo el 60 % del total de los higos fueron cosechadas con la madurez optima ya que, se presentó

heladas tempranas en la zona. Se obtuvo el promedio de los frutos cosechadas y se realizó una suma aritmética de los frutos con un tamaño ≥ 3 cm de diámetro no cosechadas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en esta investigación se sometieron a un análisis estadístico mediante análisis de varianza y prueba de rango múltiple con Duncan ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.2. El modelo estadístico lineal aditivo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es la ijk -ésima observación en el i -ésimo nivel del factor A y j -ésimo nivel del factor B;

μ = es la media general

α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor A

τ_j = efecto del j -ésimo nivel del factor B

$\alpha\tau_{ij}$ = es la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B

e_{ijk} = Efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

RESULTADOS

El crecimiento y la biomasa seca de las higueras fueron afectados por la aplicación de abono tipo bocashi (Bs) y por la fertilización con NPK. La altura final (AF) de las higueras no presentó diferencia significativa con la aplicación de este abono, mientras que diámetro de tallo (DT) mostró diferencias significativas. La biomasa seca de hojas (BSH), de tallo (BST) y de la parte aérea (BSA) presentaron diferencias significativas (Cuadro 3). La dosis de fertilización a base de NPK afectaron significativamente la AF, DT, BSH, BST y BSA (Cuadro 3). Estas mismas variables fueron afectadas por la interacción entre estos dos factores, a excepción de la AF (Cuadro 3).

El mayor DT, BSH y BSA se observaron en aquellas higueras que se les adicionó 10 kg de bocashi, mientras que, la BST se incrementó independientemente de la dosis de abono aplicado (Cuadro 3). La AF, DT, BSH y BSA se aumentaron cuando estas fueron nutridas con el 50 % de la dosis de NPK, pero, la BST registró un aumento con la dosis de 25% y 50% de NPK. En las higueras que fueron tratadas con la dosis de 100% de NPK presentaron una reducción en todas las variables evaluadas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de abono tipo bocashi y de la fertilización a base de NPK en el crecimiento y biomasa seca en el cultivo de higuera cv Black Mission.

Bocashi (kg planta ⁻¹)	Altura final (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Biomasa seca de tallo (g)	Biomasa seca de hojas (g)	Biomasa seca aérea (g)
0	42.1	22.5 b	265.5 b	358.2 c	647.5 c
5	45.3	22.8 b	289.3 a	412.2 b	677.8 b
10	43.4	25.0 a	308.8 a	479.2 a	787.9 a
ANVA $p \leq$	0.4063	0.0001	0.0014	0.0001	0.0001
Fertilización					
N-P-K (%)					
0	44.0 b	23.7 b	322.4 b	464.8 c	818.0 b
25	46.1 b	24.5 b	353.2 a	503.8 b	826.2 b
50	53.3 a	27.2 a	364.5 a	549.4 a	913.9 a
75	47.1 ab	22.4 c	278.7 c	365.4 d	644.1 c
100	27.1 c	19.4 d	120.6 d	199.3 e	319.9 d
ANVA $p \leq$	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción $p \leq$	0.1911	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001
CV (%)	14.821	4.275	10.129	6.164	5.726

ANVA=análisis de varianza, NPK=nitrógeno-fosforo-potasio, Interacción= bocashi por fertilización a base de NPK, CV= coeficiente de variación. Las letras a, b, c, d, y e son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Duncan al 0.05

El DT se incrementó al aumentar la concentración de NPK hasta un 50 %, este comportamiento fue independientemente de la dosis de Bs, pero, con el 50 % de NPK y 10 kg de Bs registran aun mayor DT. Por otra parte, una concentración al 50 % de NPK el DT disminuyó indistintamente de las dosis de Bs, no obstante, esta disminución fue mayor al suministrar una concentración de 100 % de NPK y una dosis de 0 y 5 kg de Bs por planta (Figura 2A). La BST se incrementó a una concentración del 25 % de NPK y una dosis de 5 kg y 10 kg de Bs por planta, sin embargo, este fue aún mayor en higueras que fueron tratadas con 10 kg de Bs. Esta tiende a disminuir cuando se utilizó una concentración mayor al 25 % de NPK, este efecto se observó independientemente de las dosis de Bs aplicado, no obstante, la mayor disminución de BST se presentó cuando se utilizó una concentración del 100 % de NPK y una dosis de 5 kg de Bs (Figura 2B).

La BSH se obtuvo un incremento en higueras que recibieron una concentración del 0% al 50 % de NPK en combinación con la dosis 5 kg de Bs por planta, similar comportamiento se observa con la dosis de 10 kg de Bs, pero, este efecto solo se presentó utilizando del 0

% al 25 % de la concentración de NPK ya que concentraciones mayores a esta, la BSH tienen a disminuir. Por otra parte, la mayor BSH se obtuvo en las higueras que fueron tratadas con 50 % de NPK y una dosis de 5 kg de Bs (Figura 2C). La BSA tiende a incrementar indistintamente de la dosis de Bs y con aplicación de 0 % hasta un 50 % de NPK, pero, la mayor BSA se presentó en higueras que fueron tratadas con la dosis de 5 Kg de Bs en combinación con la concentración del 50 % de NPK. Concentraciones mayores al 50 % de NPK la BSA sufrió una disminución independientemente de la dosis de Bs, esta disminución fue menos drástica con la incorporación de 10 kg de Bs. La menor BSA se presentó con 5 kg de Bs y 100 % de NPK (Figura 3D).

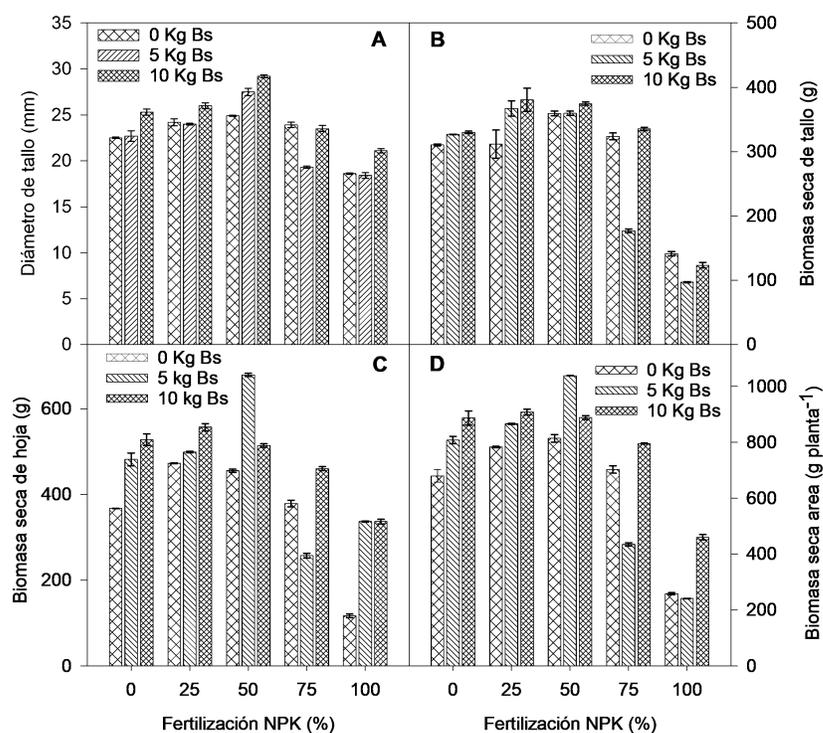


Figura 2. Efecto de la interacción entre el abono tipo bocashi y la fertilización con NPK en diámetro del tallo (DT), biomasa seca de tallo (BST), biomasa seca de hoja (BSH) y biomasa seca aérea (BSA) en higuera cv Black Mission. Las barras indican el error estándar de la media.

La producción de higo y la concentración de iones en la solución de suelo fueron afectados por las dosis de Bs y por la concentración de NPK. El rendimiento estimado (RE), la concentración de nitrato (NO_3^-), potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}) en la solución de suelo fueron influenciados significativamente por la adición de Bs y por las concentraciones de NPK. La interacción de estos dos factores afectó significativamente las variables antes mencionadas (Cuadro 4).

La mayor concentración de NO_3^- se registró al suministrar 0 y 10 kg Bs en comparación de la solución de suelo obtenida con la aplicación de 5 kg. La concentración de K^+ y Ca^{2+} se incrementó con el suministro de Bs independientemente de la dosis. El Ca^{2+} en la solución de suelo aumenta conforme se incrementó la dosis de abono comparando con las soluciones obtenidas con 0 kg de Bs. Por otro lado, la incorporación de 10 kg de Bs en las higueras permitió obtener un mayor RE (Cuadro 4). Al suministrar el 100 % de NPK se obtuvo la mayor concentración de NO_3^- y Ca^{2+} en la solución del suelo, mientras que el ion K^+ fue mayor cuando se aplicó el 25 % y 100 % de la fertilización NPK. El mayor RE se obtuvo en higueras que fueron fertilizadas con el 50 % de NPK (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la aplicación bocashi y de la fertilización con NPK en la concentración de iones de la solución del suelo y producción de higo en plantas de higuera cv Black Mission.

Bocashi (kg planta ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Rendimiento estimado (g planta ⁻¹)
0	79.1 a	15.47 b	88.13 c	781.9 b
5	72.4 b	17.80 a	101.67 b	814.2 b
10	76.00 a	19.20 a	113.13 a	1090.7 a
ANVA p≤	0.0398	0.0009	0.0001	0.0001
Fertilización N-P-K (%)				
0	45.7 d	13.6 c	60.4 d	765.9 c
25	52.6 d	20.3 a	108.4 c	1016.0 b
50	68.6 c	14.4 c	90.4 b	1098.0 a
75	80.5 b	17.3 b	102.2 b	1073.4 ab
100	135.5 a	21.3 a	143.6 a	524.6 d
ANVA p≤	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción p≤	0.0001	0.0659	0.0001	0.0001
CV (%)	9.776	14.202	7.796	6.73

ANVA=análisis de varianza, NPK=nitrógeno, fósforo, potasio, Interacción= abono tipo bocashi con fertilización a base de NPK, CV= coeficiente de variación, NO₃⁻= nitrato, K⁺= potasio, Ca²⁺= calcio. Las letras a, b, c y d son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Duncan al $\alpha \leq 0.05$.

La concentración de NO₃⁻ en la solución de suelo fue mayor al aplicar una concentración del 50 % y 75 % de NPK en combinación con 0 kg de Bs, al adicionar el 100 % de la concentración NPK la concentración de este ion disminuye. Sin embargo, la mayor concentración de NO₃⁻ en la solución de suelo se presentó al suministró de 10 kg de Bs y con el 100 % de NPK (Figura 3A). Además, el suministro de 5 kg de Bs la concentración este ion aumentó conforme se incrementó la concentración de NPK de un 50% hasta el 100%. No obstante, la concentración de NO₃⁻ es menor con la incorporación de 10 kg de Bs y con las concentraciones de 25 %, 50 % y 75 % de NPK (Figura 3A). La concentración de K⁺ en la solución de suelo aumenta al aplicar el 25 %, 75 % y 100 % de NPK independientemente de dosis Bs, comparando cuando se utiliza 0 % y 50 % de la fertilización. La mayor concentración de este ion se presentó cuando se aplicó 5 kg de Bs en combinación con el 25 % de NPK (Figura 3B). La concentración de Ca²⁺ en la solución de suelo fue mayor al incorporar 10 kg de Bs y el 100 % de la fertilización,

concentraciones inferiores a las ya mencionadas la concentración de este ion tiende a disminuir (Figura 3C).

El rendimiento estimado (RE) se incrementó en plantas tratadas con 25 % y 50 % de NPK sin la adición de Bs, concentraciones mayores al 50 % de NPK este disminuye. No obstante, el mayor RE se obtuvo con la concentración de 25 % de NPK en combinación con 10 Kg de Bs. Mientras que, el menor RE se presentó en higueras que fueron desarrolladas con el 100 % de la fertilización y 5 kg de Bs (Figura 3D).

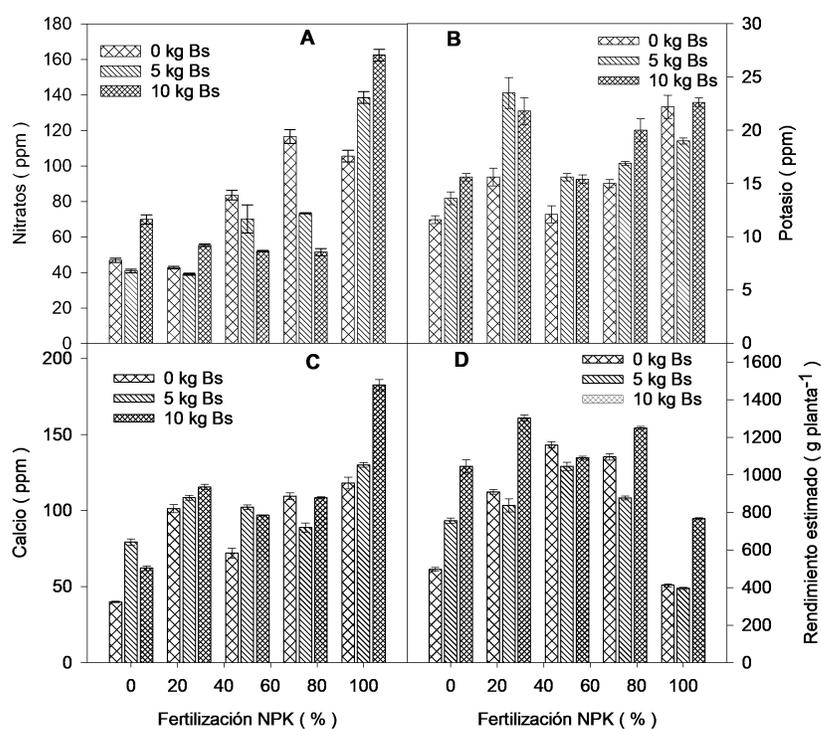


Figura 3. Efecto de la interacción entre el abono tipo bocashi y la fertilización con NPK en el contenido de nitratos (NO_3^-), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) en la solución del suelo y en el rendimiento estimado (RE) en el cultivo de higuera cv Black Mission. Las barras indican el error estándar de la media.

DISCUSIÓN

Crecimiento y biomasa seca

La incorporación del abono tipo bocashi en los sistemas agrícolas mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, permitiendo una mayor disponibilidad de nutrientes y por ende una mayor absorción de estos, reflejándose en un mejor crecimiento y rendimiento de los cultivos, así mismo, la adición de este abono reduce el uso de fertilizantes inorgánicos (Ginting, 2019; Karimuna *et al.*, 2016). El DT de las higueras se incrementó al adicionar 5 kg de Bs y 50 % de la fertilización con NPK (Figura 2A), este incremento puede ser debido que el abono Bs probablemente aumento la disponibilidad de nutrientes en el suelo, esto sugiere que, el Bs hace más eficiente el uso de los fertilizantes. Autores como; Albuquerque *et al.* (2013); Doan *et al.* (2015); Agegnehu *et al.* (2016) mencionan que, la aplicación de enmiendas orgánicas estimula el crecimiento de las plantas y mejora la eficiencia del uso de fertilizantes, especialmente cuando se combinaron con fertilizantes minerales. Por otra parte, Yuliana *et al.* (2015) indican que, la aplicación de bocashi, ya sea solo o en combinación con cáñamo indio, mejora las características químicas del suelo, incluidos los contenidos de nutrientes esenciales (N, P y K) y CIC, permitiendo reducir la necesidad de fertilizante inorgánico en aproximadamente un 50 % esto en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.).

Las practicas adecuadas del manejo agrícola de los cultivos permiten optimizar la acumulación de biomasa seca de las plantas, ya que, es un indicador significativo del crecimiento y el estado nutrimental, mismo que, promueve rendimientos óptimos (Zhang *et al.* 2021). En esta investigación la biomasa seca área se vio influenciada positivamente con la incorporación de 5 kg de abono Bs por higuera en combinación con el 25 % y 50 % de NPK permitiendo mayor biomasa seca en comparación con las higueras que no se les adicono este abono (Figura 2D). El incremento de la biomasa seca puede ser debido a un aumento del contenido de clorofila en las hojas de las higueras, pues, se señala que, el uso del abono bocashi en el cultivo de col rizada (*Brassica oleracea* var. Sabellica) y en pepino (*Cucumis sativus* L.) incremento el índice de contenido relativo de clorofilas, y,

por ende, hay una mayor actividad fotosintética la cual influye directamente con el rendimiento de una planta, tanto en su desarrollo como en el rendimiento final de la cosecha (Tolentino *et al.*, 2016; Abo-Sido *et al.*, 2021).

Concentración de iones

La mayor concentración de NO_3^- en la solución se presentó al aplicar el 100 % de NPK en combinación con 5 y 10 kg de Bs por planta (Figura 3A), este efecto pudiera deberse a que las plantas tuvieron un menor crecimiento y por ende una menor absorción de este ion, ya que posiblemente la dosis utilizada de NPK fue excesiva provocando un aumento en la conductividad eléctrica del suelo. Ren *et al.*, (2015) mencionan que, las cantidades altas de sales en el suelo afectan de manera negativa el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otra parte, la aplicación de 5 kg de Bs por planta junto con el 25 % de la concentración de NPK presento la menor concentración de NO_3^- en la solución (Figura 3A), efecto pudo ser debido a que hubo una mayor mineralización del N, lo cual, contribuyo a estar disponible para las plantas reflejándose en un crecimiento mayor. La disponibilidad de N del suelo, y más aún, el contenido de N en la solución es un factor determinante en la mineralización e inmovilización de N de las enmiendas orgánicas aplicadas (Mohanty *et al.*, 2011).

Una concentración de 25 %, 75 % y 100 % de la fertilización promovió mayores concentraciones de K^+ en la solución del suelo y este aumento fue mayor conforme se incrementó la dosis de Bs. Por otra parte, con el 50 % de la fertilización independientemente de la cantidad de Bs se obtuvo la menor concentración de K^+ en la solución (Figura 3B), este efecto puede deberse a que las dosis utilizadas fueron las adecuadas permitiendo una mayor absorción de este nutriente y por ende, un óptimo crecimiento de las plantas reflejándose en una mayor acumulación de BSA (Figura 2B) y DT (Figura 2D), Por su parte, Ramos y Terry (2014) mencionan que, la adición del abono orgánico no solo aporta nutrientes, sino que también mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, y posiblemente una estimulación de la emisión de las raíces, en este sentido al haber mayor cantidad de raíces existe una mayor absorción de nutrientes.

La concentración de Ca^{2+} en la solución del suelo se incrementa conforme se aumenta la dosis de NPK e independientemente de la dosis de Bs, sin embargo, la mayor concentración se presentó con la fertilización al 100 % (Figura 3C), efecto que puede ser debido a que la cantidades aplicadas de Bs se agregó un exceso de Ca^{2+} y en combinación con las altas dosis de fertilización provocó un bloqueo disminuyendo la absorción del mismo, y lo que provocó una acumulación de este nutriente en la solución del suelo, que a su vez se vio reflejado por una disminución del crecimiento y del RE, ya que cantidades elevadas de calcio asimilable en el suelo, originan problemas importantes en la fisiología de la planta, por su interacción con otros macro y micro elementos. El exceso de calcio puede inducir deficiencias de fósforo, potasio, hierro, zinc, magnesio y boro (Pineda., 2003). Por otro lado, una excesiva cantidad de sales solubles en el suelo aumenta su potencial osmótico provocando una disminución en la disponibilidad de agua para la planta, lo cual se ve reflejado en un descenso en el crecimiento del cultivo (Ibáñez, 2007).

Rendimiento estimado

La incorporación de bocashi tiende a aumentar el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que se reducirá el uso de fertilizantes inorgánicos por debajo de la recomendación estándar (Lasmini *et al.*, 2018). La adición de 10 kg de Bs y el 25 % de la dosis de NPK aumento el RE por planta, permitiendo así una disminución de un 75 % de la dosis de fertilización recomendada. Este aumento del RE pudiera deberse a que con la incorporación del bocashi se agregó la cantidad adecuada de materia orgánica, puesto que, una cantidad adecuada de esta en el suelo el rendimiento de los cultivos tiende a incrementar (Pan *et al.*, 2009; Oldfield *et al.*, 2018). Por otra parte, el incremento del RE es debido una acumulación óptima de biomasa seca de tallo y hojas con 10 kg de Bs y 25 % de la fertilización con NPK (Figura 2 B, C) pues, una mayor producción de biomasa seca aérea el RE fue menor (Figura 2D).

CONCLUSIONES

El uso de abono tipo bocashi favorece el crecimiento, la biomasa seca y rendimiento en el cultivo de higuera, así como el contenido de iones en la solución de suelo. La incorporación de 5 y 10 kg de bocashi en combinación con 25 % y 50 % de la fertilización a base de NPK incrementa el crecimiento y rendimiento del fruto de la higuera, sin embargo, esta misma combinación permite obtener un menor contenido de iones en la solución de suelo. Lo anterior sugiere que la aplicación del bocashi permite disminuir un 75 % de la fertilización en el primer año de plantación.

REFERENCIAS

- A.I. YULIANA, T. SUMARNI & T. ISLAMI. 2015. Application of bokashi and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) to improve inorganic fertilizer efficiency on maize (*Zea mays* L.). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(1): 433-438. Doi:10.15243/jdmlm.2015.031.433.
- ABO-SIDO, N., GOSS, J. W., GRIFFITH, A. B., & KLEPAC-CERAJ, V. 2021. Microbial transformation of traditional fermented fertilizer bokashi alters chemical composition and improves plant growth. *bioRxiv*. Doi: <https://doi.org/10.1101/2021.08.01.454634>.
- AGEGNEHU, G., NELSON, P. N. & BIRD, M. I. 2016. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research*, 160, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.02.003>.
- ALBURQUERQUE, J.A., SALAZAR, P., BARRÓN, V., TORRENT, J., DEL CAMPILLO M. D.C. GALLARDO, A. & VILLAR, R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 475–484. Doi: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01301371>.
- ALEXANDER, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Edition, John Wiley Eastern Limited, New Delhi, 467.
- ÁLVAREZ-PALOMINO, L., VARGAS-BAYONA, J. E. & GARCÍA-DÍAZ, L. K. 2018. Abono orgánico: Aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. *Spei Domus*, 14(28-29). Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/3556>.
- ÁNGEL, R. S. 2004. *Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos*. Honduras: Jesús Aguilar Paz. 35 pp.
- BAVEYE, P. C., BAVEYE, J. & GOWDY, J. 2016. Soil “ecosystem” services and natural capital: critical appraisal of research on uncertain ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 41. Doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00041>.
- BURBANO, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. Doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- CASTELLANOS R., J.Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminarios Técnicos* 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.

- CERRATO, M. E., LEBLANC, H. A. & KAMEKO, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3 (2): 183-197. ISSN 1659-2751.
- CHEN, G., HE, Z., STOFFELLA, P., YANG, X., YU, S. & CALVERT, D. 2006. Use of dolomite phosphate rock (DPR) fertilizers to reduce phosphorus leaching from sandy soil. *Environ. Pollut.* 139(1): 176–182. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.12.016>.
- CHEN, J., LÜ, S., ZHANG, Z., ZHAO, X., LI, X., NING, P. & LIU, M. 2018. Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment. *Science of the Total Environment*, 613, 829-839. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.186>.
- COUNCIL OF EUROPE. 1972. European Soil Charter. Brussels.
- DE LUNA, V. A. & VÁZQUEZ, A. E. 2009. Elaboración de Abonos Orgánicos. México: Universidad de Guadalajara. pp 4-12.
- DGSV-CNRF. 2019. Mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine, 1956 (Diptera: Lonchaeidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica 78. Tecámac, Estado de México, 15 p.
- DOAN, T.T., HENRY-DES-TUREAUX, T., RUMPEL, C., JANEAU, J.L. & JOUQUET, P. 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: a three year mesocosm experiment. *Sci. Total. Environ.* 514, 147-154. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.02.005.
- DOMINATI, E., MACKAY, A., GREEN, S. & PATTERSON, M., 2014. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: a case study of pastoral agriculture in New Zealand. *Ecol. Econ.* 100, 119–129
- ESCANO, C.R. 1996. Experiences on EM technology in the Philippines. Disponible en: <http://www.futuretechtoday.net/em/index2.htm>
- FANGUEIRO, D., G. DE SOUSA, E. VASCONCELOS & E. DUARTE. 2012. Influence of nitrogen content in the soil solution on potential nitrogen mineralization of organic residues. *Arch. Agron. Soil Sci.* 58, S112-S115. Doi: 10.1080/03650340.2012.694136.
- FAO, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2022. Portal de suelos de la FAO. En: <https://www.fao.org/soils-portal/es/>.
- FERRARA, G., MAZZEO, A., PACUCCI, C., MATARRESE, A. M. S., TARANTINO, A., CRISOSTO, C. & GADALETA, A. 2016. Characterization of edible fig germplasm from Puglia, southeastern Italy: Is the distinction of three fig types

- (Smyrna, San Pedro and Common) still valid. *Scientia Horticulturae*, 205, 52-58. Doi:10.1016/J.SCIENTA.2016.04.016.
- FOASTAT.2021. División de Estadística. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- FONTENELLE, M.R., LOPES, C.A., LIMA, C.E., SOARES, D.C., SILVA, L.R., ZANDONADI, D.B., SOUZA, R.B MOITA, A.W. 2015. Microbial attributes of infested soil suppressive to bacterial wilt by Bokashi Amendments. *Agricultural Sciences*, 6, 1239-1247. Doi: 10.4236/as.2015.610119.
- FRANZLUEBBERS, A. J. 2007. Integrated crop–livestock systems in the southeastern USA. *Agronomy Journal*. 99 (2): 361-372. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0076>.
- GAJ, R., GÓRSKI, D. & PRZYBYL, J. 2013. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *Journal of Elementology*, 18(1).
- GARCÍA RUÍZ, M. T. 2015. Caracterización morfológica y genética de variedades mexicanas de higo (*Ficus carica* L.). Tesis de posgrado. Colegio de Posgraduados. México. 158 pp.
- GINTING, S. 2019. Promoting Bokashi as an organic fertilizer in Indonesia: A mini review. *Horticulture*, 27(2), 189-203. Doi: 10.19080/IJESNR.2019.21.556070.
- GOZLEKCI, S. 2010. Selection studies on fig (*Ficus carica* L.) in Antalya province of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(46): 7857-7862. Doi: 10.5897/AJB10.1382.
- HERRERO, M., THORNTON, P. K., NOTENBAERT, A. M., WOOD, S., MSANGI, S., FREEMAN, H. A., BOSSIO, D., DIXON, J., PETERS, M., VAN DE STEEG, J., LYNAM, J., PARTHASARATHY, P., MACMILLAN, S., GERARD, B., MCDERMOTT, J., SERÉ, C. & ROSEGRANT, M. 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967), 822-825. Doi: 10.1126/science.1183725.
- IBÁÑEZ, J. 2007. Salinidad de los Suelos, Estrés Hídrico y Producción Vegetal.
- INTAGRI,2016. Los Abonos Orgánicos. Beneficios, Tipos y Contenidos Nutrimientales. Consultado 15 de mayo del 2022. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales> .
- INTAGRI. 2017. Fijación de Potasio en el Suelo. Serie Suelos Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>

- IRITI, M., SCARAFONI, A., PIERCE, S., CASTORINA, G. & VITALINI, S. 2019. Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. *International journal of molecular sciences*, 20(9), 2327. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>.
- JORGE, R. H. & OLIVIA, R. P. 2007. El compostaje y su utilización en agricultura. Dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina. 1da ed. Chile: Salviat Impresores. 35 pp.
- KARIMUNA, L., RAHNI, N. M. & BOER, D. 2016. The Use of bokashi to enhance agricultural productivity of marginal soils in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science* 3(1): 1-6. Doi: <https://doi.org/10.29244/jtcs.3.1.1-6>.
- KATSOYANNOS, B. I. & GUERIN, P. M. 1984. Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomologia experimentalis et applicata*. 35(1), 71-74. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1984.tb03362.x>
- KISLEV, M. E., HARTMANN, A., & BAR-YOSEF, O. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*, 312(5778):1372-1374. Doi: 10.1126/science.1125910
- KOPITTKE, P. M., MENZIES, N. W., WANG, P., MCKENNA, B. A., & LOMBI, E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment international*, 132, 105078
- LASA, B., TEJO, P. M. A., ARRIEN, C. L. & IRIGOYEN, I. 2003. Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada. In *La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis*. Thomson-Paraninfo, pp 361-386
- LASMINI, S. A., NASIR, B., HAYATI, N. & EDY, N. 2018. Improvement of soil quality using bokashi composting and NPK fertilizer to increase shallot yield on dry land. *Australian Journal of Crop Science*, 12(11):1743-1749. Doi: 10.21475/ajcs.18.12.11.p1435
- LEONE, A., RIPA, M. N., BOCCIA, L., & PORTO, A. L. 2008. Phosphorus export from agricultural land: a simple approach. *biosystems engineering*, 101(2), 270-280. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.07.005>
- LI, Z., ZHANG, R., XIA, S., WANG, L., LIU, C., ZHANG, R., FAN, Z., CHEN, F. & LIU, Y. 2019. Interactions between N, P and K fertilizers affect the environment and the yield and quality of satsumas. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00663. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00663>
- LIBREROS, S. S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, 28: 13-14. ISSN 0123-0409

- LOARTE, L., APOLO, V. & ALVAREZ, P. 2018. Efecto del tiempo de maduración y de microorganismos eficientes en el contenido nutricional del bocashi. CEDAMAZ, 8(1), 30-36. Disponible en :<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/570>
- LYNCH, J. 1993. Substrate availability in the production of compost. En: Hoitink, H; Keener, H. (eds) Science and engineering of composting. Design, environmental, microbiological and utilization aspects. Worthington, Ohio: Renaissance Publications. 24-35
- MARCOTULI, I., MAZZEO, A., COLASUONNO, P., TERZANO, R., NIGRO, D., PORFIDO, C. & FERRARA, G. 2020. Fruit Development in *Ficus carica* L.: Morphological and Genetic Approaches to Fig Buds for an Evolution From Monoecy Toward Dioecy. *Frontiers in plant science*, 11, 1208. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01208>
- MARTÍNEZ J.A. 2021. Técnicas avanzadas de poda en higuera. Curso en Línea
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMEN,. 2005. 'Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis', Washington, DC, USA: World Resources Institute
- MEDINA, L. A., O. I. MONSALVE & A. F. FORERO. 2010. "Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas". *Revista colombiana de Ciencias Hortícolas* 4(1): 109 -125. Doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>
- MEDINA-SAAVEDRA, T., ARROYO-FIGUEROA, G., MARTÍNEZ-PÉREZ, I. & VARGAS-RODRÍGUEZ, L. 2016. Fertilizante orgánico bocashi en germinación de semillas de mezquite (*Prosopis glandulosa*). *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*, 4(2): 20-30
- MELGAREJO MORENO, P. 2019. El cultivo de la higuera (*Ficus carica* L.)
- MENDIVIL-LUGO, C., NAVA-PÉREZ, E., ARMENTA-BOJÓRQUEZ, A. D., RUELAS-AYALA, R. D. & FÉLIX-HERRÁN, J. A. 2020. Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotechnia*. 22(1):17-23. Doi:<https://doi.org/10.18633/bitecna.v22i1.1120>
- MENDOZA PÁEZ, V. M. 2018. Acumulación y absorción de nutrimentos en el cultivo de la higuera *Ficus carica* L. CV. Netzahualcóyotl en sistemas de producción intensivos. Tesis de maestría
- MOHANTY, M., K.S. REDDY, M.E. PROBERT, R.C. DALAL, A.S. RAO & N.W. MENZIES. 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. *Ecol. Model.* 222(3): 719- 726. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.10.027
- MONTANARELLA, L. 2015. Agricultural policy: Govern our soils. *Nature* 528, 32–33. <https://doi.org/10.1038/528032a>

- NAFZIGER, E. 2013. "Potash Fertilizer: Is There a Problem?." Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign. Disponible en: <https://farmdoc.illinois.edu/field-crop-production/soils/potash-fertilizer-is-there-a-problem.html>
- OLDFIELD, E. E., BRADFORD, M. A. & WOOD, S. A. 2018. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *Soil* 5, 15–32. Doi: <https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>
- ONU, NACIONES UNIDAS. 2020. La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta. Noticias ONU
- PAN, G., SMITH, P. & PAN, W. 2009. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129, 344–348. DOI:10.1016/j.agee.2008.10.008
- PAUL, E. A. & CLARK, F. E. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, no. 2, 340 pp
- PINEDA L, L. 2003. Manejo de la fertilización del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) en Nicaragua. *La Calera*, 3(3): 43–45. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/19>
- PINEDA, A., ZHENG, S. J., VAN LOON, J. J. A. & DICKE, M. 2012. Rhizobacteria modify plant–aphid interactions: a case of induced systemic susceptibility. *Plant Biology*, 14, 83-90. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2011.00549.x>
- PINEDA, A., ZHENG, S.J., VAN LOON, J.J., PIETERSE, C.M., & DICKE, M. 2010. Helping plants to deal with insects: The role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science*, 15, 507-514. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.05.007>
- RAMÍREZ-BUILES, V. H. Y NAIDU, D. N. Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo Bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronomica*, 2010, vol. 59, no. 2, p. 155-161
- RAMOS-AGÜERO, D. & TERRY-ALFONSO, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&nrm=iso. ISSN 0258-5936
- REN, Z.; J. GAO; L. LI; X. CAI; W. HUANG; D. CHAO; M. ZHU; Z. WANG; S. LUAN & H. LIN. 2005. A rice quantitative trait locus for salt tolerance encodes a sodium transporter. *Nature Genetic*. 37 (1): 1141- 1146. Doi: 10.1038/ng1643
- RESTREPO, J. 2007. Manual Práctico A, B, C, de la Agricultura Orgánica y panes de Piedra. *Abonos Orgánicos Fermentados*. vol. 1. 86 p

- RESTREPO, J. 2010. A, B, C de la agricultura orgánica y panes de piedra: Abonos orgánicos fermentados. 1a ed. Colombia: Feriva S.A. 86 pp. ISBN 978-958-44-126-1
- SAHTA GINTING. 2019. Promoting Bokashi as an Organic Fertilizer in Indonesia: A Mini Review. *Int J Environ Sci Nat Res*, 21(4): 556070. Doi: 10.19080/IJESNR.2019.21.556070
- SCHARF, P.C. & LORY, J.A. 2002. Calibrating corn color from aerial photographs to predict side-dress nitrogen need. *Agron. J.*, 94, 397-404. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.3970>
- SEDLACEK, C. J., GIGUERE, A. T., & PJEVAC, P. 2020. Is too much fertilizer a problem?. *Front Young Minds*, 8(63), 1-5
- SHINTANI, M.; LEBLAC, H. & TABORA, P. 2000. Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. 1ª ed. Guácimo (CR): Universidad EARTH. Guía para uso práctico. 25 p
- SILVA, S. & CORREA, F. 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*. 23:13-34. Consulta en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-63462009000100002&lng=en&tlng=es
- SOBERANES-PÉREZ, A., CALDERÓN-ZAVALA, G., LÓPEZ-JIMÉNEZ, A., & ALVARADO-RAYA, H. E. 2020. Biorreguladores PARA la producción de higo bajo condiciones de invernadero. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 61-69
- SOTO, M. 2006. Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. Joinville-Santa Catarina: En: 17a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical. pp. 178-189
- STOREY, W. B.; J. E. ENDERUD; W. F. SALEEB & E. M. NAUER. 1977. *The Fig: its biology, history, culture and utilization*. Jurupa Mountains Cultural Center, Riverside, California. 94 p
- TOLENTINO, G. L., ARGUELLO, B. M. & RICARDO, H. L. S. (2016). Medición de intercambio gaseoso, área foliar e índice de clorofila en plantas elicidadas con nanopartículas. Disponible en: <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/338>
- URBANO, P. 2002. *Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal (Primera ed.)*. Madrid, España: Mundi-Prensa
- URIBE, L. L. 2003. Calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos. En: Ed. Meléndez, G. *Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura*, San José, Costa Rica: CIA-UCR. 165-184

- VALARINI, P. J., ALVAREZ, D., GASCO, J. M., GUERRERO, F. & TOKESHI, H. 2003. Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganism incorporation. *Revista brasileira de ciência do solo*, 27, 519-525. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000300013>
- VEBERIC, R., COLARIC, M., & STAMPAR, F. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food chemistry*, 106(1): 153-157. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.061>
- WALL, D. P., DELGADO, A., O'SULLIVAN, L., CREAMER, R. E., TRAJANOV, A., KUZMANOVSKI, V., BUGGE H., C. & DEBELJAK, M. 2020. A decision support model for assessing the water regulation and purification potential of agricultural soils across Europe. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 115. Doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00115>
- WANG, Y., ZHU, Y., ZHANG, S., & WANG, Y. 2018. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers. *Journal of Cleaner Production*, 199, 882-890
- WELLER, D. M., RAAIJMAKERS, J. M., GARDENER, B. B. M. & THOMASHOW, L. S. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual review of phytopathology*, 40(1), 309-348. Doi: [10.1146/annurev.phyto.40.030402.110010](https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.030402.110010)
- WIJAYANTO, T., ZULFIKAR, T. M., SARMAN, A. M. & ZAMRUN, M. 2016. Influence of bokashi fertilizers on soil chemical properties, soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) yield components and production. *WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine*, 13, 134-141
- XANTHOPOULOS, G., YANNIOTIS, S. & LAMBRINOS, G. R. 2010. Study of the drying behaviour in peeled and unpeeled whole figs. *Journal of Food Engineering*, 97(3), 419-424. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.037>
- XU, H.L., WANG, R., MRIDHA, M.A.U. & UMEMURA, U. 2012. *Phytophthora* resistance of tomato plants grown with EM Bokashi. Disponible en: <http://www.futuretechtoday.net/em/index2.htm>
- YULIANA AI, SUMARNI T & ISLAMI T (2015) Application of baokashi and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) to improve inorganic fertilizer efficiency on mize (*Zea mays*). *J Degrad Min Land Manage* 3(1): 433-438. Doi: DOI:10.15243/jdmlm.2015.031.433
- ZHANG, Y., XIA, C., ZHANG, X., CHENG, X., FENG, G., WANG, Y., & GAO, Q. 2021. Estimating the maize biomass by crop height and narrowband vegetation indices derived from UAV-based hyperspectral images. *Ecological Indicators*, 129, 107985. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107985>

