



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**EFFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES
EN LA PRODUCCIÓN DE ESTOLONES Y FRUTOS DE FRESA
(*Fragaria vesca* L.)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGO

PRESENTA

MOLINA NIETO CARLOS ROBERTO

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA SOCORRO OROZCO ALMANZA



MÉXICO, D.F.

2014

Investigación Realizada con el Financiamiento de la DGAPA (PE202111)

DEDICATORIA

A mis padres

María Luisa Nieto

Roberto Molina

A mis hermanos:

Zuleyma, Erick e Iván

A mis tíos:

Celia, Mago, Lalo

A:

Monse,

Víctor, Sandra, Héctor, Vero, Julio, Leslie y Alejandro

Dra. María Socorro Orozco Almanza

Agradecimientos:

A mi directora de tesis por su paciencia, dedicación en mi formación.

A la Dra. María Socorro Orozco Almanza, Dra. Esther Matiana García Amador, Biol. Leticia López Vicente, Dra. Hortensia Rosas Acevedo y Dra. Eva Aguirre Hernández por su tiempo y dedicación.

A Biol. Raquel Báez por el apoyo en la elaboración de mi proyecto.

A mis compañeros que tuve en la carrera y amigos que conocí en mi estancia en la Universidad.

Al M. en C. Eduardo Chimal Sánchez por invaluable apoyo para realizar la parte estadística de este trabajo.

A todos mis profesores, que me brindaron su tiempo y conocimiento en mi formación profesional.

A todos mis amigos y familiares que me dieron su apoyo.

A la Dirección General de Asuntos de Personal Académico por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo.

Índice

| | |
|--|----|
| 1.-INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 2. Antecedentes..... | 11 |
| 2.1 Agricultura Ecológica..... | 11 |
| 2.2. Nutrimientos esenciales para las plantas..... | 12 |
| 2.3. Factores que influyen en la disponibilidad de los elementos nutritivos | 12 |
| 2.4. Efecto de algunos nutrimentos en la regulación de plagas y enfermedades | 12 |
| 2.5. Características generales de la fresa | 13 |
| 2.5.1. Características taxonómicas | 13 |
| 2.5.2. Variedades más cultivadas en México | 13 |
| 2.5.3. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de la fresa | 14 |
| 2.6. Tipos de abonos orgánicos | 15 |
| 2.6.1. Composta | 15 |
| 2.6.2. Lombricomposta..... | 15 |
| 2.6.3. Bokashi | 15 |
| 2.6.4. Fertilizante Líquido Orgánico | 15 |
| 2.7. Efectos de los abonos orgánicos en las características físicas, químicas, biológicas del suelo así como en la supresión de plagas y enfermedades..... | 16 |
| 2.8. Abonos orgánicos y mineralización e inmovilización del nitrógeno..... | 17 |
| 2.9. Importancia de los nutrimentos | 18 |
| 2.10. Trabajos realizados en la producción orgánica de fresa | 19 |
| 2.11. Preguntas de investigación..... | 20 |
| 5. Objetivos | 21 |
| 5.1. Objetivo general | 21 |
| 5.2. Objetivos específicos..... | 21 |
| 6. Materiales y métodos | 21 |
| 6.1. Germoplasma | 21 |
| 6.2. Elaboración de abonos orgánicos:..... | 22 |
| 6.2.1. Composta | 22 |
| 6.2.2. Lombricomposta..... | 22 |
| 6.2.3. Bokashi | 22 |
| 6.2.4. Fertilizante Líquido Orgánico (FLO)..... | 23 |
| 6.3. Análisis químico de los componentes del sustrato (abonos orgánicos y del suelo) | 23 |

| | |
|---|----|
| 6.4. Preparación de los sustratos | 24 |
| 6.5. Aplicación de Abonos orgánicos..... | 24 |
| 6.6. Colocación de los sustratos en las unidades experimentales | 24 |
| 6.7. Trasplante de plantas de fresa a las unidades experimentales..... | 25 |
| 6.8. Protección de las plantas con mosquitero, para evitar el ataque de los depredadores | 26 |
| 6.9. Variables de respuesta | 26 |
| 6.9.1. Biológicas | 26 |
| 6.9.2. Ambientales..... | 26 |
| 6.10. Análisis estadístico..... | 26 |
| 7. Resultados y Discusión | 27 |
| 7.1. Composición química de los abonos orgánicos..... | 27 |
| 7.1.1. Materia Orgánica (MO.) | 27 |
| 7.1.2. Potencial de Iones Hidronio (pH)..... | 29 |
| 7.1.3. Nitrógeno | 31 |
| 7.1.4. Fósforo | 33 |
| 7.1.5. Potasio..... | 36 |
| 7.2. Composición nutrimental de los sustratos | 39 |
| 7.3. Composición nutrimental de las diluciones de los abonos orgánicos (fertilización adicional)..... | 40 |
| 7.4. Atributos del crecimiento, producción de estolones y rendimiento de las plantas de fresa | 40 |
| 7.4.1 Altura | 40 |
| 7.4.2. Cobertura..... | 42 |
| 7.4.3 Número de hojas..... | 42 |
| 7.4.4. Producción de estolones..... | 44 |
| 7.4.5. Fructificación | 46 |
| 7.5. Análisis nutrimental de los sustratos, después de cuatro meses continuos del cultivo de la fresa y síntomas de deficiencia. | 50 |
| 7.6. Rendimiento..... | 58 |
| 8. Conclusiones..... | 59 |
| 9. Recomendaciones | 60 |
| 10. Referencias | 61 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro1.-Composición nutrimental de los abonos orgánicos..... | 27 |
| Cuadro2.-Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica..... | 28 |
| Cuadro 3.-Clasificación en cuanto l valor de pH de acuerdo a la NOM 021 SEMANART-REC NAT (2000)..... | 29 |
| Cuadro 4.-Criterios para evaluar el suelo en base a su contenido de Nitrógeno total (Moreno 1978)..... | 31 |
| Cuadro 5.-Intervalos de fósforo recomendados por la NOM 021 SEMARNAT-REC NAT (2000)..... | 35 |
| Cuadro 6.-Interpretación de resultados de calcio, magnesio y potasio NOM 021 SEMARNAT-REC NAT(2000)..... | 37 |
| Cuadro 7.-Composición nutrimental de los sustratos..... | 39 |
| Cuadro 8.-Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en las diluciones de tés de los abonos orgánicos, aplicados como fertilizante adicional..... | 40 |
| Cuadro 9.-Efectos de los sustratos (suelo+abono) en los atributos de crecimiento de la fresa (<i>Fragaria vesca</i> L.)..... | 41 |
| Cuadro 10.-Características de los frutos de fresa (<i>Fragaria vesca</i> L.)entre los tratamientos..... | 48 |
| Cuadro 11.-Composición nutrimental de los sustratos para el cultivo fresa al inicio y al final del experimento..... | 50 |
| Cuadro 12.-Rendimiento en número de frutos por metro cuadrado y peso del fruto por tratamiento..... | 58 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribución de las unidades experimentales por tratamiento..... | 25 |
| Figura 2. Contenido de materia orgánica en los diferentes abonos orgánicos..... | 28 |
| Figura 3. Potencial de iones hidronio (pH) de los diferentes abonos orgánicos..... | 30 |
| Figura 4. Contenido de nitrógeno en los diferentes abonos orgánicos..... | 31 |
| Figura 5. Contenido de fósforo en los diferentes abonos orgánicos..... | 36 |
| Figura 6. Concentración de potasio en los diferentes los abonos orgánicos..... | 39 |
| Figura 7. Altura de <i>Fragaria vesca</i> L. bajo el efecto de los diferentes sustratos..... | 41 |
| Figura 8. Cobertura de <i>Fragaria vesca</i> L. bajo el efecto de diferentes sustratos..... | 42 |
| Figura 9. Número de hojas de <i>Fragaria vesca</i> L. bajo el efecto de los diferentes sustratos..... | 44 |
| Figura 10. Número de estolones de <i>Fragaria vesca</i> L. bajo el efecto de los diferentes sustratos | 45 |
| Figura 11. Crecimiento de estolones en las plantas de fresa..... | 46 |
| Figura 12. Total de frutos obtenidos durante el experimento..... | 46 |
| Figura 13. Curva acumulativa de fructificación de la fresa (<i>Fragaria vesca</i> L.)..... | 47 |
| Figura 14. Peso de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos..... | 49 |
| Figura 15. Diámetro ecuatorial de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos..... | 49 |
| Figura 16. Altura de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos..... | 49 |
| Figura 17. Porcentaje de materia orgánica al inicio y al final del experimento..... | 50 |
| Figura 18. Porcentaje de nitrógeno al inicio y al final del experimento..... | 51 |
| Figura 19. Contenido de fósforo al inicio y al final del experimento..... | 52 |
| Figura 20. Contenido de potasio al inicio y al final del experimento..... | 53 |
| Figura 21. Valores de pH al inicio y al final del experimento..... | 54 |
| Figura 22. Deficiencias de nitrógeno, hierro o zinc en las plantas de fresa..... | 55 |
| Figura 23. Deficiencias de potasio en las plantas de fresa..... | 56 |
| Figura 24. Deficiencias de calcio en las plantas de fresa..... | 57 |

Resumen

Actualmente el cultivo de la fresa en México, tiene una gran demanda tanto a nivel nacional como internacional, pero el 90% se produce bajo las prácticas de la agricultura tradicional, tales como el monocultivo, labranza intensiva, irrigación, aplicación de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas químicos, prácticas que degradan el suelo que es el elemento base para la agricultura. En contraste, la fresa en algunos estados de la República Mexicana (Michoacán, los estados de la región del Bajío) y parte del D.F (Xochimilco), se cultiva por las prácticas de la agricultura ecológica (policultivos, labranza cero y aplicación de materia orgánica al suelo y abonos orgánicos), que favorecen la conservación de la fertilidad del suelo, de la biodiversidad y generan rendimientos similares a los de la agricultura industrial; sin embargo es necesaria la investigación del efecto aislado de los insumos orgánicos como los abonos, en el rendimiento general de muchos cultivos, dentro de ellos, la fresa.

En este trabajo, se evaluó el efecto de cuatro abonos orgánicos: composta, lombricomposta, bokashi y Fertilizante Líquido Orgánico (FLO), en la producción de frutos y estolones de *Fragaria vesca* L. (fresa silvestre). Para ello, se realizó un análisis macronutricional (N, P, K) de los cuatro abonos y de un testigo (suelo), lo cual se hizo previo al trasplante de las plantas de fresa a las unidades experimentales definitivas, en este caso bolsas de vivero negras de 30X30 cm, calibre 600. El sustrato para el cultivo, fue una mezcla de suelo y el abono orgánico correspondiente a evaluar. Una vez trasplantadas las plantas de fresa, semanalmente se administró al sustrato una fertilización complementaria a la básica, consistente en los mismos abonos orgánicos, preparados en una dilución 1:10 de abono orgánico y agua. Durante cuatro meses se evaluó quincenalmente en las plantas de cada tratamiento, altura, cobertura, número de hojas y número de estolones, dentro de las variables del crecimiento y al momento de la cosecha: número de frutos, peso, largo y diámetro ecuatorial. A las variables de respuesta del crecimiento, de la cosecha y de la composición nutricional de los abonos, se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias entre los tratamientos, y una prueba t Student al sustrato, comparando la composición macronutricional de éste, al momento del trasplante y cuatro meses después, con el fin de cuantificar las diferencias, como un indicador de su desgaste nutricional.

Los resultados mostraron que los abonos orgánicos afectaron principalmente y de manera diferencial la producción de frutos, donde la composta presentó los mejores resultados con 62 frutos, seguido del bokashi y FLO con 43 frutos, la lombricomposta con 22 y por último el testigo con 8 frutos/ planta; sin embargo en relación al peso, altura, largo y diámetro ecuatorial de los frutos, no hubo diferencias entre tratamientos. El número de estolones, también presentó diferencias significativas entre tratamientos. La composta registró el mayor número, el FLO y el testigo los valores intermedios y la lombricomposta y el bokashi los valores más bajos. En general, en las variables del crecimiento tampoco se registraron diferencias estadísticas significativas. Como conclusión, se plantea que el cultivo de la fresa silvestre (*Fragaria vesca*), es viable, tan solo utilizando abonos orgánicos, preparados con materiales locales, y que el cultivo se puede sostener de esta manera, durante un período de cuatro meses, presentando un buen desarrollo vegetativo, una buena producción de hojas y estolones, sin embargo, la producción de flores y frutos fue baja, pero no como resultado de los abonos orgánicos, sino principalmente, debido a las características genotípicas de la variedad silvestre. Después de los cuatro meses del cultivo, bajo estas condiciones, se recomienda cambiar el sustrato, debido a que las plantas en este momento, pueden presentar deficiencias nutricionales (N y Ca).

1.-INTRODUCCIÓN

Las técnicas de producción de alimentos en la agricultura convencional a nivel mundial, presentan una serie de problemas ambientales, principalmente por el uso excesivo de fertilizantes artificiales sintéticos, así como plaguicidas y herbicidas (De las Heras *et al.*, 2003).

Por otro lado, el mal manejo de los desechos generados en la industria pecuaria, tales como los estiércoles, producen contaminación de aguas superficiales y subterráneas por efecto principalmente, de compuestos, como el nitrógeno, en forma de nitrato, y fósforo como fosfato, a la vez que cationes como potasio (K+) (Fernández, 2000).

Una alternativa, ante esta situación es el cambio de tendencias, que practica la agricultura convencional, en cuanto a las técnicas de producción de alimentos, así como para el manejo de los desechos de origen animal. Como una opción, se plantea la producción de alimentos mediante la aplicación de técnicas agroecológicas que permiten una mejor conservación de los recursos: agua, suelo y biodiversidad y, que únicamente depende de insumos locales para su desarrollo (Altieri, 1994).

Uno de los insumos más importantes en la agricultura orgánica, son los biofertilizantes, elaborados con residuos de origen vegetal, animal y/o mineral, los cuales proveen de los nutrimentos esenciales a las plantas (Verlag Chemie, 1988); del mismo modo, la aplicación de estos biofertilizantes, les proporcionan cierta resistencia contra las plagas (teoría trofobiosis) (Flores, 2009).

Por otro lado los biofertilizantes mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Gómez, 2004).

Los biofertilizantes han sido utilizados en una gran variedad de cultivos, sin embargo aún existe un gran vacío en relación a la eficiencia cuantitativa que estos tienen en el rendimiento de dichos cultivos, además de que es necesaria la investigación de su efecto en una gran diversidad de especies hortícolas (Hernández *et al.*, 2006).

En México, el cultivo de fresa se produce en un 90% por técnicas de la agricultura convencional, como el monocultivo y la aplicación de fertilizante y plaguicidas químicos (Gómez, *et al.*, 2005).

Por otro lado, en México la fresa orgánica se produce en Michoacán, Irapuato y Xochimilco (Gómez *et al.*, 2008), (8); sin embargo, a pesar de la experiencia que ya se tiene en su cultivo orgánico, son muy pocos los trabajos publicados al respecto (Romero, 2011; Verdugo, 2011; Sánchez, 2007 y López *et al.*, 2001), por lo que aún es necesario la evaluación de la mayoría de los abonos orgánicos, en el crecimiento y producción de una gran cantidad de cultivos hortícolas; es por esto que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de cuatro abonos orgánicos (composta, lombricomposta, bokashi y fertilizante líquido orgánico (FLO), en el cultivo de la fresa silvestre.

2. Antecedentes

2.1 Agricultura Ecológica

La agricultura ecológica es la producción de alimentos, forrajes, plantas medicinales, ornamentales y forestales, a través del policultivo y la conservación del suelo, utilizando diversos biofertilizantes o abonos orgánicos, así mismo, se caracteriza por regular las plagas mediante el manejo del hábitat (Pérez, 2004).

La Agricultura ecológica, tiene sus bases en una serie de corrientes o escuelas que coinciden en principios agroecológicos (Pérez, 2004), tales como:

1. Agricultura biodinámica (Steiner 1930). Es la escuela de agricultura biológica más antigua, se fundamenta, en la interacción de las fuerzas del organismo (vegetal o animal), las telúricas y cósmicas, de esta relación surgen las manifestaciones propias del organismo.
2. Agricultura biológica (Muller, 1960). Considera que todos los seres vivos de una granja (cultivos y animales) están regidos por las leyes de la vida y se encuentran relacionados con los otros componentes del medio, como el suelo, los microorganismos y el ser humano, conformando los ciclos biológicos, presentes en los sistemas agrarios.
3. Agricultura Orgánica (Howard, 1930-1940). Se basa en el aprovechamiento de la materia orgánica, como un elemento nutricional básico para el suelo y la planta. Además del reciclaje de nutrientes, establece que la asociación de cultivos y la interacción entre animales y cultivos es fundamental.

La agricultura ecológica es una estrategia de desarrollo social, económico y ambiental, que trata de resolver algunas de las limitaciones encontradas en la agricultura convencional (erosión, degradación del suelo y pérdida de la biodiversidad). Por lo que, más que una tecnología de producción, es una alternativa de manejo integral y sostenible de los recursos agropecuarios, que se fundamenta en un manejo inteligente del suelo y del hábitat, así como en el fomento del uso de insumos locales y de una cadena de comercialización más justa (Gliessman, 2002).

La filosofía de éstas corrientes de agricultura alternativa se basa en la aplicación de cuatro principios fundamentales:

- 1.- El suelo es un ser vivo y dinámico, integrado por tres componentes: mineral, orgánico y biológico (micro y macro organismos) cuyas funciones proveen de alimento a las plantas.
- 2.- El sistema de producción debe ser diversificado, para ser estable y sostenible.
- 3.-Las plantas deben ser correctamente nutridas, para desarrollar un metabolismo equilibrado y saludable.
- 4.- Un manejo adecuado del hábitat, permite una mejor regulación de las plagas y a la vez constituye una mitigación a la pérdida de cultivos por catástrofes naturales (Altieri, 1994).

2.2. Nutrimientos esenciales para las plantas

Una de las bases, para utilizar abonos orgánicos, es el aportar los nutrimentos esenciales de forma natural a las plantas para su crecimiento. Estos nutrimentos, están conformados por dieciséis elementos esenciales, los cuales provienen principalmente del suelo y del aire (Labrador, 2001).

Los elementos con funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta se clasifican según su concentración de la misma y, conforme a sus requerimientos para el adecuado crecimiento y reproducción, en dos grupos: macro y micronutrientes (Kirkiby *et al.*, 2007).

Los macronutrientes incluyen elementos que las plantas asimilan por medio de reacciones químicas, que incluyen la carbonización y la oxidación – reducción y que son requeridos en grandes cantidades (kirkiby *et al.*, 2007). Los micronutrientes incluyen elementos que las plantas asimilan por medio de reacciones de almacenamiento de energía o mantenimiento integral y estructural de la planta y que son requeridos en menores cantidades (Taiz y Zeiger, 2006).

Las plantas poseen un mínimo óptimo y máximo de la tolerancia para cada uno de los elementos nutritivos; por ello su disponibilidad puede ser anormal por defecto (deficiencia o carencia nutricional), o por exceso, verificándose en tal caso fenómenos de fitotoxicidad (intoxicación) (Arauz, 1998).

2.3. Factores que influyen en la disponibilidad de los elementos nutritivos

La disponibilidad de los nutrimentos para las plantas puede ser afectada por factores ligados a el suelo como el pH, el tipo de arcilla, el contenido de materia orgánica y las formas de humus que predominan, la actividad de los microorganismos, el contenido de agua y la fuente de fertilizante aplicada, especialmente por la solubilidad (Kass, 2007).

2.4. Efecto de algunos nutrimentos en la regulación de plagas y enfermedades

El fósforo y el potasio en general incrementan la resistencia de las plantas contra las enfermedades, aunque este efecto es mayor en el caso del potasio. Las aplicaciones de potasio en los almácigos, pueden reducir las enfermedades fúngicas en las semillas y en las raíces de las plantas, así como promover un desarrollo vigoroso de las mismas (Ruiz, 1990).

Por otro lado, en exceso estos nutrimentos puede provocar ciertos daños, ya que son esenciales para la multiplicación de los virus, por lo que un excedente puede incrementar la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades virósas.

El potasio, probablemente ejerce un gran efecto sobre la supresión de las enfermedades, a través de una función metabólica específica, que altera la compatibilidad de la relación ambiental, parásito – huésped (Velasco, 1999).

2.5. Características generales de la fresa

2.5.1. Características taxonómicas

Reino: *Plantae*. Subreino: *Embryobionta*. División: *Magnoliophyta*. Clase: *Magnoliopsida*. Subclase: *Rosidae*. Superorden: *Rosanae*. Orden: *Rosales*. Familia: *Rosaceae*. Subfamilia: *Rosoidae*. Género: *Fragaria*. Especie: *Fragaria vesca* L. (Bonet, 2010).

Planta herbácea, de unos 15 a 45 centímetros de altura, de follaje verde brillante, que nace del cuello de la planta y las hojas alternadas, tienen un peciolo cada una, con distinta longitud y, emerge del péndulo principal a diferente nivel. Las flores son regulares o actinomorfas, hermafroditas. El androceo, constituido por 25 estambres. El fruto deriva de la modificación del receptáculo y en el cual se encuentran los aquenios o frutos verdaderos, con diferentes formas: globosas, acorazonadas o puntiagudo de color rojo (Sánchez, 2007).

En este trabajo se utilizó la fresa silvestre o *Fragaria vesca* L.

2.5.2. Variedades más cultivadas en México

En México, se cultiva una gran diversidad de variedades, éstas son principalmente importadas, dada la carencia de variedades locales altamente productivas. Algunas de estas variedades son (7):

- a) Florida Festival. Es la más utilizada en los principales estados de: Guanajuato, Michoacán, México. Se estima que está presente en el 60% de las plantaciones.
- b) Sweet Charlie. Es una variedad de fruta usada en el estado de Guanajuato. Es muy susceptible a sufrir daños durante el manejo.
- c) Galaxia. Variedad de reciente incorporación al campo mexicano, que está siendo probada por ciertos productores, pero cuya demanda aún es inexistente, pero es de excelente calidad.
- d) Camino Real. Variedad que más demanda tiene entre los productores de México. Es de desarrollo tardío.
- e) Albion. Es de desarrollo tardío, precoz y de reciente introducción a México (2006).
- f) Camarosa. Esta variedad ocupa el tercer lugar, de preferencia. Se ha utilizado aproximadamente durante 10 años y actualmente, su demanda va en descenso.
- g) Aroma. Es una variedad susceptible a las deformaciones, por lo que está siendo rechazada en el mercado.
- h) Ventana. Esta variedad tiene muy buena aceptación para su cultivo en Baja California, por su precocidad. En esta entidad se usa en mayor proporción al resto de las variedades ya que no se ha adaptado muy bien a las condiciones de los estados productores del centro del país.
- i) Diamante. Utilizada en el estado de Jalisco con altos rendimientos bajo condiciones de invernadero.

2.5.3. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de la fresa

Los requerimientos indispensables para el desarrollo óptimo de la fresa son:

- 1) Temperatura óptima de 15 a 20°C en el día y de 15 a 16°C en la noche, temperaturas por debajo de 12°C durante el cuajado, dan lugar a frutos deformes, por el frío, en tanto que en climas muy calurosos puede originar una maduración y una coloración del fruto muy rápida, lo cual impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización (2).
- 2) Humedad relativa de 60 a 75%; cuando es excesiva permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, y por el contrario, cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción y en casos extremos pueden provocar la muerte (6).
- 3) El pH óptimo es de 6.5 a 7.5, aunque en unos suelos puede ser de 5.5 a 6.5 (Ruiz, 1999).
- 4) Suelos con altos niveles de materia orgánica entre (2- 3%). Se recomienda evitar suelos salinos, con concentraciones de sales, que originen conductividad eléctrica en extracto saturado superiores a 1mmhos/cm, ya que en niveles superiores puede originar disminución en la producción. Además la fresa es muy sensible a la presencia de cal (carbonato de calcio) sobre todo a niveles superiores a 6%, desarrollando una clorosis consecuente (6).
- 5) El consumo hídrico óptimo es de 400 a 600 mm anuales, y absorbe la mayor parte de sus necesidades en los primeros 30-40 cm de profundidad (6).
- 6) Requiere dependiendo, si la variedad es de día corto o largo entre 12-15 h de luz (Mendieta, 2011).

2.6. Tipos de abonos orgánicos

2.6.1. Composta

La composta es un tipo de bioabono, que se da por la degradación biológica de los materiales orgánicos, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termófilicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos (4).

La composta presenta varios beneficios entre los que se encuentran la sanidad y el crecimiento de las plantas. Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumenta su capacidad de retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico en el mismo. Es fuente importante de nutrimentos para las plantas y para los microorganismos del suelo y, puede amortiguar los cambios de pH en el entorno edáfico (5).

2.6.2. Lombricomposta

La lombricomposta es el abono elaborado por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), y es un conjunto de heces que excretan estos organismos y, que tiene la misma apariencia y olor a la tierra negra, es un sustrato con gran uniformidad, contenido nutrimental y una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de agua (Mendoza, 2008).

En el proceso de lombricomposteo, no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables. La lombricomposta proporciona cinco veces más nitrógeno, siete veces más fósforo, cinco veces más potasio y dos veces más calcio, que una composta común (Mendoza, 2008).

La temperatura óptima para la crianza de lombriz californiana, que es la que comúnmente se utiliza, es de 21°C, con una humedad del 85% (Mendoza, 2008).

2.6.3. Bokashi

El bokashi es un abono orgánico de origen japonés cuyo nombre significa “materia orgánica fermentada”. Es un abono inicialmente utilizado por los agricultores japoneses, como un mejorador del suelo y para aumentar la actividad microbiana, en general es un mejorador de las condiciones físicas y químicas del suelo, y un preventivo de enfermedades (Masaki *et al.*, 2000).

La acción principal del Bokashi es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero al mismo tiempo nutrir al cultivo y suplir alimentos (materia orgánica) para los mismos microorganismos (Masaki *et al.*, 2000).

2.6.4. Fertilizante Líquido Orgánico

Es un abono líquido que se prepara en frío y de manera aeróbica, y cuyo elemento base es el estiércol. Generalmente se enriquece con otros productos como: melaza, harina de rocas, roca fosfórica, leche, harina de hueso, cenizas etc. y se utiliza para para nutrir a las plantas y prevenir las enfermedades (Félix *et al.*, 2008).

2.7. Efectos de los abonos orgánicos en las características físicas, químicas, biológicas del suelo así como en la supresión de plagas y enfermedades

Los abonos orgánicos por sus características en su composición son formadores de humus y enriquecen el suelo, y dan como resultado la modificación de algunas de las propiedades y características del mismo, tales como: pH, cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad del fósforo, calcio, magnesio, potasio, y un incremento de la actividad de la microbiota (13). También los abonos orgánicos, pueden reducir la acidez intercambiable (13).

Los biofertilizantes actúan sobre las propiedades físicas del suelo (fertilidad física); estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de los agregados (13).

Un incremento en la porosidad, aumenta la capacidad del suelo para retener el agua e incrementan simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo (13).

La composición química de los abonos orgánicos varía de acuerdo al origen de estos. Las características químicas del suelo, que cambian por efecto de la aplicación de estos abonos son principalmente, el contenido de materia orgánica, que a su vez origina un aumento en el porcentaje de nitrógeno total, en la capacidad de intercambio catiónico, en el pH y en la concentración de sales (13).

El efecto de los abonos orgánicos en las características biológicas del suelo, se va a dar por un incremento de los microorganismos presentes en los biofertilizantes, los cuales influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de la planta, así como en la estructura del suelo por efecto de la agregación de los productos de la degradación. Por lo tanto existe una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo (13).

En la relación con la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales (13).

Los abonos orgánicos pueden prevenir y controlar la presencia y severidad de las enfermedades del suelo su acción se basa en los siguientes pasos:

- a) Incremento de la capacidad biológica del suelo para amortiguar a los patógenos (13).
- b) Reducción del número de patógenos, por la competencia que se establece con microorganismos no patógenos del suelo.
- c) Aumento en el contenido de nitrógeno amoniacal en los procesos de mineralización del abono orgánico.
- d) Incremento de la capacidad de los hospedantes para provocar rechazo hacia los patógenos.

2.8. Abonos orgánicos y mineralización e inmovilización del nitrógeno

La mineralización es el proceso de transformación de N orgánico a N inorgánico, ya sea en forma NH_4^+ o NO_3^- (12).

El proceso de amonificación se da cuando hay un cambio de N a NH_4^+ , esto se debe en parte a que el NH_4^+ es la forma de nitrógeno inmovilizada preferentemente por los microorganismos, a la conexión íntima que existe entre los procesos de mineralización e inmovilización de N y a que el proceso de mineralización hasta NH_4^+ , es realizado por los microorganismos heterótrofos del suelo, los cuales utilizan sustancias orgánicas carbonadas como fuente de energía (12).

La transformación de N orgánico a NH_4 involucra dos reacciones, la de aminización y la de amonificación, llevadas a cabo por una gran variedad de microorganismos no especializados, incluyendo bacterias aeróbicas y anaeróbicas y hongos y actinomicetes. Es además un proceso lento, comparado con el resto de las transformaciones que sufre el N hasta llegar a NO_3 (12).

La etapa de aminización, la cual comprende la ruptura de las proteínas es realizada por las bacterias y hongos heterótrofos. Las bacterias predominan en condiciones de pH neutro o alcalino, mientras que en condiciones de pH ácido, los primeros en atacar son los hongos. En este proceso las proteínas son transformadas a aminas, aminoácidos y urea (Tislade *et al.*, 1993)

En la etapa de amonificación, las aminas y los aminoácidos son descompuestos por otros microorganismos heterótrofos, los cuales liberan NH_4^+ . Los factores que más inciden en la tasa de mineralización son la humedad y la temperatura del suelo, aunque existen otras condiciones que también influyen, como pueden ser, las propiedades físicas y químicas del suelo, las prácticas de manejo o la presencia de otros nutrientes (Campbell, 1978). Debido a la multiplicidad de los factores, es importante resaltar que en el campo, raramente se dan todas las condiciones, para que ocurra una óptima mineralización. Debido también al número de factores que lo afectan, los suelos difieren enormemente en su capacidad de mineralización del N (12).

a) Humedad del suelo. La mineralización es muy baja en suelos secos, pero aumenta rápidamente cuando el contenido de agua también aumenta. Comparada con la producción de NO_3^- , la amonificación es menos dependiente de la humedad del suelo, ya que esta es realizada por muchas clases de microorganismos, tanto aeróbicos como anaeróbicos, mientras que la nitrificación ocurre en un rango de contenido de agua más estrecho. Esto determina que la mineralización se da en condiciones de suelos con contenidos de agua moderados, hasta muy altos e incluso en condiciones de anegamiento. Sin embargo bajo condiciones anaeróbicas el NH_4^+ producido tiende a acumularse, ya que se reducen los requerimientos de N de los microorganismos de los suelos (Rice y Havlin, 1974).

b) Temperatura

La mineralización del N es muy reducida a bajas temperaturas porque se limita la actividad de los microorganismos, sucediendo lo mismo a temperaturas muy elevadas. Sin embargo, debido a que la mayoría de los microorganismos que realizan este proceso son termófilos, el rango óptimo de temperatura para la mineralización se produce entre los 40 y 60 °C.

c) Alternancia de secado y humedecimiento.

Es el proceso de expansión y contracción de los suelos a causa de la alternancia de periodos de secado y humedecimiento, lo cual produce una ruptura en los microagregados del suelo y en consecuencia aumenta la superficie específica expuesta a la acción de los microorganismos y a su vez una desestabilización de la materia orgánica en el suelo y un aumento en la velocidad de mineralización.

d) Reacción del suelo

Como la flora capaz de mineralizar es muy amplia, no existe un pH óptimo definido para este proceso. Sin embargo, el pH del suelo incide en la tasa de mineralización del N (12).

La inmovilización se produce cuando los iones orgánicos, son asimilados por los microorganismos del suelo y de nuevo ligados a la materia orgánica. Los procesos de mineralización e inmovilización son procesos que se producen simultáneamente en un ciclo continuo.

2.9. Importancia de los nutrimentos

El nitrógeno es necesario en grandes cantidades, ya que es importante para la síntesis de enzimas, el nitrógeno forma parte de la clorofila y es requerido para su síntesis, por otra parte es importante para una buena floración y fructificación (Gliessman 2000).

El fósforo es un importante componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP, constituye los cromosomas del DNA, y los nucleótidos del RNA y ribosomas, la membrana celular depende de los fosfolípidos para la regulación de los movimientos de materiales dentro y fuera de las células y organelos. El fósforo forma fosfato dentro de varias enzimas que catalizan las reacciones metabólicas. Metaboliza el azúcar en plantas, también participa en las reacciones iniciales de la fotosíntesis (Gliessman 2000). El fósforo es importante para las plantas ya que tiene la función básica de las reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilización que libera la energía (Lampkin 2001).

El potasio es un nutriente esencial para la planta, necesario para la síntesis de aminoácidos y proteínas a partir de los iones amonio. Se cree que es importante para la fotosíntesis, por que la falta de potasio en las hojas, parece provocar una disminución en la asimilación del dióxido de carbono. En los seres vivos este ion es importante para el fluido intracelular. Contribuye de forma significativa a las propiedades osmóticas de estos fluidos (Lampkin 2001).

Otros micronutrientes como el calcio, magnesio y azufre, también son considerados como macronutrientes, pero estos son clasificados de esta manera por las altas concentraciones presentes en la planta y su importancia en diferentes estructuras y procesos de la planta (Gliessman 2000).

2.10. Trabajos realizados en la producción orgánica de fresa

Dentro de los trabajos relacionados con el tema se tiene:

Pesakovic *et al.* (2013), realizó el estudio de “Efecto del biofertilizante en el rendimiento en relación de las características de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) y microorganismos del suelo”, donde evaluó tres biofertilizantes: inóculo líquido de bacterias *Klebsielladiazo* trópicas plantícolas (PGPR1); inóculo líquido combinado con *Azotobacter*, *Dexia* y géneros como *Bacillus* y multi fertilizantes KMG y obtuvo un rendimiento de 0.52 kg por planta para el tratamiento de PGPR 1.

Verdugo (2011), trabajó con “Introducción de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) y técnicas de fertirrigación, empleando cuatro biofertilizantes líquidos, los cuales mejoraron el crecimiento y desarrollo de la planta, incrementando el número de frutos, así como el peso y longitud. En general bajo esta investigación, se reporta mayores rendimientos”.

Romero (2011), demostró que la producción orgánica de la fresa a base de lombricomposta, es suficiente para cubrir las necesidades nutrimentales de este cultivo. En este trabajo se evaluó el efecto de la lombricomposta sola, lombricomposta más fertilizante mineral y lombricomposta enriquecida con estiércol y cascarilla de cacahuete, y se demostró que este bioabono es una alternativa viable, desde el punto de vista nutricional para las plantas y al mismo tiempo es económico e inócuo para el ambiente. La fertilización orgánica-mineral en el cultivo de fresa y la evaluación de los sustratos para la producción de lombrices (*Eisenia foetida* Sav.), demostró que la producción orgánica a base de lombricomposta, es suficiente para cubrir las necesidades nutrimentales de este cultivo.

Singh *et al.* (2008) determinaron el efecto de la lombricomposta en el crecimiento, desórdenes fisiológicos, rendimiento y calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), para cuatro niveles de vermicomposta (2.5, 5.0, 7.5, 10 toneladas por hectárea) utilizando como suplemento un fertilizante inorgánico para equilibrar requerimientos de fertilización de la fresa en la región semiárida del norte de la India, con concentraciones de N,P,K con lo cual obtuvo un incremento del 10.7% en propagación, 23.1 % en área foliar, 20.7 % de materia seca, una reducción drástica en la incidencia de trastornos fisiológicos como albinismos (16.1 hasta 4.5 %,) malformaciones de la fruta (11.5 hasta 4.0 %) y la aparición del moho gris de (10.04 a 2.0.1 %), también hubo una reducción importante en los trastornos asociados a los nutrientes y enfermedades como Brotitis y un aumento en el rendimiento de frutos comerciales de hasta 58.6 %, con mejores parámetros de calidad, la fruta cosechada del tratamiento con lombricomposta eran más firmes, tenían menor acidez y un color más atractivo.

Sánchez (2007), evaluó la producción orgánica de fresa (*Fragaria ananassa*), en tubos de PVC”, utilizando grava fina como sustrato, y agregando una mezcla de tierra compuesta, con las siguientes proporciones: 2/3 de composta de lombriz y 1/3 de tierra de río, con esta última mezcla, reporta buenos rendimientos (7,125 toneladas de frutos por 50,000 plantas) a un bajo costo de producción.

Arancon *et al.* (2004), determinó la influencia de la lombricomposta en el rendimiento de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad “Chandler”, donde se incorporaron 10 cm. de bioabono (lombricomposta comercial) y un suplemento de fertilizante inorgánico de NPK, demostrando un incremento en el crecimiento y rendimiento significativo: 37 % en el área foliar, 37% en la biomasa de la planta, 40 % en el número de flores y 36 % en el peso de la fruta.

López *et al.* (2001), por su lado, trabajó con los abonos orgánicos y, su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como en el rendimiento del maíz”, evaluando el efecto de los abonos orgánicos: estiércol de borrego, cabra, gallina y composta y un testigo con fertilización mineral, sobre las propiedades físico químicas del suelo, demostrando, que los abonos orgánicos principalmente la composta en dosis de 20 a 30 toneladas por ha, puede ser una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica en el cultivo de maíz.

2.11. Preguntas de investigación

El propósito de este trabajo, fue responder a los siguientes cuestionamientos:

¿La composición nutrimental de los abonos orgánicos cubre los requerimientos de la fresa, y por lo tanto pueden ser una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica en *Fragaria vesca*?

¿Los abonos orgánicos producen una cantidad de frutos suficiente para mantener una producción de autoconsumo?

¿La fresa puede mantener una producción de estolones y frutos de forma sostenida?

3. Justificación

La fresa es un cultivo de producción intensiva, que se maneja bajo el sistema de monocultivo, y variedades mejoradas, el cual requiere de grandes cantidades de insumos químicos para obtener altos rendimientos.

Este sistema de producción es perjudicial para el ambiente, ya que daña la fertilidad del suelo, lo contamina y además promueve una pérdida de la biodiversidad.

Como un sistema alternativo, está el agroecológico que se basa en el mejoramiento del suelo y del hábitat. El suelo es el recurso fundamental para el desarrollo de este sistema. Para mejorarlo se utiliza principalmente la aplicación de bioabonos, los cuales son fertilizantes de origen natural que conservan la fertilidad del suelo, al incrementar su contenido en materia orgánica.

4. Hipótesis

El cultivo de la fresa, fertilizada con los cuatro abonos orgánicos, producirá estolones y frutos, aunque la cantidad de estos será una función directa de la composición nutrimental de cada abono.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y rendimiento de un cultivo de fresa (*Fragaria vesca* L) bajo la aplicación de cuatro abonos orgánicos.

5.2. Objetivos específicos

Evaluar la composición nutrimental de los abonos orgánicos.

Cuantificar la producción de estolones y el rendimiento por planta.

Evaluar la disponibilidad de los nutrimentos en cada abono orgánico mediante síntomas de deficiencia en las plantas.

6. Materiales y métodos

6.1. Germoplasma

Se trabajó con plantas de la especie *Fragaria vesca* L. (fresa silvestre), identificadas por el Dr. Calderón Zavala Guillermo (Profesor Investigador Asociado en Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura, Colegio de Postgraduados) y obtenidas de estolones producidos por plantas adultas y propagadas previamente en el vivero Chimalxochipan localizado en el campus II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

Las plantas seleccionadas presentaron las mismas características en relación a tamaño, número de hojas y cobertura.

6.2. Elaboración de abonos orgánicos:

6.2.1. Composta

Se preparó una composta con base a los siguientes componentes: materia orgánica (residuos de cocina), paja, hojarasca, suelo y estiércol de caballo, se calculó las proporciones necesarias para mantener una relación C/N=30, considerando la siguiente fórmula (3):

$$X = \frac{(30 \text{ veces } N_n) - C_n}{C_c - (30 \text{ veces } N_c)}$$

Dónde:

X = Cantidad en peso del material rico en carbono, para cada parte de nitrógeno

N_n = % de nitrógeno, en el material rico en N.

C_n = % de carbono, en el material rico en N.

N_c = % de nitrógeno, en el material rico en C.

C_c = % de carbono, en el material rico en C.

Para su elaboración se utilizó una tina de plástico de forma elíptica con una altura de 50 centímetros, por 1m de diámetro y 50 cm de profundidad. El método de preparación fue el recomendado por (Rodríguez *et al.*, 2006).

6.2.2. Lombricomposta

La lombricomposta se elaboró mediante la descomposición de estiércol de caballo, por la lombriz roja *Eisenia foetida*. Se ocupó el método propuesto por Tlateomanis Consultores Ambientales (citado por Orozco, 2010), que consiste en la crianza de la lombriz en botes de plástico o cubetas de 19 litros, perforadas en sus paredes para facilitar la aireación y la degradación aeróbica, así mismo, cada bote tuvo una perforación en el fondo de una de las paredes, para recolectar el lixiviado.

Para una mayor pureza del lixiviado, se colocó en el interior y fondo de la cubeta una maya o tul para filtrar los residuos de la degradación de la materia orgánica. En cada cubeta se sembró 300 lombrices. Se dejaron los botes en un lugar sombreado y después de tres a cuatro meses se obtuvo la lombricomposta.

Quincenalmente se incorporó al sustrato cáscaras de plátano, zanahoria y naranja, para enriquecer la dieta de las lombrices y promover su reproducción. Cada 15 días se midió el pH del sustrato, con un potenciómetro Hanna Instrument portátil, para mantener el óptimo recomendado (6.5-7.0) para la supervivencia de la lombriz (Mendoza, 2008).

6.2.3. Bokashi

Se utilizó la técnica propuesta por Orozco (2010), que consistió en mezclar: suelo negro tamizado, pasto de poda cortado finamente, carbón vegetal, piloncillo, gallinaza, avena, arroz o trigo quebrado, melaza, maíz picado, levadura, leche, cal, azúcar y estiércol de caballo. La proporción de los componentes se hizo en función del cálculo matemático para mantener una relación C/N=30 (ver fórmula en preparación de composta), posteriormente las cantidades

calculadas se mezclaron sobre un plástico negro, humedeciendo con agua azucarada y piloncillo, hasta obtener una mezcla homogénea y después se envolvió con el plástico de tal manera que el calor generado en el interior se conservara. Después de 30 días, el Bokashi estuvo listo para utilizarlo.

6.2.4. Fertilizante Líquido Orgánico (FLO)

Se preparó de acuerdo al método propuesto por el Manual Agropecuario (2002) y modificado por Flores (comunicación personal, 2012).

La realización del FLO, se hizo en un bote de plástico de 200 l, donde se colocó 40 kg. de estiércol de caballo, contenido en dos arpillas de plástico; posteriormente se adicionaron 100 l de agua y se colocó una roca grande sobre el costal de estiércol para asegurar que quede sumergido, en seguida se adicionaron 5 kg de melaza, 2 kg de piloncillo diluidos en agua, 12.3 kg de cascarón de huevo, previamente lavado y molido, 680 gramos de roca fosfórica, 3.5 kg de huesos de res y de pollo previamente lavados y 2 l de leche cortada; todos los componentes se mezclaron, y la superficie de la mezcla se cubrió con una capa de cenizas (5 kg.) y se dejó reposar un mes y medio para favorecer la fermentación aeróbica.

6.3. Análisis químico de los componentes del sustrato (abonos orgánicos y del suelo)

Se evaluó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), así como el contenido de materia orgánica y el pH, para cada abono orgánico y, por separado, también se evaluaron estos parámetros en un suelo negro ya utilizado en otros cultivos, ambos suelo y abonos orgánicos, se mezclaron para la obtención de los diferentes sustratos.

Los nutrimentos nitrógeno, fósforo y potasio se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta en la NOM 021 SEMARNAT 2000. Nitrógeno inorgánico por el método (AS-08 NOM 021 SEMARNAT 2000); basado en el principio de extracción con el procedimiento Micro-Kjeldahl. Fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos, por el método (AS-10 NOM 021 SEMARNAT 2000), basado en el procedimiento de Olsen y colaboradores. Potasio por método (AS-12 NOM 021 SEMARNAT 2000) con base en el principio de saturación de la superficie de intercambio con un catión índice. El pH, por el método (AS-02 NOM 021 SEMARNAT 2000) electrométrico basado en el principio de la determinación del ion H^+ mediante el uso de un electrodo sensible a él ion H^+ y materia orgánica por el método (AS-07 de Walkley y Black NOM 021 SEMARNAT 200). Este método se basa en la oxidación del carbonato orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado (1).

6.4. Preparación de los sustratos

Se prepararon 12 repeticiones por cada abono orgánico y testigo. En todos los casos se utilizó suelo de vivero (ya utilizada en otros cultivos) como base para aplicar los cuatro abonos orgánicos.

Sustrato 1. Suelo+ Composta+ Agrolita.

Se mezcló una parte de suelo de vivero, una parte de composta y 230 g de agrolita.

Sustrato 2. Suelo+ Agrolita+ Lombricomposta.

Se mezclaron, el suelo y la agrolita, en una proporción de 1 kg de suelo y 230 g de agrolita, la lombricomposta se adicionó de manera separada y colocando 1 kg de esta en la parte superior de la bolsa de vivero o unidad experimental, esto con el fin de que al regarse, el sustrato, los nutrimentos del abono, sean lixiviados hacia la raíz de las plantas de fresa.

Sustrato 3. Suelo + Agrolita+ Bokashi.

Se mezcló 1 kg de suelo y 230 g de agrolita. Por separado se pesó 1 kg de Bokashi, que se aplicó en la parte media de la maceta, con el fin de que este no quedara expuesto al sol, y se provocara la muerte de los microorganismos eficientes de la descomposición, para esto, las bolsas se dividieron en tres partes iguales, en la parte más profunda de la se colocó una mezcla de suelo+agrolita, después en la siguiente capa se colocó el Bokashi y finalmente en la capa superficial se colocó suelo+agrolita.

Sustrato 4. Suelo+ Agrolita+ FLO.

Se colocaron 2 kg de suelo por unidad experimental (bolsas de plástico negro de 30 X 30 cm) y el FLO previamente elaborado se aplicó semanalmente en una dilución 1: 10 (1 l de FLO en 10 de agua) (Flores, 2012).

6.5. Aplicación de Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se aplicaron a cada unidad experimental, por tratamiento, de manera semanal, aplicándolos en forma de té (término utilizado en la agricultura orgánica para referirse a la elaboración y aplicación de un biofertilizante líquido) (Manual Agropecuario, 2002), para lo cual en el caso de la composta, la lombricomposta y el bokashi, se disolvió una parte del abono concentrado en 10 partes de agua y estos se aplicaron hasta que el sustrato alcanzó la capacidad de campo. En el caso del FLO, se disolvió un litro concentrado en 10 partes de agua y se agregó la misma cantidad por unidad, que en el caso de los otros biofertilizantes.

6.6. Colocación de los sustratos en las unidades experimentales

Se utilizaron bolsas de vivero negras de 30X30 cm, calibre 600, las cuales se llenaron previamente al trasplante con los sustratos indicados. Se colocaron 2,300 g de sustrato.

Las unidades experimentales, se regaron a capacidad de campo. El método para determinar capacidad de campo o retención de humedad fue el AS-05 NOM 021, 2000, basado en el principio gravimétrico para la determinación del contenido de humedad de los suelos, sean estos orgánicos o minerales. El método se basa en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra de suelo. Esta masa de agua se referencia de la masa de agua de suelo seco de la muestra. Posteriormente se determina la masa de agua

necesaria, para lo cual se realiza por la diferencia en peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco. Se considera como suelo seco, aquel secado a la estufa a 105°C hasta obtener un peso constante (1).

Esta determinación se hizo al principio del cultivo, con el fin de conocer la cantidad necesaria para mantener las unidades a capacidad de campo.

Posteriormente y a lo largo del cultivo, se utilizó un tensiómetro (Lincoln Irrigation Soil Moisture Meter), para regular el riego y mantener las unidades con la cantidad de agua óptima para la fresa (lectura del tensiómetro entre 2 y 6).

6.7. Trasplante de plantas de fresa a las unidades experimentales

Se trasplantaron las plantas de fresa, a cada uno de los sustratos, previamente regados a capacidad de campo, plantando una planta por unidad experimental (bolsa) (Fig.1), teniendo un total de 12 unidades experimentales por tratamiento, las cuales se acomodaron al azar en una cama de vivero con un área de cuatro metros de largo por 90 centímetros de ancho. Es importante mencionar que se tuvo un testigo absoluto, que consistió únicamente en suelo, el cual presentó las mismas unidades experimentales, que los tratamientos.



Fig. 1. Distribución de las unidades experimentales por tratamiento.

6.8. Protección de las plantas con mosquitero, para evitar el ataque de los depredadores

Se colocó una malla de mosquitero de 4 metros por 1.90 metros, color gris, sujeta a el contorno de la malla con un cordel para evitar la entrada de los depredadores y permitir el paso de luz.

6.9. Variables de respuesta

6.9.1. Biológicas

Quincenalmente, se evaluaron las siguientes variables: supervivencia, altura, cobertura, número de hojas, número de estolones, número de botones florales, y número de frutos.

Después de cada aparición de un fruto, estos se cosecharon en su totalidad por planta, y se midió, el largo, ancho y peso, para finalmente hacer el cálculo del rendimiento o producción de frutos por planta.

6.9.2. Ambientales

Se midió la intensidad de luz incidente sobre las plantas de fresa, utilizando un luxómetro marca Steren (modelo HER-410), con el fin de asegurar que todas las unidades recibieran la misma cantidad de luz. Para ello se realizó una marcha de luz, tomándola en los siguientes horarios del día: 7:40,9:40,11:40,13:22 y 15:22 h. Esta marcha se realizó en cada cambio estacional determinado por el número de horas luz. Así mismo se registró diariamente la temperatura mínima, máxima y media.

6.10. Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron por un ANOVA completamente al azar con 12 repeticiones y un testigo. Las medias se compararán por Tukey ($p \leq 0.05$) (Verduzco, 2009), con el programa estadístico NCSS versión 2007 y Excel 2010.

7. Resultados y Discusión

7.1. Composición química de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos solo presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de fósforo, potasio y pH (Cuadro 1). Las diferencias, son atribuidas a la composición de cada abono orgánico (Pérez *et al.*, 2008).

7.1.1. Materia Orgánica (MO.)

Todos los abonos orgánicos presentaron un contenido de materia orgánica muy alto de acuerdo con la NOM 021-RECNAT-2000 (Cuadro 1 y 2), y no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos (Fig. 2).

En general, la literatura reporta para diferentes tipos de abonos orgánicos, valores altos de M.O, los cuales exceden los intervalos máximos propuestos por la NOM 021 (Cuadro 2), por ejemplo: Albares *et al.* (2010), reportan valores de materia orgánica de 41.4 % para composta, 45% para bokashi, y 49.3 % para lombricomposta. Pérez *et al.* (2008), reporta un 75.94 % para lombricomposta, 34.96 % para composta y 33.23 % para bokashi. Madejón *et al.* (2001) reporta para tres compostas a base de vinazas, también valores altos de MO. (700 a 708 g/ kg); Ravindran *et al.* (2007), reporta un 55 % de MO. en una composta elaborada a base de desechos o remanentes de plantas halófitas (*Arachishypogaea*) y Chirashree (2003), reporta 24.82% para una lombricomposta.

Al comparar los resultados de este trabajo, con los de la literatura, se observa un contenido bajo de M.O; sin embargo de acuerdo a la NOM 021 esta cantidad también es muy alta y por lo tanto adecuada para cubrir los requerimientos alimenticios de varias hortalizas, incluyendo a la fresa. En general todos los abonos orgánicos utilizados en este trabajo presentaron un alto contenido de MO, debido a las materias primas de origen (Madejón *et al.*, 2001; Chirashree, 2003; Ravindran *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2008; Albares *et al.*, 2010).

Cuadro 1.- Composición nutrimental de los diferentes abonos orgánicos

| | MO. (%) | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | pH | |
|-------------|--------------|-------------|---------|----------------|---------------|------------|
| Tratamiento | (mg/kg) | (mg/kg) | (mg/kg) | (mg/kg) | | |
| T | 11.63±0.48 a | 0.13±0.06 a | - | 139.30± 5.51 a | 19.60±04.90 b | 7.7±0.00 d |
| L | 14.02±1.23 a | 0.23±0.11 a | - | 083.36± 0.99 b | 55.92±06.35 a | 8.3±0.00 b |
| B | 13.59±3.59 a | 0.19±0.09 a | | 082.08± 2.60 b | 56.61±00.40 a | 8.9±0.00 a |
| C | 13.24±1.09 a | 0.33±0.01 a | | 044.21± 6.70 c | 57.15±14.51 a | 8.1±0.00 c |
| F | - | 333.3 | | 116 .70 | 488.20 | 8.9±0.00 a |

T= Testigo, L=Lombricomposta, F= Fertilizante Líquido Orgánico, C= Composta, B=Bokashi.

El FLO no se le elaboro (ANOVA).Medias de MO, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y pH ± error estándar de los tratamientos.

Cuadro 2.- Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica (NOM 021-SEMARNAT RECNAT 2001).

| Clase | Materia orgánica (%) | Materia orgánica (%) |
|----------|----------------------|----------------------|
| | Suelos Volcánicos | Suelos no volcánicos |
| Muy bajo | < 4.0 | < 0.5 |
| Bajo | 4.1 -6.0 | 0.6 - 1.5 |
| Medio | 6.1 - 10.9 | 1.6 -3.5 |
| Alto | 11.0 - 16.0 | 3.6 - 6.0 |
| Muy Alto | > 16.1 | > 6.0 |

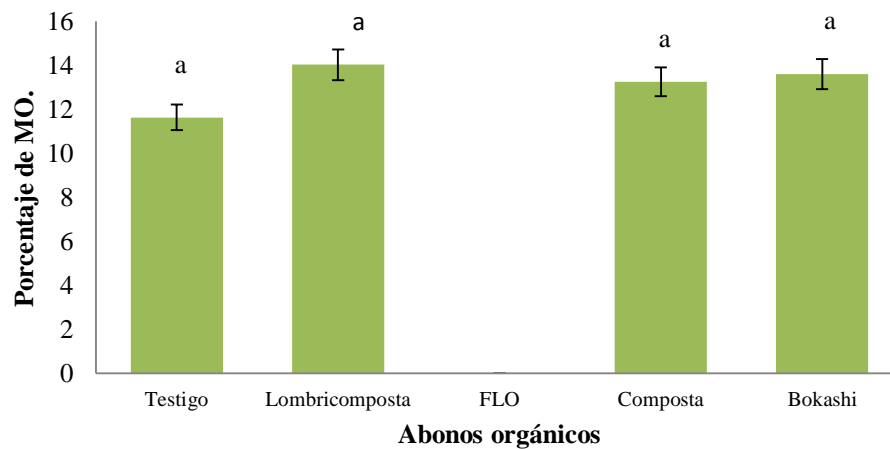


Figura 2.-Contenido de materia orgánica en los diferentes abonos orgánicos. FLO= Fertilizante Líquido Orgánico. Las letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA: $F=74.59$; $p= 0.0000001$. Turkey kramer ($\alpha=0.005$).MO.

El testigo (suelo reusado), también presentó un alto contenido de MO. (Fig. 2), es importante señalar que ese suelo ya se había utilizado para el cultivo de otras especies, de aquí que posiblemente algún remanente de biofertilizante en el, pudo igualar estadísticamente el contenido de MO en relación a la presente en los abonos orgánicos.

La fresa es un cultivo que requiere de altos contenidos de M.O, ya que esta es la fuente de los macronutrientes (N, P, K) necesarios para el desarrollo de las plantas. Por otro lado, la materia orgánica en el suelo, es la fuente de alimento y energía para la gran mayoría de los organismos del suelo, los cuales funcionan como consumidores y descomponedores de dicha materia y la transforman en formas simples inorgánicas, disponibles para las plantas. Una enorme variedad

de organismos están implicados en este proceso, desde las lombrices a los hongos y bacterias, que utilizan la energía disponible en la MO. para descomponerla en sus elementos constitutivos (nutrientes que aprovechan las plantas).

7.1.2. Potencial de Iones Hidronio (pH)

Los diferentes abonos orgánicos presentaron un pH entre mediano y fuertemente alcalino, de acuerdo con AS-02 NOM 021-RECNAT-2000 (Cuadro 1 y 3, Fig. 3). El abono tipo bokashi fue el más alcalino, con diferencias estadísticas en relación a los otros abonos ($p \leq 0.05$), siguiendo en orden decreciente la lombricomposta > composta > FLO (fertilizante líquido orgánico) > testigo (Fig.3). Estos resultados concuerdan con lo citado por Pérez *et al.* (2008), quien en general, reporta un pH promedio fuertemente alcalino para varios abonos orgánicos, donde reporta un pH promedio de 8.13 en bokashi; 7.94 para composta y 5.52 para lombricomposta.

Salas *et al.* (2001), reporta un pH de 8.2 en un bokashicuyos componentes fueron: carbón vegetal, piloncillo, gallinaza, avena, arroz o trigo quebrado, melaza, maíz picado, levadura, leche, cal, azúcar y estiércol de caballo, el cual fue semejante al que se elaboró en este estudio, en el cual se obtuvieron valores de pH de 8.9 (Cuadro 1), clasificándose como un abono de medianamente a fuertemente alcalino.

En cuanto a la alcalinidad en el abono tipo composta, éste pudo ser debido principalmente al estiércol de caballo y al riego con agua potable altamente básica. Atiyeh *et al.* (2000) y Weber *et al.* (2007), reportan una gran variedad de valores de pH, en la composta, que van desde los 7.6 a 8.6. Madejon *et al.* (2001) reportan un pH de 8.4 a 8.7 para tres compostas con diferentes concentraciones de vinaza y diferentes componentes y Campitelli *et al.* (2007), reportan un pH de 8.1 para una composta a base de desechos de jardín.

Cuadro 3.- Clasificación en cuanto a el valor de pH de acuerdo a la NOM-021SEMARNAT-RECNAT (2000)

| Clasificación | pH |
|-----------------------|-----------|
| Fuertemente ácidos | < 5.0 |
| Moderadamente ácidos | 5.1 - 6.5 |
| Neutro | 6.6 - 7.3 |
| Medianamente alcalino | 7.4 - 8.5 |
| Fuertemente alcalino | > 8.5 |

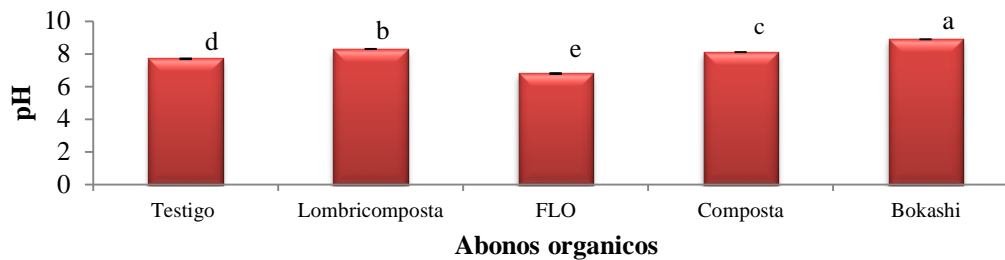


Figura 3. pH de los diferentes abonos orgánicos. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. ANOVA: $F=7692.15$ $P=0.0000001$. Tukey- Kramer ($\alpha=0.05$)

En relación a la lombricomposta, ésta presentó también un pH fuertemente alcalino (8.3) al igual que el bokashi, esto debido a que el origen de los componentes, entre ellos el estiércol de caballo, son de composición medianamente alcalina (Pérez *et al.*, 2008) (Cuadro 3 y Fig.3).

Es importante señalar, que la mineralización de la M.O, es más alta en suelos alcalinos que ácidos, debido a la mayor actividad de microorganismos como las bacterias (Black 1975) (12). De tal manera que los abonos como bokashi, lombricomposta y composta podrían presentar mayores tasas de mineralización por los altos valores de alcalinidad presentes, lo cual se vió reflejado en contenidos altos de N, P, K (Cuadro 3).

De manera general los pH básicos de los abonos, se deben principalmente, a la presencia de ácidos húmicos, cuya composición está representada por grupos carboxílicos, fenólicos, hidróxilos, alcohólicos, y huminas entre otros (Caviedes *et al.*, 2012), los cuales están disponibles en pH básicos (Nieto *et al.*, 2004; Campitelli *et al.*, 2008); así mismo, esta alcalinidad en los abonos, es debido a que gran parte de los componentes que dieron origen al biofertilizante presentan un pH de medianamente a fuertemente alcalino (Grez, *et al.*, 1992; Solla-Gullon *et al.*, 2001; Nieto *et al.*, 2004); así como a la combinación de los compuesto húmicos presentes en la MO, que al reaccionar con el agua de riego, realizan una hidrólisis que da origen a iones hidróxilo (Grez, *et al.*, 1992) y con ello a pH básicos (Nieto *et al.*, 2004).

En relación al FLO, éste presentó un pH menos alcalino (8.9), al igual que el testigo, los cuales de acuerdo a la NOM 021SEMARNAT RECNAT 2000, son fuertemente alcalinos (Fig. 3; Cuadro 3), esto, en el caso del FLO, debido a los componentes de la fórmula, ya que se elabora con elementos ácidos como la leche, la melaza y el piloncillo, por otro lado, también contiene componentes alcalinos como la roca fosfórica (Fernández *et al.*, 2004), levadura, cenizas (Grez *et al.*, 1992) y estiércol de caballo (Pérez *et al.*, 2008), esta mezcla en un medio acuoso permite la gran biodiversidad de microorganismos que generan un pH moderadamente alcalino (Cuadro 1 y Fig.3).

El Testigo (suelo reusado), presentó un pH también medianamente alcalino (Cuadro 1 y Fig.3), debido a su componente vivo, el cual lleva a cabo de manera natural, una gran cantidad de reacciones de óxido reducción, dependiendo del origen del mismo y los factores externos que influyen sobre él, así como de la composición física, química y biológica del mismo, lo que probablemente origina una atracción polar entre los compuestos orgánicos del suelo y las

fracciones minerales, principalmente con las arcillas, con la que forman complejos muy estables como grupos OH, NH₂, COOH, en ese orden de importancia, para generar alcalinidad (Rucks *et al.*, 2004).

7.1.3. Nitrógeno

No hubo diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$), en la concentración de nitrógeno en los diferentes abonos orgánicos. De acuerdo a Moreno (1978), los biofertilizantes elaborados y evaluados en este estudio, presentaron un contenido de nitrógeno de medio a extremadamente rico (Cuadro 4, Fig. 4).

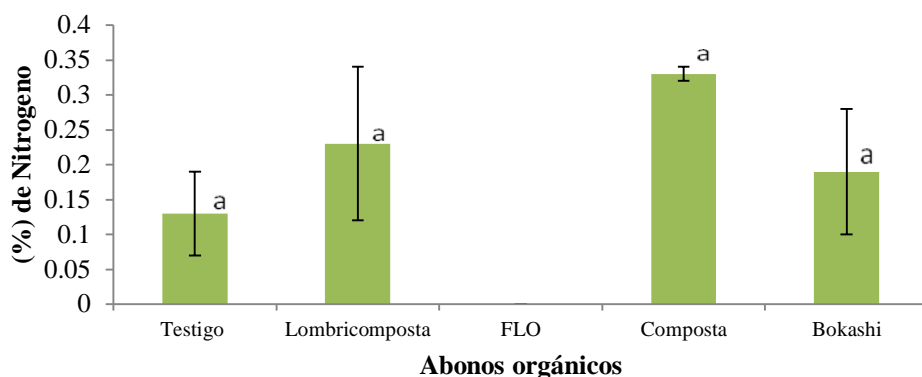


Figura 4.- Concentración de nitrógeno en los diferentes abonos orgánicos.

Letras iguales entre tratamientos no hay diferencias estadísticas significativas ($F=1.06$; $p= 0.42$).

Cuadro 4.- Criterios para evaluar el suelo con base en su contenido de nitrógeno total (Moreno,1978)

| Categoría | |
|----------------------|---------------|
| Extremadamente pobre | < 0.032 |
| Pobre | 0.032 - 0.063 |
| Medianamente pobre | 0.064 - 0.095 |
| Medio | 0.096 - 0.126 |
| Medianamente rico | 0.127 - 0.158 |
| Rico | 0.159 - 0.221 |
| Extremadamente rico | > 0.221 |

El porcentaje alto de nitrógeno en la composta, es consecuencia de la composición de cada uno de los componentes utilizados para su elaboración además de la proporción de cada uno de ellos, la cual se calculó con base a una relación C/N = 30 (Hartl *et al.*, 2003), ya que es importante mantener esta relación para una buena actividad de los microorganismos y como consecuencia un buen contenido de nitrógeno en los abonos orgánicos. En condiciones de deficiencia de N inorgánico, los microorganismos pueden limitar sus actividades y el tiempo de descomposición de la MO. se hace más lento. Hartl *et al.* (2003) y Weber *et al.* (2007), mencionan que si la relación C/N se excede de una proporción mayor a 33/1, se va a producir una inmovilización neta del N, y las relaciones menores a 15/1, liberan N mineral, produciendo una mineralización neta.

La lombricomposta, presentó por su lado, un alto contenido de nitrógeno (Fig. 3), también por el origen de sus componentes, como es el caso del estiércol y su óptima relación C/N=30 (Cuadro 1). Por otro lado, en el proceso de lombricomposteo, hay una acelerada degradación microbiana, así como asimilación de residuos orgánicos por la lombríz y las deyecciones de ésta enriquecen el sustrato con N, P, K (Chaoui *et al.*, 2003; Cerrato *et al.*, 2007).

En el bokashi, los altos contenidos de nitrógeno se debieron al contenido de N de los componentes de elaboración del bioabono: estiércol de caballo, remanentes frescos de la poda (pastos), cascarilla de arroz, melaza y levaduras, los cuales contienen un alto contenido de N (Ramírez *et al.*, 2010), por otro lado la leche cortada incrementó la presencia de bacterias ácido lácticas que favorecieron la elevación de la temperatura del abono en su proceso de descomposición, que da como consecuencia una mayor tasa de mineralización del nitrógeno (12).

Con respecto al FLO, el alto porcentaje de nitrógeno fue también por los materiales de origen para su elaboración: estiércol de caballo, melaza y leche cortada, que permitieron el aumento de la actividad macro y microbiológica, lo que también favoreció la tasa de mineralización del nitrógeno (Moreno, 1978).

El testigo, o suelo, también presentó un valor alto de nitrógeno, resultando en un intervalo de medianamente rico (Moreno, 1978) comparado con los abonos de composta, lombricomposta y bokashi los cuales son extremadamente ricos en nitrógeno (Fig. 3). Esto fue debido, como ya se mencionó anteriormente, a que el suelo seleccionado como testigo, ya había sido utilizado de manera previa en algunos cultivos y posiblemente contenía aún remanentes de algunos abonos orgánicos.

Es importante asegurar que los abonos orgánicos contengan una gran cantidad de N, ya que la falta de éste macronutriente es uno de los problemas más comunes en la nutrición vegetal, debido a que puede ser liberado en forma gaseosa a la atmósfera durante el proceso de nitrificación y perderse como amonio, óxidos de nitrógeno o nitrógeno molecular. También el nitrógeno se pierde muy fácilmente disuelto en la solución del suelo, en forma de iones nitrato (Lampkin, 2001). Por otra parte el nitrógeno es esencial para las plantas ya que forma parte de los aminoácidos y estos a su vez conforman las proteínas en un 14 a 18 %; sin embargo este no puede ser asimilado directamente, por lo que es necesario que sea fijado por bacterias. Por ende es importante que los abonos orgánicos contengan una gran cantidad de nitrógeno disponible para la planta (Lampkin 2001).

Es importante enfatizar que los suelos y los abonos alcalinos, aumentan la aportación de nitrógeno asimilable o el proceso de mineralización en relación a los suelos ácidos. Esto debido a que la mineralización es la transformación del nitrógeno y otros nutrientes fijados en forma orgánica a su forma mineral (iónica e inorgánica) y es necesaria para su asimilación por las plantas. Por otro lado, la inmovilización se produce cuando los iones inorgánicos son asimilados por los microorganismos del suelo y de nuevo ligados a la MO. Los procesos de mineralización e inmovilización se producen simultáneamente como un ciclo continuo. Lo que determina si hay más o menos N inorgánico es el movimiento en una u otra dirección, esto depende en gran medida de la disponibilidad de la MO.

El proceso de mineralización y posteriormente nitrificación del nitrógeno que los microorganismos realizan también se ve afectada por factores como el pH, la concentración del nitrógeno, la aireación del suelo y la humedad, así, en el caso del pH en concentraciones ácidas en el suelo, se provoca una retención del amonio y por consiguiente la nitrificación (Lampkin 2001).

7.1.4. Fósforo

Las concentraciones de fósforo (P) en los abonos orgánicos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El FLO (fertilizante líquido orgánico) y el testigo presentaron los valores más altos (140mg/kg), la lombricomposta y el bokashi presentaron los valores intermedios (80 mg/kg) y la composta presentó el valor más bajo (40m/kg) (Cuadro 1, Fig. 5).

Comparados estos valores con la NOM 021-RECNAT (2000) (Cuadro 5), resultaron más altos, sin embargo comparados en general con los de la literatura, éstos no presentan una tendencia clara. Por ejemplo, Madejón *et al.* (2001), reporta desde 0.74-3.89 mg/kg de fósforo en sus compostas de vinazas, lo cual representa valores más bajos a los obtenidos en esta investigación para una composta de residuos de cocina (40 mg/kg); sin embargo los valores obtenidos en este trabajo a su vez, son menores a los reportados por Cedillo (2013) y Trinidad (1999), quienes reportan 10- 200 (mg/kg) y 10,800 (mg/kg) respectivamente en compostas de desechos de campo. Altieri y Esposito (2010), también reportan valores superiores a los reportados en este estudio con 1,700 mg/kg de fósforo total en su composta de desechos de molienda de olivo.

Comparando los valores del bokashi, lombricomposta y composta, de éste trabajo, con los de Pérez *et al.* (2008), resultaron muy por debajo, a los reportados por estos autores, donde, para bokashi registran valores de 24,900 mg/kg, para lombricomposta de 50,000 (mg/kg) y para composta de 8,400 (mg/kg). El análisis de estos resultados, demuestra una gran variación en los valores de fósforo reportados para diferentes abonos orgánicos, lo que indica que dichas diferencias también son debido como en el caso del nitrógeno, a la gran diversidad y cantidad de cada uno de los componentes utilizados para su elaboración, así como a las condiciones ambientales de pH, temperatura y humedad, en los que se realizan los procesos de descomposición de la M.O.

La cantidad de fósforo en el FLO, fue debido principalmente al aporte hecho por los componentes utilizados para su elaboración, tales como estiércol de caballo, roca fosfórica, cascarón de huevo y a la utilización de activadores como bacterias ácido lácticas, inoculadas con la aplicación de leche descompuesta y levaduras, que promueven la solubilidad del fósforo a partir de la roca fosfórica (Paredes *et al.*, 2010). En el caso del testigo (suelo), la cantidad de fósforo presente, fue debido al complejo arcilla-humus, el cual retiene una gran cantidad de iones entre ellos H_2PO_4 , los cuales pudieron ser liberados al momento del riego a la solución

del suelo para ser asimilados por las plantas (Lampkin, 2001). Es importante resaltar que la diferencia en la concentración de fósforo presente en los abonos orgánicos, al igual que en el caso de nitrógeno, no fue una limitante para el desarrollo y reproducción de la fresa, al menos durante los primeros cuatro meses de cultivo. En las plantas, el fósforo tiene una función básica en las reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilización que libera la energía para el funcionamiento bioquímico o para realizar otro trabajo. Lampkin (2001), menciona que el trigo y la cebada, son dos cultivos que toman la mayoría del fósforo en las primeras etapas de su crecimiento y la carencia sufrida durante este periodo no se puede rectificar, mejorando su disponibilidad posteriormente. En el caso del cultivo de la fresa, la cantidad de fósforo disponible en los abonos orgánicos, no presentó síntomas de deficiencia, por lo que este siguió su desarrollo satisfactoriamente a lo largo de cuatro meses continuos de cultivo. Por otro lado, un exceso de fósforo por encima de las cantidades necesarias, puede provocar una disminución en la producción, como consecuencia de una maduración temprana, la cual reduce el crecimiento vegetativo, generalmente esto ha sido observado en suelos ligeros y años secos (Lampkin, 2001).

El ciclo del fósforo en muchos aspectos es análogo al del nitrógeno, ambos nutrientes, son los más abundantes en el tejido microbiano, y llegan a presentarse hasta en un 2 % en su peso seco. En parte por esta razón el fósforo es el segundo nutriente más importante en la materia orgánica del suelo (Lampkin, 2001).

El contenido de fósforo de los suelos varía considerablemente según la naturaleza del material de origen, su grado de meteorización y la cantidad que se haya perdido por el lavado. El contenido de fósforo de las rocas que comúnmente forman el suelo varía desde 0.01% en las areniscas hasta más del 0.2% en las calizas con mucho fósforo. En promedio el porcentaje de fósforo en la superficie de los suelos es de aproximadamente la mitad del nitrógeno y una vigésima parte del potasio. Un suelo con 0.05% de fósforo tendrá 1.120 kg de fósforo por hectárea en el grosor hasta donde alcance el arado. De aquí la importancia de valorar los abonos orgánicos que podrían ayudar a incrementar la cantidad de fósforo en el suelo, así como a su disponibilidad en los suelos que en la mayoría carecen de este elemento (Lampkin, 2001).

La disponibilidad máxima del fósforo se produce con valores de pH intermedios de 6 ó 7, por encima del margen de pH de máxima disponibilidad de los fosfatos de hierro y aluminio, pero por debajo del margen de pH de máxima insolubilidad del fosfato cálcico. Esto puede producir problemas en la disponibilidad de fosfato en los suelos calizos (Lampkin, 2001). En el caso de este estudio, fue difícil mantener el pH en este intervalo, ya que el agua de riego era alcalina y el pH presente en el cultivo siempre estuvo por encima de este rango, lo cual no repercutió en el desarrollo del cultivo pero si en su producción, lo cual se tratará más adelante.

Por otro lado, la liberación del fosfato de la materia orgánica en el suelo es mayor cuando menor sea la cantidad de fosfato inorgánico disponible, por lo que puede ser mayor en los sistemas ecológicos (Lampkin, 2001), de aquí que en este trabajo no se presentaron sintomatologías por deficiencia de este nutriente. Se ha visto que la concentración de fosfato en la solución del suelo permanece aproximadamente constante mientras crece el cultivo, lo que significa que el fosfato cambia de la forma sólida a la soluble tan rápidamente como las raíces del cultivo lo extraen de esa solución diluida. Se producen marcadas zonas de la superficie de las raíces absorbentes, debido a la movilidad extremadamente baja de los iones de fosfato. Durante el periodo de crecimiento de la planta, es poco probable que el ion fosfato se mueva a más distancia que el diámetro de un pelo de la raíz. Una localización tan extrema de las zonas

vacías, limita la posibilidad de que las raíces de una planta puedan interferir en la alimentación del fósforo de otra planta próxima.

La capacidad de obtener la mínima concentración de fósforo necesaria para llevar a cabo un crecimiento razonable depende, en parte, del ambiente microbiano de la raíz. Bajo ciertas condiciones, entre los microorganismos de la rizosfera habrá especies que solubilizarán el fósforo de los compuestos de muy baja solubilidad y así será posible aumentar la aportación del fósforo a la planta. Sin embargo, si las concentraciones de fósforo son bajas, algunos organismos de la rizosfera competirán con las raíces por el fósforo y por lo tanto se reducirá su disponibilidad en la planta (Lampkin, 2001).

Cuadro 5.- Intervalos de fósforo recomendados por la NOM 021 SEMARNA-RECNAT (2000)

| Interpretación de resultados de fósforo de Olsen, NOM 021-SEMARNAT-RENAT 2000 | |
|--|-------------------------------|
| Clase | P(mg. kg⁻¹) |
| Bajo | < 5.5 |
| Medio | 5.5 -11 |
| Alto | > 11 |

En general, la alta concentración de fósforo en los abonos orgánicos, pudo ser debido a su pH fuertemente a medianamente alcalino (Fig. 2, 4; Cuadro 5), el cual genera que se dé un intercambio de los iones H⁺ por el P, el cual está ligado a la superficie del sustrato con los cristales Al (OH)₃ o Fe (OH)₃, los cuales se reducen y liberan al P.

En el caso de la lombricomposta, su contenido de fósforo (83.36 mg/kg) (Fig.4), pudo estar relacionado con el aporte nutrimental de los ingredientes que componen el biofertilizante: por ejemplo, el plátano que se adicionó de manera constante como M.O. enriquecedora de su dieta, lo cual puede proporcionar 370,000 (mg/kg) de fósforo (Hernández *et al.*, 2009). Otro factor importante que pudo haber influido en el contenido de fósforo, es el proceso de degradación de la materia orgánica que realiza la lombriz californiana, al digerir y excretar grandes cantidades de fósforo durante su metabolismo (Castillo, 2000), así mismo es importante considerar que otra fuente de fósforo importante, fue el aportado por el estiércol en este caso de caballo, el cual fue el sustrato base para la alimentación de la lombriz (Meléndez, 2003). Comparando el contenido de fósforo de la lombricomposta utilizada en este trabajo y el de Singh y Guleria (2013), éste resultó muy bajo (80 mg/kg) en relación a los 200,000 mg/kg de fósforo reportado en sus lombricompostas. De acuerdo con Lee (1992), los residuos orgánicos pasan a través del tracto digestivo y la lombriz transforma el fósforo en sus formas químicas, hasta hacerlo más asimilable para la planta (Suthar, 2006). Prakash y Karmegam (2010) mencionan que la presencia de un gran número de la microflora en el intestino de la lombriz podría jugar un papel importante en el incremento del contenido en los procesos de lombricomposteo y por lo tanto en el enriquecimiento de nutrimentos en el mismo bioabono. El bajo contenido de fósforo en la lombricomposta obtenida en este trabajo, posiblemente estuvo más bien relacionada con la baja densidad de lombrices en el proceso de lombricompostaje (1500 lombrices/m²) ya que se recomienda de 20 mil a 50 mil por /m² (Ruiz *et al.*, 2012).

En relación al bokashi, el contenido de fósforo (82.08 mg/kg) (Fig.5), estuvo relacionado, también a los componentes de la fórmula, muchos de los cuales son ricos en este nutrimento, por

ejemplo: la caballaza, leche, melaza y arroz (Bahamonde, 2009). Por otro lado, Pérez *et al.* (2008) en un estudio comparativo de enmiendas, reportan que el bokashi (2,4900 mg/kg) y la lombricomposta (50,000 mg/kg), tienen una mayor proporción de fósforo que la composta (8,400 mg/kg). Lo cual también fue observado en este estudio (Fig. 5), donde la composta presentó los valores más bajos de fósforo (44.21%) (Fig.5), sin embargo estos fueron superiores a los reportados por Torres (2013), quien reporta valores muy bajos para varias compostas (1.02 a 2.10 mg/kg) (10).

Madejón *et al.* (2001) reportaron para un estudio de compostas a diferentes proporciones de vinaza (18%, 17%, 49%) una concentración de 0.74, 1.55 y 3.89 mg/kg de fósforo, lo cual está muy por debajo comparado con nuestros resultados (Fig. 5). En este caso, se evaluó el efecto en tres cultivos diferentes; maíz (*Zea mays* L.), (*Beta vulgaris* L.) y (*Helianthus annuus* L.) y en algunas propiedades químicas del suelo y comparados con una fertilización tradicional.

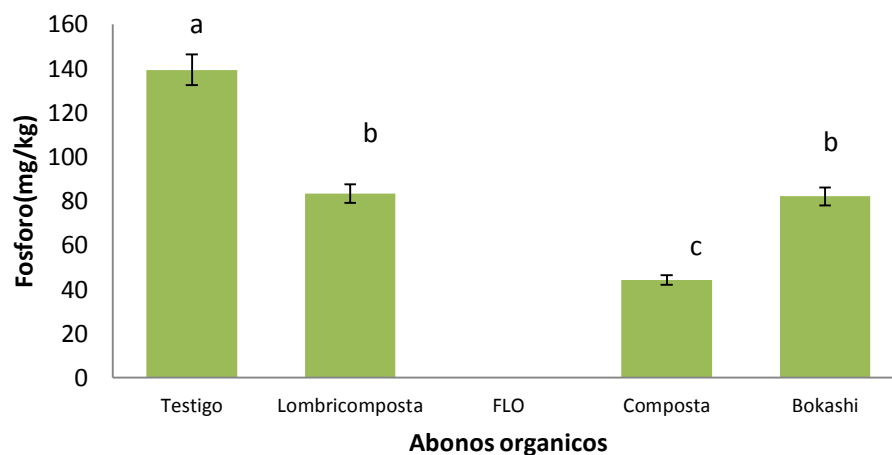


Figura 5.- Contenido de fósforo en los diferentes abonos orgánicos.

Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA: F=74.59; p= 0.0000001. Tukey- Kramer ($\alpha= 0.05$)

7.1.5. Potasio

Los abonos orgánicos presentaron dos grupos con diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre ellos, en relación a la concentración de potasio. Los abonos con mayor concentración fueron: composta (0.14 centimoles) lombricomposta (0.14 centimoles) y bokashi (0.14 centimoles) y los de menor valor: testigo y el FLO (0.05 centimoles).

La concentración de potasio en cada uno de los abonos orgánicos es también, debido a la composición de ingredientes utilizados para su elaboración.

Comparando las concentraciones con la NOM 021 RECNAT 2001, los valores obtenidos se encuentran en el intervalo de muy bajo (Cuadro 6, Figura 6.); así mismo comparado los valores con otros autores, éstos resultaron más bajos (Madejón *et al.*, 2001; Gosh, 2004; Weber *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2008; Álvarez *et al.*, 2010).

**Cuadro 6.- Interpretación de resultados de calcio, magnesio y potasio. NOM 021 SEMARNAT
RECENAT (2000)**

| clase | Ca (g/kg) | Mg (g/kg) | K (Cmol/kg) |
|----------|------------|-------------|-------------|
| muy baja | menor -2 | menor a 5 | menor a 0.2 |
| baja | 2 a 5 | 0.5 a 1.3 | 0.2 a 0.3 |
| media | 5 a 10 | 1.3 a 3.0 | 0.3 a 0.6 |
| alta | mayor a 10 | mayor a 3.0 | mayor a 0.6 |

El potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para su crecimiento y reproducción. Se considera el segundo nutriente junto con el fósforo, más importantes para la nutrición vegetal, después del nitrógeno, y es generalmente condicionado como el nutrimento de calidad. El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y otras medidas atribuidas a la calidad del producto (Lampkin, 2001).

A pesar de que los abonos orgánicos estudiados, presentaron bajas concentraciones, no se observaron deficiencias nutrimentales en la fresa durante los primeros cuatro meses de cultivo, como clorosis, crecimiento lento, baja tolerancia a las temperaturas, defoliación, etc.

La composta presentó el mayor contenido de potasio (0.058g/kg) debido al estiércol de caballo (Pérez *et al.*, 2008); sin embargo los valores obtenidos en este trabajo resultaron menores a los reportados por otros autores. Weber *et al.* (2007), reporta para dos compostas comerciales un contenido de potasio de 1.14 (g/kg) y 4.99 (g/kg) utilizadas sin problema para un cultivo de trigo, lo cual comparado con nuestros resultados, resultó significativamente más alto. Madejón *et al.* (2001), reportó para dos compostas a base de vinasa (liquido resultante de la producción de etanol, ya sea por la destilación de la melaza fermentada de las plantas de caña de azúcar), las siguientes concentraciones: 11.2- 17.6 (g/kg), este resultado es también más alto que nuestros resultados. Soumare *et al.* (2002) reporta para tres tipos de composta elaboradas a base de desechos agrícolas, valores de potasio de 10.6 g/kg- 16.3 g/kg, los cuales también fueron más altos que los obtenidos en este trabajo; Pérez *et al.*, 2008 reportó desde 2.1-2.54 g de potasio para diferentes compostas con diferentes componentes (estiércol vacuno, pulpa de café, tierra de bosque y restos vegetales) y utilizadas en la producción de cultivos en la República Dominicana, los cuales también superaron los valores obtenidos en este trabajo.

Altieri y Esposito (2010) reportan 2.3 g de potasio en una composta comercial y 2.1g para una composta rústica, obteniendo resultados satisfactorios en los cultivos de tomate y de lechuga, este resultado obtenido por Altieri y Esposito es también más alto y Prince *et al.* (2000) reportan 0.84g de potasio para una composta de fibra de coco, utilizada para el cultivo de la mora (*Morus alba* L.), resultando ésta una de las más bajas en potasio, en relación a las reportadas en la literatura e incluso comparándolas con la de éste trabajo.

De manera general, se observa que la concentración de potasio, al igual que la de los otros nutrimentos (N y P) es muy variable dependiendo del tipo de composta; sin embargo, la de este trabajo podría agruparse en las de contenido bajo en relación a otras referidas por la literatura; sin embargo estas compostas pueden ser utilizadas para abonar plantas con bajos requerimientos

de potasio como la mora y otras especies como rábano, espinaca, cebollina, calabaza, lechuga y fresa hasta sus primeros tres meses de cultivo, ya que después se pueden presentar las deficiencias por este nutrimento (Sierra *et al.*, 2013).

En la caso de la lombricomposta, los contenidos de potasio se debieron como ya se había mencionado en el caso del fósforo, a las enzimas que se encuentran presentes en el tubo digestivo de la lombriz roja, las cuales promueven la degradación de la materia orgánica. Los nutrientes de las plantas presentes en la materia orgánica son liberados por la acción combinada de la lombriz y otros microorganismos presentes en su tracto digestivo. La interacción entre lombrices y microorganismos es de vital importancia en la degradación de la materia orgánica y la liberación de los nutrientes microbianos (Lee, 1992; Aira *et al.*, 2002). La microflora simbiótica intestinal con secreción de moco y agua incrementa la degradación e ingesta de la materia orgánica y liberan metabolitos asimilables (Barois y Lavelle 1986).

Comparando con la literatura, los valores de lombricomposta para este trabajo, son menores a los de la NOM (021) (Cuadro 6) y a los de otros autores como: Ghosh (2004), quien reporta para un tipo de lombricomposta 100,000 (mg/kg); Arancon *et al.* (2004) 92,000 (mg/kg) de potasio; Suthar (2006), reporta 13.18 (g/kg), 18.73 (g/kg) y 20.21 (g/kg) en tres lombricompostas elaboradas principalmente con desechos industriales de *Cyamposistretagonoloba*, ricos en ligninina y celulosa, estiércol de vaca y aserrín a diferentes concentraciones y Prakash (2010), por su lado reporta 24.8 g para una lombricomposta. De manera general los valores encontrados para lombricompostas en la literatura, fueron mayores a los obtenidos en este trabajo.

En relación al bokashi, el contenido de potasio es debido principalmente al contenido de macronutrientes en cada uno de los componentes de origen, así la melaza aportó 1.54% de potasio y el estiércol de caballo 0.72%. Comparando los valores con la NOM 021 y otros autores, su contenido de potasio resultó más bajo, comparado con la literatura, por ejemplo, De Oliveira *et al.* (2011) reportaron 13.28% de potasio para el bokashi a base de coco compostado, cascarilla de arroz, y vermiculita. Por su lado Almeida *et al.* (2010) reportaron 1.0 micro mol dm⁻³ de potasio para un bokashi a base de salvado de arroz y algodón, lo cual es similar a los resultados obtenidos en este trabajo (1.4 micro moles / dm³). Por otro lado Álvarez *et al.* (2010) reportan 12mg/kg o 0.0012% para un fermento tipo bokashi a base de una mezcla de composta, melaza y levaduras, el cual comparado con este trabajo resultó más bajo que el nuestro y Pérez *et al.* (2008), reportan de 1.50 a 3.63% de potasio para seis tipos de bokashi, lo cual comparado con este trabajo resultó más alto. La heterogeneidad de los resultados depende de la composición del bokashi.

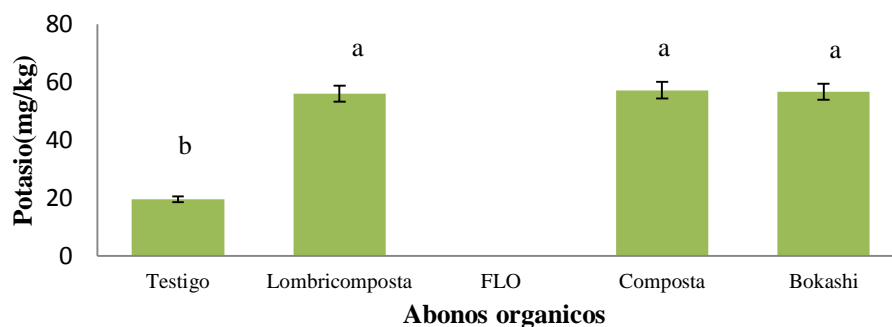


Fig.6.- Concentración de potasio de los diferentes abonos orgánicos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre los tratamientos.

7.2. Composición nutrimental de los sustratos

Es importante señalar, que los sustratos para el cultivo de la fresa, estuvieron constituidos por dos partes de suelo y uno de abono orgánico (composta, lombricomposta, bokashi y FLO). De esta manera, los sustratos en función a los tratamientos (suelo+abono) presentaron una composición nutrimental diferente entre ellos, dicha composición se describe y analiza para el cultivo de la fresa.

En general en todos los sustratos, la incorporación de un abono orgánico, mejoró la condición nutrimental del suelo (testigo). Los sustratos con abono sólido, presentaron la misma cantidad de M.O; el sustrato de suelo+composta fue el más rico en nitrógeno; los sustratos de suelo+lombricomposta, suelo+bokashi y suelo+composta fueron los más ricos en fósforo y en potasio (Cuadro VII). Es importante resaltar que el rango de valores reportados para los diferentes sustratos en general, cubrieron los requerimientos nutrimentales de la fresa al menos durante los primeros cuatro meses de cultivo.

Cuadro 7.- Composición nutrimental de los sustratos

| Tratamientos | MO. (%) | N(mg/kg) | P(mg/kg) | K(mg/kg) |
|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| T1 (S) | 11.63 ±0.00 a | 0.13±0.00 a | 139.30±0.00 a | 19.60±0.00 c |
| T2 (S+L) | 25.65±0.00 a | 0.36±0.00 a | 222.66±0.00 a | 75.52±0.00 a |
| T3 (S+F) | - | 33.43±0.00 a | 150.97±0.00 a | 68.42±0.00 b |
| T4 (S+C) | 24.87±0.00 a | 0.46±0.00 a | 183.51±0.00 a | 76.75±0.00 a |
| T5 (S+B) | 25.22±0.00 a | 0.32±0.00 a | 221.38±0.00 a | 76.21±0.00 a |

Suelo (S), Lombricomposta (L), FLO (F), Composta (C), Bokashi (B). Medias de la MO., Nitrógeno, Fosforo y Potasio; ± error estándar, para cada uno de los tratamientos.

7.3. Composición nutrimental de las diluciones de los abonos orgánicos (fertilización adicional)

También es importante resaltar que las plantas fueron fertilizadas de manera adicional, al sustrato inicial, semanalmente, con el fin de prevenir deficiencias nutrimentales. Esta fertilización adicional, se hizo aplicando tés o diluciones de los abonos orgánicos en estudio. Estas diluciones se aplicaron en una proporción de 1:10 y las cantidades aplicadas en cada dosificación se presentan en el (cuadro 7).

Cuadro 8. Concentraciones de N, P, K en las diluciones o tés de los abonos orgánicos, aplicados como fertilización adicional

| Tratamiento | Nitrógeno(mg/L) | Fósforo (mg/L) | Potasio (mg/L) |
|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Lombricomposta | 05.46 ± 0.00/c | 21.3 ± 0.00 a | 36.93 ± 0.00 b |
| FLO | 33.30 ± 0.00b | 11.67 ± 0.00 a | 48.82 ± 0.00a |
| Composta | 52.22 ± 0.00a | 18.81 ± 0.00 a | 15.20 ± 0.00 c |
| Bokashi | 00.60 ± 0.00d | 24.24 ± 0.00 a | 05.45 ± 0.00d |

Medias de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio ± el error estándar.

Las diluciones con FLO y composta, proporcionaron la mayor concentración de nitrógeno; el bokashi, la composta y la lombricomposta aportaron la mayor concentración de fósforo y la lombricomposta y el FLO, el potasio (Cuadro 8). Las diferencias en la fertilización, se vieron reflejadas en el desarrollo y rendimiento del cultivo.

7.4. Atributos del crecimiento, producción de estolones y rendimiento de las plantas de fresa

7.4.1 Altura

La altura de las plantas de fresa no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$), los valores alcanzados fueron de 18.83- 22.97cm (Cuadro 9, Fig. 7). Esto significa que cualquiera de los sustratos (tratamientos) evaluados permite un crecimiento en altura óptimo para la fresa.

Mayulema y Mayulema (2005), reportan una altura óptima para la fresa, entre 15.16 - 20.06 cm promedio, cuando se cultiva en suelo. Comparando con nuestros resultados, las fresas cultivadas en este trabajo presentaron alturas similares con las reportadas por estos autores. Li *et al.* (2011) reporta una altura de 20.73 cm en el cultivo de *Fragaria vesca*, bajo condiciones de invernadero, estos resultados también son similares a los reportados en este trabajo.

Cuadro 9.- Efectos de los sustratos (suelo+abonos orgánicos) en atributos del crecimiento en fresa (*Fragaria vesca* L.)

| Tratamiento | Altura (cm) | Cobertura (cm) | Numero de hojas |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Testigo | 22.66 ± 1.21 a | 35.0 ± 1.98 a | 10.83 ± 0.47 abc |
| Lombricomposta | 21.96 ± 2.10 a | 32.17 ± 1.35 a | 13.50 ± 1.45 b |
| FLO | 20.92 ± 2.27 a | 34.45 ± 5.38 a | 07.14 ± 1.12 c |
| Composta | 22.97 ± 1.27 a | 33.73 ± 2.68 a | 10.14 ± 0.73 abc |
| Bokashi | 18.83 ± 0.70 a | 35.53 ± 3.57 a | 11.50 ± 1.89 abc |
| | F= 0.98 p= 0.435648 | F= 0.14 p= 0.9664230 | F= 3.74 p= 0.015134 |

Medias de Altura, Cobertura, Número de hojas, Medias de la Altura, Cobertura y Número de hojas ± el error estándar, para cada uno de los tratamientos.

Fabien *et al.*(1999), mencionan que la mejor época para obtener las mejores alturas en fresa, en la mayoría de las plantas es en la primavera, ya que durante el verano, decrece el fotoperiodo así como disminuye la temperatura, lo que ocasiona una disminución en la talla de las hojas, longitud del peciolo (altura y cobertura) y por consecuente la planta entra en dormancia; sin embargo en este trabajo se trasplantó la fresa en invierno y aún así las plantas rebasaron la altura reportada por la literatura. Esto fue resultado de la composición nutrimental (N, P, K) que en general presentaron los sustratos (suelo+abonos orgánicos) (Fig.7).

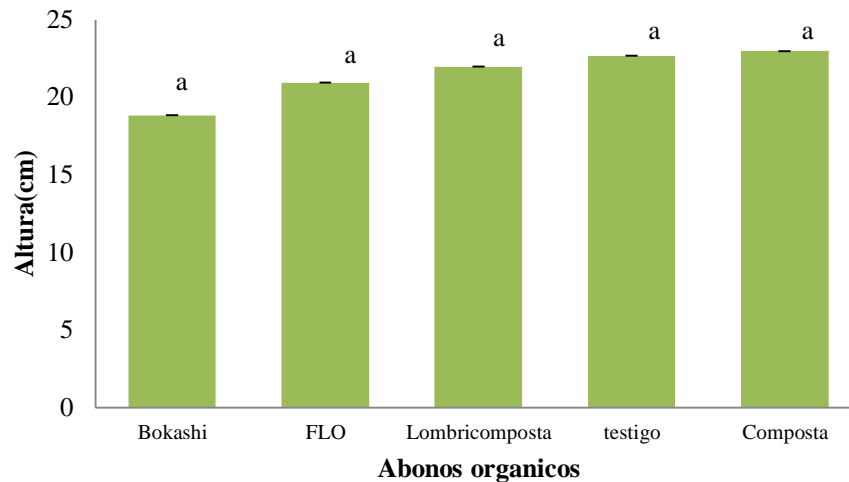


Figura.7Altura de *Fragaria vesca* L. bajo el efecto de los diferentes sustratos (suelo+abonos orgánicos).Letras iguales, no hay diferencias estadísticas significativas. (F= 0.98, p= 0.435648)Tukey-Kramer ($\alpha= 0.05$).

7.4.2. Cobertura

Para esta variable, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sustratos ($p \geq 0.05$ (Cuadro 10, Fig. 8). Los valores de cobertura obtenidos en este trabajo coinciden con lo reportado por Arancon *et al.* (2004), quien consigna que no existen diferencias significativas en la cobertura de fresa (*Fragaria ananassa*), cuando se utilizaron abonos orgánicos tipo lombricomposta y fertilizante inorgánico, en este caso desechos de papel. Por otro lado Arellano (2013) reporta una cobertura de 21.15 cm con 11.9 hojas en promedio para el cultivo de *Fragaria vesca* la cual se le trato con biofertilizante (biol) y cuyos resultados fueron similares a los de este trabajo. Malnikova (2013), reporta 8.8 a 14.9 cm de altura. En diferentes variedades de hábitat con diferentes trópicos (oligo-mesotrópico). Estos valores resultaron más pequeños que los evaluados en este trabajo. Benavides *et al.* (2007) para las variedades Britget y Festival reportan coberturas de 29 cm, lo cual resulta menor que para la cobertura obtenida para las plantas de fresa en este trabajo.

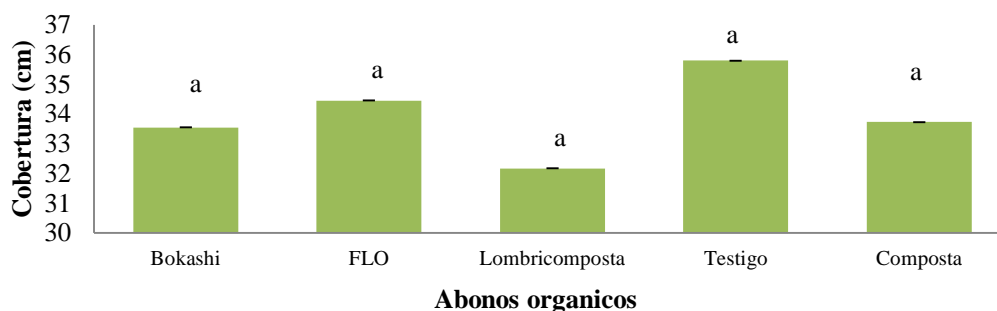


Figura.8. Cobertura de *Fragaria vesca* L. bajo el efecto de los diferentes sustratos (suelos+abonos orgánicos). Letras iguales, no hay diferencias significativas ($F= 0.14$, $p=0.966423$), Tukey-Kramer ($\alpha= 0.05$).

7.4.3 Número de hojas

El número de hojas presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. La lombricomposta presentó el mayor número de hojas (13.5), el FLO presentó el menor número (7.14) y el testigo, bokashi y la composta presentaron valores intermedios (Fig. 9).

La lombricomposta que presentó el mayor número de hojas, fue mayor al dato que reporta Arellano (2013), para la especie *Fragaria vesca*, quien reporta 11.9 hojas promedio por planta bajo una fertilización con biol. Esto probablemente se debió a la gran cantidad de auxinas que se presentan en este tipo de abono (no cuantificadas) (Singh *et al* 2008), así mismo Malnikova (2013) reporta plantas de fresa con 4 a 7 hojas, cuando son cultivadas en diferentes altitudes (710 a 1550 m) y en diferentes tipos de suelo (leptosoles, cambisoles, con diferentes rocas parentales), y Angevinem (1983) reporta 2.8 a 4.2 hojas en plantas cultivadas en suelos arenosos con aluviones. En general las plantas cultivadas en este estudio presentaron el mayor número de hojas, comparando con lo encontrado en la literatura.

El factor determinante de la producción de hojas es la fotosíntesis, la cual es mayor durante la primavera, donde las radiaciones solares son más intensas, el fotoperiodo es más largo y las

temperaturas son más altas, y es importante resaltar que en esta época del año se llevó a cabo este trabajo. Por otro lado, durante el otoño se reduce la longitud del fotoperiodo y se produce una reducción en el follaje, el cual entra a la senescencia, y por ende se puede reducir la longitud de los peciolos y el tamaño de la hoja (Dávalos *et al.*, 2011), sin embargo esto no se pudo observar en este estudio, ya que se realizó en la primavera – verano. Cuellar *et al.* (2011) menciona que la luz puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas como fuente de energía y fuente de calor promoviendo cambios morfológicos y fisiológicos, de aquí que una buena producción de hojas se haya generado para todos los abonos orgánicos durante la primavera (Fig. 9).

Por otro lado, Russell y Russell (1968), menciona que los nutrientes más importantes para mantener la funcionalidad del follaje en las plantas son el nitrógeno y el potasio. El nitrógeno además de incrementar el desarrollo del follaje también contribuye con material, para la formación de protoplasma el cual es necesario para la formación de paredes celulares. Por otra parte Tamhane (1979) hace alusión a el potasio como macroelemento que incrementa la eficiencia de la hoja para la elaboración de azúcares y almidones, por lo que la acción del potasio complementa a el nitrógeno para aumentar el tamaño de la hoja y, el potasio aumenta su eficiencia para elaborar sustancias benéficas para la plantas. Es importante relacionar que los abonos orgánicos lombricomposta, bokashi y composta, fueron los más ricos en fósforo y potasio pero no así en nitrógeno (Cuadro VII), sin embargo esto guarda una relación con lo propuesto con Rusell y Russell (1968).

Es importante resaltar que en el caso del FLO, se presentó el menor número de hojas y sin embargo las hojas de este tratamiento, obtuvieron el mayor tamaño (no cuantificado), esto puede estar relacionado a que este tratamiento fue el que mayor contenido de nitrógeno y potasio presentó (Cuadro VII), y que este biofertilizante se aplicó de forma líquida y la posibilidad de lixiviación ó pérdidas de estos nutrimentos por este proceso pudieron ser altas, de esta manera, en el sustrato no existía la misma proporción de estos nutrimentos, que en los sustratos donde el abono orgánico se aplicó en forma sólida, donde las pérdidas por lixiviación pueden ser menores. Al haber una deficiencia de nutrientes en el suelo, la planta presentará también una deficiencia en la parte aérea, entonces la planta responde en la redistribución de biomasa, para compensar éstas deficiencias, desarrollando en este caso un vástago de mayor tamaño ya sea en la longitud del tallo o en el tamaño de las hojas, lo cual pudo haber sucedido en este trabajo, y esto puede estar relacionado con la teoría del equilibrio funcional, ésta teoría se fundamenta en la predicción que sugiere que las plantas cambian su asignación hacia el vástago, si la ganancia de carbono del vástago es perjudicada por un nivel bajo de recursos sobre el suelo, tal como luz o CO₂. Similarmente, las plantas cambiarían su asignación hacia la raíz en respuesta a un nivel bajo de los recursos del suelo, tal como nutrientes y agua. Estos cambios en la asignación pueden ser interpretados como adaptativos, siempre que permitan a la planta capturar más de aquel recurso que limita fuertemente su crecimiento (Brower, 1985; M. Van Noordwijk y Willigen, 1987).

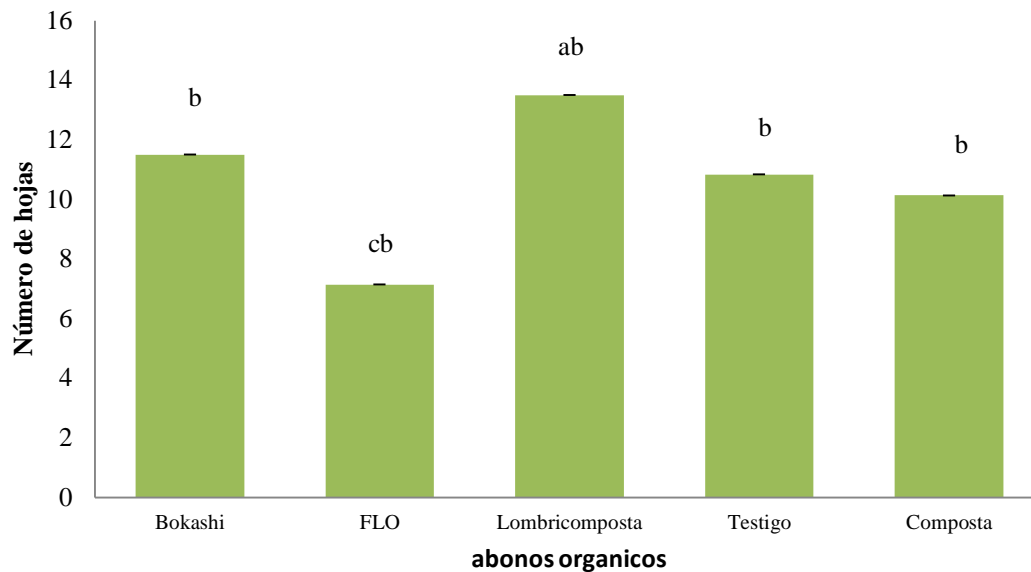


Fig.9.- Número de hojas de *Fragaria vesca* L. bajo el efecto de los diferentes sustratos (suelo + abonos orgánicos). Letras diferentes, hay diferencias estadísticas significativas. (F= 3.74, p= 0.966423)Tukey - Kramer ($\alpha= 0.05$)

En este trabajo el máximo número de hojas fue de 13.5 con el tratamiento de lombricomposta, lo cual comparado con la literatura resulta baja ya que para una buena producción de fruto se necesitan plantas con por lo menos entre 20 y 30 hojas bien desarrolladas (Pérez de Camacaro, 2005), sin embargo en este trabajo no se encontró relación alguna entre el número de hojas y el tamaño de los frutos.

7.4.4. Producción de estolones

El número de estolones presentó diferencias significativas entre tratamientos (Fig. 10). La composta registró el mayor número, el FLO y el testigo los valores intermedios y la lombricomposta y el bokashi los valores más bajos (Figs. 10 y 11).

El incremento de los estolones se presentó a finales de junio y principio de julio, cuando empiezan los días largos de verano, este comportamiento está relacionado con la temperatura y el fotoperiodo (Koskela *et al.*, 2012) (Fig. 10).

Larson (2000) menciona que a temperaturas mayores de 10°C y con fotoperiodo largo, la planta de fresa tiende a aumentar la producción de estolones. En este trabajo, la temperatura durante el periodo de mayo a septiembre a cielo abierto fue de 24.09 °C y el fotoperiodo (no cuantificado) fue (11.49 a 12.26) (Davalos *et al.*, 2011) debido a la época del año, lo cual tuvo una gran influencia en la producción de estolones, estos resultados coinciden con los obtenidos con Romero *et al.* (2012), quienes obtuvieron una mayor producción de estolones en la época cálida del año, que en relación a la fría. Dávalos *et al.* (2011) reportan una tasa máxima de propagación de estolones entre agosto y septiembre ya que empieza a declinar la temperatura y se presenta el acortamiento del fotoperiodo.

De manera general el factor más importante en la producción de estolones es la diferencia de temperaturas entre el día y la noche (Larson, 2000), Smeets (1958) reporta un incremento en el número de estolones a los 26°C. En el caso de la variedad estudiada en este trabajo (*Fragaria vesca*) es un tipo de fresa silvestre, de climas fríos, originaria de los países europeos (Bonet 2010). Por lo que cultivarlo en un clima templado como el del Distrito Federal podría afectar el número de estolones.

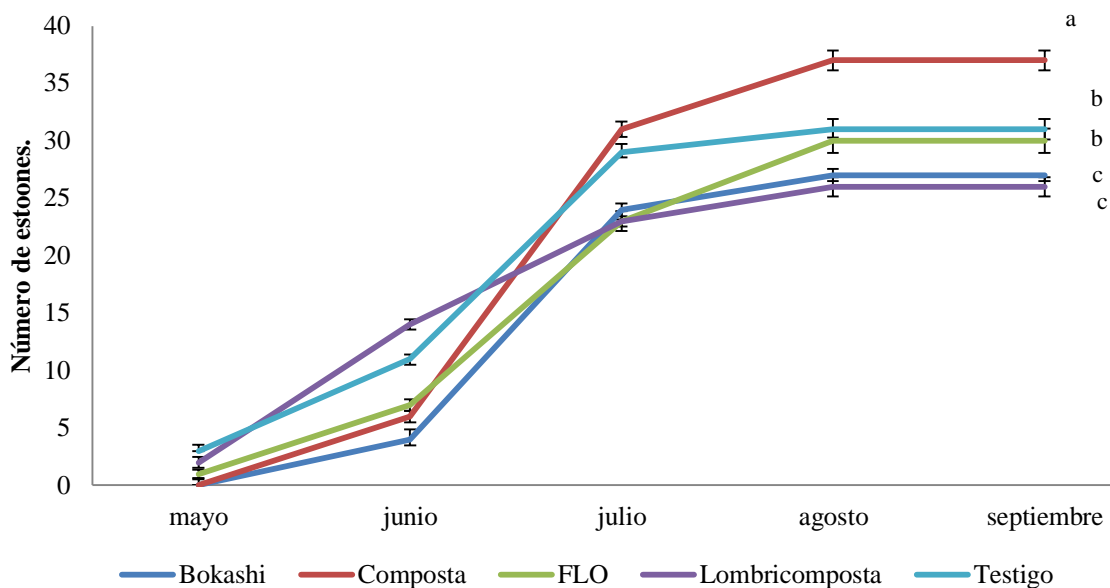


Figura 10. Numero de estolones de fresa *Fragaria vesca* L. bajo el efecto de los diferentes sustratos.

Para el caso de la composta el alto número de estolones se debe a que la aplicación de este biofertilizante adecua las propiedades físicas y químicas del sustrato, así como el tamaño de la partícula, porosidad, capacidad de retención del agua, capacidad de aireación, conductividad eléctrica y pH, lo que permite un mejor desarrollo vegetativo y floración (García *et al.*, 2002).

Para el caso de la lombricomposta algunos autores mencionan que el incremento de estolones puede deberse al ácido giberílico (GA) presente en la lombricomposta (Avigdori *et al.*, 1979; Barrit, 1974; Blatt y Crouse, 1970; Braun y Kender, 1985; Choma y Himelrick, 1984; Singh *et al.*, 2008).



Figura 11. Crecimiento de estolones de las plantas de fresa.

7.4.5. Fructificación

El número de frutos, presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, donde el tratamiento tipo composta (62) fue el que obtuvo el mayor, el bokashi (43) y el FLO (43) tienen los valores intermedios y el tratamiento lombricomposta y testigo los valores más bajos y (22 y 8 respectivamente) (Fig. 12 y 13).

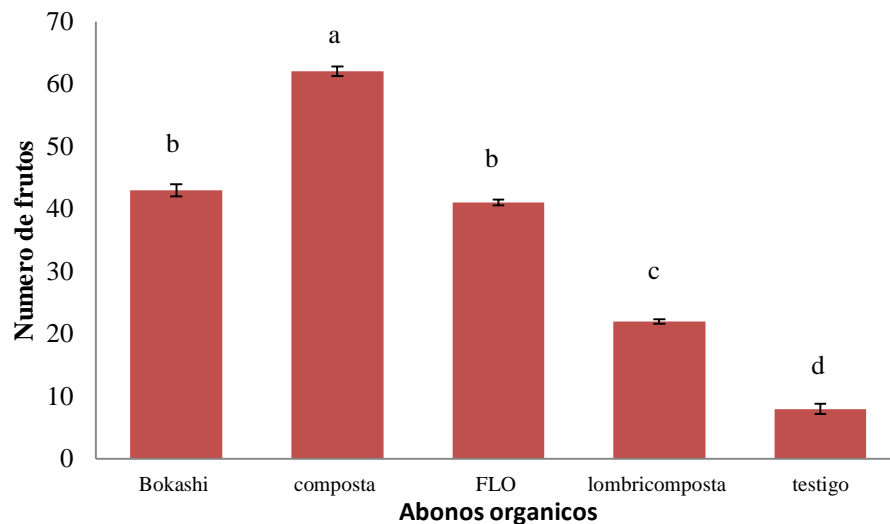


Figura 12. Total de frutos obtenidos durante el experimento. Letras diferentes, hay diferencias significativas.

El número de frutos en general para cada tratamiento, se encuentran por debajo de lo reportado por Caruso *et al.* (2011), quien reporta un total de 155.8 frutos por planta para el ciclo verano - primavera y un total 105.3 para el ciclo otoño - primavera para *Fragaria vesca* en un sistema hidropónico con soluciones con diferentes concentraciones de macronutrientes y diferente conductividad eléctrica. Moreno (2011), también reporta de un número mayor de frutos que el

reportado en este trabajo (19.74-27.03 frutos por planta), bajo un tratamiento de cultivo en suelo, con un suplemento de fosfito.

Por otro lado, comparando con Arellano (2013) (4 frutos por planta) en un periodo de enero a mayo, los resultados del presente trabajo son más altos.

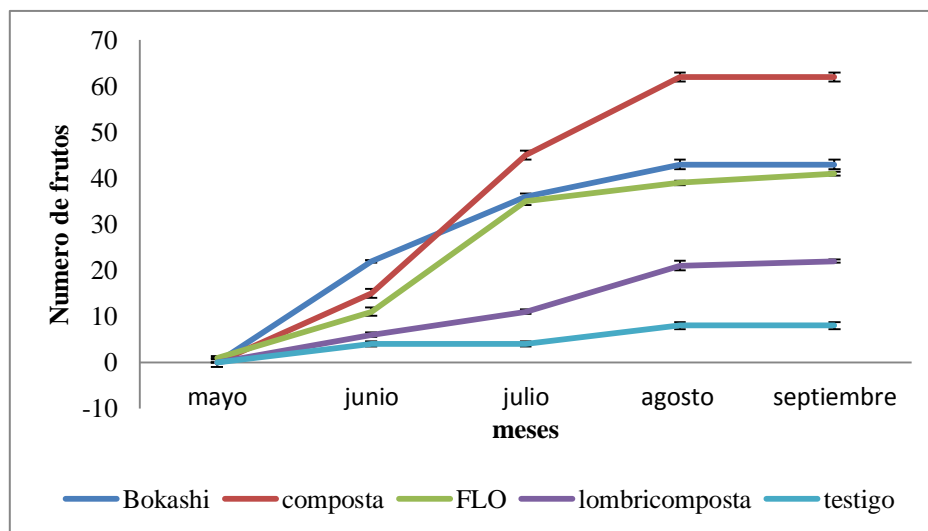


Figura 13 Curva acumulativa de fructificación de la fresa (*Fragaria vesca* L.) de los diferentes abonos orgánicos durante el experimento.

El incremento de frutos fue al inicio del verano, como resultado del incremento de la radiación solar e incremento de las horas luz del día (fotoperiodo largo) (Fabien *et al.*, 1999 ; Casierra *et al.*, 2011); ya que en el verano los rayos solares inciden verticalmente sobre el terreno (Aguilar, 2004), decreciendo la incidencia de luz y con ello el crecimiento vegetal; sin embargo simultáneamente en ese momento se lleva a cabo la acumulación de nutrientes y consigo la maduración de frutos.

Por otro lado, las fresas requieren acumular horas frío con temperaturas por debajo de los 7°C, para propiciar una buena vegetación y fructificación. Y un exceso de frío acumulado, provoca bajas en la producción y un excesivo desarrollo vegetativo así como la aparición prematura de estolones (Guadarrama, 2006). De aquí que el número de frutos en este trabajo haya sido muy bajo, debido a que el estudio se realizó en el periodo de primavera-verano no acumulando las plantas las horas frío necesarias para una óptima fructificación.

En el caso de la composta que presentó el mayor número de frutos, la explicación podría ser la relación C/N que presentó al momento de su elaboración (C/N=30), lo cual permite una mayor asimilación de los macronutrientes (P,K) (Rodríguez 1997), y el potasio al disociarse con las cargas que se generan por la descomposición de la materia, se presenta en forma asimilable para la planta y así favorece el proceso de fructificación de la fresa (Keutgen *et al.*, 2005).

Para el Fertilizante Líquido Orgánico (FLO), el número de frutos fue intermedio (41) al igual que para el bokashi y la lombricomposta (Fig.12). Para el FLO hay que tener en cuenta que la

cantidad de nutrimentos aportados durante la fertilización fue menos que en el caso de los otros sustratos, ya que el FLO solo se aplicó en diluciones, sin tener un abono base como en el caso de la composta, la lombricomposta y el bokashi, presentaron valores intermedios de frutos, debido a su menor contenido de nitrógeno en relación a la composta (Cuadro 1).

En relación a las variables de peso, diámetro y altura del fruto, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, (Cuadro 8, Figura 10), esto debido a que no hubo diferencias en las concentraciones de los nutrimentos nitrógeno y fósforo (Cuadro 1).

Cuadro 10.- Características físicas del fruto de fresa (*Fragaria vesca* L.) entre los tratamientos.

| Tratamiento | Peso (g) | D.E. (cm) | Largo (cm) |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Bokashi | 1.06 ± 0.98 a | 0.73 ± 0.67 a | 0.80 ± 0.73 a |
| Composta | 2.50 ± 2.82 a | 1.56 ± 1.58 a | 1.75 ± 1.77 a |
| FLO | 1.61 ± 1.37 a | 1.15 ± 0.73 a | 1.02 ± 0.92 a |
| Lombricomposta | 0.77 ± 0.79 a | 0.57 ± 0.55 a | 0.61 ± 0.51 a |

Medias de Peso, Diámetro ecuatorial, Largo de los frutos de fresa ± error estándar. **D.E.** Diámetro ecuatorial

Los resultados obtenidos en los tamaños del fruto (Cuadro 10, Figs. 14, 15,16), no presentaron diferencias estadísticas significativas, de manera general, fueron superiores a los reportados por Labokas *et al.* (2005) para *Fragaria vesca*, quien reporta un peso de 0.59 gramos por fruto, con un largo de 1.07 cm y 1.30 cm de ancho (promedio) en ambientes naturales de clima templado; Malnikova *et al.* (2013) reporta valores de 0.16 a 0.49 gramos por fruto, los cuales son menores a los reportados en este trabajo. Mayulema – Mayulema (2005) reporta una longitud del fruto de 2.4 a 4.24 cm, los cuales son superiores a los registrados en los abonos tipo: Bokashi, lombricomposta, FLO y el testigo (Fig. 14, 15, 16), e inferiores a lo reportado por Moreno (2011), quien reporta 3.43-3.56 de diámetro en un tratamiento a base de fosfito, y a los reportados por Verdugo (2011) quien reporta 8.13-14.53 (g) por fruto bajo la aplicación de cuatro diferentes biofertilizantes: té de estiércol, té de frutas .caldo super cuatro y biol de hiervas.

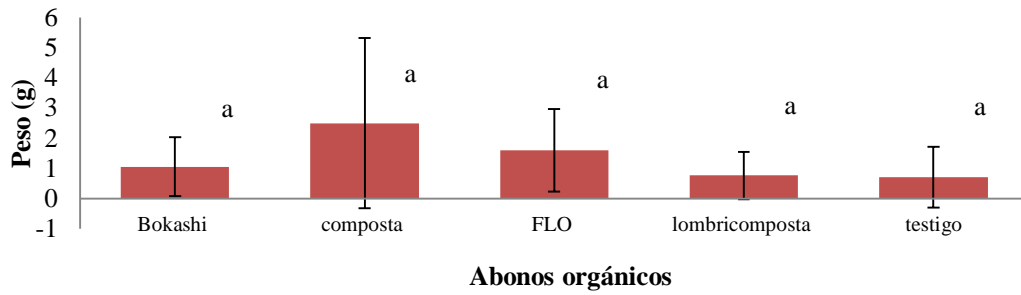


Figura 14. Peso de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos. Letras iguales, no hay diferencias estadísticas significativas.

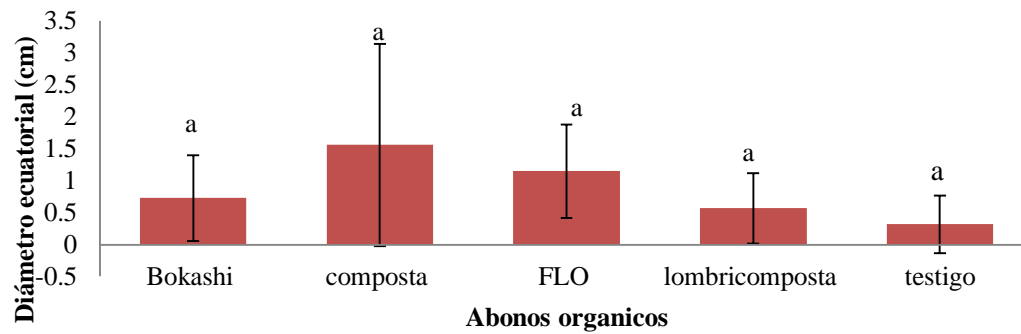


Figura 15. Diámetro ecuatorial de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos. Letras iguales, no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

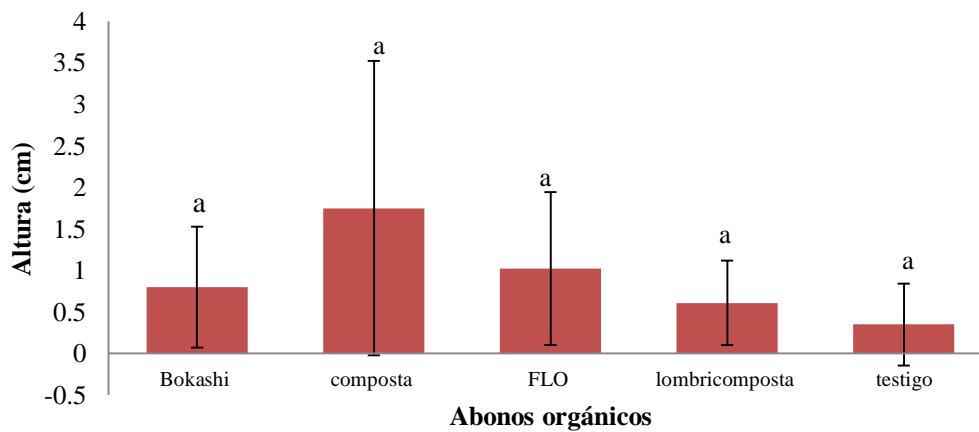


Figura 16. Altura de los de los frutos de fresa en los diferentes tratamientos. Letras iguales, no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

7.5. Análisis nutrimental de los sustratos, después de cuatro meses continuos del cultivo de la fresa y síntomas de deficiencia.

Después de cuatro meses de cultivo de la fresa, el sustrato utilizado como base, presentó las siguientes características:

Cuadro 11. Composición nutrimental de los sustratos para el cultivo de la fresa al final del experimento.

| Tratamiento | M.O.(%) | N (mg/kg) | P (mg/kg) | K (cmol/g) | pH |
|-------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|
| Testigo | 8.17±1.29 | 0.62±0.02 | 128.34±04.66 | 08.43±0.57 | 8.33±0.010 |
| FLO | 11.2±1.95 | 0.60±0.14 | 169.97±17.50 | 13.00±0.46 | 8.78±0.008 |
| Composta | 13.4±0.38 | 0.78±0.01 | 134.50±01.92 | 12.60±0.41 | 8.11±0.006 |
| Bokashi | 13.6±0.59 | 0.71±0.08 | 232.10±02.27 | 12.98±0.04 | 8.35±0.005 |

Medias de MO., Nitrógeno, Fósforo, Potasio y pH ± el error estándar para los diferentes tratamientos.

El porcentaje de M.O. del sustrato para todos los tratamientos, se presentó por encima de los requerimientos necesarios para la producción de la fresa (Cuadro 11), la cual requiere de 4 a 6 % (Guadarrama 2006). En general, se observó que los tratamientos de FLO, composta y bokashi, no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en relación a la pérdida de materia orgánica, con respecto al contenido inicial en el sustrato; en cambio, la lombricomposta y el testigo, presentaron una disminución del 40.05% para testigo y 17.04% para lombricomposta) (Cuadros 1 y 11, figura 10). Posiblemente esto fue debido a una tasa de mineralización más lenta en estos abonos, que se presenta en pH alcalinos (Julca *et al.*, 2006).

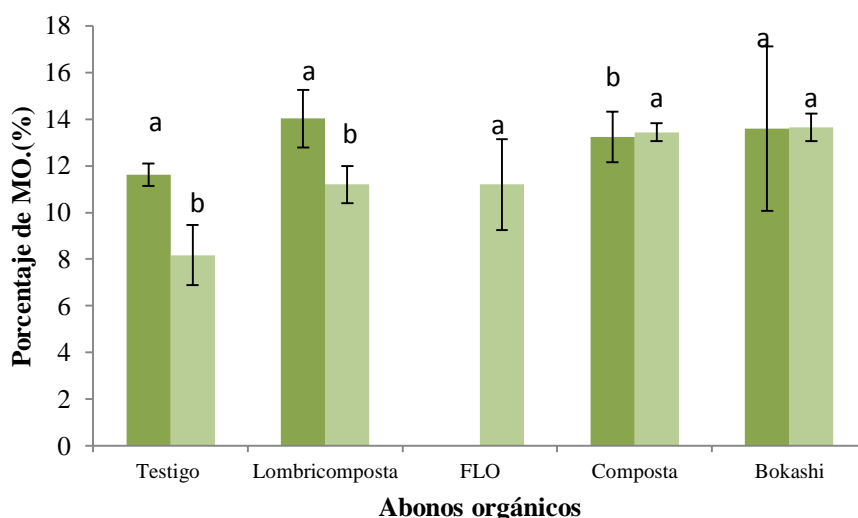
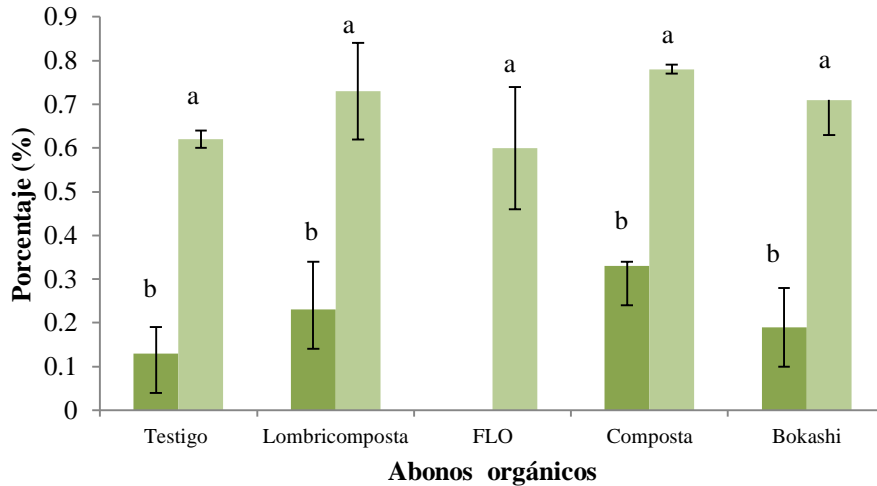


Figura 17. Porcentaje de MO al inicio y al final del experimento. Letras iguales dentro del tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas (prueba t'student). MO. inicial, MO. Final.



Figuras 18. Porcentaje de nitrógeno al inicio y al final del experimento. letras iguales dentro del tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas (prueba t'student) nitrogeno inicial ■, nitrogeno final ■

En el caso del nitrógeno, ninguno de los abonos orgánicos, presentó la cantidad recomendada por la literatura para la producción de fresa (Guadarrama 2006) ya que necesitan de 100 a 120 mg/kg y los abonos probados en este estudio oscilaron entre 0.19-33.3 mg/Kg al inicio del experimento (Cuadro 1), sin embargo la administración semanal de los biofertilizantes tipo lixiviado o té proporcionó una cantidad adicional de macro y micronutrientes semanalmente, donde las cantidades adicionales fueron: 52.22 (mg/l/semana) para composta, 33.3 (mg/l/semana) para FLO y 0.6 (mg /l / semana) para bokashi (Cuadro 8). Esto tuvo como consecuencia, un incremento en el porcentaje de nitrógeno al final del experimento, el cual osciló entre 0.60-0.78 (%) de nitrógeno total, alcanzando en cada abono un total de: 0.60 mg/kg para FLO, 0.62 mg/kg para testigo, 0.71 mg/kg para bokashi, 0.73 mg/kg para lombricomposta, 0.78 mg/kg para composta, con la siguiente tendencia en forma decreciente: composta > lombricomposta > bokashi > testigo > FLO (Fig.11). Esta cantidad fue suficiente en el caso del nitrógeno, al menos para que el cultivo no presentara deficiencias durante los primeros cuatro meses de cultivo.

Para el caso del fósforo los biofertilizantes cubrieron durante todo el proceso del experimento los requerimientos nutrimentales para la fresa, los cuales son de 20 a 30 (mg/kg) (Guadarrama 2008). En cuanto a la aplicación semanal del lixiviado, la aplicación de fósforo total para todos los abonos orgánicos, osciló entre 11.67-24.24 (mg/l/semana) (cuadro 8), incrementándose la dosis de este nutriente de 128.34-285.28 (mg/kg) al terminar el experimento de cuatro meses, con la siguiente tendencia en orden decreciente: lombricomposta > bokashi > FLO > composta > testigo (Cuadro 8) (Fig. 11).

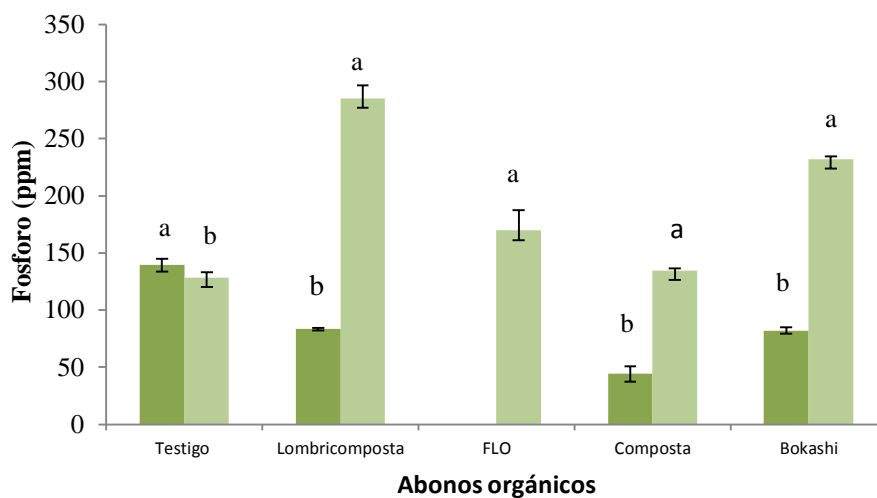


Figura 19. Contenido de fósforo al inicio y al final del experimento .letras iguales dentro del tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas (prueba t'student) fosforo inicial ■, potasio final ■

En el potasio, desde su inicio, como en el caso del nitrógeno (Cuadros 8 y 11). Tampoco presentó las cantidades recomendadas por la literatura para el cultivo de la fresa (120- 180 mg/kg) (Guadarrama 2006); sin embargo, con las aplicaciones adicionales en forma de té, los valores se incrementaron, en un rango de 19.60 -57.18 (mg/l), por lo que la aplicación semanal de los abonos orgánicos alcanzó los valores de 5.45 - 48.82 (mg/l/semana) (Guadarrama 2006). Es necesario enfatizar, que este macroelemento se redujo durante el proceso de fructificación registrando concentraciones entre 8.47 – 17.50 con la siguiente tendencia creciente en relación a la concentración de potasio al final del experimento: testigo < composta < bokashi < FLO < lombricomposta (Fig. 11).

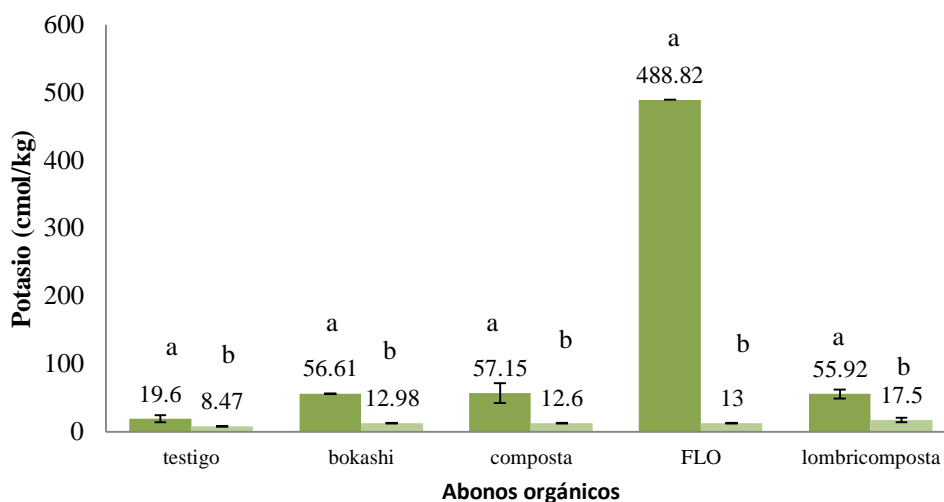


Figura 20. Contenido de potasio al inicio y al final del experimento. Letras iguales dentro del tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas (prueba t'student), potasio inicial ■ , potasio final ■

En el suelo existe una gran variedad de sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas, de ácidos y bases que pueden estar parcialmente disociados y que son fuente de protones. El suelo es un sistema ácido- base. (16)(Fig. 21).

En el caso del testigo, el hecho de haber pasado de un suelo ligeramente alcalino a uno moderadamente alcalino, pudo ser a que en suelo existen carbonatos de calcio y magnesio que de manera natural representan una reserva de alcalinidad (16)(Fig. 21).

En la composta y lombricomposta la estabilidad del pH al inicio y al final del experimento se debe que los pH medianamente alcalinos de los abonos, los mantuvieron constantes, debido a que en general los abonos orgánicos dada la gran cantidad de MO. que contienen, poseen una gran capacidad buffer, así logran amortiguar los cambios de pH del suelo, y mostrar mayor estabilidad en el pH, lo cual sucedió en este trabajo (Patlax 2013). Esto se debe en particular, a la capacidad que tienen los pares conjugados de ácidos- bases presentes en la solución del suelo, para transmitir protones entre ellos. Los grupos ácidos de la materia orgánica, así como los sitios del intercambio de las arcillas y sesquióxidos son capaces de aceptar protones a pH más bajos y, mantener amortiguado el pH del suelo, así este bajará solamente cuando no encuentre en el suelo una base conjugada, que se asocie a él(16)(Fig. 21).

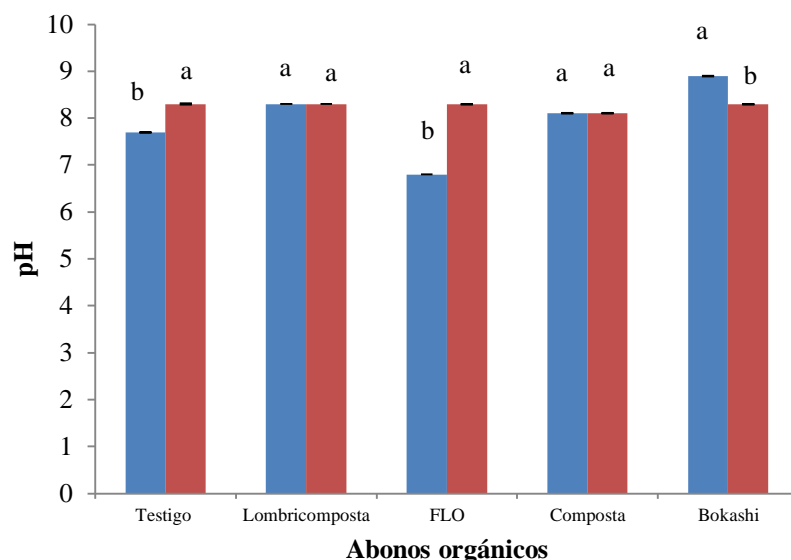


Figura 21. Valores de pH al inicio y al final del experimento. Letras iguales dentro del tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas (prueba t' student). pH inicial ■, pH final ■.

En general, los abonos orgánicos evaluados, en su composición nutrimental, permitieron un buen desarrollo vegetativo de la fresa, con una buena producción de hojas y estolones, sin embargo las deficiencias en potasio y nitrógeno, después de cuatro meses de cultivo, se reflejaron en una baja producción de frutos. La fertilización adicional vía té, representó un abono adicional muy importante para sostener el mantenimiento del cultivo; sin embargo, a partir de los cuatro meses (agosto-septiembre), o 120 días después de iniciado el experimento algunas plantas por tratamiento, presentaron algunos síntomas de deficiencia nutrimental.

Estos síntomas, se observaron en la siguiente proporción: el porcentaje de plantas sin deficiencia nutrimental: testigo (75%) > Composta y lombricomposta (66%), > FLO > bokashi (58 %).

El hecho de que el testigo haya sido el que presentó menores deficiencias nutrimentales, posiblemente esté relacionado a su pH (7.7 al inicio y 8.3 al finalizar el experimento), el cual siempre fue el más bajo en relación a los sustratos con abonos orgánicos (8.3), este pH en el testigo permitió la mejor asimilación de MO, N, P, K (Navarro *et al.*, 2013).

Las deficiencias que se presentaron en general para todos los sustratos, aunque en diferente proporción para el total de sus plantas, fueron principalmente clorosis, es decir hojas amarillentas, con nervaduras verde oscuro y de menor tamaño que las sanas y quemaduras o una cloración rojiza en los bordes de las hojas (Figs. 22, 23, 24). Esto coincide con los síntomas de deficiencia reportados por Pedraza (2009).

En relación a el testigo fue el tratamiento que presentó el 75% de sus plantas sanas y el 25% con deficiencias nutrimentales, con la siguiente tendencia: 16.66% de las plantas con hojas amarillas, el 25% con hojas arrocetadas o deficiencia de calcio, y 8.33% con arrocetamiento y nervaduras, las cuales reflejaron síntomas por deficiencias de nitrógeno o algún microelemento como deficiencia de calcio, y el 33.33% con un contorno café, las cuales indican una deficiencia de potasio.

En relación al tratamiento con lombricomposta, este presentó el 66.66% de las plantas sanas y el 33.34 % de las plantas, presentaron alguna deficiencia o combinación de las mismas: un (33.33 %) con deficiencia de potasio (contorno café en el borde de las hojas) y un (25 %) deficiencia de nitrógeno o algún microelemento.

Para el tratamiento tipo FLO, este presentó 58.33% de las plantas sanas y 41.66% con las siguientes deficiencias nutrimentales: el (41.66%) de las plantas presento clorosis o deficiencia por nitrógeno o algún microelemento, 16.66% plantas con deficiencia de calcio y 33.33% plantas por deficiencia de potasio. Igual para los párrafos siguientes que están en color rojo.

En las fresas bajo el tratamiento tipo bokashi presento el 100% de plantas enfermas con reducción de la altura de la planta convidado con otras deficiencias como: (8.33%) planta por deficiencia de potasio, el (8.33 %) por deficiencia de calcio, y (16.6%) deficiencias por nitrógeno o algún microelemento.

La composta al finalizar el experimento presento el (8.33%) de plantas sanas y (91.66%) de plantas con deficiencias nutrimentales, de las cuales se presentaron las siguientes tipos: el (33.33 %) con deficiencia de calcio, (58.33%) plantas con probable deficiencia de nitrógeno o algún microelemento, y (41.66%) de las plantas con deficiencia de potasio.

En general, la clorosis pudo deberse a una deficiencia de nitrógeno y hierro, esto como una respuesta a la composición nutrimental de los sustratos, ya que estos presentaron una cantidad muy baja de nitrógeno y altas cantidades de fósforo, el cual en exceso no hace disponible al hierro, manganeso y zinc (Fig. 22, 23, 24).



Figura 22. Deficiencia de nitrógeno, hierro o zinc, en plantas de fresa.

El amarilleamiento (clorosis) (Fig. 22) de las hojas es debido a una disminución del contenido de clorofila (de pigmentación verde) que es determinante en el proceso fotosintético (Salisbury y Ross, 2000). Las hojas jóvenes absorben nitrógeno procedente de las hojas más viejas. La producción de pigmentos distintos a la clorofila cuando falta el nitrógeno es una característica interesante que presentan muchas plantas y se debe a que el nitrógeno es un componente esencial de las proteínas, por lo tanto; una disminución de este elemento debe provocar una disminución consecuente en la síntesis de proteínas lo que origina a su vez una reducción del tamaño de las células y especialmente del ritmo de sus divisiones (Devlin, 1976).

Mills y Jones (1996) mencionan que los síntomas en los vegetales deficientes de nitrógeno se manifiestan en las hojas adultas, crecimiento débil, hojas verdes de color verde claro (lo cual se observó en este trabajo) y necrosis que aparece en etapas severas de la deficiencia, lo cual no se observó en este trabajo, lo que nos indica que la deficiencia por nitrógeno en este momento (cuatro meses del cultivo) no es severa y que se podría resolver con el cambio de sustrato y fertilizaciones foliares a base de los abonos orgánicos evaluados en este estudio.

También se observaron deficiencias por potasio (Fig. 16), donde las hojas adultas presentaron bordes cloróticos con un color rojo marrón en sus bordes (Fig.23 poner el número correspondiente), pero estos síntomas tampoco fueron severos como en el caso del nitrógeno, por lo que en este momento en que se detecta la deficiencia, debe aplicarse una corrección para evitar que el daño sea severo teniendo como consecuencia la pérdida de las hojas (Pedraza, 2009).



Figura 23. Deficiencia de potasio en las plantas de fresa.

Estas quemaduras marginales en hojas, seguidas de un oscurecimiento en los bordes hasta cubrirlas por completo son parecidas a las quemaduras foliares por exceso de sales (Urich *et al.*, 1980) y se atribuyen a la disminución en la actividad de los estomas y la capacidad de fotosíntesis de las hojas. En este experimento no se observaron manchas rojas en el centro de la lámina foliar, tampoco necrosis del pedúnculo con enrojecimientos de las nervaduras centrales seguidas por la muerte de la hoja como describe Branzanti (1989) en plantas de fresa.

El potasio interviene fisiológicamente en los siguientes procesos: síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, síntesis de proteínas y en la fosforilación oxidativa que se produce en las membranas de las mitocondrias. Esta fosforilación consiste en captar fósforo en una molécula compleja que también contiene el mismo elemento como una forma de captar y acumular energía para otros procesos fisiológicos de la planta como las distintas síntesis de almidones grasas y proteínas que intervienen en la estimulación enzimática (Salisbury y Ross, 2000).

Por otro lado, se observaron hojas con quemaduras en la punta, especialmente de las hojas nuevas y jóvenes (Fig. 24). Esta es una de las manifestaciones más obvias de deficiencia de calcio en la fresa y es más notoria en unas variedades de fresa más que otras (Gelanti) (Ramírez 2011).

Las plantas deficientes en calcio presentan inicialmente un crecimiento débil seguido de follaje verde oscuro. En las hojas jóvenes se produjo un amarilleamiento (clorosis) a partir de los bordes y posteriormente una necrosis con enrollamiento del haz hacia el envés, síntomas similares a los descritos por Sánchez y Escalante (1989).



Figura 24. Deficiencia de calcio en las plantas de fresa.

Deficiencia de calcio en plantas no se atribuye necesariamente a una carencia en el suelo y por eso no es precisamente fácil de mejorar por un aumento del abono de calcio. Calcio se mueve de las raíces al resto de la planta al esfuerzo de evapotranspiración por los conductores del agua en la planta, también conocido como el xilema. Si hay mucha evapotranspiración, tal como en un día caluroso y seco, calcio se arrastra desde las raíces a puntos de toda la planta. Episodios de tiempos frescos, húmedos, por ejemplo niebla, no facilitarían evapotranspiración y subsecuentemente el movimiento de calcio es restringido. Órganos de planta tales como fruta y hojas en desarrollo no transpiran tanto como una hoja madura y completamente expandida, y entonces tenderían a ser los primeras a mostrar deficiencia de calcio (Mills y Jones, 1996).

El calcio es en componente estructural de las paredes y tejidos de células de las plantas. Una deficiencia de calcio en la planta dirige a un colapso general de la estructura del tejido y la pared de la célula, y la fuga resultante de polifenoles concluye con necrosis en las áreas afectadas. Infección de microbios resulta por haber tejidos rotos y muertos en estas áreas, pero es un efecto secundario.

La literatura científica dice que en la fresa, las hojas que contengan menos de 0.9 por ciento calcio son deficientes, con un porcentaje significativo de plantas mostrando síntomas de quemadura de la punta. Además, suficiencia de calcio se supone de ser en el área de 1.5 por ciento de tejido seco

7.6. Rendimiento

El rendimiento de la *Fragaria vesca*, fue bajo en general para todos los sustratos abonados orgánicamente. De marzo a septiembre de 2012, se obtuvo el siguiente rendimiento: 62 frutos/m² (65 g) para composta, 43 para bokashi (16.94 g), 41 para FLO (66.01 g), 22 para lombricomposta (45.00 g) y 8 (8.4 g) para el testigo (Cuadro 12).

Los valores obtenidos en este trabajo se encuentran por debajo a lo reportado por Caruso *et al.* (2011) quien reporta 95.5-166.6 (g) para *Fragaria vesca*, durante el periodo de primavera; sin embargo estos autores reportan de 43- 45.2 (g) para el periodo de otoño, lo cual es más parecido a los datos obtenidos en este estudio con la composta, el FLO y la lombricomposta. De manera general, este rendimiento es una respuesta directa del genotipo, de los factores ambientales y de la composición nutrimental del sustrato, sin embargo es importante resaltar que la aplicación de abonos orgánicos como los evaluados en este trabajo, incrementan el rendimiento del fruto en peso, en un 87% para composta, 87.27% para FLO, 81.53% para lombricomposta y 50.41 % para bokashi, todos ellos en relación a el testigo.

Cuadro 12. Rendimiento: En número de frutos por metro cuadrado y peso del fruto por tratamiento.

| Tratamiento | I | II |
|----------------|------|-------|
| Testigo | 08 d | 8.04 |
| lombricomposta | 22 c | 45.00 |
| Bokashi | 43 b | 16.94 |
| Composta | 62 a | 65.00 |
| FLO | 41 b | 66.00 |

Medias del Numero frutos por metro cuadrado, Peso del futo por tratamiento \pm error estándar.

I. Numero de frutos promedio por metro cuadrado ,periodo primavera verano

II. Peso promedio del fruto en gramos, periodo primavera verano.

8. Conclusiones

El cultivo de la fresa (*Fragaria vesca* L.), utilizando abonos orgánicos preparados con materiales locales, y durante un período de cuatro meses con una fertilización líquida adicional, presentó un buen desarrollo vegetativo, una buena producción de hojas y estolones, pero una baja producción de flores y frutos, esto principalmente, como consecuencia directa de las características reproductivas de la especie y no necesariamente de la composición nutrimental de los abonos.

En general, los sustratos a base de abonos orgánicos composta, lombricomposta, bokashi y FLO, con una fertilización suplementaria semanal, cubrieron los requerimientos nutricionales de la fresa sin presentar deficiencias nutrimentales, durante cuatro meses de cultivo.

Las características morfológicas de la fresa como altura y cobertura no se ven afectadas por ninguno de los abonos orgánicos, solo el número de hojas fue favorecido con abonos ricos en fósforo y potasio (lombricomposta, composta y bokashi).

Las características reproductivas como estolones, flores y frutos, se vieron favorecidos con el abono más rico en nitrógeno y fósforo, como la composta.

El cultivo de la fresa, es factible, utilizando abonado orgánico, sin embargo algunas características como el número y tamaño del fruto, dependen en gran parte de las características genéticas de la especie, siendo necesaria la selección de variedades altamente productivas.

9. Recomendaciones

Para el cultivo de fresa se recomienda sembrar directamente en camas de crecimiento o a nivel de suelo, para un mejor manejo de la planta y desarrollo de los estolones, ya que el cultivo en bolsa limita este aspecto.

Se sugiere trabajar con las variedades de fresa con mayor valor comercial y que son altamente productivas, para obtener mejores resultados y proyectarlos a los agricultores convencionales.

Es recomendable realizar un estudio comparativo del cultivo de la fresa convencional (aplicación de fertilizantes químicos), en comparación con los abonos orgánicos.

Para obtener resultados más puntuales se recomienda trabajar con un testigo absoluto (suelo que no haya sido utilizado anteriormente y que no contenga remanentes de abonos orgánicos).

10. Referencias

- Aira, M., Monroy F., Domínguez, J. 2007. How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure. *European Journal of Soil Biology* 38:7-10.
- Aguilar Rodríguez Armando. 2004. Características diferenciales entre las claves climáticas. Segunda edición. Editorial Pearson Educación. México, pp 36-40.
- Alvares Solís J.D., D. A. Gómez V., N. S. León M., F.A. Gutiérrez M. 2010. Manejo integral de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, vol. 4, num.5, julio-agosto, 2010 pp 575- 586.
- Altieri R., A Esposito. 2010. Evaluation of the fertilizing effect of olive mill waste compost in short-term crops. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64 ,124-128.
- Altieri R., M.A., Nicholls, C. I. 1994. Perspectivas agroecológicas, Biodiversidad y manejo de las plagas en agroecosistemas. Editorial Icaria. España. pp 16, 17.
- Atiyeh R. M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger, W. Shuster. 2000 Effect of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44, 579-590 (2000). p 588.
- Atiyeh R. M., S Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger, W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Depto. of horticulture and crop science. pp 582, 588.
- Arancon N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch J.D. 2004 Metzger. Influences vermicompost on fields strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93 145-153.
- Angevinem. W. 1983. Variation in the demography of natural population of the wild strawberries *Fragaria vesca* and *F. Virginiana*. *Journal of Ecology* 71:959-974.
- Arauz, C. L. F. 1998. Fitología un enfoque agroecológico. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. pp 43,44.
- Arrellano Velázquez Salvador. 2013. Rendimiento de frijol fresa y ajo en cultivo asociado con la aplicación de un biofertilizantes. Tesis. Licenciado en biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. pp 5-88.
- Avigdor-avidov, H. 1979. The effect of chilling on development of the strawberry plant and its physiological significance. *Hortic. Abstr.* 51(1981), 2492.
- Bahamonde Orozco, Mercedes A. 2009. Evaluación de cinco alternativas de fertilización en la hacienda del Chaparral ubicada en el Cantón Mejía, Provincia de Pinchincha. Tesis para obtener el Título de Ingeniería Agroindustrial. pp 16, 17, 18, 41, 42, 43.

- Barois, I. P. Lavelle. 1986. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of atropical soil during transit through *Pantiscolexcarethrurus* (Glossoscolecidae, oligochaeta). *Soil, Biol. biochem*; 18: 539-541.
- Barritt, B.H. 1974. The effect of gibberellic acid, blossom removal and planting date on strawberry runner plant production. *HortScience*. 9(1):25-27.
- Benavides, G. J. Cisne, C.R. Laguna. M. 2007. fertilización orgánica sobre tres fenotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en La sabana. La Calere, Año 7, N°8, Universidad nacional Agraria. Managua, Nicaragua, pp54-58.
- Blatt C. R. and D. N. A. Crouse. 1970. Effects of gibberellic acid and nitrogen on the strawberry cv. 'Redcoat'. *HortScience* 5(5):437-438.
- Black, C. A. 1975. Relaciones suelo-planta, tomo II; Ed. Hemisferio Sur.
- Bonet, G.J.2010. *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en Fragaria diploide para la mejora del cultivo de fresa*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Biotecnología. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra Barcelona. pp 3-10.
- Braun, J. W. and W. J. Kender. 1985. Correlative bud inhibition and growth habit of the strawberry as influenced by application of gibberellic acid, cytokinin, and chilling during short daylength. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(1):28-34.
- Branzanti, E.C.1989. L fresa. Traducción al español de J.A. de la Iglesia G. y E. P. Hoyos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 142-152.
- Brouwer R. 1983. Functional Equilibrium: *Neth J Agri Sci.* 31:335-348.
- Caseirra P. Fanor, Peña O. J. E., A. F. Vargas M., 2011. Propiedades fisicoquímicas de fresas (*Fragaria* sp) cultivadas bajo filtros fotoselectivos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 64(2): 6221-6228.
- Castillo, Alicia E.; Quarín, Silvio H. y Iglesias, María C. 2000. Caracterización Química Y Física de Compost de Lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc.* 60, 1, pp. 74-79.
- Caviedes A. C. A., D. C. A. Piedrahita G.2012. *Elaboración de tipo Bokashi a partir de desechos orgánicos y subproductos de la industria láctea (Lacto suero)*. Tesis para obtener el grado ingeniero agroindustrial, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Buena aventura Cali, Santiago de Cali .p 40
- Campitelli Paola. S. Ceppi. 2008. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: Achemometric study. *Chemometric sand intelligent Laboratory sitems* 90 64-71.
- Caruso Gianluca, G. Villari, G. Melchionna, S. 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulture* 129:479-485.

- Cerrato M.E., H.A. Leblanc, C. Kameko.2007. Potencial de mineralization de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad de EARTH, Las Mercedes de Guácimo, Limon, Costa Rica. *Tierra tropical* (2007) 3(2):183-197
- Cisneros, A. 2003. Apuntes de la materia de riego y drenaje. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. p 40.
- Chaoui H. I., L.M. Zibilske, T. Ohno.2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil biology & Biochemistry* 35, 295-302.
- Choma, M.E.and D.G. Himelrick. 1984. Responses of day-neutral, june-bearing and ever bearing strawberry cultivars to gibberellic acid and phthalimide treatments. *Scientia Horticulturae* 22:257.
- Dávalos G. Pedro A., R. Aguilar G., A.R. Jofre G., A. R. Hernández R., M.N. Vázquez S.2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa .Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya Guanajuato, México.
- De las Heras, J., Fabeiro C., Meco R.2003.Fundamentos de la agricultura ecológica: realidad actual y perspectivas. Universidad de Castilla, La Mancha, España. pp 16-19.
- Devlin, R. M. 1976. Fisiología vegetal. 3ª ed. Omega. Barcelona, España. 304-316 pp.
- Fabien R., G. Risser, G. Pétel .1999. Photoperiod y temperature effect on growth of strawberry plant (*Fragaria x ananassa*Duch.): development of a morphological test to asses the dormancy induction. *ScientiaHorticulturae*82, 217-226.
- Fabien R., M. Gendraud, G. Petél.1999.usingintracelular pH to evaluate growth inhibition of strawberry plants. *Plant Physiol. Biochem.*, (1999), 37(2),155-160.
- Félix, H. J. A., Sañudo T.R.R., Rojo M. G.E., Martínez R.R., Olalde P.V. 2008.Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*.4 (1):57-67.
- Fernández, B. A. 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp 60-89.
- Fernández M. S., C. A. Meza .2004.Efecto residual de la roca fosfórica de riecito modificada por calcinación o acidulación sobre plantas de maíz en suelo con nivel variable de calcio. *Bioagro* 16(02): 93- 98
- Flores, Rodríguez, Ambrosio, comunicación personal, 2012. Finca Biodoni, Nepantla, Estado de México.
- Flores, S. J. 2009. Agricultura ecológica. Mundi-Prensa. Madrid, España.pp 223.
- Fornes Fernando, D. Mendoza H., R. García de la Fuente. M. Abad, R. M.Belda.2012.Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. Institut agroforestal Mediterraneo, Universidad Politécnica de Valencia, 46022, España. *Bioresource Technology*118, 299.
- Garcia Gómez A., M. P. Bernal, A. Roing.2002. Growth of ornamental plants in two compost prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology* 83 (2002) 81-97.

- Gliessman S. R. 2000. Agroecology. Ecological processes in sustainable agricultura. Lewis Publishers. Estados Unidos de Norteamérica. pp 36,37.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. LITOCAT, Turrialva, Costa Rica. p13.
- Gómez, C. M.A., Schwentessius R. R., Ortigoza R. R., Gómez T. L., May T. V., Arreola Q. J. A., López R. U. I. 2008. Agricultura orgánica de México, directorio 2008, Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 130.
- Gómez, C. M. A., Schwentessius R., Meraz A. M R., Lobato G. A. J., Gómez T. L. 2005. Agricultura, apicultura y ganadería orgánica de México -2005. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y tecnológicas (CIESTAAM), Programa Integración Agricultura Industria (PIAI). Chapingo, Estado de México, México. pp17.
- Gómez, M.A. 2004. La agricultura orgánica en México y el mundo. *Biodiversitas* 55:13-13.
- Ghosh Chirashree. 2004. Integrated vermi-pisciculture-an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource Technology* 93:71-75.
- Guadarrama Díaz Samuel O. 2006. Guía técnica para el cultivo de fresa. Dirección de apoyo técnico y Divulgación. Gobierno del estado de México. Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigación y capacitación Agropecuaria y Agrícola y Forestal del estado de Mexico. pp15.
- Grez Renato, V. Gerding, F, Union. 1992. Cenizas de calderas dendroenergeticas. I Acción como enmienda alcalina de en suelos ácidos de la zona sur de Chile. Instituto de Silvicultura. Universidad austral de Chile, Casilla 567, Valdivia Chile .pp 33 -37.
- Hartl W., B. Putz., E. Trhart. 2003. Influence de of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and solid nitrate levels. *Eur J. Soli Biol.* 39, 129-139.
- Hernández F. J. B., Cañizares C. A.E., Blanco G., Arrieche I., Pérez A., Salazar Gonzales M. 2009. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa* spp.). *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 449-457.
- Hernández, J. A., Ascanio G. M. A., Morales D. M., Bojórquez S.J.I., García C. N. E., García P. J. D. 2006. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit. México. pp 225.
- Julca O. Alberto, L. Menesses F., R Blas S., S. Bello A. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura-*IDESIA* (Chile) 24 (1). pp 49-61.
- Keutgen J. A., G. Noga, E. Pawelzik. 2005. Cultivar-specific impairment of strawberry growth, photosynthesis, carbohydrate and nitrogen accumulation by ozone. *Environmental and Experimental Botany* 53(2005)279.
- Kass, D. C. L. 2007. Fertilidad de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. pp. 41.

- Koskela Elli A., Katriina Mouhu, Maria C. Albani, Takeshi Kurokura, Marja Rantanen, Daniel J. Sargent, Nicholas H. Battey, George Coupland, Paula Elomaa, and Timo Hytönen. 2012. Mutation in terminal flower1 Reverses the photoperiodic requirement for flowering in the wild strawberry *fragaria vesca*. *Plant physiology*, 159, 1043–1054.
- Kirkby, E. A. & V. Römheld. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proceedings 543, *The International Fertilizer Society*, P. O. Box, York, YO32 5YS, United Kingdom. pp1- 6.
- Labokas J., Bagdonaitė. 2005. Phenotypic diversity of *Fragaria vesca* and *F. viridis* in Lithuania. *Biologija*.3. 19 – 22.
- Labrador, M. J. 2001. La material orgánica en los agroecosistemas. Ediciones Mundi Prensa. México. pp.120.
- Lampkin Nicolas. 2001. Agricultura Ecológica, Grupo Mundi-Prensa, 2da reimpresión. Madrid. pp 50-84.
- Larsson K. D. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas de producción para máxima calidad y rendimiento en México. pp 7-21.
- Lee, K.E., 1992. Some trends opportunities in earthworm research or: Darwins children. The future of our discipline. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1765–1771.
- Li, Matthew H. Koski. Tia Lynn Ashman. 2011. Functional characterization of gynodioecy in *Fragaria vesca* ssp. bracteata (*Rosaceae*). *Annals of Botany* 109: 545-552.
- López, M. D. J. D., Díaz E. A., Martínez R. E., Valdéz C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra latino americana* 19(004): 293-299.
- Madejón Engracia, R. López J. M. Murrillo, F Cabrera. 2001. Agricultural use of tree (sugar-Beet) vinasse compost: effect on crops and chemical properties of a cambisol in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agriculture, Ecosystem an Enviroment* 84. 56-65.
- Maliniková E., J. Kakla, M. Kuklová, M. Balázová. 2013. Altitudinal variation of plant traits: morphological characteristics in *Fragaria vesca* L. (*Rosaceae*). *Annals of Forest research*.(5681):79-89.
- Manual Agropecuario, 2002. Tecnologías orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Biblioteca del Campo. Bogotá, Colombia. 1093.
- Masaki-Shintani, H. Leblanc, P. Tabora. 2000. Tecnología tradicional adaptada para una Agricultura Sostenible y un Manejo de Desechos Modernos. EARTH, Guacimo, Limón, Costa Rica. 4-10.
- Mayulema Chiriboga H. W., J.M. Muyulema Ch. 2005. *Evaluación de tres variedades de frutilla (Fragaria vesca L.); oso, oso grande y seascape, con tres densidades de siembra en la provincia de Chiborazo*. Tesis, Ingeniero Agropecuario. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 10-114.

- Melendez Gloria. 2003. Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Centro de Investigación Agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- Mendieta, M., L. A. 2011. *Distribución espacial de nutrimentos en la solución del suelo para la producción intensiva de fresa*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. p 5.
- Mendoza G.L.2008.Manual de lombricultura .Secretaria de Educación Pública .CECYTECH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.1-39.
- Mills, H.A. y Jones, B. 1996. Plant Analysis Handbook II. Micro- Macro. Publishing- Inc, Georgia U.S.A. p 213 .
- Moreno D. R. 1978.Clasificación de Ph del suelo contenido de sales y nutrientes asimilables. INIA. SARH, México.
- Moreno Castillo Walter E.2011.*Aplicación de fosfita artesanal en el cultivo de Fragaria vesca L*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Ceballos Ecuador. pp 57-70.
- M van Noordwijk, P. Willingen.1987.Netherlands Journal of Agricultural Science.35 pp 487-497.
- Navarro García Gines, S. García N., 2013. Químicas agrícolas químicas del suelo y de nutrientes esenciales para las plantas. Mundi- Prensa 3ra edición .pp 196-202.
- Nieto Velázquez Silvia, F Pérez M., M. L. Pacheco H., 2004, Separación de ácidos húmicos por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC). Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Orozco, A. M.S., 2010. Prácticas profesionales para la enseñanza de la Agricultura Orgánica. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México. p 80.
- Romero, R.C.O.2011. *Fertilización orgánica en el cultivo de fresa y evaluación de sustratos para la producción de lombriz. (Eisenia foetida Sav.)*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. México. pp 1- 55.
- Paredes C., J. Cegarra, M. P. Bernal, A. Roing. 2005. Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on aswuis chard crop and soil properties. *Envaviroment International* 31(2005) 305-312.
- Paredes Mendoza Marianela, D. Espinosa V. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan el fosfato: una revisión crítica. *Tierra Latinoamericana*, 28:1: 63-67.
- Patlax Martínez Oswaldo.2013. Té de lombricomposta y solución nutritiva en la producción de acelga (*Beta vulgaris* ssp cicla) en invernadero con sistema de raíz flotante. Trabajo de experiencia recepcional para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Xalapa de Enríquez, Veracruz. p16.

- Pedraza, S. M. E. 2009. Inducción de deficiencias nutrimentales en fresa (*Fragaria x ananassaDuch.*). Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo. Universidad Michoacán de San Nicolás Hidalgo, Facultad de Agrobiología. Uruapan, Michoacán. P 47.
- Perdomo Carlos, Barbazán Mónica, Durán. M. J. M., Nitrógeno. Facultad de Agronomía Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay.
- Pérez Aridio, C. Céspedes, P. Nuñez.2008.Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos de la República Dominicana Instituto Dominicano de Investigación Agropecuaria y Forestal. pp 14-15.
- Pérez de Camacaro, María; Carew, James y Battey, Nick. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa CV. Elsanta. *Bioagro*. 2005, vol.17, n.1.
- Pérez, C. J. 2004.Agricultura ecológica: Una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El cotidiano 20 (127)* 96.
- Pesakovic M, Zaklina Karaklajic-Stajic, Slobodan Milenkovic´,Olga Mitrovic´.2013.Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria×ananassaDuch.*) and soil microorganisms. *ScientiaHorticulturae150*, 238–243
- Prakash M. Karmegam Vermistabilization of press mudusing *Perionyxcelanensis*. *Mich Bioresurse Tecnology 101*, 8846-8468.
- Primo Yufera E. Carrasco Dorrien J.M.1987. Agrícola, Química, 2da reimpresión .Editorial Alhambra S.A. España.
- Ramírez Gómez Humberto.2011.Sistemas de producción de fresa de altas densidades. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegios de Posgraduados, campus Montecillos, Posgrado de Edafología, Montecillo Texcoco, Estado de México. p 6.
- Ramírez V. N. N. Duque. Respuesta de lulo *La selva (solanummquitoense x solanumhitum)* y fertilizante químico. *Acta Agronómica 59 (2)*.
- Rajbir Singha, R.R. Sharma, Satyendra Kumar, R. K. Guptaa, R.T. Patil.2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield. *Bioresource Technology 99* 8507 – 8511.
- Ravindran K. C., K. Venkatesan, T. Balasubramanian, V. Balakrishman. 2007. Effect of halophytic compost along with farmyard manure and phosphobacteria on growth characteristics of *Arachishypogea*Linn. *Science of the totsl Enviroment 384* 333-341.
- Ruiz, R. S., W. Rathgeb P. 1990.Efecto de la dosis de P al almácigo, en economía del P, en post-plantación y ritmo de absorción NPK en tomates *Ace 55VF*, cultivados al aire libre.*Agricultura técnica ,50 (3):* 274-280.
- Ruiz, C., Medina G.G., Gonzales I. J., Ortiz T. C., Flores L. H. E., Martínez P. R., Keir F Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP). pp 128,129, 130.

- Ruiz, F. J. F. 2012. Ingeniería del Compostaje. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p 237.
- Rucks L., F. García, A Kaplan, J. Ponce de León, M.Hill.2004.Propiedades físicas del suelo. Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Departamento de suelos y agua. Montevideo Uruguay. p. 16
- Russell, E. J., Russell, E. W. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Aguilar, Madrid. p 801.
- Rodríguez, S.M.A., Córdova y V. A. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México. pp 1-104.
- Rodríguez Julio C.1997.Balance de la relación carbono-nitrógeno para una óptima descomposición aeróbica de la bora (*Eichhomacrassipes* (mart.)*Solms*) en abono orgánico. *Saber*, 9. (1).
- Romero, R.C.O. 2011.Fertilización orgánica en el cultivo de fresa y evaluación de sustratos para la producción de lombriz (*Eisenia Foetida Sav.*). Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados. Campus Puebla. México. p 96.
- Rice, C. W., y J. L. Havlin. 1974. Integrating mineralizable nitrogen indices into fertilizer nitrogen recommendation. In J. L. Havlin and J. S. Jacobsen (eds.). Soil testing: prospect for improving nutrient recomendations. Madison, WI, ASSA and SSSA. Pp. 1-13. (*Agronomy Monografy* N° 40).
- Salisbury, F. B. y C.W. Ross., 2000. Fisiología vegetal. Ed. International Thompson. Editores Spain. Paraninfo S.A. Madrid, España. pp 169-188 .
- Sánchez, S.J. L., 2007.Producción orgánica de fresa (*Fragaria ananassa*), en tubos de PVC. Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán Sinaloa, México.pp1- 4.
- Sánchez, C.F, y E.R. ,1989. Hidroponia.3ª ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, p 194 .
- Taiz, L., E. Zeiger.2006.Fisiologia vegetal. Publicaciones Universitat Jaume I. España. pp 119.
- Tamhane, R. V. Y Colab. 1979. Suelos, su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Editorial Diana. México. pp. 293-297.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson; J. D. Beaton y J. L. Havlin.1993.SoilFertilityandFertilizers. Quinta Edición.
- Torres Cedillo Luis .Elaboración de compostas. Secretarias de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural y Pesca y Alimentación. Subsecretaria de Desarrollo Rural.

- Trinidad Santos Antonio. Abonos orgánicos .Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Posgraduados Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca.
- Serrano Alejandra, Simonne E., Treadwell D.2013.Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida.p10.
- Solla Gullon F., R. Rodriguez Soalleiro, A. Merino.2001. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido en un ensayo de laboratorio. Escuela politécnica Superior .universidad de Santiago de Compostela, Lugo. pp 379-392.
- Soumare M., A Demeyer, F.M.G. Tack, M.G. Verloo.2002.Chemical Characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology* 81(2002) 97-104.
- Soumare M., F. M. G. Tack, M. G. Verloo.2002.Effects of a municipal solid wastes compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural.
- Salas E., Ramírez C. 2001.bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abono orgánicos: calibración de campo. *Agrociencias* 25(2):11-23.
- Singh Munnu, N. Guleria. 2013. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products* 42 (2013) 37–40.
- Singh Rajbir, R. R. Sharma, S. Kumar, R. K. Gupta, R. T. Patil.2008.Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa*Duch.). *Bioresourcetchnology* 99, 8507.
- Suthar Surendra. 2006. Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Bioresource Technology* 97, 2474–2477.
- Smeets, L. 1968. Runner formation and plant production in the strawberry *Hortic. Abstr.*40 (1970), No. 628.
- Ulrich B. Mayer R. Khanna PK.1980. Chemical changes due to acid precipitation in loess derived soils in central Europe. *Soli Sci.*13:193-199.
- Vega ronquillo Erduyn, R. Rodríguez G., M. de Cárdenas L., A. Almaguer S. M., N. Serrano G.2006. Organos orgánicos procesados como alternativa de sustrato organopónicos de invernadero. Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba. pp 324- 333.
- Velasco, V.V.A.1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17 (003): 193-197.
- Verdugo G. Wilmer L.2011. Introducción de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.) y técnicas de fertirrigación empleando cuatro biofertilizantes líquidos en San Pablo Sexto-Morena Santiago. Tesis para a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión de la Producción de Flores y Frutas Andinas para Exportación. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. pp94, 96, 97, 100, 105,121.

Verduzco A.2009. Uso de Calc de Open Office, en el análisis de estudios experimentales. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Estadística. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Chapingo, Estado de México, México. p 1 - 159.

Verlag, Chemie.1988, Fertilizantes y fertilización. Editorial REVERTE. Barcelona, España. pp 165-167.

Vigil, N. N. 2010. Estimación de la biomasa y el contenido de carbono en *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl. en el campo forestal experimental "Las cruces", Texcoco, México. Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Restauración Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. México. p33.

Weber J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, E. Jamroz, A. Kocowics. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1294-1302.

Referencias electrónicas.

- 1) Norma Oficial Mexicana NOM 021-SEMANART -2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [En línea] disponible en <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>, revisado 14 de agosto de 2012.
- 2) Manual Básicos de la agricultura ecológica [En línea] disponible en : http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecoloxica.pdf, revisado 24 de julio de 2012
- 3) Abonos Orgánicos y Cálculos Matemáticos-BioTU [En línea] disponible en <http://biotu.org/download/ecoaldea/agricultura-organica/Abonos%20Organicos%20y%20Calculos%20Matematicos.pdf> revisado 24 de julio de 2012.
- 4) Manual de Compostaje para la Agricultura Ecológica [En línea] disponible en: http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf revisado: 25 de agosto 2010.
- 5) Elaboración de Composta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [En línea]: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>, revisado: 14 de agosto de 2012.
- 6) Ingeniera agrícola 2008. La frutilla, manejo básico del cultivo. [En línea] disponible en <http://www.ingenieriaagricola.cl>, revisado: 14 de agosto de 2012.
- 7) CONAFRESA 2007. Plan Rector. Comité Nacional del Sistema de Producción de fresa [En línea] disponible: http://conafresa.com/plan_rector.pdf. revisado 14 de agosto de 2012.

- 8) SAGARPA, Subsecretaria de Desarrollo Rural, estrategia de desarrollo empresarial: Fresa orgánica de invernadero directa desde Xochimilco al autoservicio. [En línea] disponible: www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../experiencia1.htm-revisado 20 Junio de 2013.
- 9) Nieto Velázquez Silvia , F Pérez M. ,M. L. Pacheco H., 2004, Separación de ácidos húmicos por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC) .Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [En línea] disponible http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_AnaFisAcid/Silvia_Nieto/1.pdf revisado el 26 de mayo de 2013
- 10) Torres Cedillo Luis .Elaboración de compostas. Secretarías de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural y Pesca y Alimentación. Subsecretaria de Desarrollo Rural.[En línea] disponible: www.sagarpa.gob.mx/.../fichasaapt/Elaboración%20de%20Composta.pdf revisado 31 de abril de 2013.
- 11) Melendez Gloria. 2003.Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo.Centro de Investigación Agronómicas, Universidad de Costa Rica.[En línea] disponible <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf> revisado 02 de junio de 2013.
- 12) Perdomo Carlos, Barbazán Mónica, Durán.M.J.M., Nitrógeno.Facultad de Agronomía universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay.[En línea] disponible : https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/?ui=2&ik=3b13891876&view=att&th=1400680596ae983c&attid=0.3&disp=inline&safe=1&zw&saduie=AG9B_P9OodP-pF2X9xYjsTnqTOg5&sadet=1375141232065&sads=DWYh44VgujARcnD3-tuf8QJfZk4&sadssc=1 revisado 28 julio del 2013.
- 13) Trinidad Santos Antonio. Abonos orgánicos.Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Posgraduados Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca.[En línea] <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Organicos.pdf> revisado 30 julio de 2013.
- 14) Galantini, J.A. y Suner, L. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* [online]. 2008, vol.25, n.1 [citado 2013-08-01], pp. 41-55. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2008000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1668-298X.
- 15) Zapata Hernández Raúl. D. Clasificación de la acidez del suelo.capitulo 3. En línea en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/4/9583367125.4.pdf>, revisado 11 de enero de 2013.

