



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGIA

**MEZCLA DE SUELO Y TEZONTLE CON
COMPOST Y BOCASHI COMO FUENTE
NUTRIMENTAL PARA LA PRODUCCIÓN
CASERA DE HORTALIZAS DE PORTE
BAJO**

DULCE SWIETENIA FLORES MORALES

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

Octubre, 2014

La presente tesis titulada: mezcla de suelo y tezontle con compost y bocashi como fuente nutrimental para la producción casera de hortalizas de porte bajo realizado por la alumna: Dulce Swietenia Flores Morales

bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN
EDAFOLOGIA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Antonio Trinidad Santos

ASESOR



Dra. Mercedes Aurelia Jiménez Velázquez

ASESOR



M.C. Arturo Curiel Rodríguez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2014

DEDICATORIA

*A mis padres Rogelio y Graciela por darme la vida, su amor y apoyo incondicional.
Los amo.*

*A mis hermanos:
Erick † por todo su cariño, por ser un ejemplo de lucha y valentía.
Rogelio, por su apoyo, amistad y por todos los momentos compartidos.*

*A mi Cuñada América y mis sobrinos Arturo y Gael por llenar de alegría a esta
familia*

*A mis abuelos:
J. Refugio † y Consuelo, Joaquín † y Concepción, por su confianza, apoyo y
cariño.*

*A mis tíos y tías por sus consejos, palabras de aliento y por todos los momentos de
convivencia.*

*A todos mis amigos por estar conmigo en las buenas y en las malas, por los buenos
momentos vividos y por su cariño. Los llevo siempre en mi mente y corazón.*

Con cariño

Dulce Swietenia

AGRADECIMIENTOS

A dios por guiar mi camino y permitirme cumplir una meta más.

A mis padres, hermano, cuñada, sobrinos por sus palabras de aliento y ser el motor que me impulsa a seguir cada día.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de seguir adelante con mi formación profesional, en particular a los profesores del Postgrado de Edafología por los conocimientos transmitidos durante mi pasó por esta institución.

A mi consejo particular: Dr. Antonio Trinidad Santos, la Dra. Mercedes Aurelia Jiménez Velázquez y el M. C. Arturo Curiel Rodríguez por su apoyo, dirección y acertadas sugerencias durante la investigación y revisión de este proyecto.

A los grandiosos amigos y compañeros con quienes tuve el placer de coincidir en esta etapa de vida: Barbara, Lulú, Regis, Mara, Mag, Edgardo, Armando, Oscar, Juan, Arthur, Fátima, Carolina, Karina, Eduardo y a todos aquellos que he omitido por mi mala memoria, y no por ello son menos importantes.

A todas aquellas personas que de alguna manera aportaron y apoyaron a la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY	IX
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
Concepto de cultivo sin suelo	2
Sustratos	2
Selección	4
Propiedades de los sustratos.....	5
Características físicas	5
Características químicas.....	6
Descripción de algunos sustratos.....	6
Bocashi.....	6
Compost.....	7
Fibra de coco	7
Perlita o agrolita.....	8
Piedra pómez.....	8
Tezontle.....	8
Turba o peat moss.....	9
Vermicomposta	9
Zeolita	10
Producción de hortalizas en zona urbana	10
Hortalizas producidas en áreas urbanas.....	11
Rábano	12
Características generales	12
Taxonomía y morfología	13
Aspectos agronómicos	14
Usos	15
Cilantro	15
Características generales	15
Taxonomía y morfología	16
Aspectos agronómicos	17

Usos	17
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
Hipótesis general	18
Hipótesis específicas.....	18
IV. MATERIALES Y METODOS	19
Localización.....	19
Sustratos utilizados.....	19
Diseño de tratamiento	21
Factores de estudio y diseño experimental	22
Material Vegetal.....	23
Contenedores	23
Siembra.....	24
Riego	24
Cosecha.....	24
Parámetros evaluados.....	25
Temperatura ambiente	25
Análisis de datos	26
V. RESULTADOS	27
Rábano.....	27
Cilantro.....	36
VI. DISCUSIÓN	44
VII. CONCLUSIONES.....	48
VIII. LITERATURA CITADA.....	49
IX. LITERATURA CITADA.....	49
X. APENDICE	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distancias entre surcos, entre semillas y profundidad de siembra sugeridas para varias hortalizas de producción urbana.....	12
Cuadro 2. Contenido nutrimental de rábano	13
Cuadro 3. Contenido nutrimental de cilantro.....	16
Cuadro 4. Estado nutrimental del suelo.....	20
Cuadro 5. Estado nutrimental del compost	20
Cuadro 6. Estado nutrimental del bocashi.....	21
Cuadro 7. Mezclas de sustratos evaluadas y tratamientos generados para el ensayo experimental.	22
Cuadro 8a. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de rábano.	27
Cuadro 8b. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de rábano.	27
Cuadro 9a. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de cilantro.	37
Cuadro 9b. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de cilantro.	37
Cuadro A1. Prueba de comparación de medias Tukey (Steel y Torrie, 1960) en rábano (<i>Raphanus sativus</i> L) para una $P \leq 0.05$. Como respuesta a la aplicación de 5 niveles de fertilización orgánica con bocashi y compost añadido a sustrato con tezontle y suelo, siendo 0% el testigo.	55
Cuadro A2. Prueba de comparación de medias Tukey $\alpha = 0.05$ en cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L). Como respuesta a la aplicación de 5 niveles de fertilización orgánica, siendo 0% el testigo	56
Cuadro A3. Nivel óptimo de abono orgánico calculado para el cultivo de cilantro.....	57
Cuadro A4. Nivel óptimo de abono orgánico calculado para el cultivo de rábano	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de distribución de los tratamientos en el ensayo experimental.....	23
Figura 2. Temperaturas registradas durante el ciclo de producción, verano, 2012	26
Figura 3. Efecto de niveles crecientes de aplicación de bocashi y compost en el contenido de agua en plantas de rábano. Promedios (barras) con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa a una $p \leq 0.05$ es de (4.4421).	28
Figura 4. Efecto de aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el contenido de materia seca del cultivo de rábano. Promedios (barras) con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa a una $p \leq 0.05$ es de (4.4431).	29
Figura 5. Funciones de tendencia cuadrática para tamaño de la raíz de rábano en la aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi.....	30
Figura 6. Efecto de la aplicación bocashi y compost en la altura de la planta de rábano. ² Promedios con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). Para la diferencia mínima significativa (DMS) de la prueba se utilizó una $P \leq 0.05$	30
Figura 7. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento de rábano. Promedios con la misma letra dentro de cada nivel de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 28.493 para una $P \leq 0.05$	31
Figura 8. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi en el peso de la raíz de rábano.	32
Figura 9. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento en seco de rábano. Promedios con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 4.1868, para una $P \leq 0.05$	32
Figura 10. Aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi y su efecto en el peso seco de la raíz de rábano.	33
Figura 11. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento fresco de rábano. Promedios con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 26.707, para una $P \leq 0.05$	34
Figura 12. Respuesta a la aplicación de diferentes porcentajes de bocashi y compost con tezontle y suelo en el peso fresco de rábano.	35
Figura 13. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en rendimiento de peso seco de rábano. Promedios con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no	

diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 4.1868, para una $P \leq 0.05$.	35
Figura 14. Respuesta a la aplicación de diferentes porcentajes de bocashi y compost en el peso seco de rábano.	36
Figura 15. Promedios de altura de plantas en cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 4.1062.	38
Figura 17. Promedios de peso fresco aéreo del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 25.861.	39
Figura 18. Comportamiento del peso fresco parte aérea de cilantro al aplicar diferentes niveles crecientes de bocashi y compost.	40
Figura 19. Promedios de peso seco aéreo del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 5.3774.	40
Figura 20. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso de materia seca de cilantro.	41
Figura 21. Promedios de peso fresco total del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 32.44.	42
Figura 22. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el rendimiento de peso fresco total de cilantro.	43
Figura 23. Promedios de peso seco total del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0626.	44
Figura 24. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el rendimiento de peso fresco total de cilantro.	44
Figura A1. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en contenido de agua de rábano.	58
Figura A2. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en contenido de materia seca de rábano.	58
Figura A3. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el diámetro ecuatorial de rábano.	59
Figura A4. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en la altura de la planta de rábano.	59

Figura A5. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de las hojas y tallo de la planta de rábano.....	60
Figura A6. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso seco de las hojas y tallo de la planta de rábano.	60
Figura A7. Promedios de diámetro polar del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.7507.....	61
Figura A8. Promedios de diámetro ecuatorial del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 5.2847.	61
Figura A9. Promedios de altura del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 3.2298.....	62
Figura A10 Promedios de peso fresco de la parte aérea del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 3.2298.	62
Figura A11. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el contenido de agua del cultivo de cilantro.	63
Figura A12. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el contenido de materia seca de cilantro.	63
Figura A13. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el número de tallos por macollo de cilantro.	64
Figura A14. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de la raíz de cilantro.	64
Figura A15. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de la raíz de cilantro.	65
Figura A16. Promedios del contenido de agua del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0766.	65
Figura A17. Promedios del contenido de materia seca del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0772.	66
Figura A18. Promedios de número de tallos del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0772.	66

Figura A19. Promedios de peso fresco de la raíz del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 15.767. 67

Figura A20. Promedios de peso seco de la raíz del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 7.7392. 67

MEZCLADE SUELO Y TEZONTLE CON COMPOST Y BOCASHI COMO FUENTE NUTRIMENTAL PARA LA PRODUCCIÓN CASERA DE HORTALIZAS DE PORTE BAJO

Dulce Swietenia Flores Morales, MC.
Colegio de Postgraduados, 2014.

RESUMEN

Las ciudades demandan una gran cantidad de recursos y generan problemas, como los desechos orgánicos, que si se les aplica el compostaje se convierten en una oportunidad para producción de fertilizantes orgánicos. Se requiere plantear estrategias que contribuyan a la seguridad alimentaria y optimicen el uso de los desechos. Las viviendas en las grandes metrópolis son cada vez más pequeñas, los espacios para implementar un huerto familiar son muy reducidos y el poder adquisitivo se reduce. Con el presente trabajo se propone el uso del compost o bocashi como parte del sustrato para abastecer a los cultivos, para la producción casera de hortalizas como el caso del cilantro (*Coriandrum sativum*) y rábano (*Raphanus sativus*), frecuentes en el consumo familiar. Por esto, se llevó a cabo una investigación en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Primero se elaboró la base del sustrato con 70% de tezontle y 30% de suelo; sobre este material, se aplicaron compost y bocashi como fuente de nutrimento en cinco niveles cada uno (0,15, 30, 45 y 60%). Se generaron así nueve diferentes sustratos que fueron aplicados en rábano y cilantro, generando un total de dieciocho tratamientos. Como contenedor se utilizaron macetas de plástico de 19.5 cm de diámetro, en cada una de ellas se colocaron tres kilos de cada sustrato y seis plantas. Los mayores rendimientos de peso fresco en ambos cultivos se obtuvieron en el sustrato que contenía de 15% a 45% de compost o de 15% a 30% de bocashi.

Palabras clave: *Raphanus sativus*, *Coriandrum sativum*, sustratos órgano-minerales, agricultura urbana, agricultura familiar

SOIL MIX WITH COMPOST AND BOCASHI TEZONTLE NUTRIMENTAL AS HOME SOURCE FOR PRODUCTION OF VEGETABLES AT PORTE

Dulce Swietenia Flores Morales, MSc.
Colegio de Postgraduados, 2014.

SUMMARY

Cities demand a lot resources and create problems, such as organic waste, if composting is applied become an opportunity for production of organic fertilizers. It requires planning strategies that contribute to food security and optimize the use of waste. The houses in the big cities are getting smaller spaces to implement a home garden are very small and purchasing power is reduced. In the present investigation, the use of compost or bocashi is proposed as part of the substrate to supply crops for home vegetable production as the case of coriander (*Coriandrum sativum*) and radish (*Raphanus sativus*), common in household consumption. Therefore, it was conducted a research in the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Mexico State. First the base substrate, with 70% of tezontle, and 30% soil was prepared. About this material, compost or bocashi applied as a source of nourishment in five levels each (0, 15, 30, 45 and 60%). Nine different substrates were applied in radish and coriander, generating a total of eighteen treatments. As container plastic pots of diameter 19.5 cm, in each three kilos of each substrate are placed, six plants were used. The highest yields of fresh weight in both crops were obtained at the substrate containing from 15% to 45% of compost, or from 15% to 30% of bocashi.

Keywords: *Raphanus sativus*, *Coriandrum sativum*, organo-mineral substrates, urban agriculture, family farming

I. INTRODUCCION

El crecimiento demográfico tiene efecto sobre el medio ambiente, en consecuencia es necesario plantear estrategias que permitan contribuir a la seguridad alimentaria y a reducir el impacto ambiental de los grandes centros de población (Soriano, 2005). La población mundial en 1900 era de 1650 millones de personas y en 2010 llegó a 6896 millones.

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) estimó que a mediados del año 2013 la población alcanzó 118.4 millones. Durante este mismo año habrá 2.25 millones de nacimientos y alrededor de 673 mil defunciones, lo que implicará en términos absolutos un crecimiento de 1.58 millones de personas, con una tasa de crecimiento anual de 1.13 por ciento. Se estima también que de este total de la población, alrededor del 60 a 70% se encuentra en las zonas urbanas (CONAPO, 2013).

Los suelos para el establecimiento de un huerto familiar en las viviendas de las que tienen dimensiones pequeñas o bien están cubiertos de asfalto, es por esto que los métodos de producción se basan en la hidroponía simplificada, ya sea en sustrato o raíz flotante (Marulanda, 2003). Los sustratos tienen un papel muy importante dentro de la producción hortícola en zonas urbanas, ya que el método de producción con mayor aceptación es con medios sólidos y el uso de contenedores, ya sean macetas o materiales reciclados (Michelena, 2004).

Marulanda e Izquierdo (1997) mencionan que los nutrientes para las plantas cultivadas en la producción casera urbana, bajo sistemas hidropónicos son fertilizados en forma de soluciones nutritivas que se consiguen en el comercio agrícola, o bien mediante compost o vermicompost elaborado por los productores.

Actualmente se busca reducir el uso de insumos químicos en la producción de hortalizas, tanto en producción extensiva como en la casera, con el fin de tener una alimentación sana. El presente trabajo propone hacer una mezcla de sustratos en la que se incluya abono orgánico, en una proporción que además de servir como anclaje a la raíz; también sirva como abastecedor de los nutrimentos requeridos por las hortalizas de porte bajo durante el ciclo de producción.

II. REVISION DE LITERATURA

Concepto de cultivo sin suelo

Los límites de los denominados cultivos sin suelo son bastante amplios. Incluye a todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo. Por lo tanto, engloba a todos los sistemas de producción conocidos como hidropónicos o cultivos sin suelo (Urrestarazu, 2004).

Según Urrestarazu (2004) la clasificación de los cultivos sin suelo generalmente se realiza en base a criterios básicos; así como una serie de modificaciones de los mismos, estos son: el medio físico donde crece la raíz de la planta a cultivar; el método de suministro de los nutrimentos; el método de aireación del medio de cultivo; y la existencia o no de reciclado o recuperación de la solución nutritiva.

Winsor y Schwarz (1990), mencionan que es común que los términos hidroponía y cultivo sin suelo se manejen como sinónimos, sin embargo en sentido estricto se pueden delimitar dichos términos; es decir, dentro del término cultivos sin suelo es considerado el cultivo en agua y en sustrato inerte o bien en sustrato orgánico natural, puesto que en todos los casos hay ausencia de suelo; en cambio el término de cultivos hidropónicos solo considera el cultivo en agua y sustratos inertes, pues en la hidroponía los nutrimentos se abastecen a partir de una solución nutritiva elaborada con suministros químicos, y cuya formulación dependerá de la demanda nutrimental del cultivo.

Sustratos

El sustrato se define como todo aquel material sólido distinto del suelo (*in situ*), que puede ser natural, sintético o residual, de tipo mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radical y

desempeña una función de soporte para la planta y puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la misma (Abad y Noruega 2000)

Según Noruega (1997) los sustratos se clasifican de acuerdo con el origen del material en orgánicos e inorgánicos; la mayoría de los materiales orgánicos deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación.

1) Materiales orgánicos

- a) Origen natural: se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica como turbas o peat moss.
- b) De síntesis: son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química como la espuma de poliuretano y poliestireno expandido.
- c) Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas: como la cascarilla de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales.

2) Materiales inorgánicos o minerales

- a) Naturales: se obtienen a partir de rocas o minerales de diversos orígenes como son arena, grava, tierra volcánica, entre otros; algunos de estos han sido modificados ligeramente mediante tratamientos físicos.
- b) Transformados: son rocas o minerales a los que se les aplican tratamientos físicos que modifican notablemente sus características en comparación con los materiales de partida.
- c) Residuos y subproductos industriales: comprende los materiales procedentes de actividades industriales, como escorias de hornos y estériles del carbón.

Los sustratos usados en la horticultura se clasifican de acuerdo con sus propiedades en:

- a) Sustratos químicamente inertes como son: arena granítica o silíceas, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandible y lana de roca.
- b) Sustratos químicamente activos como son: turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita y materiales lignocelulósicos.

Las diferencias entre estos sustratos están determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad que tienen de aportar nutrimentos. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta y no intervienen en el proceso de adsorción y fijación de nutrimentos, mientras que los sustratos químicamente activos actúan como depósitos de reserva de los nutrimentos como los fertilizantes cediéndole estos nutrimentos a las plantas para un óptimo desarrollo y rendimiento (Noruega, 1997).

Un sustrato es un sistema formado por tres fases: sólida constituida por partículas, líquida conformada por el agua que contiene sustancias disueltas y gaseosa: que es el aire del sustrato.

Muchas veces resulta imposible separar estas tres fases. Para entender las propiedades de los sustratos y sus repercusiones es necesario considerarlo como un sistema de matriz sólida/porosa, de forma análoga al que se utiliza en edafología para definir a los suelos en forma natural. La diferencia básica respecto a los suelos naturales radica en composición distinta de la matriz sólida, que a su vez genera una configuración de poros diferentes en ambos casos (Ansorena, 1994).

Selección

La elección de un material en particular para ser considerado como sustrato, según Martínez *et.al.* (1993) y Bunt (1988), dependerá de: a) Disponibilidad y homogeneidad:

debe existir abundante cantidad y alta homogeneidad, ya que un cambio en la calidad del sustrato puede alterar el sistema de producción, lo que repercute en graves pérdidas en rendimiento. b) Propiedades físicas, químicas y biológicas: cuando dichas propiedades se consideran en forma grupal se pueden entender con mayor facilidad las analogías y diferencias entre los materiales usados como sustratos. c) Características del lugar: Las diferencias en cuanto a condiciones climáticas, calidad de agua de riego, variedades y ciclos de cultivo, en cada lugar son factores determinantes para la elección del tipo de sustrato. d) Costo: es importante considerar este aspecto, pero no es una de las prioridades al momento de elegir.

Propiedades de los sustratos

Así como se han caracterizado y clasificado los suelos, se ha hecho una actividad similar con los sustratos. En el caso del suelo las características químicas tienen mayor importancia, en cambio en los sustratos inertes las características físicas son más importantes ya que los nutrimentos pueden ser suministrados mediante soluciones nutritivas (Verdonk, 2004). Sin embargo es importante conocer las características físicas y químicas del sustrato ya que de estas dependerá el manejo del riego y fertilización, y por lo tanto el éxito en la producción del cultivo (Burés, 1998).

Características físicas

La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido. Agua y aire, así como su variación en función del potencial matricial (Abad *et. al.*, 2005). Por lo tanto la caracterización física, según Abad y Noruega (2000), implica el estudio de: granulometría, densidad aparente, densidad real, espacio poroso total, relación agua/aire, capacidad de retención de agua, mojabilidad, contracción de volumen y conductividad hidráulica saturada.

Características químicas

Las características químicas de un sustrato se derivan de la composición elemental de los materiales y caracterizan la transferencia de nutrimentos entre el sustrato y la solución del mismo. La interacción de las cargas electrostáticas en la superficie del material, las reacciones de degradación de la materia orgánica y las reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales conforman, en conjunto, la reactividad del sustrato (Burés, 1997). La caracterización física involucra el estudio de: pH, salinidad, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, relación carbono/nitrógeno y nutrimentos asimilables

Descripción de algunos sustratos

Bocashi

El bocashi es un abono orgánico de origen japonés que se produce en un tiempo más corto que el compost. La palabra bocashi significa en japonés, abono fermentado (Kyan *et al.*, 1999; RAC, 2002), aunque en la mayoría de las ocasiones este se produce en un proceso aeróbico y no vía fermentación. Tradicionalmente, el bocashi se prepara con cascarilla de arroz, gallinaza, tierra de bosque, bocashi previamente preparado, levaduras, carbón, carbonato de calcio, semolina de trigo y melaza de caña. La cascarilla de arroz es una fuente de carbono de degradación lenta mientras que la gallinaza es la principal fuente de nitrógeno. La semolina y la melaza son fuentes de carbono de rápida degradación y ayudan a iniciar el proceso de descomposición (Restrepo, 2001; Arias, 2001).

En algunos países, los materiales necesarios para elaborar un bocashi tradicional no se adquieren fácilmente, sin embargo, estos materiales pueden ser sustituidos por algunos de los desechos que se generan dentro de la región, es así como ya se han generado diversas recetas a lo largo del continente americano (Arias, 2001).

Compost

El termino compost se refiere al producto derivado de la evolución del proceso de compostaje, es decir la estabilización y saneamiento de los residuos orgánicos, que han pasado por una etapa inicial y una etapa de descomposición rápida (mesófila, termófila, enfriamiento y maduración); esta última involucra el proceso de humificación, haciéndola benéfica para las plantas cultivadas (Bertoldi *et al.*, 1985). El compostaje consiste de un proceso biooxidativo de residuos orgánicos bajo condiciones estrictamente controladas de temperatura, humedad y aireación, en el cual participan diferentes grupos microbianos dependiendo de la etapa y del proceso de descomposición, hasta que los de residuos sólidos orgánicos se transforman en materiales relativamente estables semejantes al humus (Xian-Tao *et al.*, 1992).

Los compost son biológicamente estables y pueden incrementar el contenido de materia orgánica, nutrimentos, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de almacenamiento de agua y permeabilidad (Brady y Weil, 1999). Las características y composición de los compost varían de acuerdo con el tipo de material utilizado, región geográfica, estación del año y diferencias en el pretratamiento y control del proceso; por lo tanto; es difícil hacer una descripción generalizada de la composición del compost (Zucconi y Bertoldi, 1987).

Fibra de coco

Es un material obtenido a partir del mesocarpio del coco, tiene excelentes propiedades físicas y no presenta problemas de repelencia al agua debido a la presencia de poros finos que presentan una retención favorable de la misma; el principal problema que presenta es el alto contenido de cloro y potasio, que varía de acuerdo al lugar de procedencia, y las bajas cantidades de calcio; es de lenta degradación por lo que se recomienda para producción de cultivos de ciclo largo (Megglend-Laagland, 1995).

A nivel mundial la fibra de coco es un material que ha llamado la atención, ya que se considera como un posible sustituto del peat moss, los principales países productores

de este sustrato son: Sri Lanka, India, Filipinas, Indonesia, México, Costa Rica y Guyana (Konduru *et. al.*, 1999).

Perlita o agrolita

La agrolita o perlita es un material silíceo poroso, producido por el calentamiento rápido de un vidrio volcánico natural a 1200°C, en este proceso se expande generando unas partículas blancas muy ligeras, tiene estructura interna ocluida por lo que el agua solo es retenida sobre la superficie o en los espacios entre partículas; generalmente se utiliza para proporcionar porosidad e incrementar la capacidad de retención de agua, ya que logra retener hasta 5 veces su peso; las granulometrías gruesas son utilizadas para incrementar aireación en materiales con partículas muy finas; es estéril, tiene pH de 7 a 7.5 además de ser inerte (Handreck y Black, 1984).

Piedra pómez

Cuando la espuma de lava emerge del volcán y se enfría tan rápido que los cristales no alcanzan a formarse se genera la piedra pómez, de color blanca y muy ligera (Mastalerz, 1977). Está constituida por muchos poros formados por el escape de vapor o gas cuando la espuma de lava se enfría, y es a esta alta porosidad que se atribuye su baja densidad (Drees *et. al.*, 1989).

Es usada generalmente como acondicionador físico en las mezclas de sustratos para cultivos en maceta, sus partículas no son muy estables y se rompen con facilidad. Pueden absorber algo de calcio, potasio, magnesio y fósforo de la solución del suelo, posteriormente liberarlo a las plantas (Bunt, 1988).

Tezontle

Es un material de origen volcánico de color rojizo o negro, que se emplea como cubierta en los caminos rurales. Puede ser usado en sistemas hidropónicos debido a

sus características favorables, como buena aeración, químicamente inerte, estéril, aislante durable y económicamente accesible. Presenta algunas desventajas como la baja retención de agua y es relativamente pesado (Zuang y Musard 1986).

El tezontle por lo general se vende a granel, es por esto que la granulometría es poco uniforme en cuanto a tamaño, se recomienda cribarlo y usar los tamaños menores a dos centímetros para cultivos hidropónicos, para la producción en maceta de hortalizas y flores se recomienda usar el material con diámetro menor o igual a 0.5 centímetros aquellos mayores a tres centímetros se recomiendan para cobertura de piso en invernaderos rústicos y así evitar las inundaciones (Marulanda, 2003; Urrestarazu, 2004).

Turba o peat moss

La descomposición parcial de musgos y juncos bajo condiciones ácidas de inundación y ausencia de nutrientes, son el origen de la turba; la descomposición parcial de los tejidos muertos se debe a que los microorganismos que fragmentan o descomponen las plantas son excluidos (Mastalerz, 1977).

En las últimas décadas, la turba o peat moss es uno de los sustratos más utilizados en Europa para los cultivos en maceta y en la horticultura sin suelo, gracias a las grandes reservas de turba de calidades favorables; actualmente, por cuestiones ambientales, se está limitando la extracción de turbas, por ser recursos no renovables y porque el transporte a países que no disponen de este material resulta muy costoso (Lemaire, 1993)

Vermicompost

El composteo consiste en la biooxidación acelerada de la materia orgánica a través de una etapa termofílica (45 a 65 °C), sin embargo, para facilitar la descomposición y estabilización de los residuos orgánicos, algunos investigadores han optado por utilizar

otro proceso biológico, sustituyendo la etapa termofílica por el uso de lombrices de tierra, recibiendo entonces el nombre de vermicomposteo (Atiyeh *et. al.*, 2000).

La vermicopost es un material de color oscuro, con un olor agradable a mantillo de bosque, su bioestabilidad evita que se fermente o se pudra, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los nutrientes, liberándolos en forma paulatina, posee bajas cantidades de sales solubles, impide la proliferación de organismos patógenos, incrementa la CIC y mejora la estructura del suelo (Pereira y Zezzy-Arruda, 2003).

Zeolita

Según Southad y Kolesar (1978), las zeolitas son minerales cristalinos de aluminosilicatos hidratados que contienen cationes alcalinos y alcalinotérreos, este mineral tiene estructuras cristalinas que se caracterizan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse reversiblemente. Sin embargo, las condiciones que requiere para su formación son específicas, pues solo se encuentra en ambientes salinos y fuertemente alcalinos. Cabe señalar que este material presenta superficies específicas altas caracterizadas por un volumen poroso del 20% al 50% (Rees, 1980).

Producción de hortalizas en zona urbana

A causa del incremento poblacional y a la disminución de terrenos de cultivo, la agricultura en las ciudades y sus periferias se ha convertido una práctica altamente heterogénea; para poder sobrevivir, ésta debe ser dinámica e innovadora con la posibilidad de adaptarse a un ambiente en constante cambio; así mismo debe ser capaz de superar las limitaciones propias de su medio, al tiempo de poder aprovechar, en la mayor medida de lo posible, los activos y flujos de recursos generados por la ciudad (Mougeot 2006).

Una característica sobresaliente de los productores urbanos en la ciudad de México es que ellos han podido adaptar sus sistemas de producción a las condiciones diversas de disponibilidad de espacio. Aunque productores de las delegaciones Azcapotzalco e Iztapalapa cuentan con espacios pequeños, la diversidad de los recursos empleados por ellos es grande e incluye maíz, salvado, trigo, concentrado, alfalfa, desperdicios caseros, desperdicios de restaurante, desechos de verdura de la central de abastos, desperdicios de panadería y subproductos de cervecería (Soriano, 2005)

En nuestro país se tienen dos formas de trabajar la agricultura urbana basada en el tipo de organización, y tamaño del grupo que se conforme para dicha actividad (Arellano 2000): a) Módulos organopónicos: grupo de productores en el que se manejan camas de producción intensiva, un área de composteo y/o un invernadero de producción de plántulas. b) Núcleos familiares: Consiste en aprovechar espacios pequeños como patios, jardines, azoteas, etc., para que los miembros de la familia puedan producir condimentos, ornamentales, hortalizas, etc.

Hortalizas producidas en áreas urbanas

Los resultados de proyectos realizados en conjunto con la FAO entre 2004 y 2009 en países como Argentina, Colombia y Ecuador, mencionan que en este tipo de agricultura es posible producir 28 tipos de hortalizas, 14 tipos de plantas aromáticas (medicinales y de condimento), así como algunas frutillas.

Al momento de la siembra o trasplante es importante considerar la distancia entre semillas, la distancia entre hileras y la profundidad, que dependerá del tamaño de la semilla. El siguiente cuadro muestra las distancia y profundidad recomendadas por Marulanda e Izquierdo (1997), para diversas especies producidas en agricultura urbana.

Cuadro 1. Distancias entre surcos, entre semillas y profundidad de siembra sugeridas para varias hortalizas de producción urbana

Cultivo	Distancia/Surcos (cm)	Distancia/Semillas (cm)	Profundidad de siembra (cm)
Acelga	8	1	1.5
Apio España*	5	0.5	0.5
Berenjena	8	1	1
Brócoli*	10	1	1
Cebolla*	5	0.5	1
Cebollín	5	0.5	1
Coliflor*	10	1	1
Espinaca	5	2	1
Lechuga*	5	1	0.5
Perejil	5	0.5	0.5
Col*	10	1	1
Tomate*	8	1	1

* hortalizas de trasplante

(Marulanda e Izquierdo, 1997).

Rábano

Características generales

El origen de los rábanos no se ha determinado de forma concluyente, aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón o China. En inscripciones encontradas en pirámides egipcias, de hace 2.000 años a.C.; ya se hacía referencia a su uso culinario (FAO, 1989).

De acuerdo al compendio de Agricultura Tropical, reporta que por cada 100 gramos de parte comestible el rábano aporta:

Cuadro 2. Contenido nutrimental de rábano

COMPUESTO	CANTIDAD
Agua	94 g
Carbohidratos	3.59 g
Grasas	0.54 g
Proteínas	0.6 g
Fibra	1.6 g
Cenizas	0.54 g
Calorías	20
Calcio	21 mg
Magnesio	9 mg
Potasio	232 mg
Fósforo	18 mg
Sodio	24 mg
Hierro	0.29 mg
Tiamina	0.005 mg
Riboflavina	0.045 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido ascórbico	22 mg

Fuente: USDA http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pl

(enero 2014)

Taxonomía y morfología

El rábano presenta la siguiente clasificación taxonómica y morfológica (Rollins, 1993):

- a) Familia: *Cruciferae*.
- b) Nombre científico: *Raphanus sativus L.*
- c) Planta: anual o bienal.
- d) Sistema radicular: raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores.
- e) Tallo: breve antes de la floración, con una roseta de hojas. Posteriormente, cuando florece la planta, se alarga alcanzando una altura de 0,50 a 1 m, de color glauco y algo pubescente.
- f) Hojas: basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada o pinnatipartida, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde

irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.

- g) Flores: dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; seis estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado.
- h) Fruto: silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehisciente, con un pico largo. Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento; cada fruto contiene de 1 a 10 semillas incluidas en un tejido esponjoso.

Aspectos agronómicos

Prefiere los climas templados, el ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, pudiendo encontrar desde 20 días hasta más de 70 días. Los daños por helada se produce a -2°C. El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6°C y los 30°C, el óptimo se encuentra entre 18-22°, la temperatura óptima de germinación está entre 20-25°C. Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos y neutros con pH de entre 5,5 y 6,8 y no tolera la salinidad. Cuando la semilla es conservada en buenas condiciones mantiene su viabilidad durante seis años. Su siembra generalmente se hace al voleo a razón de 10 a 12 kg de semilla por hectárea (Mississippi State University, 2002).

Según ¹SAGARPA (2014) los principales estados productores de rábano son Puebla, Baja California, Sonora y Jalisco con una producción anual para 2013 de 12 970; 4 176; 2 815; y 2 677 toneladas respectivamente.

Usos

- Fruto fresco: con las hojas y raíces frescas, se come ya maduro y se pueden preparar ensaladas.
- Medicinal: se le atribuyen propiedades medicinales, a sus frutos frescos como antiséptico, laxante, diurético y expectorante. Se utiliza para desinfectar, cicatrizar heridas, llagas y granos. En enjuagues bucales ayuda a desinfectar las encías y cicatrizar heridas de la boca. Aplicado como fricción en el cuero cabelludo restituye el cabello que se ha caído por alguna infección. Su jugo es recomendado en el tratamiento de las afecciones urinarias como cálculos renales y biliares (FAO, 1989).

Cilantro

Características generales

Su origen se remonta al norte de África y sur de Europa. En Rusia, India, América del Sur, Marruecos y Holanda se producen generalmente como fruto. Los romanos lo utilizaban en la cocina y la medicina y fueron estos quienes lo introdujeron en Gran Bretaña, donde es utilizado en la cocina inglesa hasta el Renacimiento, cuando aparecieron las nuevas especias exóticas. En Europa, se utilizaba en la producción de cerveza. Las partes utilizables de la planta son los frutos, las hojas y las raíces, si bien estas últimas sólo en Tailandia. Las frutas y las hojas poseen un sabor totalmente diferente (FAO, 1989).

Cada 100 gramos de hojas de cilantro aportan el contenido siguiente:

Cuadro 3. Contenido nutrimental de cilantro

COMPUESTO	CANTIDAD
Agua	87%
Carbohidratos	4 g
Grasas	0.54 g
Proteínas	0.5 g
Fibra	2 g
Cenizas	0.54 g
Calorías	23
Vitamina A	337 g
Vitamina C	27 mg

Fuente: USDA http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pl

(enero 2014)

Taxonomía y morfología

La taxonomía y morfología del cilantro se presenta a continuación (Szujkó-lacza, 1995):

- a) Familia: *Apiaceae*
- b) Nombre científico: *Coriandrum sativum* L.
- c) Nombre común: Cilantro
- d) Descripción: planta herbácea anual, de 40-80 cm de altura
- e) Tallo: ramificado, estriados, delgados.
- f) Hojas: inferiores divididas de modo similar a las del perejil y las superiores divididas más finamente.
- g) Flor: umbela.
- h) Fruto: esférico de 3-5 mm de diámetro.

Aspectos agronómicos

El cilantro requiere un clima templado, aunque puede tolerar un clima templado-cálido, en éste experimenta una notable disminución del rendimiento. La concentración de aceite esencial en los frutos disminuye a temperaturas superiores a 21° C, siendo la temperatura óptima para el llenado de grano entre 15-18° C. Es poco exigente en suelos, crece en los francos, silíceo-arcillosos, algo calcáreos e incluso en los ligeramente ácidos, prefiriendo los calizos. Crece hasta una altitud de 1.200 m (Castaños, 1993).

La siembra se realiza de manera directa sobre el terreno ya sea a chorrillo o voleo requiere de 4 a 5 kg por hectárea, se llega a tener el 90% de germinación a una temperatura media de 15°, la semilla conserva su viabilidad de 2 a 5 años (Castaños, 1993).

En México los principales estados productores de cilantro en 2013 fueron Puebla, Baja California, Sonora y Zacatecas con una producción anual de 27 109, 5 841, 5 071 y 2 718 toneladas respectivamente (¹SAGARPA. 2014)

Usos

Todas las partes de la planta son comestibles, sin embargo, son las hojas frescas y las semillas secas las de uso culinario más frecuente. La esencia o aceite esencial de cilantro se usa como aromatizante de licores y bebidas digestivas; y en perfumería.

En herbolaria se utilizan los preparados de cilantro por sus propiedades estimulantes, antiespasmódicas y estomacales, usos no medicinales incluyen masticar las hojas para combatir el mal aliento y machacarlas y aplicarlas en las axilas para la sudoración excesiva (FAO, 1989).

III.OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivo general

Proponer un sustrato con una fuente orgánica de nutrición adecuada para la producción de hortalizas de porte bajo en macetas para las condiciones de traspatio en el área de Texcoco, Estado de México.

Objetivos específicos

1. Comparar el efecto de un bocashi y compost elaborados con materiales producidos localmente, en base a la respuesta de las distintas variables.
2. Obtener las mezclas de sustratos con tezontle-suelo-bocashi y tezontle-suelo-compost adecuadas a la producción de hortalizas de porte bajo en maceta.
3. Proponer el uso del abono orgánico como parte del sustrato con mejor resultado para la producción casera de hortalizas de porte bajo.

Hipótesis general

El bocashi y compost en alguna proporción como componente del sustrato permitirá la óptima producción de hortalizas de porte bajo en maceta en el traspatio urbano de la zona de Texcoco, Estado de México.

Hipótesis específicas

1. Para producir hortalizas de porte bajo se requiere agregar del 30 al 45% de Bocashi o compost a la mezcla final del sustrato orgánico.
2. Debido a su composición, el bocashi tendrá una mejor respuesta en cuanto rendimiento en rábano y cilantro.
3. El uso del Bocashi entre un 15 a 30% como parte del sustrato y fuente nutrimental permitirá respuestas óptimas en variables de producción casera de hortalizas de porte bajo.

IV. MATERIALES Y METODOS

Localización

El ensayo experimental se llevó a cabo del 13 de julio al 1° de septiembre del 2012, en el área de invernaderos de Botánica, del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, ubicado entre las coordenadas 19° 28'4.26'' N y 98°53'42.18'' W, y a 2240 msnm.

Sustratos utilizados

Tezontle

Se utilizó tezontle rojo de origen volcánico de aspecto deteriorado y esponjoso, su color se debe al contenido de bióxido de hierro. Este sustrato fue adquirido en la región de Texcoco, se cernió y se seleccionó solo material fino, es decir, aquel que fuese igual o menor a 0.5 cm de diámetro; en total se requirió de 126 kg de dicho material.

Suelo

Este material fue colectado dentro del Colegio de Postgraduados, en la parcela ubicada a un costado del área de préstamos vehiculares y botánica. Es un suelo franco arenoso, con pH de 8.1, conductividad eléctrica de $0.25 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ con un contenido de materia orgánica alto (2.1%). En cuanto al resultado nutrimental, se muestra en el cuadro tres y según Castellanos *et al* (2000), cuenta con un nivel muy alto de fosforo, calcio y magnesio; moderadamente alto de hierro, medio de zinc y manganeso; bajo de potasio y cobre y muy bajo en nitrógeno. En total se requirió de 54 kilos de suelo.

Cuadro 4. Estado nutrimental del suelo

NUTRIMENTO	UNIDADES	CONTENIDO
Nitrógeno		0.11
Fosforo		81
Potasio	%	3.8
Calcio		24.8
Sodio		4.0
Magnesio		0.5
Hierro		7
Cobre	ppm	0.2
Zinc		2
Manganeso		9

Laboratorio de Fertilidad y Química Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco estado de México.

Compost

Se utilizaron 45 kilos de compost de estiércol bovino producido en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. En base a un análisis químico se determinó que el pH es de 8.6 y cuenta con una conductividad eléctrica de 2.61 dsm.m⁻¹, su contenido nutrimental se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Estado nutrimental del compost

NUTRIMENTO	UNIDADES	CONTENIDO
Carbono total		11.33
Nitrógeno		0.88
Fosforo		0.87
Potasio	%	1.79
Calcio		3.12
Sodio		0.17
Magnesio		0.62
Hierro		13230
Cobre	Ppm	29
Zinc		165
Manganeso		472

Laboratorio de Fertilidad y Química Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco estado de México.

Bocashi

El bocashi se elaboró en la unidad de producción orgánica, dentro del campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, a inicios del año 2012, de este material se requirieron 45 kilos. En base a un análisis químico se determinó que tuvo un pH de 8 y conductividad eléctrica de 2.61 dsm.m^{-1} , en el siguiente cuadro se muestra su estado nutrimental:

Cuadro 6. Estado nutrimental del bocashi

NUTRIMENTO	UNIDADES	CONTENIDO
Carbono total		6.29
Nitrógeno		0.60
Fosforo		0.16
Potasio	%	0.96
Calcio		1.19
Sodio		0.06
Magnesio		0.36
Hierro		13358
Cobre		12
Zinc	Ppm	58
Manganeso		445

Laboratorio de Fertilidad y Química Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco estado de México.

Diseño de tratamiento

Se elaboró una mezcla base con 70% de tezontle y 30% de suelo (TS), sobre este material se aplicaron los tratamientos que se indican más adelante. Una vez obtenida la mezcla base se agregó al TS compost y bocashi (AO) como fuente de nutrimento en cinco porcentajes (0,15, 30, 45 y 60%). Se generaron nueve sustratos distintos que fueron probados con dos especies de porte bajo y ciclo corto, rábano y cilantro, generando un total de dieciocho tratamientos (Cuadro 6), los cuales se repitieron cinco veces en el ensayo. Para cada maceta se utilizaron 3 kg de sustrato que representa el 100% del peso total. A partir de esta cantidad se prepararon los porcentajes TS+AO. Estos valores son los que se presentan en el cuadro siete de tratamientos.

Cuadro 7. Mezclas de sustratos evaluadas y tratamientos generados para el ensayo experimental.

SUSTRATO	PROPORCION %		RÁBANO	CILANTRO
	TS	AO		
TS	100	0	Tratamiento 1	Tratamiento 10
TS + COMPOST	85	15	Tratamiento 2	Tratamiento 11
TS + COMPOST	70	30	Tratamiento 3	Tratamiento 12
TS + COMPOST	55	45	Tratamiento 4	Tratamiento 13
TS + COMPOST	40	60	Tratamiento 5	Tratamiento 14
TS + BOCASHI	85	15	Tratamiento 6	Tratamiento 15
TS + BOCASHI	70	30	Tratamiento 7	Tratamiento 16
TS + BOCASHI	55	45	Tratamiento 8	Tratamiento 17
TS + BOCASHI	40	60	Tratamiento 9	Tratamiento 18

TS= mezcla 70% tezontle y 30% suelo

AO= % de bocashi y compost para completar el 100% de sustrato (3 kg/maceta)

Factores de estudio y diseño experimental

Los factores de estudio fueron: dos tipos de abono orgánico a cuatro niveles cada uno, para dos cultivos, rábano y cilantro. La combinación de estos generó dieciséis tratamientos más un testigo para cada cultivo que en total hacen dieciocho tratamientos. Numéricamente los tratamientos se generaron de la siguiente ecuación: $((2 \times 4) + 1) \times 2 = 18$ tratamientos, en donde 2 indica tipos de abono orgánico, 4 niveles de abono orgánico, 1 testigo absoluto y dos cultivos.

La distribución de estos tratamientos en el ensayo experimental, se hizo en bloques completamente al azar para ambas especies como un solo experimento, con cinco repeticiones como se indica en la figura uno. Sin embargo por tratarse de especies con hábitos completamente diferentes se decidió llevar a cabo los análisis estadísticos en forma separada para las dos especies de plantas

Oficinas y cubículos									
R1	T10	T1	T18	T16	T12	T4	T9	T14	T6
	T13	T7	T17	T15	T5	T8	T11	T3	T2
R2	T5	T8	T9	T18	T6	T13	T1	T4	T16
	T14	T5	T7	T12	T2	T17	T3	T10	T11
R3	T18	T13	T14	T10	T9	T8	T15	T7	T5
	T4	T12	T2	T6	T3	T1	T16	T11	T17
R4	T13	T16	T11	T6	T8	T4	T1	T2	T7
	T17	T3	T14	T10	T12	T18	T15	T9	T5
R5	T14	T4	T10	T13	T1	T11	T9	T3	T7
	T12	T5	T2	T6	T18	T8	T17	T15	T16
Acceso a invernaderos									

Figura 1. Croquis de distribución de los tratamientos en el ensayo experimental

Material Vegetal

Las fichas técnicas del material vegetal utilizado describen las siguientes características:

Semillas de Rábano (*Raphanus sativus*): de la casa Kristen, variedad Champion, con 95% de germinación, el ciclo de producción va desde los 28 a los 50 días entre siembra y cosecha.

Semillas de cilantro (*Coriandrum sativum*): variedad Hércules de Sakata Seed, es una variedad de madurez intermedia - tardía y es recomendable para la estación de Otoño-Invierno, presenta un follaje de 30 - 35 cm. de longitud con hojas anchas color verde oscuro atractivo. Desarrolla buen amacollamiento lo que repercute en mayor cantidad de manojos. Su tallo es flexible por lo que resiste bien el amarre del manajo evitando pérdidas en la cosecha.

Contenedores

Como contenedores se utilizaron macetas de plástico circulares, con un diámetro de 19.5 cm de diámetro, y en cada una se colocaron tres kilos de mezcla de sustrato.

Siembra

Con base en las recomendaciones de siembra de rábano y cilantro para agricultura urbana de Marulanda e Izquierdo (1997), se establecieron 6 puntos de siembra por maceta, es decir, 6 plantas por maceta para proporcionar el espacio suficiente que llevara a un óptimo desarrollo.

Riego

El riego se realizó con agua destilada y acidulada con ácido sulfúrico a un pH de 5.5, durante los primeros quince días este se realizó cada tercer día con medio litro por maceta, los días siguientes se aplicó riego diario con la misma cantidad de agua, esto en el caso de las mezclas que contenían sustrato orgánico.

El riego para la mezcla testigo (TS) a partir del día dieciséis se realizó cada tercer día, intercalando solución Steiner al 75% y agua destilada acidulada.

Cosecha

La cosecha se realizó el día 1° de septiembre de 2012, removiendo de la maceta el sustrato y plantas al mismo tiempo, esto con la finalidad de obtener la planta con su sistema radical causando el menor daño posible.

Parámetros evaluados

Las variables agronómicas evaluadas fueron: los días a germinación, días a cosecha y la temperatura ambiente con un termómetro de máxima y mínima de mercurio.

Las variables postcosecha evaluadas fueron:

1. Altura: esta se tomó a partir de la base del tallo y hasta la última hoja con una regla graduada en centímetros de 0 a 100.
2. Peso fresco (total, raíz, aéreo): este se obtuvo al momento de la cosecha utilizando una báscula digital en gramos.
3. Peso seco (total, raíz, aéreo): se secó el material vegetal durante 48 horas a 65°C en estufa de gas, una vez cumplido este periodo se pesó el material con balanza digital en gramos.
4. Diámetro (ecuatorial, polar): en el caso de rábano se midieron los diámetros de la raíz con un vernier, obteniendo los datos en milímetros.
5. Numero de tallos: en el caso de cilantro se contó el número de tallos por planta para determinar si la capacidad de amacollamiento se ve afectada por las distintas mezclas de sustrato.

Temperatura ambiente

Según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (2004), el municipio de Texcoco presenta tres tipos de clima:

Seco estepario en la parte poniente de la región, templado que domina la parte del centro y semifrío que prevalece en la parte alta de la Sierra de Río Frío. En general, la temperatura media anual es de 15°C, la mínima de 6°C y la máxima llega hasta los 36°C y la precipitación promedio anual esta entre los 600 y 700 mm, aunque en la zona de montañas llega hasta los 1100.

El presente trabajo de investigación se desarrolló del mes de julio a inicios de septiembre, es decir, en verano registrando temperaturas poco fluctuantes, como se puede ver en la siguiente gráfica, dentro de las temperaturas máximas registradas durante el ciclo de producción se tienen días desde 25°C y hasta 40°C, en promedio la temperatura máxima es de 35.7°C; en cuanto a la temperatura mínima se tiene registros desde 11°C y hasta 15°C, en promedio la temperatura mínima fue de 13.42°C; la temperatura media oscilo entre los 27.5°C y los 19.5°C, en promedio se presentó una temperatura de 24.56°C.

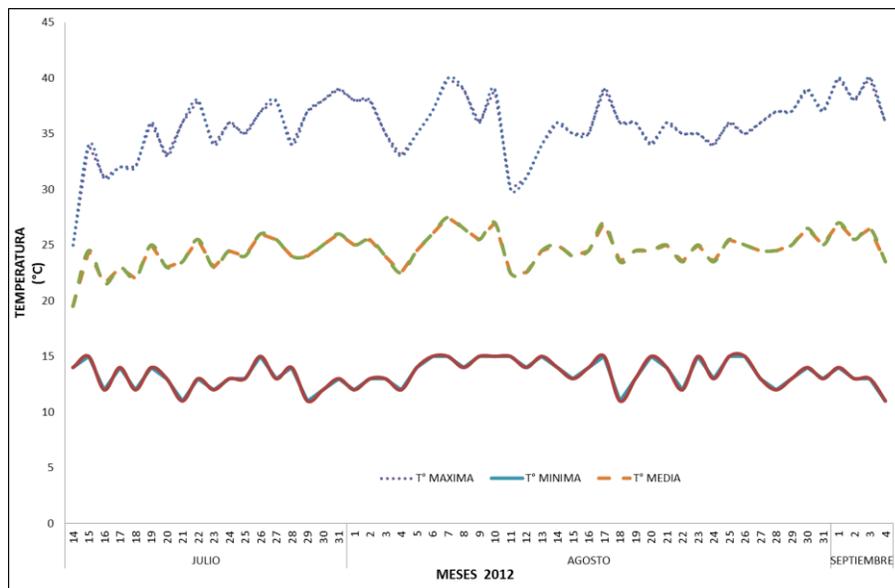


Figura 2. Temperaturas registradas durante el ciclo de producción, verano, 2012

Análisis de datos

Los datos obtenidos en el trabajo de investigación fueron capturados en Excel y se realizó el análisis estadístico con el programa *Statistic Analisis Sistem versión 9.1 (SAS, 2003), como si fuera un solo experimento y en los resultados se observó que la fuente de variación que se encontró fue entre las especies, razón por la cual se decidió analizar los datos en forma separada, es decir, por especies. Se hizo un análisis de varianza y prueba de Tukey con un nivel de significancia de la prueba de 0.05. Además, para observar el comportamiento por aplicar niveles crecientes de Bocashi y compost se aplicó análisis de regresión no lineal.

*Copyright © 2003 by SAS Institute INC. Cary NC USA

V. RESULTADOS

Rábano

Cuando los datos de rábano se analizan como tratamiento se encuentra que todas las variables respuesta (Cuadro 8a y 8b) son significativas, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula de que todos los tratamientos de compost o bocashi tienen el mismo efecto.

Cuadro 8a. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de rábano.

FV	% Agua	% MS	ALT	DE	DP
TRAT	<.0001*	<.0001*	<.0001*	0.0176*	<.0001*
AO	0.3395 ^{NS}	0.3393 ^{NS}	<.0001*	0.8131 ^{NS}	0.2160 ^{NS}
N	<.0001*	<.0001*	<.0001*	0.0138*	<.0001*
AO*N	0.0555*	0.0556*	0.1314 ^{NS}	0.0757 ^{NS}	0.3036 ^{NS}

^{NS},*. No significativo, significativo para una $P \leq 0.05$ respectivamente para probar diferentes hipótesis estadísticas.

FV: factor de variación, TRAT: tratamiento, AO: abono orgánico, N: niveles, %MS: porcentaje de materia seca, ALT: altura, DE: diámetro ecuatorial, DP: diámetro polar.

Cuadro 8b. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de rábano.

FV	PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST
TRAT	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*
AO	<.0001*	0.0079*	<.0001*	0.0007*	0.0005*	<.0001*
N	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*
AO*N	0.0170*	0.0008*	<.0001*	0.1296 ^{NS}	0.1820 ^{NS}	0.0321*

^{NS},*. No significativo, significativo para una $P \leq 0.05$ respectivamente, para diferentes hipótesis estadísticas.

FV: factor de variación, TRAT: tratamiento, AO: abono orgánico, N: niveles, PFA: peso fresco de la parte aérea, PFR: peso fresco de la raíz, PFT: peso fresco total, PSA: peso seco de la parte aérea, PSR: peso seco de la raíz, PST: peso seco total

Cuando los datos de las variables se analizan como experimento factorial se encuentra que para altura de planta (ALT), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), el peso seco de la parte aérea (PSA) y de la parte radical (PSR) no presentaron interacción

alguna en lo que respecta al tipo de fertilizante orgánico (AO) con los niveles de compost o bocashi aplicados, lo que indica que el efecto de compost o bocashi es independiente de la cantidad aplicada (Cuadro 8a y 8b). Para estas variables se pueden interpretar por separado tanto el efecto del tipo de fertilizante orgánico en el sustrato como el porcentaje de aplicación de los mismos.

Se obtiene el mismo efecto al aplicar compost o bocashi para las variables DE y DP, no así para ALT, PSA y PSR (Cuadro 8a y 8b). Además existe diferencia en las variables ALT, DE, DP, PSA y PSR al aplicar diferentes proporciones tanto en compost como en bocashi (Cuadro 8a y 8b).

Para el caso de rábano se discutirán las variables %AGUA, %MS, DP, ALT, PFR, PSR y PST, por ser las más importantes desde el punto de vista del aprovechamiento del cultivo y por ser variables que mostraron diferencia significativa en los análisis estadísticos.

La planta y la raíz presentan un mayor porcentaje de agua en todos los tratamientos que recibieron la aplicación de abono orgánico, con una media de 83%, mientras que el testigo absoluto muestra un contenido de 74%. Esto indica una ganancia en succulencia del rábano en 9.16% cuando reciben aplicaciones de abono orgánico (Figura 3).

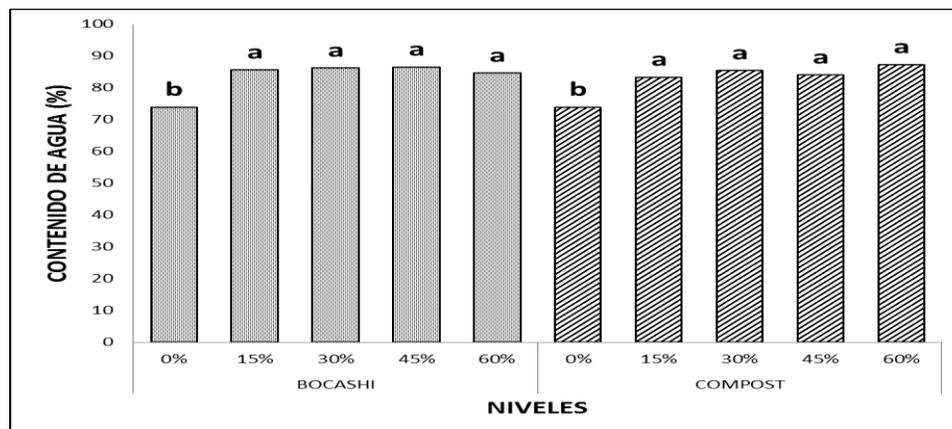


Figura 3. Efecto de niveles crecientes de aplicación de bocashi y compost en el contenido de agua en plantas de rábano. Promedios (barras) con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con

la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa a una $p \leq 0.05$ es de (4.4421).

Cuando la planta presenta mayor contenido de agua, se refleja en un menor contenido de fibras en la raíz y el producto es más jugoso. Las figuras 3 y 4 presentan esta relación dada principalmente por la presencia de abono orgánico que tiene la capacidad de retener mayor cantidad agua y satisfacer los requerimientos hídricos de manera necesaria. Las diferencias se ven claramente en el contenido de materia seca entre el testigo absoluto y los tratamientos que recibieron abono orgánico (Figura 4).

Se observa que no hubo diferencias significativas entre la aplicación de bocashi o compost en porcentaje de agua y materia seca en la planta, por consiguiente no se interpretó en mayor detalle la aplicación de 15 a 60% de abono orgánico, todos los valores fueron estadísticamente iguales con excepción del testigo.

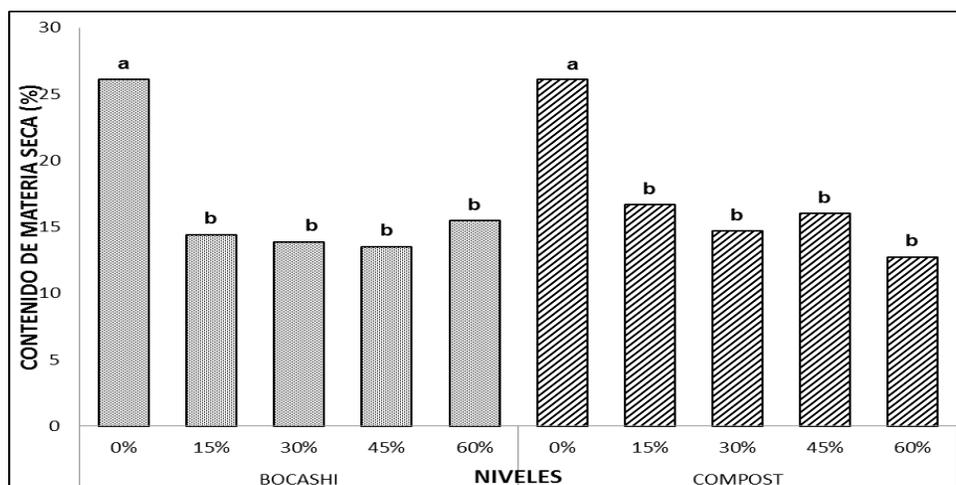


Figura 4. Efecto de aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el contenido de materia seca del cultivo de rábano. Promedios (barras) con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa a una $p \leq 0.05$ es de (4.4431).

El diámetro polar y ecuatorial representa el tamaño de la parte comercial de rábano, para estas variables no hubo diferencia significativa entre aplicar bocashi o compost, o interacción entre estos, no así para niveles en donde ambas variables presentan diferencia significativa (Cuadro 8a). La mejor respuesta del cultivo se obtuvo con la aplicación de 35 a 45% de cualquier fertilizante orgánico. Al tomar en consideración los valores del efecto lineal por la aplicación de compost o bocashi se obtiene en promedio que por cada porcentaje de aplicación del abono orgánico de cada tipo hay un

incremento en tamaño de la raíz de 0.86 mm que señala el efecto positivo de los abonos orgánicos en la respuesta del tamaño de la raíz (Figura 5).

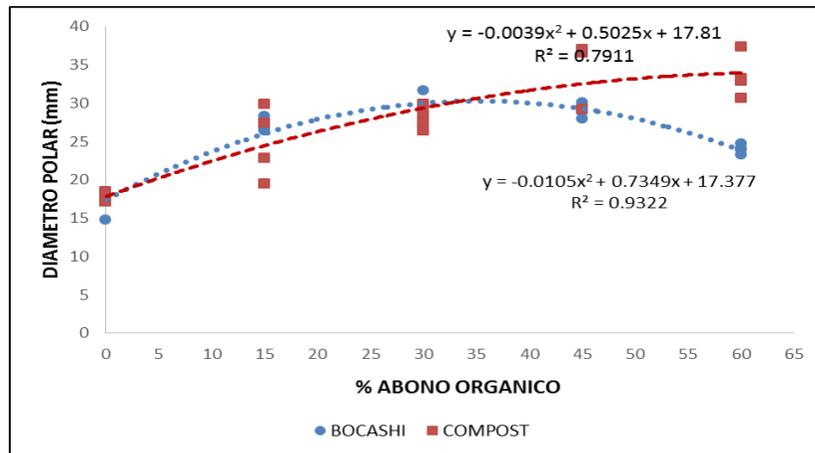


Figura 5. Funciones de tendencia cuadrática para tamaño de la raíz de rábano en la aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi.

Las diferencias en la altura de la planta de rábano resultaron significativas para tipos y niveles de abonos orgánicos (Cuadro 8). Las plantas alcanzaron una mayor altura con la aplicación de compost comparadas con la de bocashi (Figura 6).

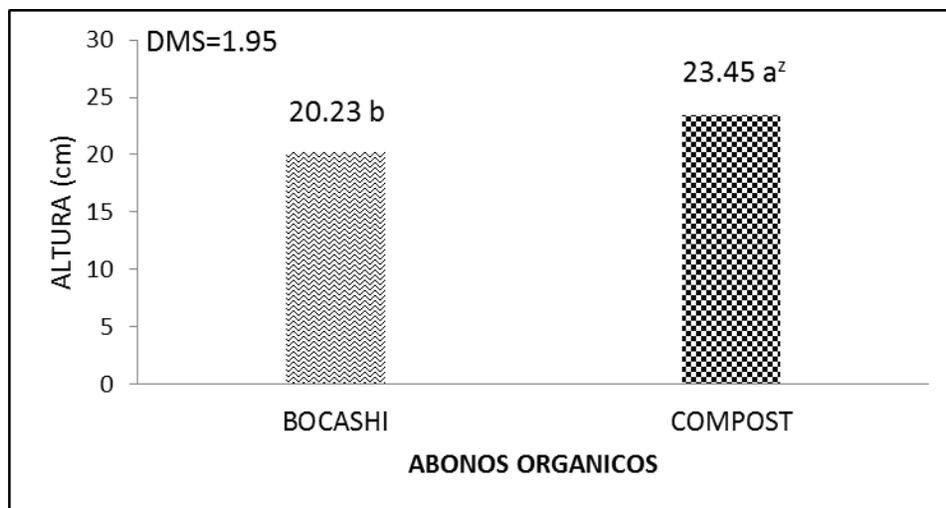


Figura 6. Efecto de la aplicación bocashi y compost en la altura de la planta de rábano. ^z Promedios con la misma letra indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). Para la diferencia mínima significativa (DMS) de la prueba se utilizó una $P \leq 0.05$.

El peso fresco de la raíz corresponde al rendimiento de la raíz y se considera la variable dependiente más importante en virtud de que es la parte comercial del

rendimiento de rábano. El análisis de varianza (cuadro 8b) muestra que hay diferencia significativa en los niveles de aplicación y el fertilizante aplicado bocashi o compost. Se observó una ligera interacción entre los abonos orgánicos y niveles de aplicación de estos productos, que indica que la cantidad aportada de nutrimentos fue diferente entre el bocashi y el compost.

Los rendimientos más altos se obtuvieron con la aplicación del 15% de compost y 30% de Bocashi, al tezontle y suelo. En el caso de bocashi los incrementos de rendimiento siguen una tendencia curvilínea, comenzando con el testigo que es el rendimiento más bajo pero decrece el rendimiento a partir del 30% de este abono. Para compost la tendencia de los incrementos de rendimiento es polinomial de tercer grado, sin embargo, con todos los niveles de aplicación de compost se obtuvieron incrementos de rendimiento respecto al tratamiento con 0% de compost (Figura 7).

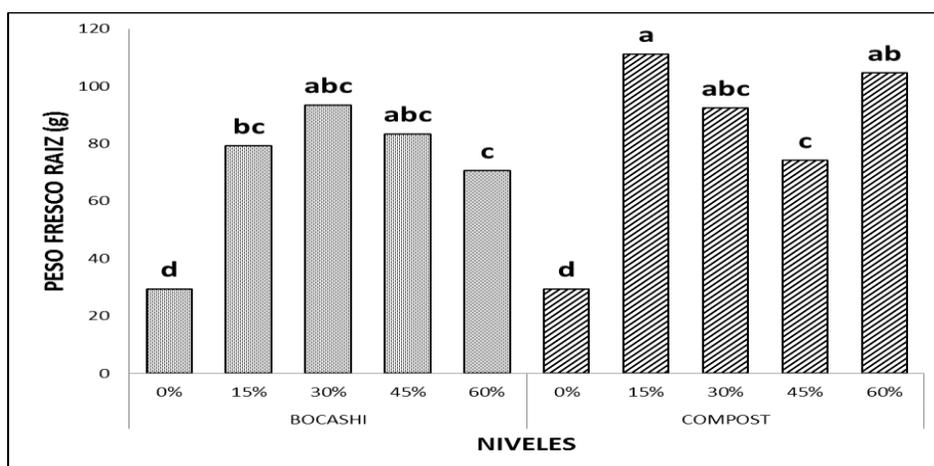


Figura 7. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento de rábano. Promedios con la misma letra dentro de cada nivel de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 28.493 para una $P \leq 0.05$.

Con la aplicación de bocashi se obtuvieron incrementos mayores de rendimiento en la función cuadrática (estimación de 3.4255 g por cada porcentaje de aplicación de bocashi), mientras que con compost los incrementos fueron de 2.2056 g por cada porcentaje de aplicación de este producto. Con base a las curvas de regresión que se

presentan, con una aplicación del 50.59% de compost y 35.53% para bocashi se obtienen los mayores rendimientos (Figura 8).

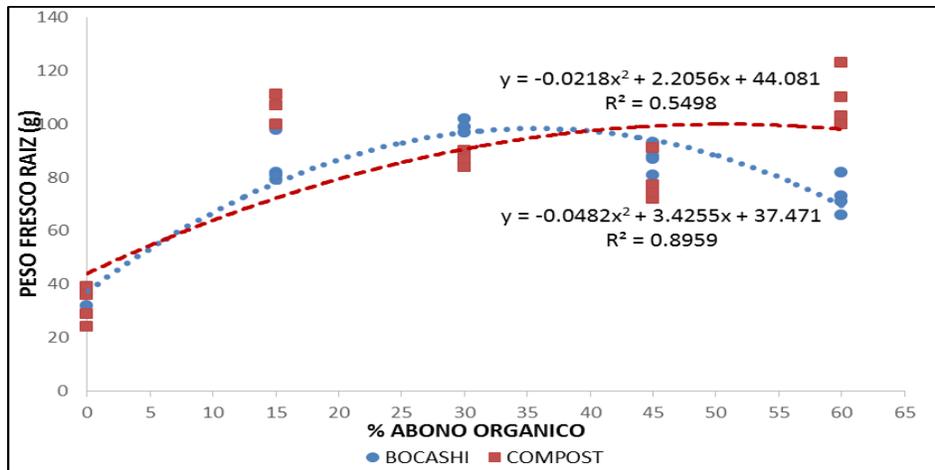


Figura 8. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi en el peso de la raíz de rábano.

De acuerdo a los datos que se han obtenido en este trabajo la raíz de rábano contiene en promedio 86% de agua y 14% de materia seca. Esto quiere decir que materia seca solo es una pequeña parte del rendimiento fresco de rábano. El rendimiento de peso seco de la raíz de rábano presento las mismas respuestas a la aplicación de bocashi y compost que el peso fresco de la raíz. El rendimiento más alto de materia seca de la raíz de rábano se obtuvo con la aplicación del 30% de bocashi, mientras que con compost el mayor rendimiento se alcanzó al aplicar el 15% (Figura 9).

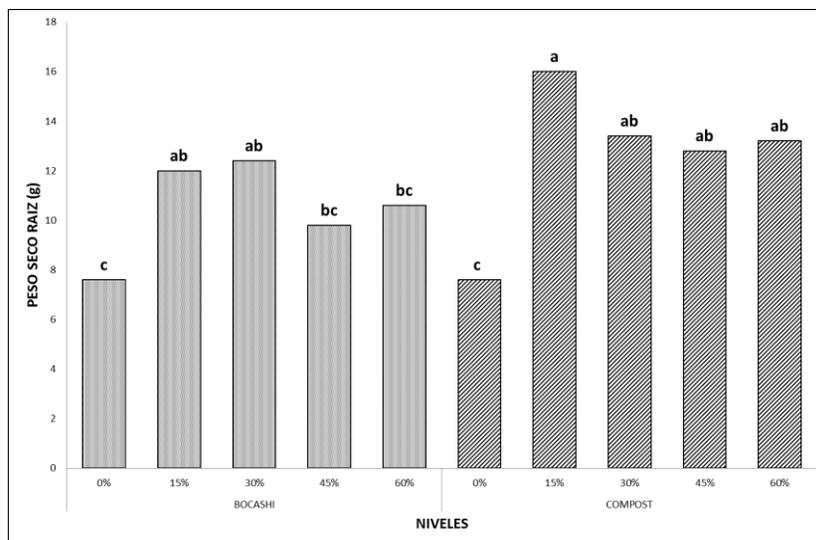


Figura 9. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento en seco de rábano. Promedios

con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 4.1868, para una $P \leq 0.05$.

De acuerdo a los datos de regresión el mayor rendimiento de materia seca de la raíz de rábano se logró con la aplicación de 34.31% de bocashi, en tanto que con compost el rendimiento más alto se obtuvo con 41.81% de este producto. Estos datos señalan que las tendencias de la ecuación de regresión del peso seco y peso fresco del rábano son muy parecidas, es decir, los datos dan la misma información (Figura 10).

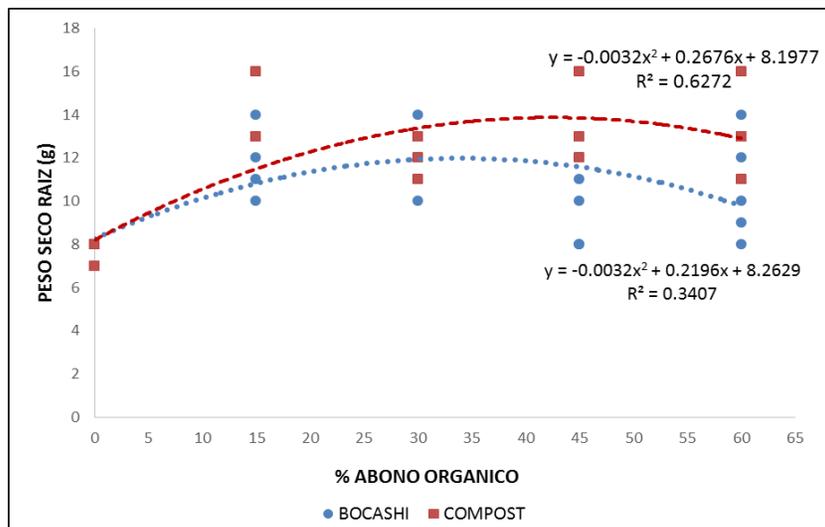


Figura 10. Aplicación de niveles crecientes de compost y bocashi y su efecto en el peso seco de la raíz de rábano.

El peso fresco total y el peso seco total se refiere al peso de la hoja más el peso de la raíz de rábano, estas variables presentaron diferencia significativas en el análisis de varianza para tratamientos, tipo de abonos y niveles de cada uno de los abonos orgánicos e interacción abonos orgánicos por niveles (cuadro 8b).

La figura 11 muestra que los mejores rendimientos se obtuvieron con compost comparados con los de bocashi. En el caso de compost con la aplicación de 60 y 30% se obtuvieron los mayores rendimientos de peso fresco total de rábano, en cambio con bocashi el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 30% de este abono.

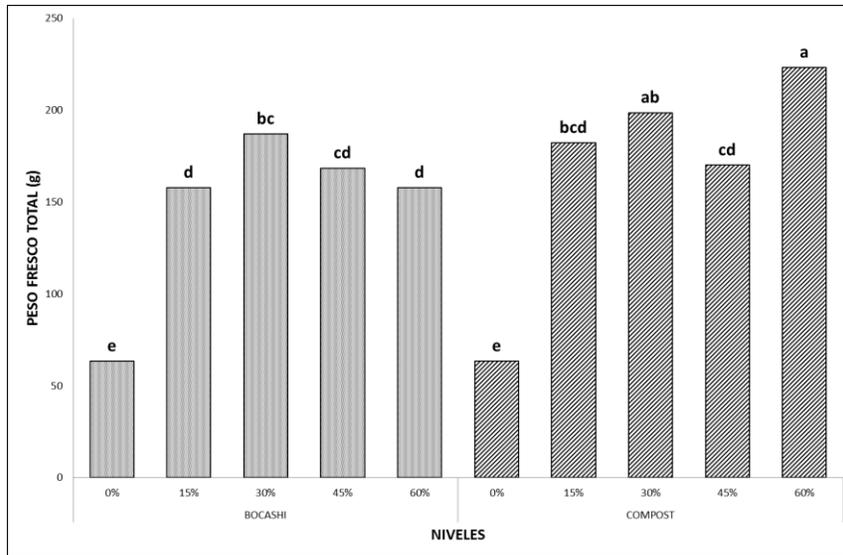


Figura 11. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en el rendimiento fresco de rábano. Promedios con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 26.707, para una $P \leq 0.05$.

Las regresiones muestran la diferencia entre el efecto de bocashi y compost, y esta fue altamente significativa de acuerdo con su análisis de varianza. Con base a las ecuaciones el mayor rendimiento (211.50g) se obtuvo con la aplicación de 48.35% de compost, y con el bocashi el mayor rendimiento (189.60g) se obtuvo aplicando 38.14% del mismo (Figura 12).

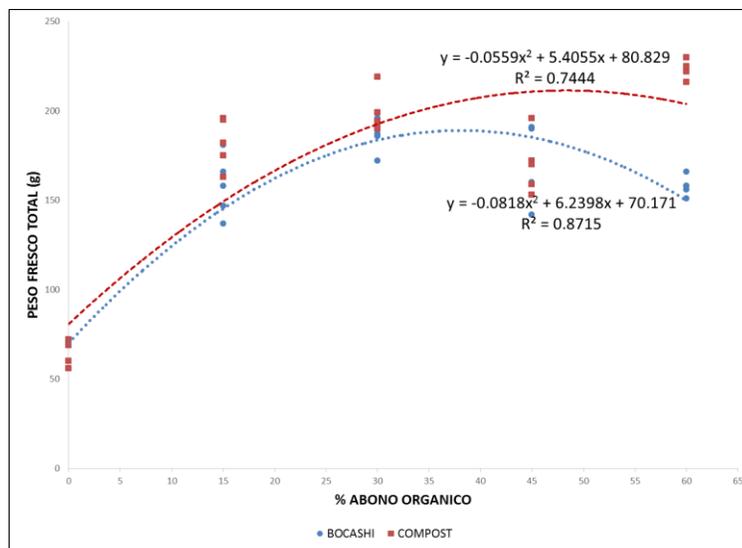


Figura 12. Respuesta a la aplicación de diferentes porcentajes de bocashi y compost con tezontle y suelo en el peso fresco de rábano.

Los resultados del peso seco total de rábano muestran ligeras diferencias con la información que proporciona el peso fresco total. En el caso de peso seco total los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de 15, 30 y 60% de compost que en promedio superaron al testigo en un 78%. Para el caso de bocashi el mayor rendimiento de peso seco total de rábano se obtuvo aplicando el 30% (Figura 13).

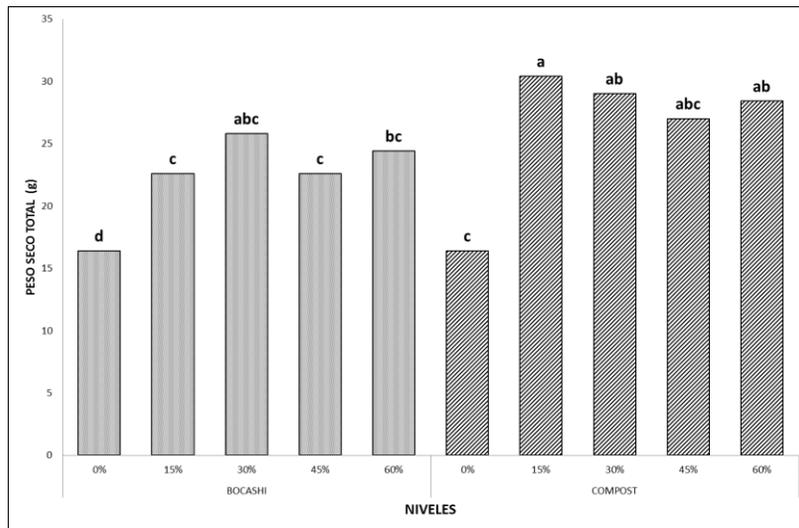


Figura 13. Efecto de la aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost en rendimiento de peso seco de rábano. Promedios con la misma letra en cada aplicación de abono orgánico indican no diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa para la prueba fue de 4.1868, para una $P \leq 0.05$.

Mediante la regresión se pudo estimar para peso seco total de rábano el mayor rendimiento biológico (25.6 g) con 38.17% de bocashi y el rendimiento con compost (30.40 g) fue del 38.32% (Figura 14).

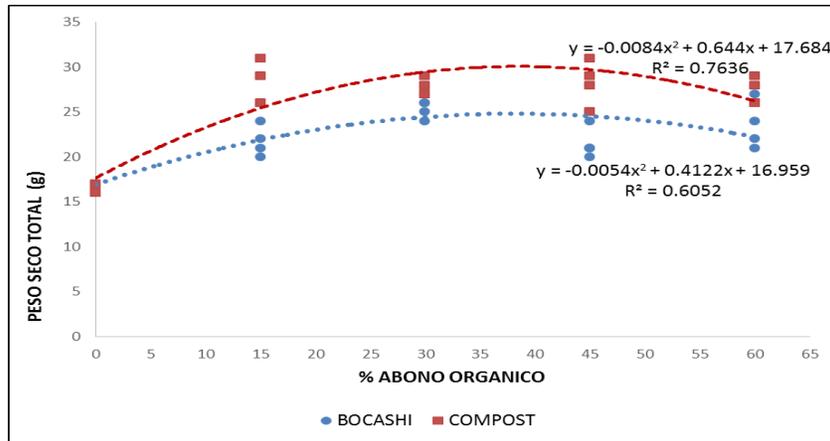


Figura 14. Respuesta a la aplicación de diferentes porcentajes de bocashi y compost en el peso seco de rábano.

En resumen, para el cultivo de rábano el uso de los abonos orgánicos y las dosis evaluadas influyen en un mayor rendimiento, succulencia, tamaño, peso y diámetro de la raíz. En general, los niveles de abonos orgánicos que permitieron el mayor rendimiento fueron la aplicación de 30 y 45 % de bocashi y de 15, 30 y 60 % de compost, ambos tipos de fertilizantes estuvieron mezclados con tezontle y suelo.

Cilantro

Considerando la hipótesis nula de que no existen diferencias estadísticas por aplicar bocashi o compost en diferentes porcentajes, los resultados indican que no fue así para todas las variables evaluadas (se rechazó la hipótesis nula), excepto para PSR (Cuadro 9a y 9b). Por lo cual, en PSR tiene el mismo comportamiento cuando no se aplica porcentaje alguno de abono orgánico que cuando sí se hace. Cuando los datos son analizados como experimento factorial, sólo en las variables ALT, PFR, PFT y PST se encontró interacción de los porcentajes de aplicación con los tipos de abonos orgánicos utilizados, en el resto de las variables evaluadas no lo hubo, por lo que se pueden analizar los efectos principales de cada uno de esos factores (Cuadro 9a y 9b). En las variables %Agua (contenido de agua), %MS (porcentaje de materia seca) y NT (número de tallo) no presentan variación por la aplicación de tipo de fertilizante orgánico, pero sí por el porcentaje de abono aplicado (Cuadro 9a). En PFR se encontró que sí hay diferencias entre aplicar Bocashi y aplicar compost (Cuadro 9b), y no hay

efecto por no aplicar (0%) respecto a aplicar alguna de las dosis evaluadas (15%, 30%, 45% y 60%). En ALT, PFT y PST existe diferente porcentaje de aplicación de abono si se utiliza bocashi a si se utiliza compost (Cuadro 9a y 9b), situación que debe precisarse con alguna prueba de comparación de medias.

Cuadro 9a. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de cilantro.

FV	% Agua	% MS	ALT	NT
TRAT	0.0072*	0.0073*	<.0001*	0.0019*
AO	0.3580 ^{NS}	0.3600 ^{NS}	0.0215*	0.4398 ^{NS}
N	0.0006*	0.0006*	<.0001*	0.0001*
AO*N	0.7095 ^{NS}	0.7134 ^{NS}	0.0020*	0.5604 ^{NS}

^{NS},*. No significativo, significativo para una $p \leq 0.05$ respectivamente.

FV: factor de variación, TRAT: tratamiento, AO: abono orgánico, N: por ciento de abono, %MS: porcentaje de materia seca, ALT: altura, NT: número de tallos.

Cuadro 9b. Niveles de significancia observados con el estadístico F ($Pr \geq F_c$) obtenidos con los análisis de varianzas con un criterio de clasificación (TRAT) y como experimento factorial (AO, N, AO*N) para las variables respuesta en las variables de cilantro.

FV	PFA	PFR	PFT	PSA	PSR	PST
TRAT	<.0001*	0.0032*	<.0001*	0.0024*	0.2355 ^{NS}	0.0005*
AO	0.0016*	0.0080*	0.0008*	0.0071*	0.0510 ^{NS}	0.0055*
N	<.0001*	0.1767 ^{NS}	<.0001*	0.0036*	0.9038 ^{NS}	0.0094*
AO*N	0.0553 ^{NS}	0.0068*	0.0015*	0.2520 ^{NS}	0.1467 ^{NS}	0.0097*

^{NS},*. No significativo, significativo para una $p \leq 0.05$ respectivamente.

FV: factor de variación, TRAT: tratamiento, AO: abono orgánico, N: niveles,

PFA: peso fresco de la parte aérea, PFR: peso fresco de la raíz, PFT: peso fresco total,

PSA: peso seco de la parte aérea, PSR: peso seco de la raíz, PST: peso seco total

En altura de la planta (ALT) en cilantro, aplicar Bocashi en una dosis de 0%, 15% y 30%, así como aplicar una dosis de compost 0%, 15% y 45% no existen diferencias significativas entre sí (Figura 15). Entre mayor sea el porcentaje de Bocashi o compost menor es la altura que se registra (Figura 15).

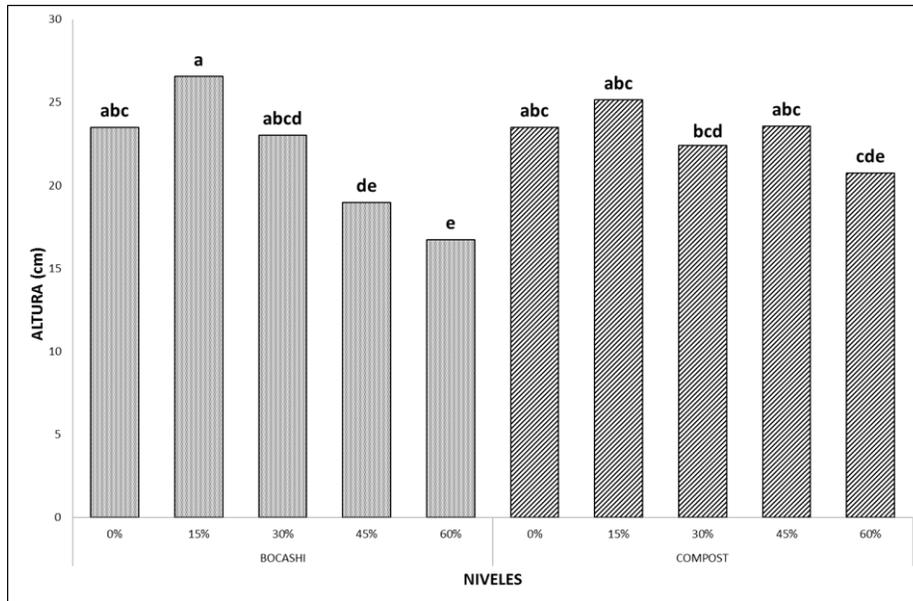


Figura 15. Promedios de altura de plantas en cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 4.1062.

Existe o puede explicarse el desarrollo en altura de la planta utilizando una estimación con una función cuadrática (Figura 16) aunque estas están siendo influidas por puntos de inflación de varianzas (puntos alejados del resto). Esta tendencia se confirma con las curvas de las ecuaciones de regresión para bocashi y compost en las cuales se puede ver el incremento y decremento de la altura en cilantro al aumentar la dosis de cada uno de estos abonos orgánicos (Figura 16).

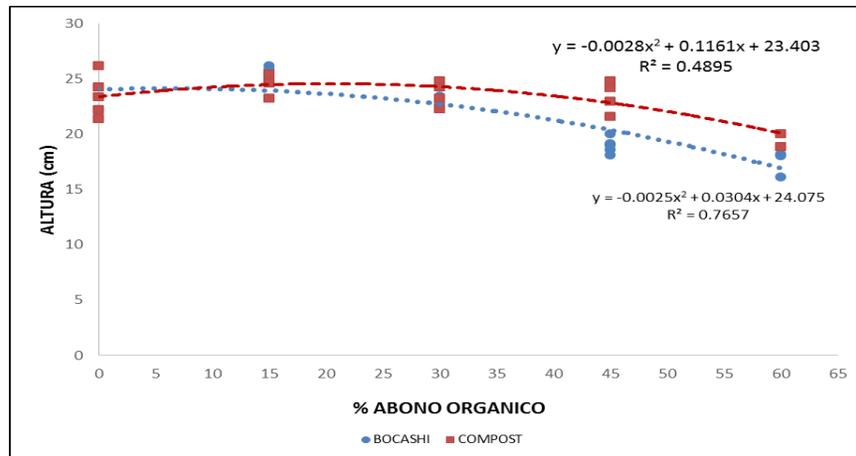


Figura 16. Tendencia en altura de planta de cilantro al aplicar diferentes porcentajes de bocashi y compost.

En el PFA al aplicar compost con suelo y tezontle se logró un incremento del 17.19% respecto al bocashi (Figura 17). Cuando se aplica un abono orgánico sea bocashi o compost al 15, 30 o 45% en correspondencia a suelo y tezontle al 85, 70 o 55%, se logró obtener un 60.35, 58.92 y 38.21%, respectivamente, de incremento del peso fresco respecto al aplicar suelo y tezontle al 100% (Figura 17).

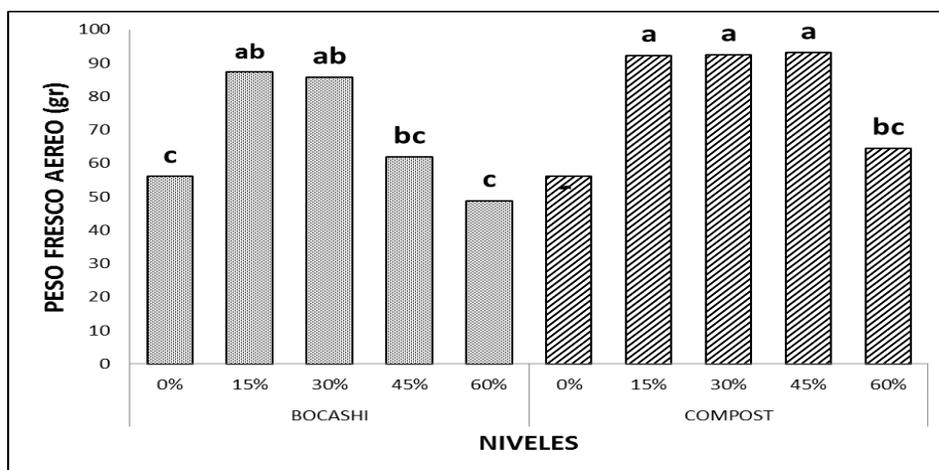


Figura 17. Promedios de peso fresco aéreo del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 25.861.

A medida que aumentan los niveles de aplicación de ambos abonos orgánicos (Figura 18), las respuestas obtenidas con el compost fueron superiores a las de bocashi. Con base a estas curvas de respuesta se obtuvo el mejor rendimiento en peso fresco de la parte aérea para compost que fue de 100.57 g/maceta, que se obtendría con la aplicación de 32.14% de este abono, en cambio con bocashi el mayor rendimiento en peso fresco de la parte aérea fue de 89.15 g/maceta y se obtuvo aplicando 26.08% de abono.

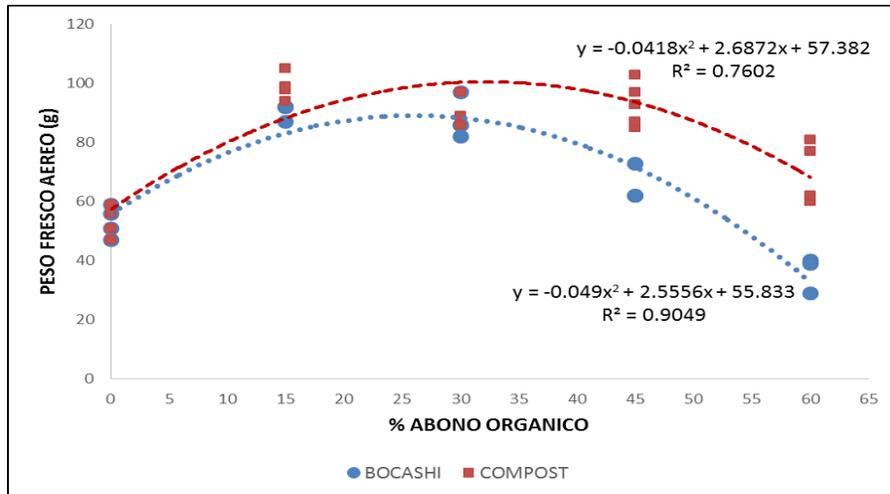


Figura 18. Comportamiento del peso fresco parte aérea de cilantro al aplicar diferentes niveles crecientes de bocashi y compost.

Con la variable de peso seco aéreo, que equivale a rendimiento en materia seca de cilantro se obtiene respuesta similar al del rendimiento de peso fresco, es decir, los rendimientos de 14.4, 14 y 15.2g/maceta, que fueron los más altos, se obtuvieron con la aplicación de 15, 30 y 45% de compost, respectivamente. En el caso de bocashi el rendimiento más alto que fue de 14.4 g/maceta se obtuvo aplicando el 15% de este abono (Figura 19).

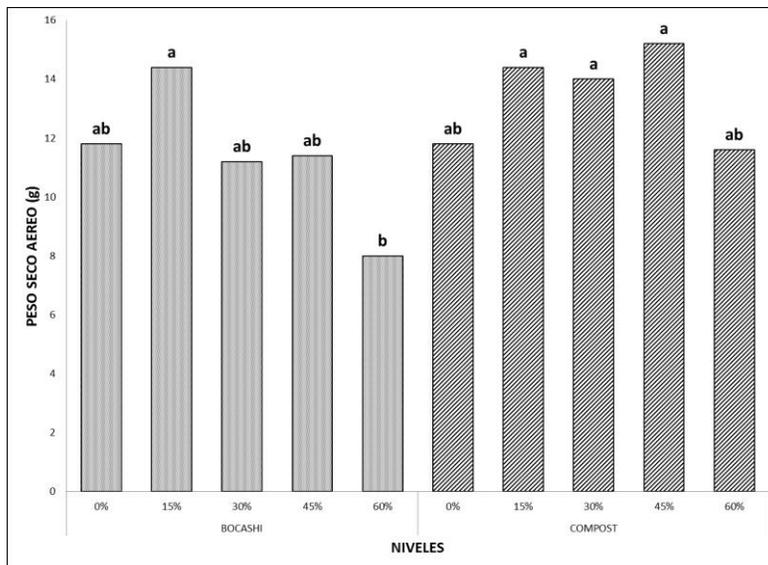


Figura 19. Promedios de peso seco aéreo del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 5.3774.

Con las curvas de tendencia de acuerdo a la ecuación de regresión (Figura 20) se muestra que el rendimiento de materia seca más alto (15.27 g/maceta) de cilantro se obtuvo con 31.42% de compost, mientras que con bocashi el rendimiento más alto (14.56 g/maceta) se obtuvo con el nivel de aplicación de 19.58% del producto anterior.

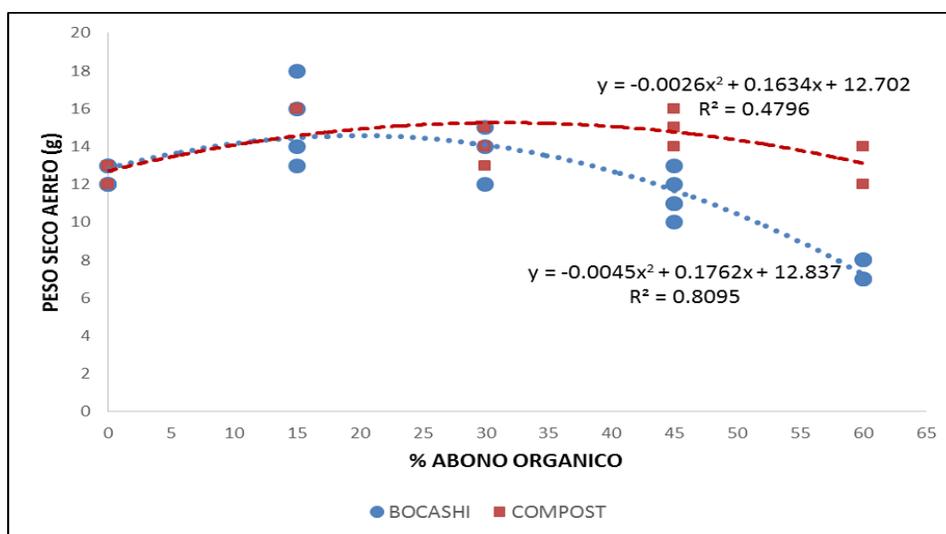


Figura 20. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso de materia seca de cilantro.

La información proporcionada por el peso fresco total de cilantro, que es la suma del peso fresco aéreo y de raíz de la planta, mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, tipos de abono orgánico y niveles de aplicación de cada uno de estos niveles, también se encontró que la interacción abono orgánicos por niveles de aplicación de estos abonos es altamente significativa esta interacción nos indica que los niveles se comportaron en forma diferente según el tipo de abono orgánico en el rendimiento fresco total de cilantro.

Los mayores rendimientos para peso fresco total se obtuvieron con la aplicación de 15, 30 y 45% de compost a diferencia de bocashi con el que se obtuvo 125.2 g/maceta de peso fresco total con 15% de este producto. A partir de este porcentaje de aplicación de bocashi, mayores niveles provocaron un abatimiento de rendimiento, hasta llegar a valores inferiores que el del testigo (Figura 21). En cambio, con la aplicación de niveles crecientes de compost se obtuvieron incrementos de rendimiento hasta el nivel de 45% de este producto a partir del cual se observó un decremento en el peso fresco total.

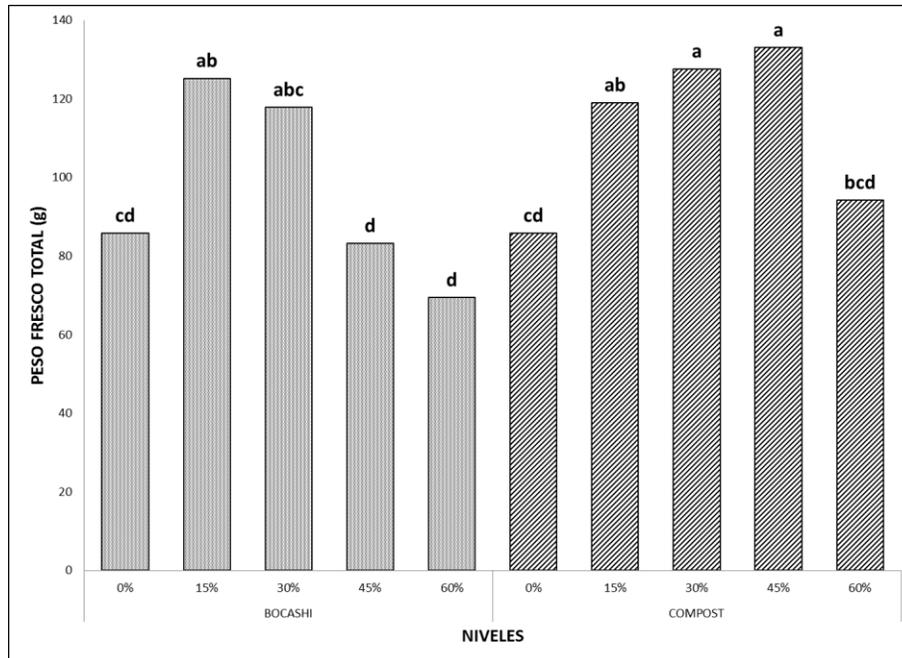


Figura 21. Promedios de peso fresco total del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 32.44.

En la figura 22 se observa claramente la diferencia del efecto de tipos de abonos orgánicos en el peso fresco total, siendo los rendimientos mayores con compost que con bocashi. Con la aplicación del 30.69% de compost se obtuvo 139.65 g/maceta de PFT, en tanto que con bocashi el mayor rendimiento fue de 119.89 g/maceta, el cual se obtuvo con una aplicación de 24.02% de este abono.

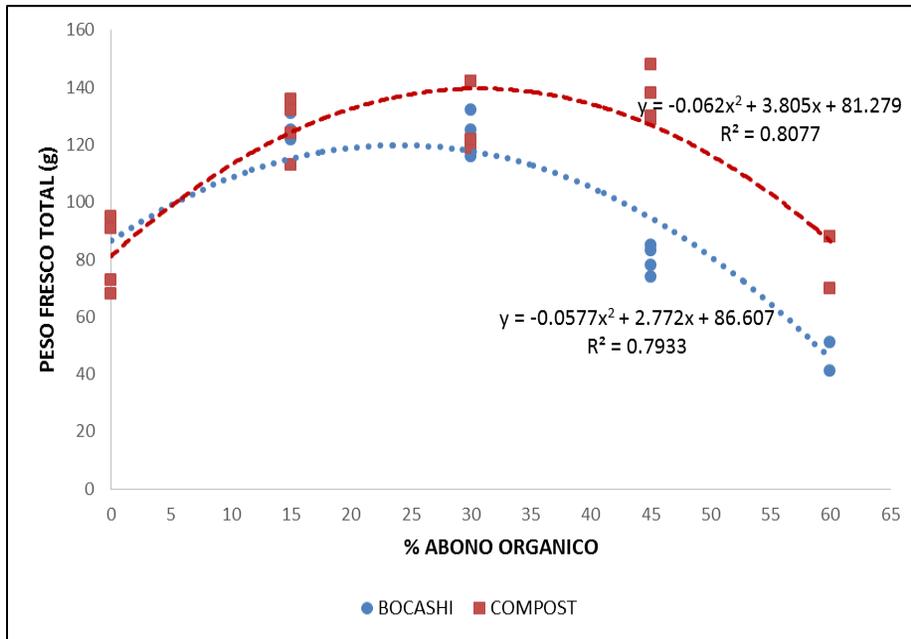


Figura 22. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el rendimiento de peso fresco total de cilantro.

Con el peso seco total de rendimiento de cilantro se observó un comportamiento similar al de peso fresco total. El mayor rendimiento (28.8 g/maceta) se obtuvo con 15% de la aplicación de bocashi y a partir de este valor los rendimientos fueron disminuyendo con mayores niveles de aplicación de bocashi; en cambio con el compost los rendimientos fueron incrementando al aplicar mayores niveles de compost hasta 45% , a partir del cual se observaron abatimientos de rendimiento (Figura 23).

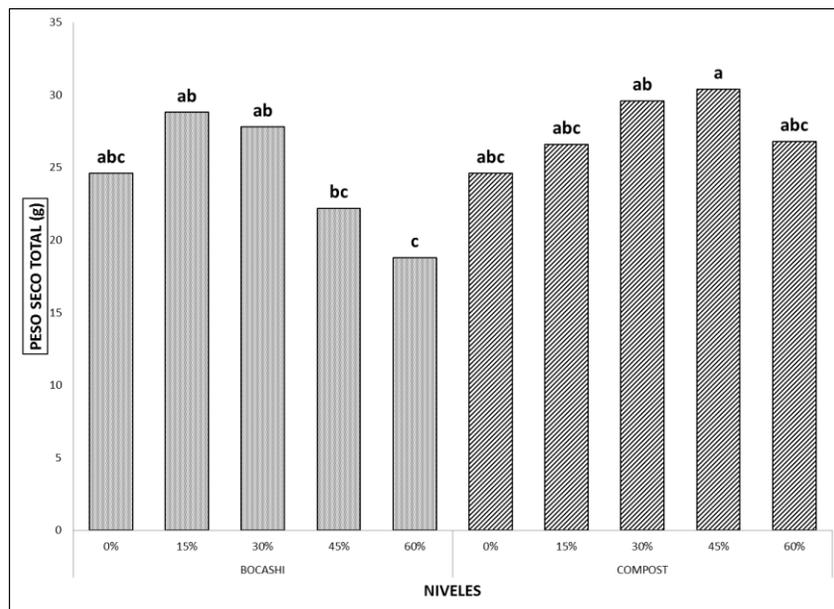


Figura 23. Promedios de peso seco total del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0626.

Las ecuaciones de regresión de la figura 24 señalan que con una aplicación de 30.95% de compost se obtuvo el mayor rendimiento (30.27 g/maceta), en cambio con la aplicación de 17.88% de bocashi se obtuvo el mejor rendimiento que fue de 25.35 g/maceta.

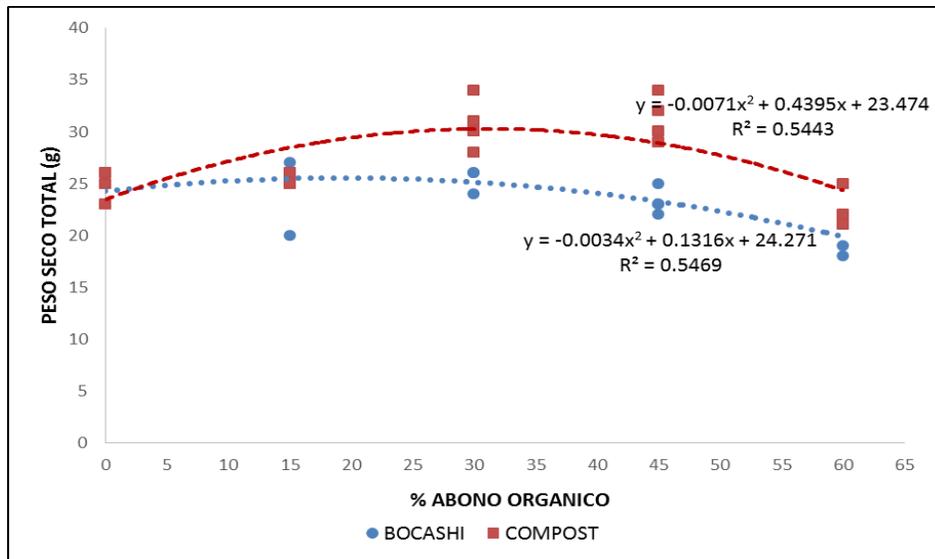


Figura 24. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el rendimiento de peso fresco total de cilantro.

VI. DISCUSIÓN

La respuesta máxima obtenida con 15% de bocashi para pesos fresco y seco total puede estar relacionado con la su velocidad de mineralización y material de mayor homogeneidad en comparación al compost que es un abono orgánico con menor índice de mineralización y más heterogéneo en su composición. Posiblemente el compost está proporcionando más lentamente los nutrientes que el bocashi, razón por la cual los incrementos de rendimiento son crecientes en relación a los niveles de aplicación de este producto. En el caso de Bocashi, la liberación de nutrientes es rápida y suficiente con la aplicación de 15% de este producto porque libera de inmediato la cantidad requerida por el cultivo, provocando con mayores dosis un

desbalance nutrimental. La otra alternativa podría estar relacionada con una mayor retención de humedad que limitó hasta cierto punto el desarrollo de la planta.

En el apéndice se encuentra más información en los cuadros A1 a A4 y figuras A1 a A20.

Riviére *et al.* (1990) menciona que las propiedades hídricas de los sustratos juegan un papel muy importante en la producción de hortalizas, ya que se enfocan al ahorro de agua y de solución nutritiva. El agregar material compostado a los sustratos mejora varias de sus propiedades, entre ellas la de retención de humedad, esto dependerá del tipo de materia orgánica agregada. Derivado de esto se han realizado diversas mezclas de sustratos; por ejemplo, Javier *et al.* (2005) estudiaron en el cultivo de pimiento diferentes proporciones de turba con perlita y material compostado para rendimiento, encontrando efectos significativos en la mezcla de 30% turba, 20% perlita y 50% material compostado.

Los resultados obtenidos coinciden en parte con los obtenidos por los autores antes mencionados ya que, el porcentaje óptimo de abono orgánico para la mezcla esta próximo al 50% para rábano (45% compost) y se aleja en cilantro cuando se aplica bocashi (15 y 30%), ya que al incrementar el porcentaje decrecen los rendimientos por modificarse la retención hídrica y creando menos espacios porosos.

Los sustratos orgánicos favorecen el desarrollo de los cultivos cuando son utilizados como sustratos de crecimiento, y las diferencias detectadas en las variables evaluadas se deben a la riqueza en el contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas (Moreno *et al.* 2005 y Durán y Henríquez, 2007).

Añez y Espinoza (2003) utilizando el tratamiento testigo con tepetzil y adicionando fertilizante químico superó en un 26,3% a la media general de 48,677 toneladas por hectárea de tomate obtenida en los sustratos orgánicos. Cruz, *et al.* (2010), evaluó compost y vermicompost mezcladas con arena y reportó que el uso de sustratos

orgánicos pudo satisfacer las necesidades del tomate durante el periodo de evaluación bajo condiciones de invernadero. Siendo 75% de vermicompost más arena la mezcla de mejor rendimiento con 57,375 toneladas por hectárea de frutos. Efectos similares a la arena se produjeron con la aplicación de tezontle y que se fue perdiendo a medida que se incrementó la dosis de abono orgánico en el sustrato.

En el caso de rábano, el rendimiento obtenido con bocashi en promedio fue de 52.5 g por maceta y con compost de 66.2 g por maceta, mismo que superaron al testigo (fertilizado químicamente) que fue de 29.4 g por maceta, es decir, el testigo fue superado en rendimiento por bocashi con un 77% y por compost con un 125%. Para el cultivo de cilantro el testigo tuvo un rendimiento de 56 g por maceta, mismo que fue superado por bocashi con 26.6% y compost con 52.7%, con rendimientos promedio de 70.9 y 85.5 g por maceta, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gómez-Álvarez (2008), quien reportó un incremento en rendimiento de frijol y rábano mediante la fertilización orgánica en huertos biointensivos. De igual manera Ramírez-Builes (2010), quien evaluó la fertilización mediante bocashi comparada con la química en cultivo de café, reporta que el tratamiento de mejor desempeño fue el bocashi de gallinaza, con un promedio de cuajamiento de fruto de 38.3% y un mayor rendimiento (4.7 toneladas por hectárea).

El rendimiento obtenido en los cultivos así como su incremento se pueden explicar por el método de producción usado, similar al de agricultura urbana, donde se siembran las plantas a distancias más cercanas que cuando se siembran en condiciones de campo y a la fertilización orgánica utilizada, lo que hace que la planta disponga de todos los nutrientes en la zona donde se encuentran las raíces, lo que favorece el incremento de los rendimientos. Esta explicación está de acuerdo a lo planteado por Jeavons (1991).

Las especies de ciclos muy cortos como el rábano y el cilantro, cuyo valor económico están en función de estructuras hojas y raíces carnosas tienen menores requerimientos de compuestos bioquímicos (mayor cantidad de carbohidratos) que estructuras como flores, frutos y semillas en las que además de carbohidratos se produzcan proteínas, aceites y vitaminas; por lo cual los requerimientos nutricionales de rábano y cilantro

son de menor exigencia y en esta investigación es suficiente la aplicación de un 15% y un 30% de bocashi o un 15% a un 45% de compost para la formación de sustratos que contienen además tezontle y suelo en el resto de la proporción, esto permitirá la producción en huertos biointensivos orgánicos para el traspatio urbano y rural.

VII. CONCLUSIONES

- La mezcla de tezontle 70% y suelo 30% es una buena base para la elaboración de sustratos en la producción urbana de hortalizas de raíz y hoja como el rábano y el cilantro.
- Los tipos de abonos orgánicos bocashi y compost deben ser agregados a la mezcla de tezontle y suelo en porcentajes que oscilen entre 15 y 30%, fuera de estos valores la parte comercial de las hortalizas irá en decremento.
- Entre los abonos orgánicos bocashi y compost el primero requiere menos cantidad para obtener los mismos rendimientos que el segundo.
- La hipótesis general se cumple ya que con la aplicación de compost o bocashi como parte del sustrato, se logra abastecer al cultivo de los nutrimentos requeridos para una buena producción.
- Entre 30% y 45% de la aplicación del compost para la producción de rábano y cilantro se encuentran los resultados óptimos para las variables de importancia. Para bocashi se encuentra entre 15% y 30% fuera de estos intervalos los rendimientos decrecen.
- La mineralización en un tiempo corto (tres meses) es mayor en el bocashi que en el compost ya que éste último está más descompuesto en humus, que son compuestos más estables y por lo mismo cada vez difíciles de ser degradados por los microorganismos.

VIII. LITERATURA CITADA

IX. LITERATURA CITADA

- Abad M., Noruega M. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In*: manual de cultivos sin suelo. Urrestarazu Gavilán M. (ed.). Segunda edición. Ediciones Mundiprensa. Almería, España. pp 137-182.
- Abad, M., P. Noruega y C. Carrión. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. *In*: Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3^{ra} edición. Mundi-prensa. Madrid, España. pp 299-352.
- Anónimo. 2000 Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Edición del Ministerio de la Agricultura. La Habana. 145 pp.
- Añez B. y W. Espinoza. 2003. Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. *Revista Forest. Venez.* 47(2):73-82
- Arias, A. 2001. Suelos Tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, CR. 168 p.
- Atiyeh R. M., S. Subler, A. Edwards C., G. Bachman, D. Metzger J., and W. Shuter. 2000, effects of vermicimposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* (44):579-590.
- Arellano, M. 2000. Centro de desarrollo infantil de la secretaría de la reforma agraria. *In*: Agricultura Urbana en México. Canabal, B. Coord. México.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi Prensa, Madrid. ISBN 84-7114-181-6.
- Bertoldi M.; G. Vallini; A. Pera; and F. Zucconi.1985. Technological aspects of composting including modelling and microbilology. *In*: Compositing of agricultural and other wastes. Grasser J. K. R. (Ed.) Elsevier Applied Science Publisher. New York. NY, USA.261 p.
- Brady N.C.; and R. Weil R. 1999. The nature and proprieties of soil. Ed. Prentice Hall. New Jersey. United States of America. 881p.
- Bunt A. 1988. Media and mixes for containers grow plants. 2^a edición. London: Unwin Hyman, LTD. Londres, Inglaterra.

- Burés S. 1997. Sustratos. Agrotecnia. Madrid, España 339 p.
- Burés S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. *In: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal.* Narciso Pastor Sáez. Coordinador. Ediciones de la Universidad de Leida. 19p.
- Castaños C., M. 1993. Horticultura, Manejo Simplificado. Editorial Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 527 p.
- Castellanos Z. J., J. Uvalle-Bueno X., A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. 2ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 226 p.
- Consejo Nacional de Población. 2013. La situación demográfica de México 2013. CONAPO, Primera edición: septiembre 2013. ISBN: 978-607-427-174-4. México, D. F.
- Cruz P. A. B.; González H. V. A.; Soto H. R. M.; Gutiérrez E. M. A.; Gardea B. A. H. y Pérez G. M. 2010. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante en desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41(6): 627-635.
- Drees R., L. Wilding P., N. Smeck E., and A. Senkayi L. 1989. Silica in soils: Quartz and disordered silica polymorphs. *In: j. B. Dixon and S. B. Weed (ed.) Minerals in Soil Environments.* 2nd ed. S.S.S.A. Book Serv. No. 1 S.S.S.A., Madison, WI. pp. 913-974.
- Durán L. y Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- FAO, 1989. Compendio de Agronomía Tropical. Editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y el Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. San José de Costa Rica. pp 207-209.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.
- Gómez-Álvarez R, Castañeda-Ceja R. 2000 Tecnologías de producción orgánica en las condiciones del trópico. ECOSUR-ISPROTAB, Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa. 91 pp.

- Gómez-Álvarez R, Lázaro-Jerónimo G, León-Nájera J.A. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y rábano (*Rhabanus sativus L.*) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de tabasco. *Universidad y Ciencia del Trópico Húmedo* 24(1):11-20.
- Handreck K. A., and Black N. D. 1984. *Growing media for ornamental plants and turf*. Kensington, NS, Australia: New South Wales University Press. 401 p.
- Javier De Grazia, Pablo A. Tiftonell y Ángel Chiesa 2005. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria*. 34(3): 195-204. 2006
- Jeavons J. 2002. *Cultivo biointensivo de alimentos*. Ecology Action. Willits, C.A., E.U.A. 261 p.
- Konduru S., R. Evans M., and H. Stamps R. 1999. Coconut husk and processing effect on chemical and physical properties of coconut coir dust. *HortScience* (34):88-90.
- Kyan, T.; Shinatani, M.; Kanda, S.; Sakurai, M.; Ohashi, H.; Fujisawa, A.; Pongdit, S. 1999. *Kysei nature farming and the technology of effective microorganisms. Guidelines for practical use*. International Nature Farming Center (Japón) and Asia Pacific Natural Agriculture Network (Tailandia). 44p.
- Lara, F. O. R. D. (1999). Tesis: Evaluación de sustratos y biofertilizantes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) utilizando la tecnología de cepellones. Instituto nacional de ciencias agrícolas, departamento de biofertilizantes y nutrición de las plantas. La Habana Cuba. 114 p.
- Lemaire F. 1993. Emploi des matières organiques comme sustrat dans les cultures hort sol. *PHM Revue Horticole* (336): 10-17.
- Lok RMA. 1998 *Introducción a los Huertos Caseros Tradicionales Tropicales, Proyecto Agroforestal*. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 3. CATIE/GTZ. Turrialba 157p.
- Martínez, E., García, S., Reus L. 1993. *Cultivo sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo*. Reus. España. 123 p.

- Mastalerz J. 1977. The greenhouse environment. Chapter 6. Growing media. John Wiley & Sons. New York, U. S. A. 309 p.
- Marulanda, C. 2003. Hidroponía familiar en Colombia desde el eje cafetero. Cultivo de esperanzas con rendimientos de paz. 3ª Edición. FAO. Armenia, Colombia. 166 p.
- Marulanda, C., Izquierdo, J., 1997. La Huerta Hidropónica Popular, Manual Técnico. FAO. Santiago de Chile. 108 p.
- Meggelen-Laagland I. 1995. Golden future for coco substrate. Floraculture International. International Horticulture Publications Co. Batavia, Illinois. U. S. A.
- Michelena, A. V., Ngouda B., Cruz, G. D. 2004. Manual de micro huertos en Venezuela. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria Agricultura Urbana, FAO. CARACAS, Venezuela. 64 p.
- Mississippi State University. 2002. Commercial production of radishes in Mississippi. 4 p. Mississippi State University Extension Service.
- Moreno R. A.; Valdés P. M. T. y Zarate L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica Chile 65(1):26-34.
- Mougeot; L. 2006. Growing better cities urban agriculture for sustainable development, IDRC (International Development Research Center). Ottawa, Canadá. 88 p.
- Muratalla L., S. 2003. Paja de maíz como sustrato alternativo en la producción de plántulas de jitomate y plantas de frambuesa. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. 163 p.
- Noruega P. 1997. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. Acta Horticulturae 163:295–301. ISHS.
- Ortega, L. D. M. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México.
- Pereira M. G., and A. Zezzi-Arruda M. 2003. Vermicompost as a natural absorbent material characterization and potentialities for cadmium adsorption. J. Braz Chem. Soc., 14(1): 39-47.

- RAC (Royal Agricultural College, UK), 2002. What is bokashi? United Kingdom. Data (en línea) <http://www.royagcol.ac.uk/research/conferences/EM.ppt>. 2013.
- Ramírez-Builes V. H. y Naidu Duque Nora. 2010. Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. Acta Agronómica. 59 (2) 2010, p 155-161.
- Rees L., V. C. 1980. Zeolity chemistry and catalysis. ACS Mong. 171. Am. Chem. Soc., Washington D. C.
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA). San José, CR. 155 p.
- Rivière L.M., Foucard J.C., Lemaire F.; 1990. Irrigation of container crop according to the substrate. Scientia Horticulturae, 43: 339-349
- Rollins, R. C., 1993. The Cruciferae of Continental North America. Stanford University Press. Stanford, California.
- Soriano, R. R. 2005. Agricultura urbana en México: situación y perspectivas. Memoria del 5° Simposio de horticultura: Horticultura Orgánica y Urbana. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, México. Data (en línea), Marzo 2012.
- Southard A. R., and P. Kolesar T. 1978. An exotic source of extractable potassium in some soil of Northern Utah. Soil Sic. Soc. Am. J. 42:528-530.
- Steel, R. E. D.; Torrie, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics: whit special reference to the biological sciences. Editorial McGraw-Hill Book Co. Inc. New York. 481p.
- Szujkó-Lacza J.1995. Architecture and inner structure of the *Cohandum sativum* L. by Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Urrestarazu. G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª edición, Grupo Mundiprensa. Madrid, España. 914p.
- Verdonck O., and P. Demeyer. 2004. The influence of the particle size on the physical properties of growing media. Acta Horticulturae 644: 99-101
- Winsor G. W., and Schwarz M. 1990. Soilless culture for horticultural food production. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 188p.

Xian-Tao H.; J. Traina S.; and J. Logan T. 1992. Chemical properties of municipal solid waste compost. *J. Environ. Qual.* 21:318-329.

<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Textos/Hort5.htm>

Zuang H., Musard M., 1986. Cultures leguminieres sur substrats. Instalation et conduite. Centre technique interprofessionnel des fruits et legumens. Francia.

Zucconi F. and Bertoldi M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. pp 30-50. *In: Bertoldi M.; L'Hermite P. and Zucconi F. (Eds.). Compost: Production, Quality and Use.* Elsevier Applied Science, New York. NY, USA.

1. SAGARPA, 2014. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> consultado enero 2014
2. http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pl consultado enero 2014

X. APENDICE

Cuadro A1. Prueba de comparación de medias Tukey (Steel y Torrie, 1960) en rábano (*Raphanus sativus* L) para una $P \leq 0.05$. Como respuesta a la aplicación de 5 niveles de fertilización orgánica con bocashi y compost añadido a sustrato con tezontle y suelo, siendo 0% el testigo.

ABONO ORGÁNICO	NIVELES	%AGUA		%BIOMASA		ALTURA (cm)		DP (mm)		DE (mm)		PFA (g)		PFR (g)		PFT (g)		PSA (g)		PSR (g)		PST (g)	
BOCASHI	0%	73.886	b ^z	26.112	a ^z	16.868	d	16.17	b ^z	27.066	a	34	e	29.4	d	63.4	e	8.8	c	7.6	c	16.4	d
	15%	85.584	a	14.416	b	21.458	c	27.098	a	31.816	a	63.4	d	79.2	bc	157.8	d	10.6	bc	12	ab	22.6	c
	30%	86.152	a	13.848	b	23.1	abc	29.27	a	31.292	a	93.6	abc	93.4	abc	187	bc	13.4	ab	12.4	ab	25.8	abc
	45%	86.488	a	13.512	b	23.15	abc	29.914	a	29.502	a	85	cd	83.4	abc	168.4	cd	12.8	ab	9.8	bc	22.6	c
	60%	84.552	a	15.448	b	22.65	bc	25.906	a	27.546	a	88.4	bc	70.6	c	157.8	d	13.8	ab	10.6	bc	24.4	bc
COMPOST	0%	73.886	b ^z	26.112	a ^z	16.868	d	16.17	b ^z	27.066	a	34	e	29.4	d	63.4	e	8.8	c	7.6	c	16.4	d
	15%	83.312	a	16.688	b	22.98	abc	27.17	a	30.062	a	97.2	abc	111.2	a ^z	182.2	bcd	14.4	a ^z	16	a ^z	30.4	a ^z
	30%	85.332	a	14.668	b	26.154	a ^z	29.422	a	29.612	a	113	a ^z	92.4	abc	198.6	ab	15	a ^z	13.4	ab	29	ab
	45%	83.992	a	16.008	b	25.312	ab	30.338	a	29.638	a	102.2	abc	74.2	c	170	cd	14.2	a ^z	12.8	ab	27	abc
	60%	87.27	a	12.73	b	25.94	a ^z	32.606	a	31.684	a	108.2	ab	104.6	ab	223.2	a ^z	15.2	a ^z	13.2	ab	28.4	ab
	DMS	4.4421		4.4431		3.2298		8.7507		5.2847		21.794		28.493		26.707		3.3209		4.1868		5.4519	

^zPromedios con la misma letra (por variable) son no diferentes estadísticamente. %AGUA; %BIOMASA; ALTURA; DP (diámetro polar); DE (diámetro ecuatorial); PFA (peso fresco de la parte aérea); PFR (peso fresco de la raíz); PFT (peso fresco total); PSA (peso seco de la parte aérea); PSR (peso seco de la raíz); PST (peso seco total).

Cuadro A2. Prueba de comparación de medias Tukey $\alpha= 0.05$ en cilantro (*Coriandrum sativum L.*). Como respuesta a la aplicación de 5 niveles de fertilización orgánica, siendo 0% el testigo

ABONO ORGÁNICO	NIVELES	%AGUA		%BIOMASA		ALTURA		NT		PFA		PFR		PFT		PSA		PSR		PST	
BOCASHI	0%	70.868	a	29.132	a	23.498	abc	6.166	a ^z	56	c	29.8	abc	85.8	cd	11.8	ab	12.8	a	24.6	abc
	15%	77.242	a	22.758	a	26.556	a ^z	5.936	ab	87.4	ab	30.4	abc	125.2	ab	14.4	a ^z	14.4	a	28.8	ab
	30%	76.41	a	23.59	a	23.02	abcd	5.626	ab	85.6	ab	32.2	abc	117.8	abc	11.2	ab	12.6	a	27.8	ab
	45%	72.996	a	26.984	a	18.972	De	4.48	b	61.8	bc	19.2	c	83.2	d	11.4	ab	10	a	22.2	bc
	60%	70.98	a	29.02	a	16.736	E	4.894	ab	48.8	c	20.6	bc	69.4	d	8	b	10.8	a	18.8	c
COMPOST	0%	70.868	a	29.132	a	23.498	abc	6.166	a ^z	56	c	29.8	abc	85.8	cd	11.8	ab	12.8	a	24.6	abc
	15%	77.242	a	22.758	a	25.14	ab	5.368	ab	92.2	a ^z	26.8	abc	119	ab	14.4	a ^z	12.2	a	26.6	abc
	30%	76.746	a	23.254	a	22.4	bcd	5.182	ab	92.4	a ^z	35.2	ab	127.6	a	14	a ^z	15.6	a	29.6	ab
	45%	77.134	a	22.866	a	23.562	abc	4.9	ab	93	a ^z	40	a ^z	133	a ^z	15.2	a ^z	15.2	a	30.4	a ^z
	60%	71.522	a	28.478	a	20.744	cde	4.702	b	64.4	bc	29.8	abc	94.2	bcd	11.6	ab	15.2	a	26.8	abc
	DMS	8.0766		8.0772		4.1062		1.5042		25.861		15.767		32.44		5.3774		7.7392		8.0626	

^zPromedios con la misma letra (por variable) son no diferentes estadísticamente. %AGUA; %BIOMASA; ALTURA; NT (número de tallos); PFA (peso fresco de la parte aérea); PFR (peso fresco de la raíz); PFT (peso fresco total); PSA (peso seco de la parte aérea); PSR (peso seco de la raíz); PST (peso seco total).

Cuadro A3. Nivel óptimo de abono orgánico calculado para el cultivo de cilantro.

VARIABLE	BOCASHI (%)	COMPOST (%)
PFT	24.02	30.69
PST	17.88	30.95
ALT	10.13	15.16
PFR	6.44	37.8
PSR	0.01	63.4
PFA	26.08	32.14
PSA	19.58	31.42
NT	0	5
%B	60	0
%A	27.63	30.67

PFT (peso fresco total), PST (peso seco total), ALT (altura), PFR (peso fresco de la raíz), PSR (peso seco de la raíz), PFA (peso fresco de la parte aérea), PSA (peso seco de la parte aérea), NT (número de tallos), %B (porcentaje de biomasa), % A (porcentaje de agua).

Cuadro A4. Nivel óptimo de abono orgánico calculado para el cultivo de rábano

VARIABLE	BOCASHI (%)	COMPOST (%)
PFT	38.14	48.35
PST	38.17	38.32
ALT	42.24	43.96
PFR	35.53	50.59
PSR	34.31	41.81
PFA	45.12	41.39
PSA	55.19	42.04
DP	37.35	49.87
DE	28.78	60
%B	0	0
%A	41.93	48.11

PFT (peso fresco total), PST (peso seco total), ALT (altura), PFR (peso fresco de la raíz), PSR (peso seco de la raíz), PFA (peso fresco de la parte aérea), PSA (peso seco de la parte aérea), DP (diámetro polar), DE (diámetro ecuatorial), %B (porcentaje de biomasa), % A (porcentaje de agua).

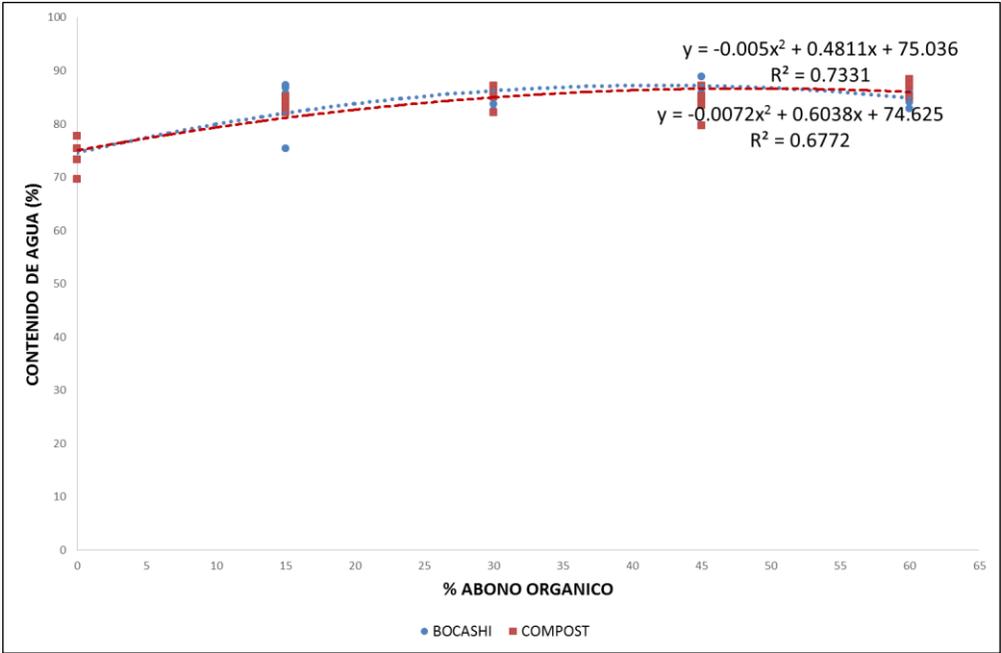


Figura A1. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en contenido de agua de rábano.

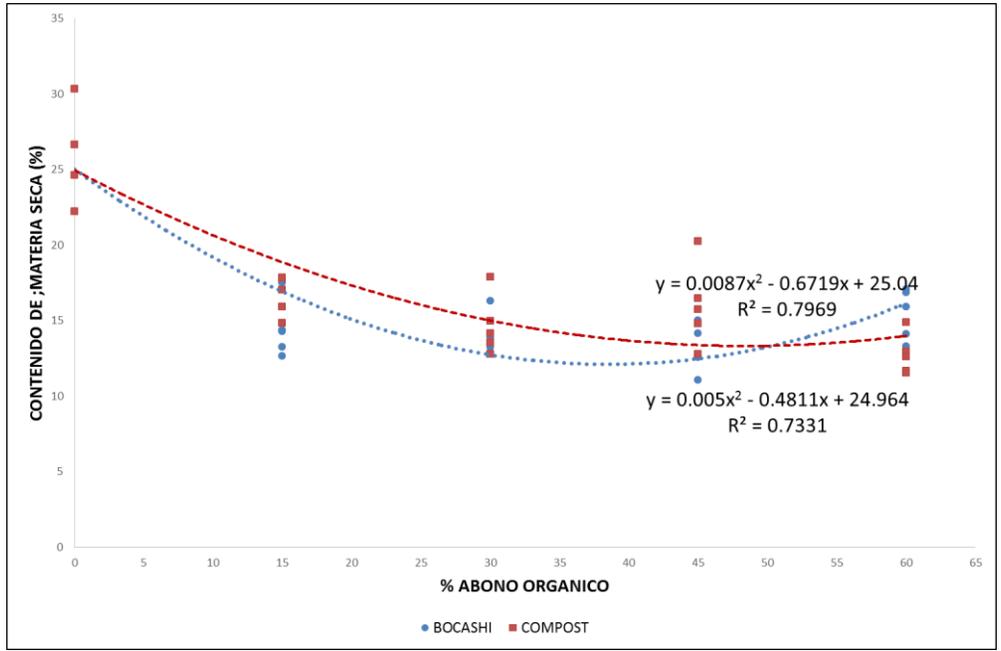


Figura A2. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en contenido de materia seca de rábano.

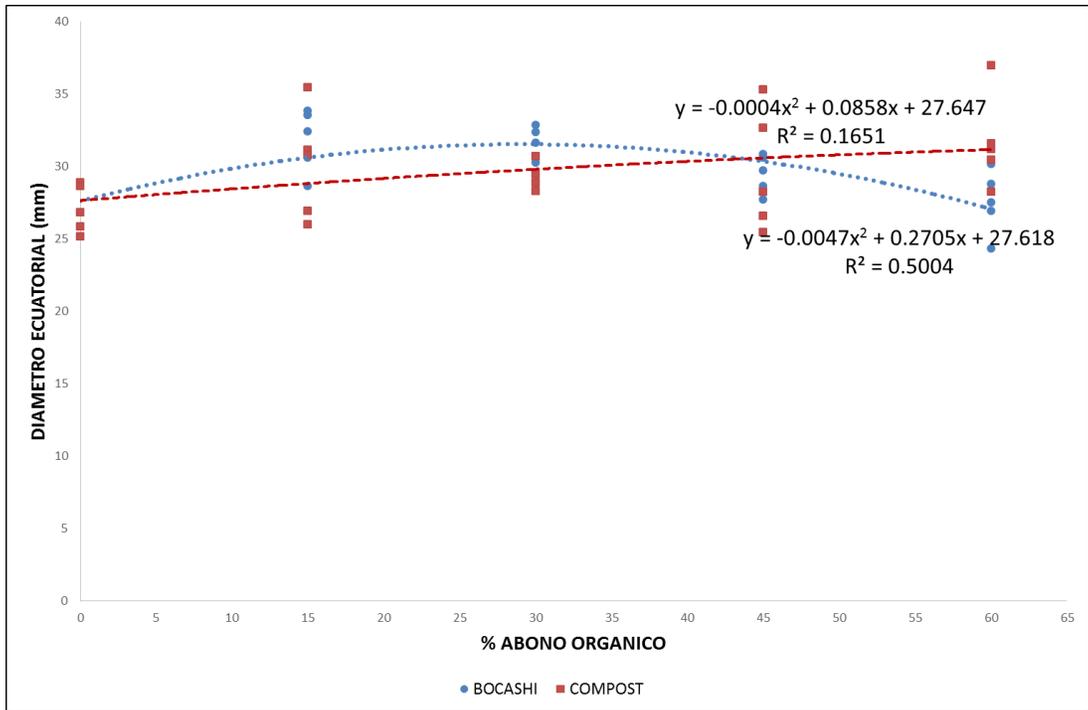


Figura A3. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el diámetro ecuatorial de rábano.

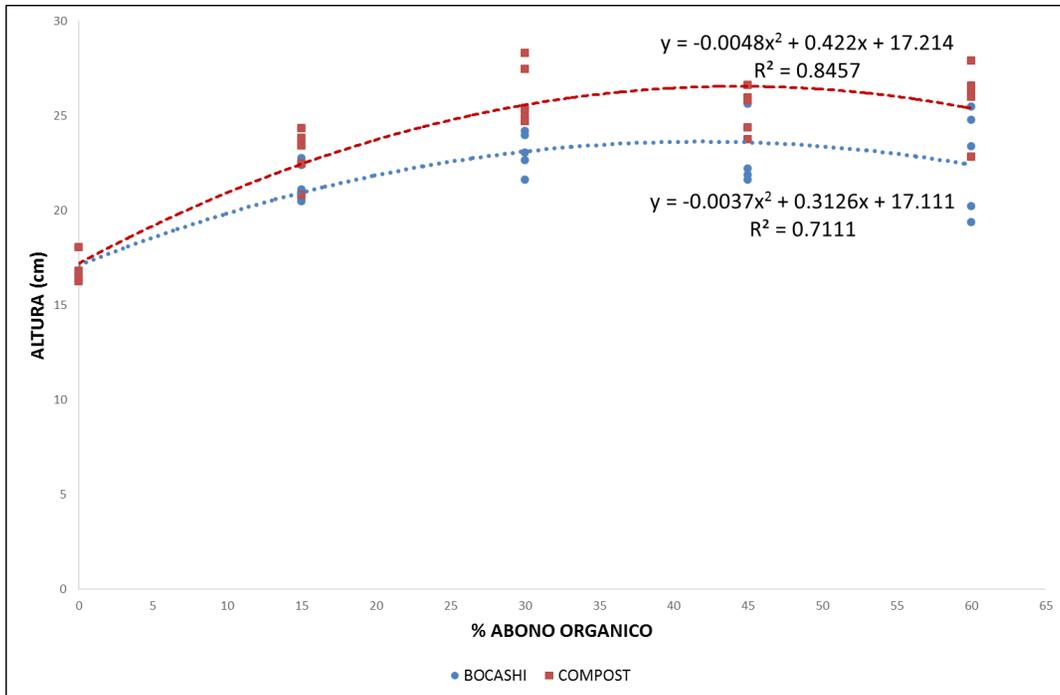


Figura A4. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en la altura de la planta de rábano.

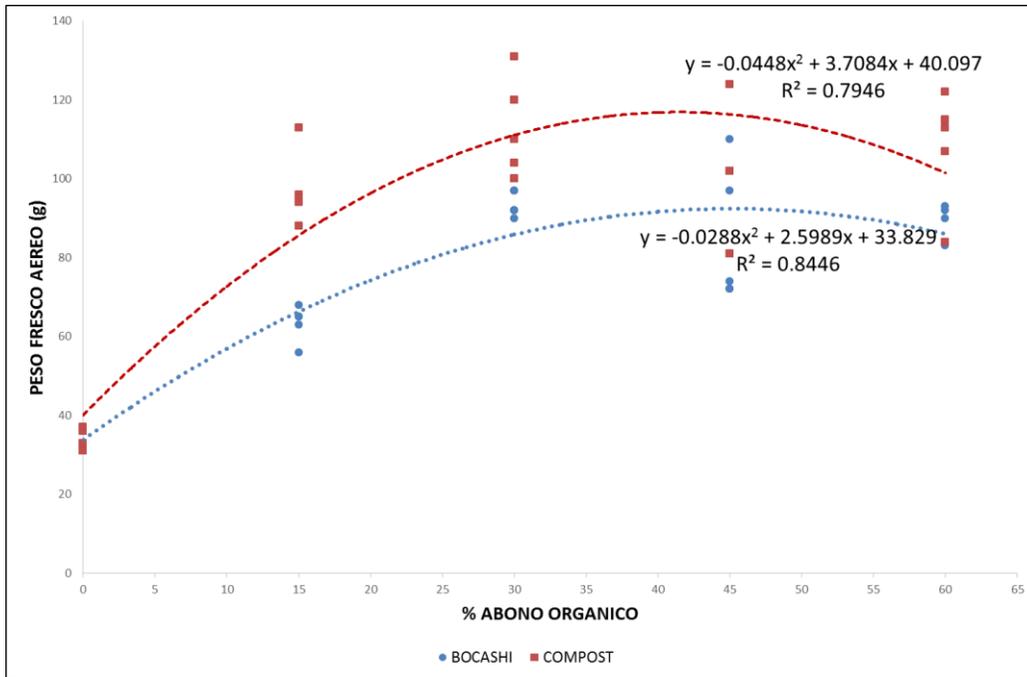


Figura A5. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de las hojas y tallo de la planta de rábano.

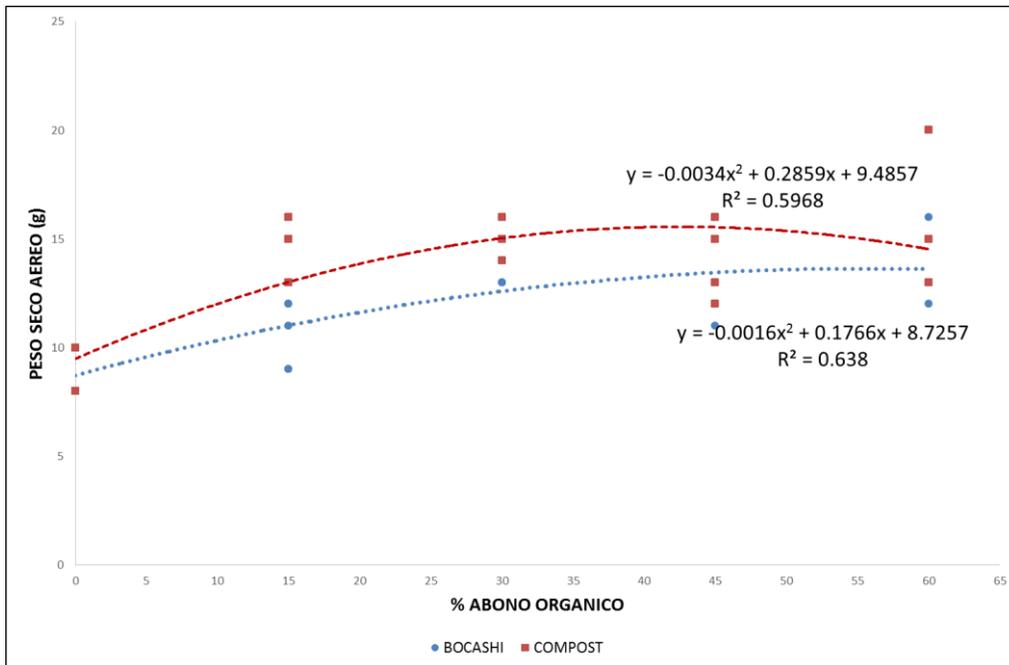


Figura A6. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso seco de las hojas y tallo de la planta de rábano.

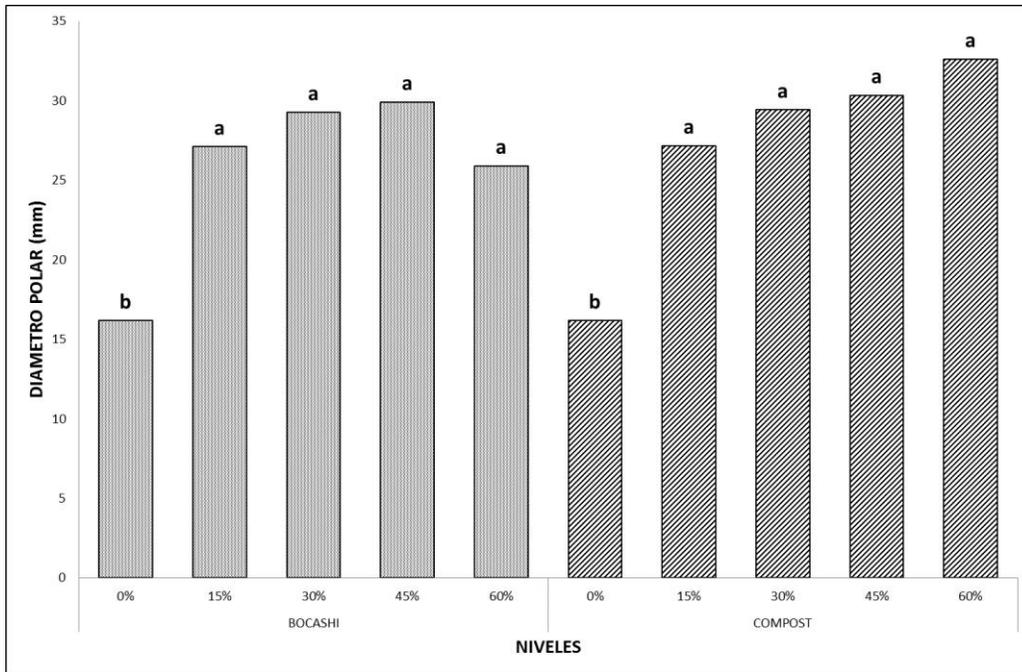


Figura A7. Promedios de diámetro polar del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.7507.

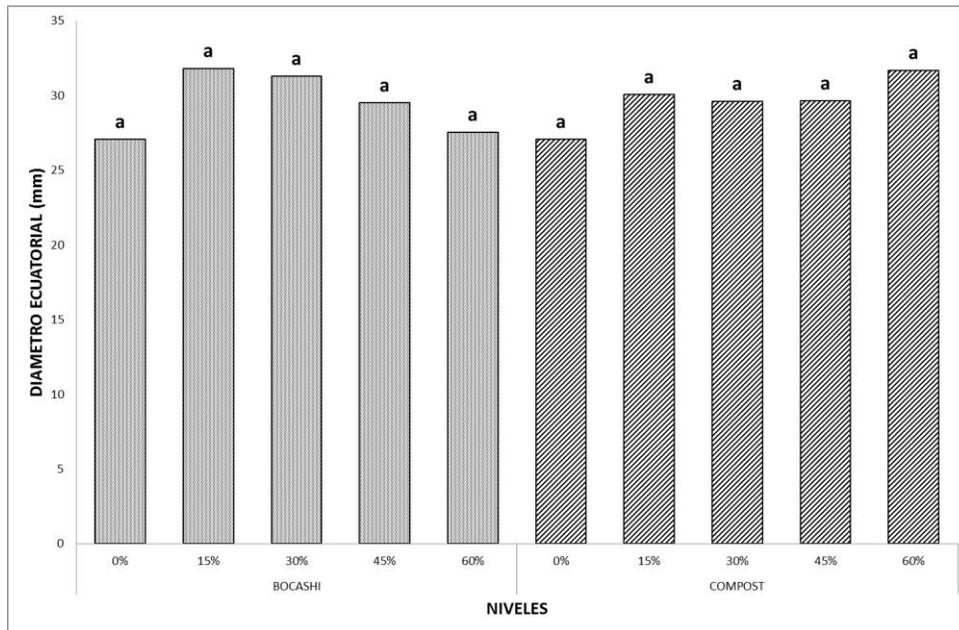


Figura A8. Promedios de diámetro ecuatorial del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 5.2847.

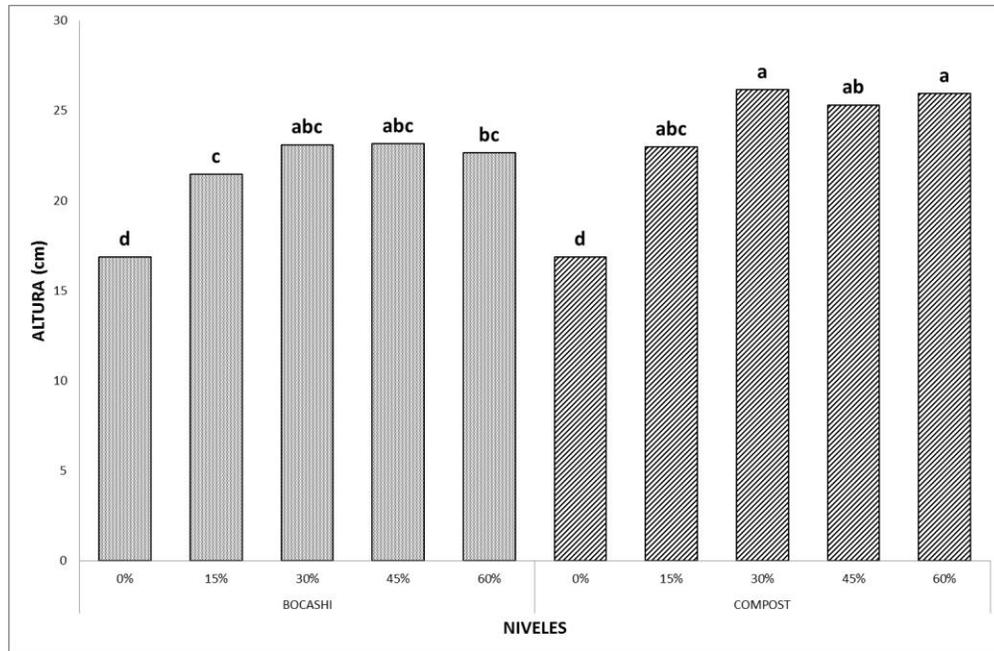


Figura A9. Promedios de altura del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 3.2298.

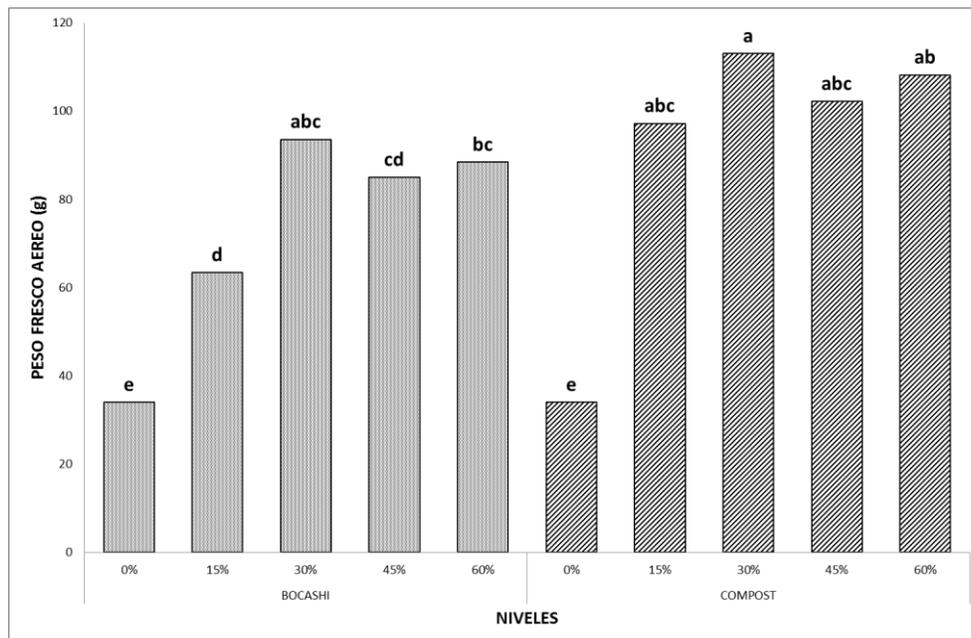


Figura A10 Promedios de peso fresco de la parte aérea del cultivo de rábano al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 3.2298.

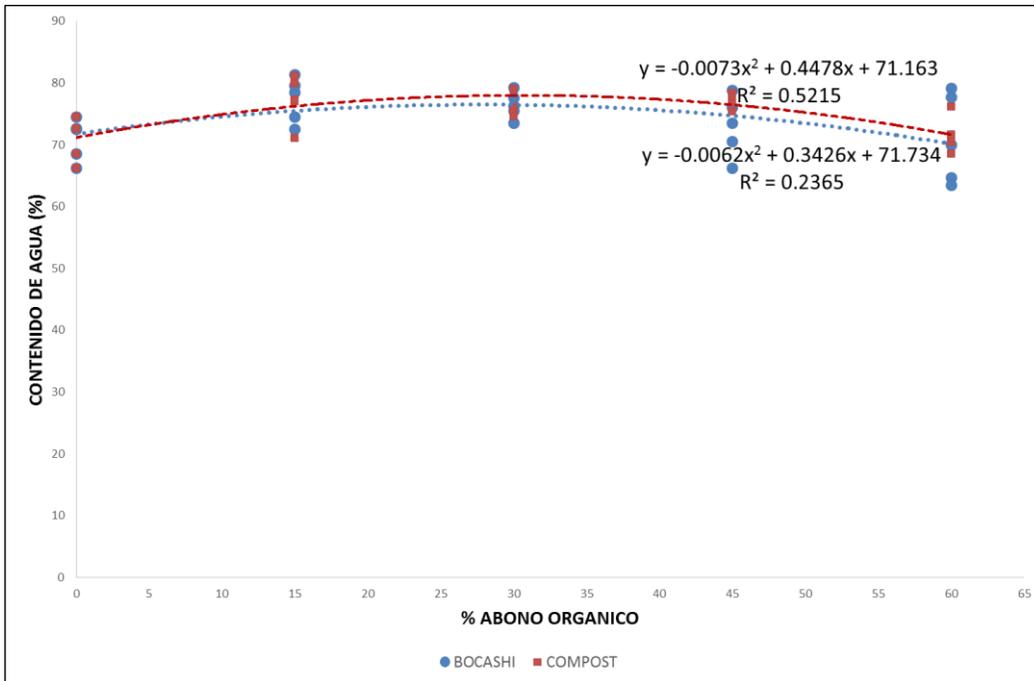


Figura A11. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el contenido de agua del cultivo de cilantro.

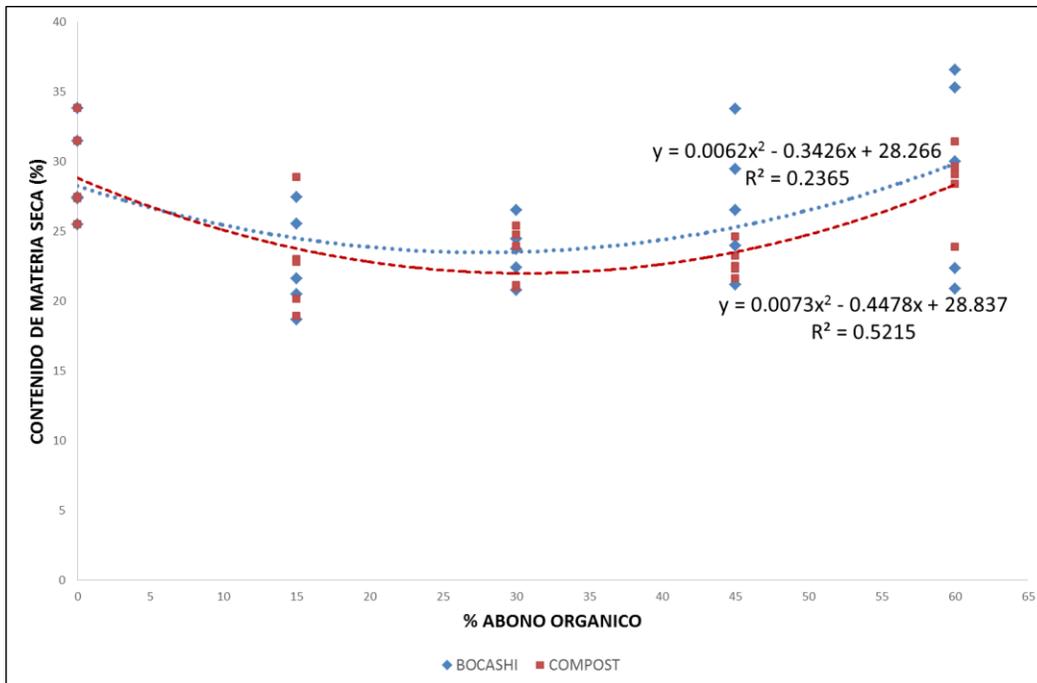


Figura A12. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el contenido de materia seca de cilantro.

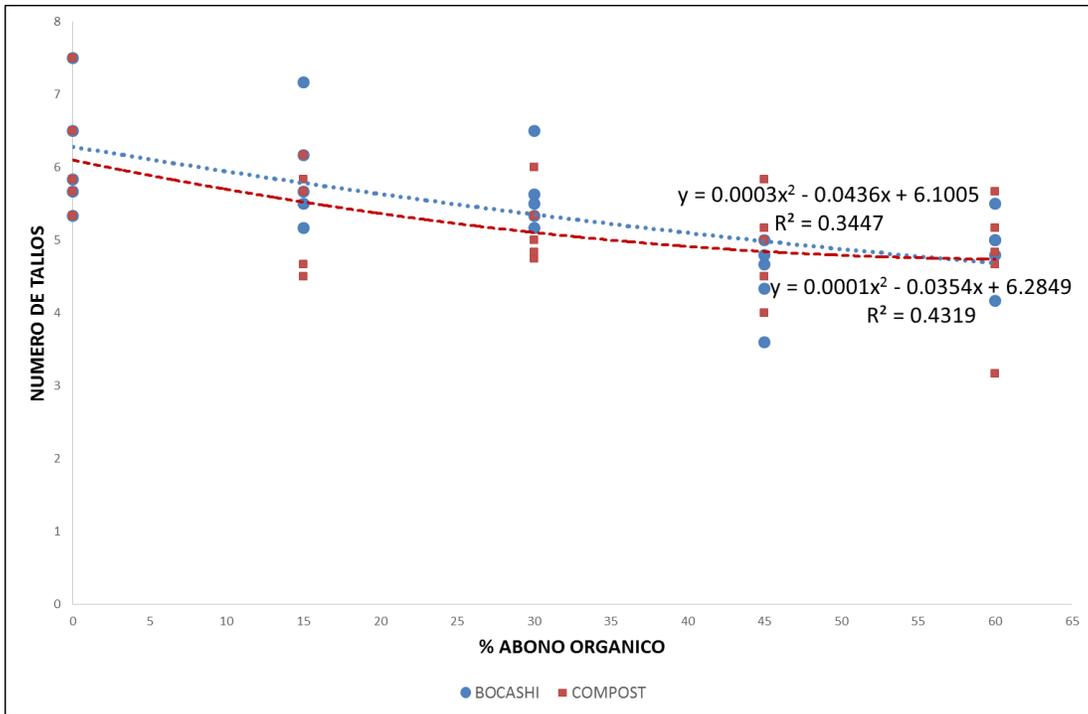


Figura A13. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el número de tallos por macollo de cilantro.

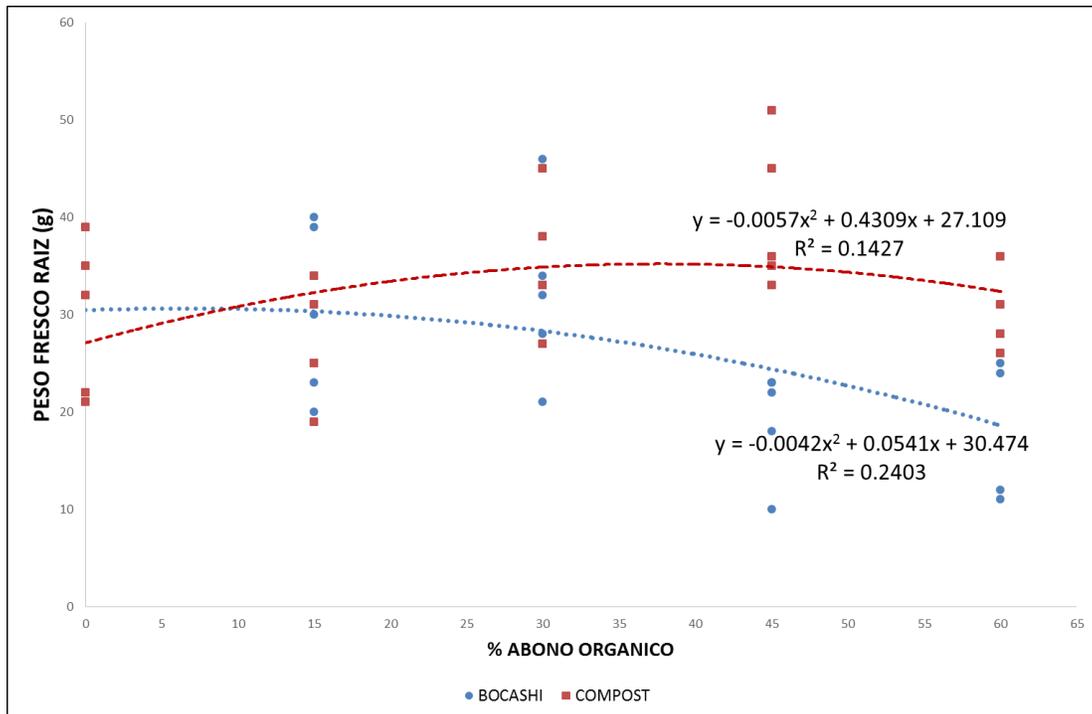


Figura A14. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de la raíz de cilantro.

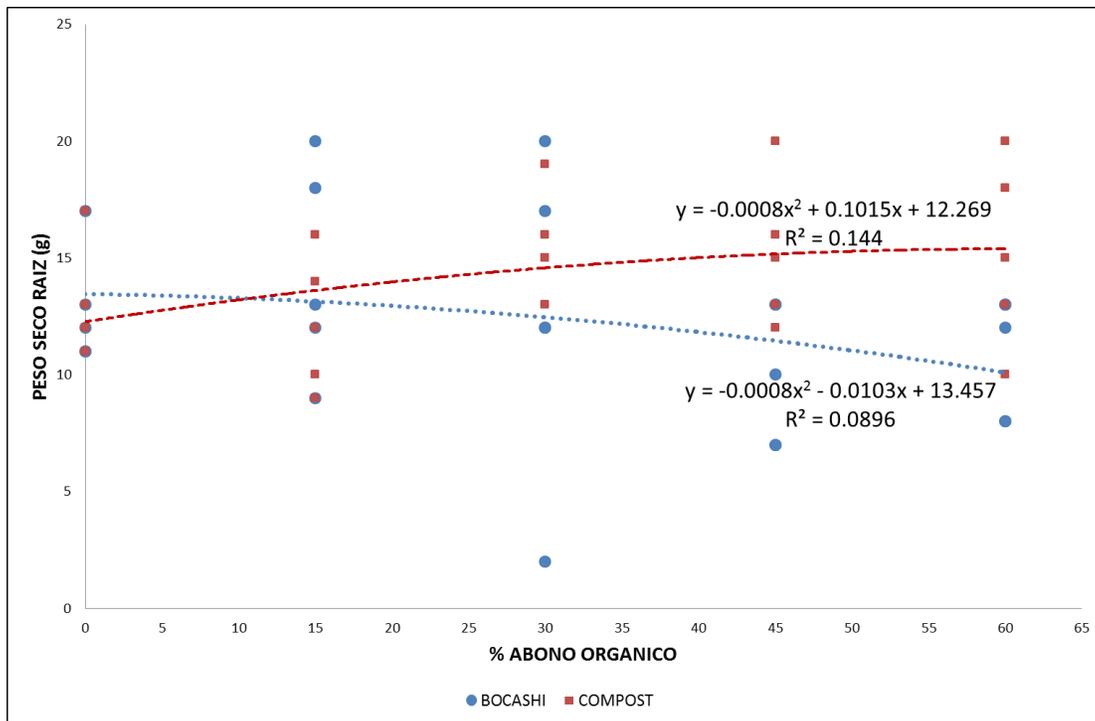


Figura A15. Aplicación de niveles crecientes de bocashi y compost y su efecto en el peso fresco de la raíz de cilantro.

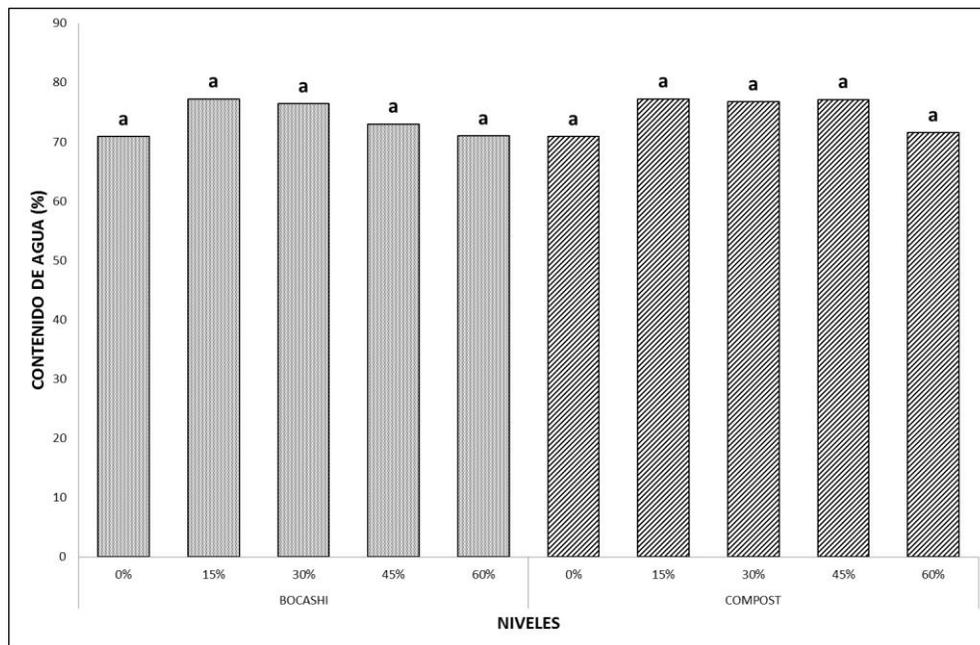


Figura A16. Promedios del contenido de agua del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0766.

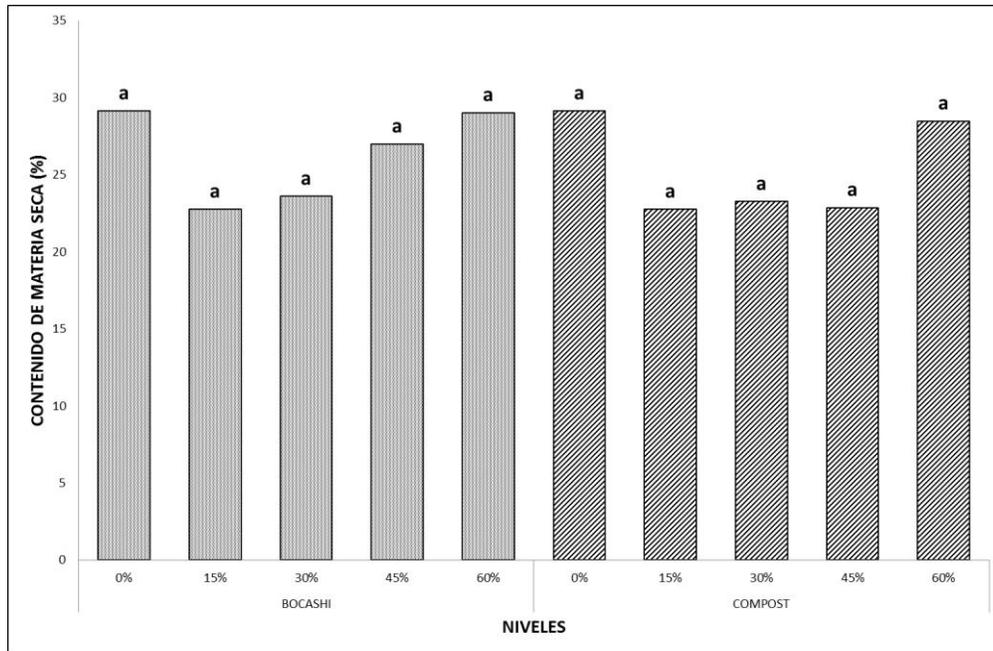


Figura A17. Promedios del contenido de materia seca del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0772.

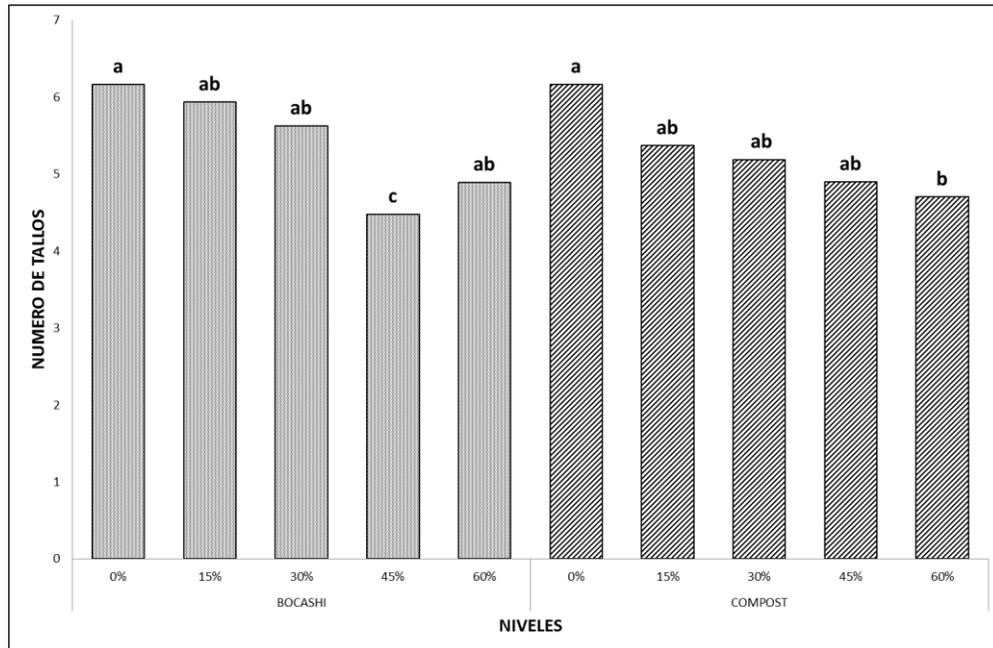


Figura A18. Promedios de número de tallos del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 8.0772.

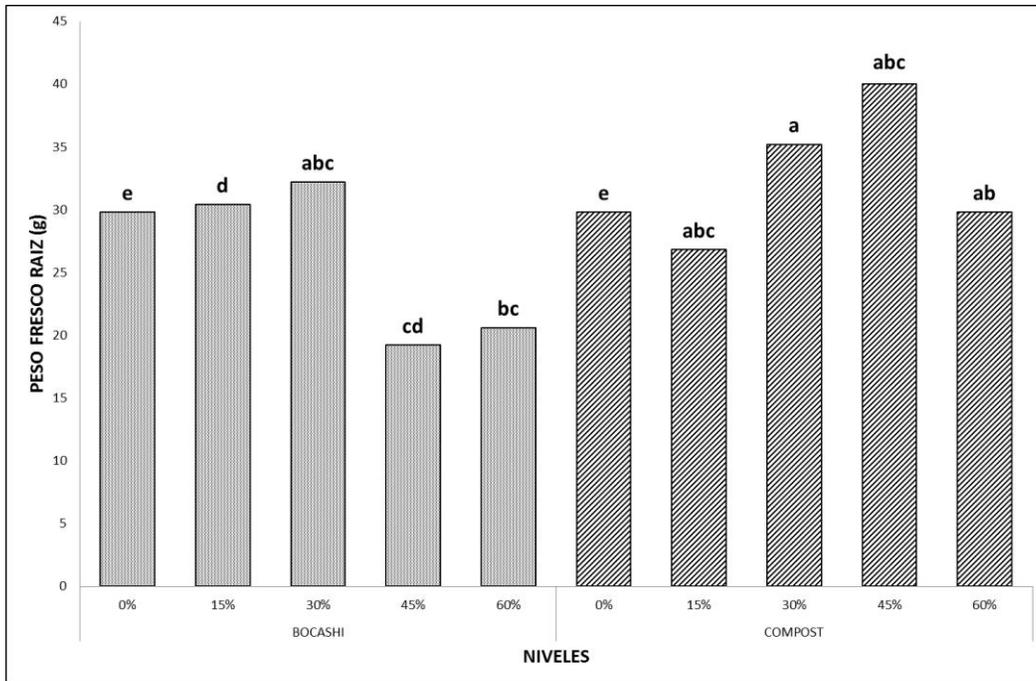


Figura A19. Promedios de peso fresco de la raíz del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 15.767.

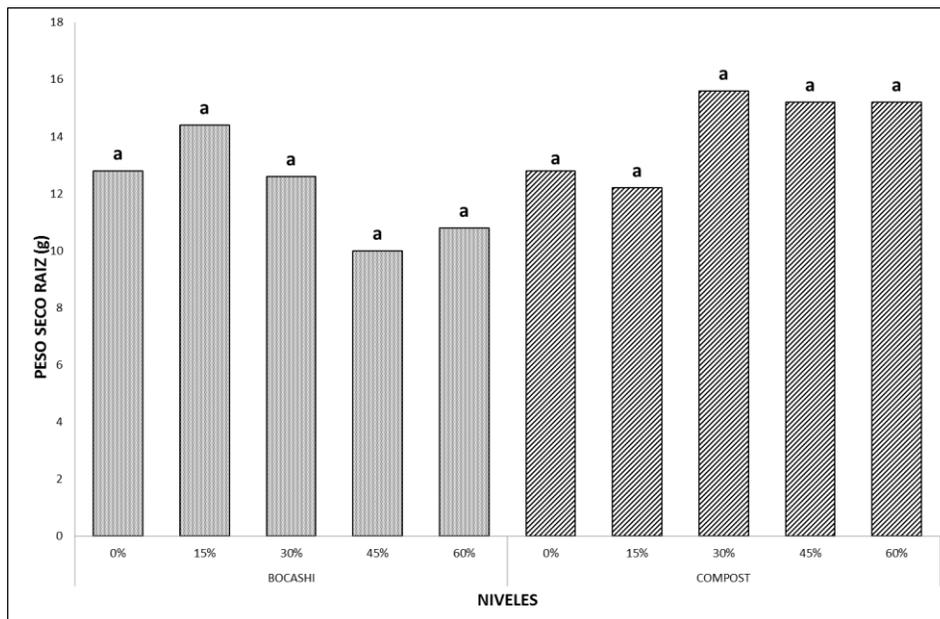


Figura A20. Promedios de peso seco de la raíz del cultivo de cilantro al aplicar diferentes niveles de bocashi y de compost. Letras iguales indican promedios similares estadísticamente a una $P \leq 0.05$ con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1960). La diferencia mínima significativa fue de 7.7392.