



# **El Colegio de la Frontera Sur**

## **Producción y calidad de *Capsicum annum* y *Allium cepa* bajo tecnologías orgánicas**

### **TESIS**

Presentada como requisito parcial para optar al grado de:  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por:

**José Alfredo Mendoza Núñez**

**2012**



# El Colegio de la Frontera Sur

San Cristóbal de las Casas, 16 de Marzo de 2012.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

**José Alfredo Mendoza Núñez**

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

**Producción y calidad de *Capsicum annum* y *Allium cepa* bajo tecnologías orgánicas**

para obtener el grado de **Maestro (a) en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Nombre

Firma

Tutor/a **Dr. José David Álvarez Solís**

---

Asesor/a **Dr. Federico Antonio Gutiérrez Miceli**

---

Asesor /a **M. en C. Jorge Castellanos Albores**

---

Sinodal adicional **Dra. Esperanza Huerta Lwanga**

---

Sinodal adicional **M. en C. Noé Samuel León Martínez**

---

Sinodal suplente **Dr. Luis García Barrios**

---

<b>Índice</b>	<b>Pag.</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>6</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>7</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Hipótesis General.....	16
Hipótesis particulares.....	16
<b>2.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 Ubicación del área de estudio.....	17
2.2 Elaboración de semilleros y abono bocashi.....	18
2.3 Tratamientos y diseño experimental.....	18
2.4 Manejo del experimento.....	22
2.5 Registro de variables.....	22
2.5.1 Crecimiento y biomasa.....	22
2.5.2 Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET).....	23
2.5.3 Características físicas y organolépticas de los vegetales.....	23
2.5.4 Actividad biológica del suelo rizosférico.....	25
Fosfatasa ácida y alcalina .....	25

Colonización micorrícica.....	25
Biomasa microbiana.....	26
Respiración microbiana.....	27
2.5.5 Balance económico.....	28
2.6 Análisis estadístico.....	29
<b>3.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
3.1 Crecimiento y biomasa de las plantas de chile jalapeño y cebolla.....	30
3.2 Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET).....	32
3.3 Características físicas y organolépticas de los vegetales.....	34
3.4 Actividad biológica del suelo rizosférico.....	37
3.5 Análisis económico.....	42
<b>4.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>5.- ASPECTOS ÉTICOS EN LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>6.- LITERATURA CITADA.....</b>	<b>47</b>

<b>Índice de cuadros y figuras</b>	<b>Pag.</b>
Fig. 1. Ubicación del área de estudio.....	17
Fig. 2. Parcela del experimento establecida con cada uno de los tratamientos.....	21
Fig. 3. Biomasa microbiana en suelo rizosférico del cultivo cebolla en policultivo y monocultivo.....	40
Cuadro 1. Contenido nutrimental de abonos y suelo.....	20
Cuadro 2. Características físicas y químicas de bocashi y suelo.....	20
Cuadro 3. Crecimiento y biomasa de plantas de chile jalapeño y cebolla.....	30
Cuadro 4. Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET) en los tratamientos de fertilización orgánica.....	33
Cuadro 5. Características físicas y organolépticas del chile jalapeño.....	34
Cuadro 6. Características físicas y organolépticas de la cebolla.....	36
Cuadro 7. Actividad biológica en suelo rizosférico de chile jalapeño y cebolla.....	38
Cuadro 8. Balance económico de chile jalapeño y cebolla para los tratamientos de asociación y fertilización orgánica.....	43

## **Agradecimientos**

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada No. 239299 para realizar la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural en el Colegio de la Frontera Sur.

Al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT/CONACYT), por el apoyo financiero brindado para realizar este trabajo, a través de los proyectos “Innovación socioambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad de la frontera sur de México” y “Gestión y estrategias de manejo sustentable para el desarrollo regional en la cuenca hidrográfica transfronteriza Grijalva”.

A los productores y productoras de Santa Rosa El Oriente: Juan García, Magdalena Domínguez, Magdalena Pérez, María Lucas, Magdalena Jorge y a doña Petrona, por colaborar en el desarrollo del presente trabajo.

A todas las personas involucradas en el presente trabajo, por su disposición y apoyo incondicional.

## Resumen

Se evaluó el efecto de la fertilización orgánica y la asociación de cultivos en la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa*) en la comunidad de Santa Rosa El Oriente, La Trinitaria, Chiapas. Se estableció una parcela experimental en la que se evaluó el tipo de fertilización (sin fertilización, con bocashi y con bocashi + lixiviado de humus de lombriz), y la asociación de cultivos (en unicultivo y asociados), bajo un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con 4 repeticiones. Los resultados mostraron que la fertilización con bocashi incrementó significativamente la altura y el número de hojas; en cebolla y chile con 37% y 133% más hojas, y 62% y 94% más altura que el control, respectivamente. No se observó un efecto significativo de la asociación de cultivos ni de la aplicación foliar del lixiviado de humus en estas variables del crecimiento. El índice equivalente de tierra (IET) fue >1 indistintamente del tipo de fertilización. El largo, ancho y peso de chile jalapeño no varió significativamente entre tratamientos, sin embargo, el contenido de capsaicina tuvo un incremento de 41% con aplicación de bocashi + foliar que en el testigo. En cebolla el abono orgánico incrementó 28, 69 y 269% el diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso del bulbo, respectivamente, y no tuvo efecto en el contenido de ácido pirúvico. La fertilización con bocashi incrementó la respiración, la biomasa microbiana y la fosfatasa ácida en la rizosfera de ambas especies. La relación beneficio/costo tuvo valores >1 en cebolla, <1 en chile jalapeño y >1 en la asociación. Se encontró que la aplicación de bocashi y la asociación de chile jalapeño y cebolla favorecieron la producción y calidad de ambos cultivos, así como el uso eficiente del suelo.

**Palabras clave:** Fertilización orgánica, asociación de vegetales, balance monetario.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La reducción del hambre en el mundo es un objetivo pendiente de alcanzar para la comunidad internacional. FAO (2010) estima que en América Latina y el Caribe existen 53 millones de personas con problemas de desnutrición. México en 2008, tenía 18.2 millones de personas en pobreza alimentaria extrema, de las cuales 1.58 millones sobreviven en Chiapas (CONEVAL, 2008).

Los problemas de pobreza extrema y seguridad alimentaria van de la mano. La FAO (2010) recomienda a los gobiernos una inversión mayor en la agricultura, así como mejorar las actividades que generan ingresos para los sectores pobres del medio rural. El fortalecimiento de capacidades locales y la competitividad de los agricultores familiares, sobre una base territorial y focalizada en la familia y en sus ingresos, podrían mejorar el acceso a los alimentos (Gordillo, 2004). Ante esto, la innovación agroecológica, que es esencialmente una emergencia cognoscitiva, individual y colectiva, que se comparte a través del diálogo, el interaprendizaje y la formación de actitudes (Jara, 2009), podría jugar un papel importante en el fortalecimiento de las capacidades locales.

En las comunidades rurales de Chiapas predomina una agricultura de subsistencia, tal es el caso de Santa Rosa El Oriente del municipio de La Trinitaria, donde la población se dedica principalmente al cultivo de maíz con fines de autoconsumo. La siembra de maíz se realiza bajo condiciones de temporal durante Mayo a Noviembre con un periodo de descanso de 5 meses. En esta comunidad los productores disponen de poca tierra, en promedio 3,750 m<sup>2</sup> y en adición, no tienen ingresos suficientes para adquirir insumos químicos, ante esto la agricultura orgánica y sus diversas técnicas, como el uso de abonos orgánicos y asociación de cultivos, representan una posible opción para optimizar el uso de sus tierras.

La agricultura orgánica es un modelo de producción que integra las dimensiones sociales, económicas y del medio ambiente (Álvarez y Ceja, 2000). Su práctica se realiza sin la adición de insumos químicos, y utiliza residuos agrícolas tales como el estiércol, además de la asociación y rotación de cultivos, abonos verdes, control físico y biológico de plagas y malezas (Altieri y Nicholls, 2000). Este modelo de producción toma en cuenta cuatro principios: a) la optimización de los recursos que la gente posee, b) la independencia de insumos externos, c) la conservación de los recursos naturales, y d) la calidad de los productos cuidando que no pongan en riesgo la salud del ser humano (Félix *et al.*, 2008). Los beneficios sobre la salud pueden medirse en términos de la calidad del alimento. Los alimentos de calidad, son aquellos que sustentan un equilibrio entre los elementos minerales y orgánicos que los constituyen, y que no tiene ningún tipo de residuos de sustancias ajenas al ciclo natural (FAO, 2003; Orozco, 2006).

En la práctica de la agricultura orgánica la adición de abonos orgánicos es una técnica muy utilizada. Los efectos que generan el uso de abonos orgánicos en la propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, puede verse reflejado en la nutrición y rendimiento de los cultivos (Caballero, 1999). La adición de abonos orgánicos incrementa la cantidad de materia orgánica y la disponibilidad de nutrimentos (Hernández *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2009; Bar *et al.*, 2004, Sinaj *et al.*, 2002), la biomasa microbiana (Romero *et al.*, 2000; Matheus, 2007) y la actividad enzimática del suelo (Petruzzelli *et al.*, 1989; Ghuman *et al.*, 1992).

También conocidas como indicadores de la calidad biológica del suelo, las variables de biomasa microbiana, respiración microbiana, actividad enzimática y colonización micorrizica, pueden representar una condición y conllevar información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski *et al.*, 1998). La biomasa

microbiana edáfica puede definirse como la parte viva de la materia orgánica del suelo, excluyendo raíces y microorganismos superiores al tamaño de las amebas (Acosta *et al.*, 2006). La respiración microbiana mide la actividad microbiana; con el desprendimiento de CO<sub>2</sub> estima la actividad biológica total del suelo (Shinner *et al.*, 1995). La actividad de las fosfatasas tienen como principal objetivo liberar fosfatos a partir de fósforo orgánico, el fosfato liberado es fuente de fósforo para las plantas y la colonización micorrizica, tiene su principal contribución a nutrición de las plantas con una mejora de la absorción de nutrientes minerales del suelo.

La adición de abonos orgánicos al suelo, no solo tiene efectos en el mismo, sino que además genera cambios en la composición de los vegetales, tal es el caso del tomate (*Lycopersicum esculentum*) que con la vermicomposta presentó mayor altura de la planta y un incremento en sólidos solubles e insolubles en el fruto (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007); en chile ancho (*Capsicum annum*) la adición de vermicomposta incrementó los sólidos solubles, el contenido de nitrógeno (N) y la acidez titulable en el fruto (Oliva-LLaven *et al.*, 2008); en palmito (*Bactris gasipaes*) el abono orgánico mejoró la apariencia y ocasiono un descenso de la acidez (Chaimsohn *et al.*, 2007); en tomillo (*Thymus vulgaris*), menta (*Mentha spicata*) y manzanilla (*Chamaemelum nobile*) se registraron modificaciones en la concentración de timol, carvacol y linalool, compuestos responsables del aroma de la planta (Juárez, 2010); en col (*Brassica olerace*) la aplicación de abono orgánico tuvo efectos positivos en la capacidad antioxidante del vegetal (Bimova y Pokluda, 2009).

Una de las críticas en la agricultura orgánica es que tiene muy baja producción en comparación con la agricultura convencional. Sin embargo, existe evidencia donde se demuestra que cultivos producidos de manera orgánica, tienen los mismos rendimientos que los producidos mediante agricultura convencional (Orozco, 2006).

Así lo demuestran algunos estudios realizados en caña de azúcar (Hernández *et al.*, 2008), cebolla (Ruíz *et al.*, 2007), morera (Elizondo, 2007), plátano (Echeverry, 2001), y papa (Zamora, 2008). Sin embargo, la cantidad de abono orgánico que es necesario aplicar varía de acuerdo a la demanda que entre especies cultivadas y de la disponibilidad de recursos con los que cuenta el productor para su elaboración, por lo que es necesario diseñar, proponer y poner en práctica, alternativas de complementación que satisfagan los requerimientos nutrimentales de las plantas. Una opción es combinar la fertilización edáfica con la fertilización foliar. Entre los fertilizantes orgánicos líquidos que podrían utilizarse para una fertilización foliar se encuentra el lixiviado del humus de lombriz, biofertilizantes a partir de estiércol de vaca y hiervas nativas, supermagro, biofertilizantes quelatados y en los edáficos se encuentran: composta, bocashi, vermicomposta, abonos verdes, estiércol solarizado, entre otros.

Otra de las técnicas utilizadas en la agricultura orgánica es la asociación de cultivos, la cual consiste en cultivar dos o más especies en un mismo terreno. Esta técnica reduce el riesgo de pérdida total, mejora el uso de los recursos, proporciona protección contra plagas y enfermedades, provee estabilidad y la administración adecuada del trabajo durante todo el año (Francis, 1990; Vandermeer, 1990; Gómez y Zavaleta, 2001). Una forma de conocer el beneficio o limitación de la asociación de cultivos en la producción es la medición de la unidad o índice equivalente de tierra (IET), el cual se define como el área de terreno en monocultivo que se necesita para obtener la misma producción que en la asociación (Willey y Rao, 1980; Delgado, 2002; Altieri, 1999). Para calcular el índice equivalente de tierra (IET) se divide los rendimientos de los cultivos en la asociación entre sus monocultivos y se suman los rendimientos parciales (Hernández *et al.*, 1999), con un  $IET > 1$  el policultivo es

ventajoso, IET=1 es indiferente el modo de siembra, IET<1 el monocultivo supera al policultivo.

Diversos estudios corroboran lo mencionado anteriormente, como lo es el rendimiento de maíz asociado con frijol (*Phaseolus vulgaris*) y pepino (*Cucumis sativus*) que presentó un IET de 1.62 (Achupallas y Gaitán, 2009), así también caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) asociado con frijol (*P. vulgaris*), caupi (*Vigna unguiculata*) y soya (*Glycine max*) con un IET de 2.20, 1.65 y 1.57 respectivamente (Maldonado y Martínez, 1984). Un tercer ensayo que podemos mencionar es la asociación de frijol (*P. vulgaris*) con girasol (*Helianthus annuus*) y camote (*Ipomoea batatas*) con maíz (*Z. mays*), con un IET de 1.34 y 1.27 al primer año de siembra (Pérez *et al.*, 2004), al igual que las asociaciones anteriores la asociación de maíz (*Z. mays*) y col (*B. olerace*) presentó una IET de 1.27 (Galicia, 1999).

La asociación de especies, también puede traer beneficios en la calidad del producto (Malezieux *et al.*, 2009). En sistemas agroforestales de café (*Coffea spp*), y en respuesta a los árboles de sombra, el llenado de los frutos se realiza de una manera más lenta y uniforme lo que da una mejor calidad del fruto (Muschler, 2001), en la asociación de trigo (*Triticum spp*) con leguminosas se incrementó la concentración de nitrógeno y azufre del cereal (Gooding *et al.*, 2007). La calidad de proteína cruda del forraje de maíz se ve favorecida por la asociación con frijol común (Eskandary y Ghanbari, 2009), así también, el forraje del pasto (*Pennisetum purpureum*) con la asociación de alfalfa tropical (*Stylosanthes scabra*) y frijolillo (*Macroptilium atropurpureum*) (Njoka *et al.*, 2006). Sin embargo, en cultivos hortícolas no existen datos que soporten esta aseveración, particularmente en cebolla y chile jalapeño.

El éxito o fracaso en la asociación se fundamenta en las diferentes interacciones, como pueden ser la facilitación y la competencia entre especies (Malézieux *et al.*, 2009). Se han desarrollado estudios basados en el papel de la competencia entre plantas a lo largo de un gradiente de productividad, encontrando que la competencia bajo el suelo es menor cuando existe fertilización (Cahill, 1999; Casper y Jackson, 1997). Sin embargo, también existen contradicciones, las cuales mencionan que la competencia podría ser mayor donde existe mayor disponibilidad de nutrientes y la facilitación podría ser más grande bajo condiciones de mayor limitación de nutrientes (Bertness y Callaway, 1994). En lo particular podría pensarse que existe mayor competencia en lugares donde existe mayor limitación por nutrientes.

Los estudios mencionados anteriormente se basan en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, pero existen otros que estudian la disponibilidad de luz y espacio, en los cuales se menciona que la competencia podría ser mayor en hábitats productivos, porque estos hábitats se caracterizan por grandes alturas y cantidades de biomasa, mientras que los hábitats menos productivos por bajas alturas y cantidades de biomasa, tienen menos sombra y por lo tanto la competencia es menor (Grime, 1979; Keddy, 1989). Esta controversia sugiere que cada especie es particular para un rango de recursos bajo el suelo, así como su espacio y luz.

No obstante el impulso que ha tenido la investigación de los beneficios de la asociación de cultivos, aún se necesita de diseños espaciales y temporales de cultivos hortícolas que actúen en sinergia con los componentes de la biodiversidad de arriba y abajo del suelo, los cuales son factores claves para condicionar los procesos ecológicos como el reciclaje de nutrientes y la productividad (Altieri y Nicholls, 2007).

Por tratarse de dos especies de interés comercial, además de ser ampliamente utilizadas en la gastronomía de la comunidad de Santa Rosa el Oriente, el chile jalapeño y la cebolla podrían ser dos vegetales viables de asociar, ya que la cebolla (*A. cepa*) es una planta con poca demanda de luz y de la familia de las liliáceas, además de que la parte aprovechable esta en el suelo, es baja en calorías, rica en fibra, minerales y vitaminas, que le confieren propiedades antioxidantes, tonificantes, diuréticas, digestivas e incluso afrodisíacas (Van, 2009), su sabor esta dado principalmente por compuestos azufrados volátiles y no volátiles y en menor medida por azúcares solubles (Randle, 1992). Mientras que, el chile jalapeño (*C. annun*) pertenece a la familia de la solanáceas y su parte aprovechable está por encima del suelo y es de un ciclo mayor al de la cebolla, contiene capsaicina, vitaminas, minerales, y posee propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antioxidantes e incluso anticancerígenas (Djamgoz y Elsbilen, 2006). La pungencia está dada por la presencia de un grupo de compuestos conocidos como capsaicinoides. (Vázquez *et al.*, 2007). Es importante considerar, que no se encontraron reportes literarios de la asociación entre estas dos hortalizas.

## **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica y la asociación de cultivos en la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annun*) y cebolla (*Allium cepa*), así como en la calidad del suelo y el beneficio económico que conlleva su utilización.

## **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica con bocashi y bocashi + lixiviado de humus de lombriz y de la asociación de cultivos en la producción de chile jalapeño y cebolla, considerando el crecimiento y biomasa de las plantas, así como el rendimiento e índice equivalente de tierra.
- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica y la asociación de cultivos en la calidad física y organoléptica del bulbo de cebolla y del fruto de chile jalapeño.
- Evaluar el efecto de los abonos orgánicos y la asociación de cultivos sobre la actividad biológica en el suelo rizosférico de cebolla y chile jalapeño.
- Analizar el balance económico del uso de abonos orgánicos y la asociación de cultivos en la producción de chile jalapeño y cebolla.

## **Hipótesis General**

La fertilización orgánica y la asociación de cultivos mejoran la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annun*) y cebolla (*Allium cepa*).

## **Hipótesis particulares**

- La aplicación del abono orgánico y la asociación de cultivos incrementan el crecimiento y la biomasa de las plantas.
- La aplicación de abono orgánico y la asociación de cultivos mejoran el uso eficiente del suelo, lo cual se tendría que ver reflejado en un mayor rendimiento de los cultivos y del índice equivalente de tierra.
- La aplicación de abonos orgánicos y la asociación de cultivos mejoran las características físicas y organolépticas de los vegetales.
- La aplicación de abonos orgánicos y la asociación de cultivos son técnicas que incrementan la actividad biológica en el suelo rizosférico.
- El balance económico deberá verse beneficiado por la aplicación de abonos orgánicos y la asociación de cultivos.

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Santa Rosa El Oriente, la cual se localiza en el municipio de La Trinitaria en el estado de Chiapas y se ubica a  $16^{\circ}08'10''$  latitud norte y  $91^{\circ}40'27''$  longitud oeste a 1407 msnm (Fig. 1). Su topografía es montañosa en donde las rocas predominantes son las calizas, las que dan origen a fenómenos cársticos propios de este tipo de terreno. Los suelos son escasamente profundos y en la mayoría de los casos presentan pendientes considerables, con una vegetación predominante que corresponde al bosque de pino – encino (INEGI, 2010).

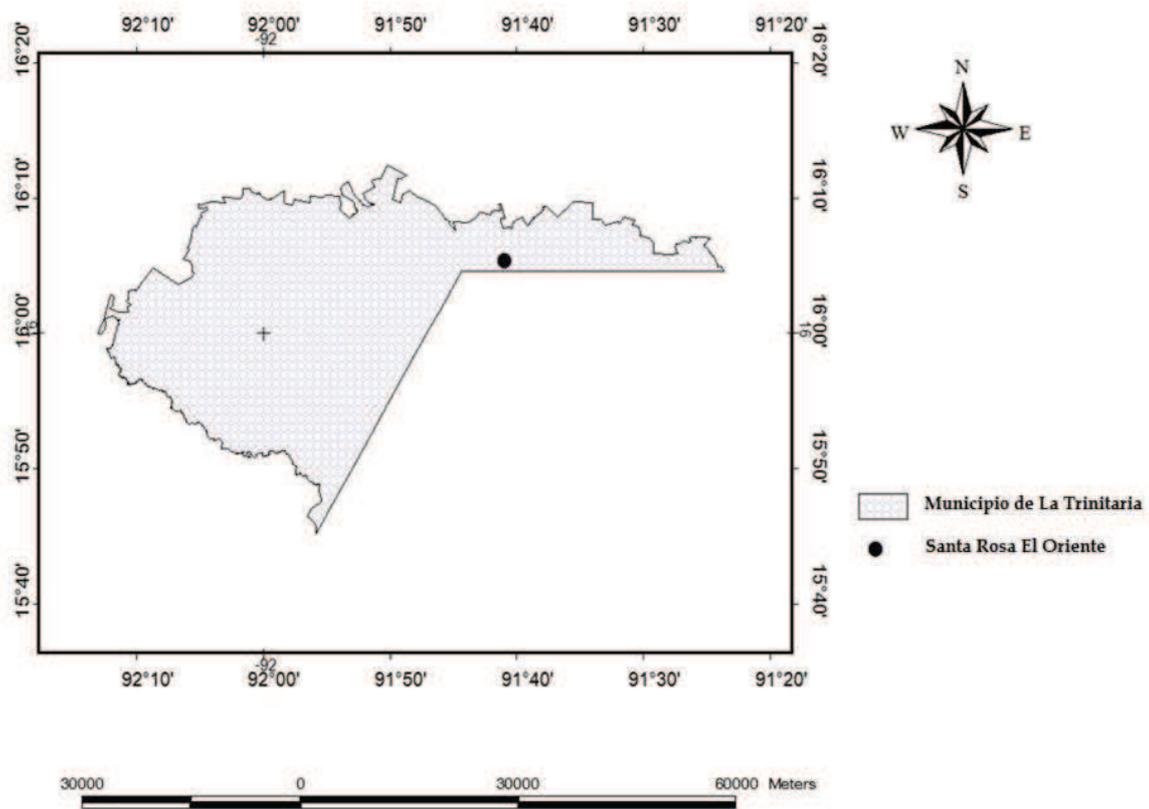


Fig. 1. Ubicación del área de estudio

La comunidad está compuesta por 55 familias de la etnia Maya Chuj. La superficie promedio de terreno para cada familia es de 3,750 m<sup>2</sup> de los cuales 3,125 m<sup>2</sup> están destinados a la producción de maíz y frijol y el resto al solar. Se colaboró con un grupo de productores que están interesados en tener una producción de chile Jalapeño (*C. Annun*) y Cebolla (*A. Cepa*) bajo manejo orgánico, con producción y calidad apropiada para su autoconsumo y comercialización.

## **2.2 Elaboración de semilleros y abono bocashi**

En el mes de diciembre y con 60 días antes del trasplante (dat), se realizó el semillero de las dos hortalizas, se utilizó suelo de la parcela mezclado con bocashi como sustrato. En el mismo mes pero con 50 dat, se elaboró el abono bocashi a partir de estiércol de borrego y de vaca, rastrojo de maíz, hojarasca, pasto verde, hojas verdes y tierra de bosque. Para conocer el contenido nutrimental y las características físicas y químicas del abono, se determinaron los parámetros básicos según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, así como el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos (Cuadro 1 y 2). La siembra se realizó en hileras con una distancia de 5 cm aproximadamente y una profundidad de 2 cm, los semilleros fueron acolchados con hojas secas de helecho (*Dryopteris erythrosora*) y guineo (*Musa sapienton*), en los dos casos, se esperaron 62 días para el trasplante, en cebolla y chile se espero hasta observar dos a tres hojas y de seis y ocho hojas respectivamente.

## **2.3 Tratamientos y diseño experimental**

El trabajo se realizó en una parcela con antecedente de cultivo de maíz en un área aproximada de 25.5 m X 27.7 m. Los tratamientos se aplicaron bajo un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con 4 repeticiones, en el cual la parcela grande

correspondió al tipo de abono (Bocashi, Bocashi + foliar y sin abono) y la parcela chica a la asociación (Chile + Cebolla). El área de la unidad experimental fue de 2.25 m<sup>2</sup> con un espacio de 0.7 m entre unidades (Fig. 2). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 y con el fin de conocer las características físicas y químicas del suelo de la parcela, se realizó un muestreo de suelo en 15 puntos al azar del área experimental a una profundidad de 20 cm, para después formar una muestra compuesta de suelo y determinar los parámetros de densidad aparente (con probeta), Materia Orgánica (MO) (Walkley y Black), pH (en agua, relación 1/2), N total (micro-Kjeldahl), Fósforo (P) extraíble (Olsen), Potasio (K) intercambiable (Acetato de amonio 1N, pH 7) y Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C), y para conocer el contenido nutrimental, se realizó el análisis de macronutrientes Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)), así como, el de micronutrientes (hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y manganeso (Mn) ) (Cuadros 1 y 2).

La fertilización orgánica de cebolla se realizó siguiendo las recomendaciones de FAO (2010), se utilizó 10 kg de abono por m<sup>2</sup> y se aplicó al momento del trasplante y a 10 cm de profundidad, con una distancia de siembra de 15 x 30 cm en formación de hileras. Para el chile jalapeño se siguió la dosis recomendada por FAO (2010) de 10 kg m<sup>-2</sup> de abono bocashi con una distancia de siembra de 30 x 45 cm en formación de hileras.

El modelo de asociación utilizado fue el de tipo sustitutivo, se considera un intercultivo sustitutivo cuando 50% de las plantas en el monocultivo B son sustituidas por especies de la planta A (García-Barrios, 2003), donde B es cebolla y A es chile jalapeño. La dosis de fertilización orgánica, para este tratamiento fue de 10 kg m<sup>-2</sup>.

La fertilización foliar se realizó con aplicación de lixiviado de vermicomposta en una concentración del 10%, esta aplicación se realizó cada 10 días a los 22 días después del trasplante, durante 4 ocasiones. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 y para conocer el contenido nutrimental del lixiviado de vermicomposta, se realizó el análisis de macro y micronutrientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido nutrimental de abonos y suelo

Nutrimento	Lixiviado	Bocashi	Suelo
	mg L <sup>-1</sup>	mg Kg <sup>-1</sup>	mg Kg <sup>-1</sup>
Cobre	13.84	224.91	1.58
Hierro	12.55	23475	34.59
Manganeso	10.87	3038.25	20.61
Zinc	51.64	137.66	1.20
	mg L <sup>-1</sup>	Cmol Kg <sup>-1</sup>	Cmol Kg <sup>-1</sup>
Potasio	39.45	12.39	0.25
Calcio	52.875	92.69	10.93
Magnesio	164	69.11	5.01
Sodio	405.25	8.57	0.42

Cuadro 2. Características físicas y químicas de bocashi y suelo

Característica	Bocashi	Suelo
Densidad aparente (g L <sup>-1</sup> )	0.59	1.03
MO (%)	15.72	6.61
pH	8.05	6.56
N total (%)	0.95	0.45
P total (%)	0.39	nd*
P-Olsen (mgkg <sup>-1</sup> )	105.80	2.22
K (Cmol + kg <sup>-1</sup> )	8.83	0.15
CIC (Cmol + kg <sup>-1</sup> )	39.20	28.82
Humus total (%)	2.33	nd
Ácidos húmicos (%)	0.59	nd
Ácidos Fulvicos (%)	1.75	nd

\*nd: No determinado.

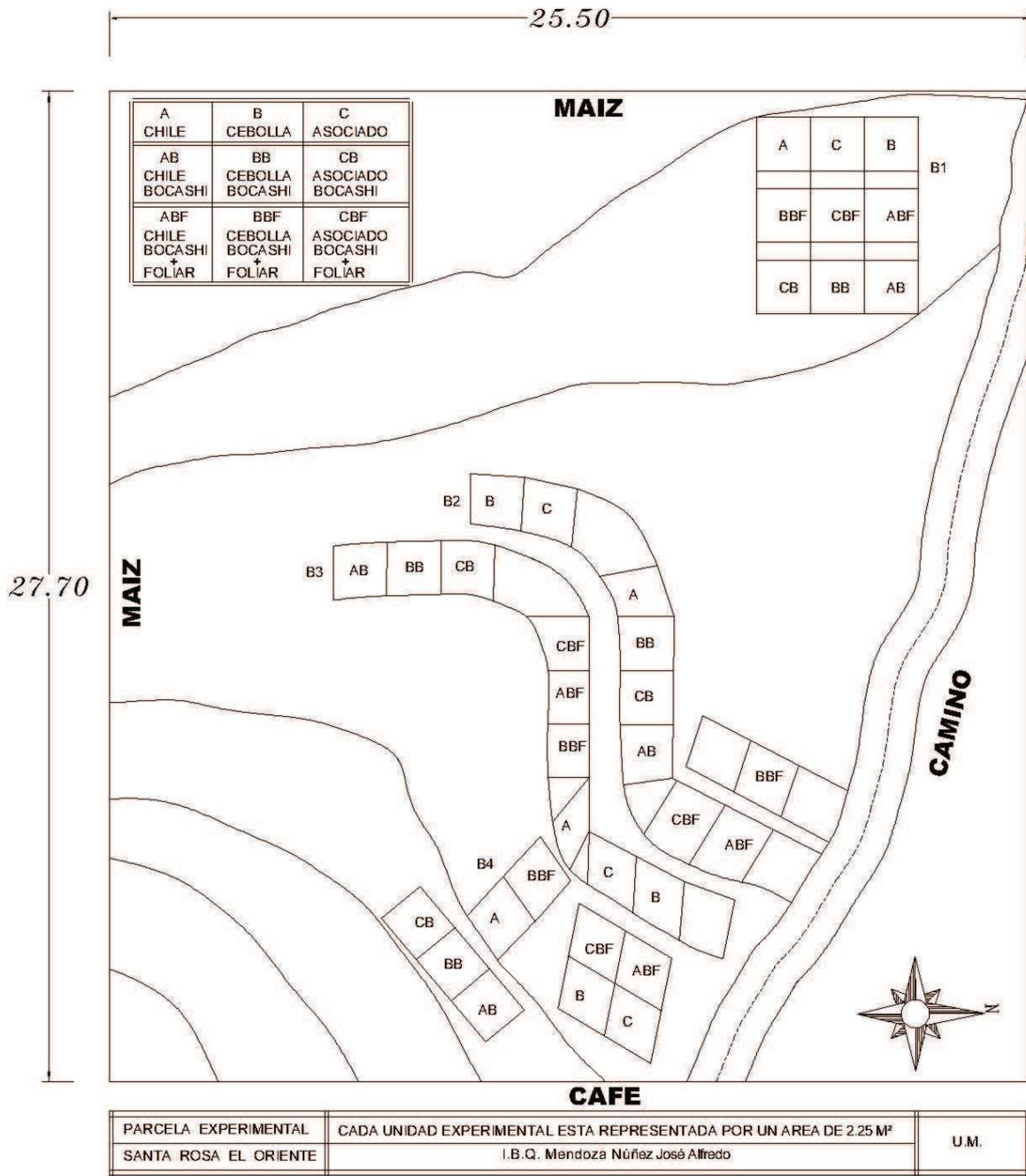


Fig. 2. Parcela del experimento establecida con cada uno de los tratamientos

## **2.4 Manejo del experimento**

En el mes de febrero, 22 días después del trasplante (ddt), se realizó el control de malezas de forma manual, a los 49 ddt y cada que fue necesario. Se aplicó riego por aspersión según se considero necesario en función de la humedad del suelo. En el desarrollo del experimento se presentaron enfermedades en las plantas, tales como, la enfermedad de la mancha cercospora (*Cercospora capsici*), la pudrición basal del tallo (*Phytophthora* spp.) y mal del tallo (*Fusarium* spp.), por lo cual se aplicó fungicidas orgánicos y en específico caldo bordelés. Esté, fue aplicado con una concentración del 1% a los 14 días después del trasplante (ddt) y a los 30 ddt. de acuerdo a lo recomendado (Restrepo, 2007).

## **2.5 Registro de variables**

### **2.5.1 Crecimiento y biomasa**

Para evaluar el efecto del abono orgánico y la asociación de cultivos en el crecimiento de las plantas, se realizó la evaluación de altura y número de hojas a los 33 días después de la primera de cuatro aplicaciones, de lixiviado de vermicomposta y 55 días después del trasplante.

Para evaluar la biomasa generada por el efecto del abono orgánico y la asociación de cultivos, se realizó a los 63 días ddt el análisis de peso fresco y seco de follaje mediante un muestreo, de tipo destructivo. El follaje de chile jalapeño y cebolla se pesó en fresco con una balanza analítica y después se secó a 65°C en una estufa marca OVENS OMS-007 hasta peso constante.

### 2.5.2 Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET)

El rendimiento de los cultivos se calculó a partir de la cantidad de fruto o bulbo producido en  $\text{kg m}^{-2}$ , para después extrapolarlos al rendimiento por hectárea ( $10000 \text{ m}^2$ ). Los frutos y bulbos se pesaron en una balanza analítica OAHUS CS-5000.

Para calcular el índice equivalente de tierra (IET) se dividió los rendimientos de los cultivos en la asociación entre sus monocultivos y se sumaron los rendimientos parciales (Hernández *et al.* 1999), con un  $\text{IET} > 1$  el policultivo es ventajoso,  $\text{IET} = 1$  es indiferente el modo de siembra,  $\text{IET} < 1$  el monocultivo supera al policultivo.

$$\text{IET} = \frac{\text{Rendimiento Chile asociado}}{\text{Rendimiento Chile en monocultivo}} + \frac{\text{Rendimiento Cebolla asociada}}{\text{Rendimiento Cebolla en monocultivo}}$$

### 2.5.3 Características físicas y organolépticas de los vegetales

Para muchos de los consumidores la calidad de un fruto esta dado por el tamaño y sabor del mismo y para poder evaluar el efecto que los abonos orgánicos y la asociación de cultivos tienen sobre el tamaño de los vegetales, se evaluó el largo y diámetro del fruto de chile jalapeño, así como el diámetro ecuatorial y polar del bulbo de la cebolla, con un vernier digital marca Mitutoyo ®, para el chile jalapeño la evaluación se realizó en tres cortes.

La pungencia en ambos vegetales es determinante del sabor, por lo cual se evaluó el efecto que los abonos orgánicos y la asociación pudieran tener en los compuestos responsables de la característica organoléptica de los vegetales. Se focalizó la determinación en ácido pirúvico para determinar la pungencia en cebolla, capsaicina para chile jalapeño y sólidos solubles para ambos casos.

Para estimar el ácido pirúvico en cebolla, se utilizó el método propuesto por Teare y Randle (1998); 20 g de fruto fresco se mezcló y homogenizó con 20 mL de agua desionizada por un tiempo de 10 minutos; 0.5 mL de la muestra homogeneizada se mezcló con 1.5 mL de ácido tricloroacético (5%), después de una hora de reposo, se agregó 18 mL de agua desionizada; posteriormente 1 mL de la solución se mezcló con 1 mL de dinitrofenilhidrazina (0.0125 %) y 1 mL de agua desionizada; la mezcla se incubó a 37 °C por 10 minutos, se agregó 5 mL de NaOH (0.6 N). La lectura se realizó a 420 nm usando piruvato de sodio como patrón para obtener la curva estándar.

La determinación de capsaicina se realizó mediante el método propuesto por García *et al.* (2006), 5 gramos de muestra se mezclaron y homogeneizaron con 5 mL de etanol, se agitó por 15 minutos, se filtró y aforó con etanol hasta un volumen de 10 mL. Una alícuota de 2 mL se colocó en un embudo de separación, adicionando 3 mL de una solución buffer de pH = 3, 10 mL de agua destilada y 10 mL de una solución de Adogen-Tolueno. Se agitó y dejó reposar hasta que aparecieran dos fases. Se recuperó la fase orgánica para la determinación espectrofotométrica a 286 nm. La concentración de capsaicina se estimó a partir de una curva patrón que contenía de 0 a 0.5 miligramos de capsaicina por mL.

Para cada bulbo y chile jalapeño se determinó, mediante un refractómetro (Abbe 2WAJ), la medida en grados °Brix, que constituye una evaluación indirecta del contenido de sólidos solubles, la evaluación se llevó a cabo de acuerdo al método propuesto por AOAC (1980).

#### **2.5.4 Actividad biológica del suelo rizosférico**

Con una muestra de suelo compuesta, la cual se recolectó a los 63 ddt y con el fin de poder evaluar el efecto de los abonos orgánicos y la asociación de cultivos tuvieron sobre la actividad biológica del suelo, se evaluó la actividad de las fosfatasa ácida y alcalina, colonización micorrícica, biomasa microbiana y respiración microbiana.

##### **Fosfatasa ácida y alcalina**

La determinación de fosfomonoesterasas se realizó de acuerdo al método propuesto por Tabatabai y Bremner (1969), se colocó 1 g de suelo en un tubo de ensaye, al cual se le adicionó 0.2 mL de tolueno y 4 mL de MUB (pH 6.5 para el análisis de fosfatasa ácida o pH 11 para fosfatasa alcalina); 1 mL de solución de *p*-nitrofenil fosfato, estos tubos fueron incubados en horno a 37 °C durante una hora, posteriormente se adicionó 1 mL de CaCl<sub>2</sub> 0.5 M y 4 mL de NaOH 0.5 M y se filtró a través de papel filtro Whatman No. 2, se midió la intensidad del color amarillo del filtrado con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm. La curva de calibración se obtuvo por medio de estándares con 0, 10, 20, 30, 40 y 50 µg de *p*-nitrofenol.

##### **Colonización micorrícica**

El porcentaje de colonización micorrícica se obtuvo mediante la técnica de clareo y tinción de Phillips y Hayman (1970). Las raíces se lavaron con agua corriente, posteriormente se decoloraron con KOH al 10% a presión de vapor en autoclave hasta alcanzar 10 libras de presión durante 10 minutos; se decantó el KOH y las raíces fueron lavadas con agua de la llave, se adicionó peróxido de hidrógeno al 10% durante 10 minutos y de nuevo las raíces fueron lavadas, se agregó HCl al

10% y se mantuvo en agitación de 2 a 3 minutos, nuevamente se decantó el exceso de HCl y sin lavar la raíz se agregó azul de tripano al 0.05% en lactoglicerol; las raíces se sometieron a 10 libras de presión de vapor durante 10 minutos, transcurrido el tiempo se retiró el exceso de colorante y se agregó lactoglicerol hasta cubrir totalmente las raíces. Los segmentos de raíces se colocaron en un portaobjetos y se procedió a la observación al microscopio en zig-zag a través de los segmentos de raíces montadas en el portaobjetos, con el objetivo 100x. En cada uno de los campos se anotó la presencia o ausencia de estructuras micorrícicas y se obtuvo el porcentaje de infección de la siguiente manera:

$$\% \text{ de colonización} = \left( \frac{\text{campos colonizados}}{\text{campos observados}} \right) \times 100$$

### **Biomasa microbiana**

Para la medición de la biomasa microbiana del suelo se siguió el método de fumigación-incubación propuesto por Jenkinson y Powlson (1976), se pesaron cuatro porciones de 25 g del suelo fresco colectado de cada unidad experimental y se colocaron en frascos de vidrio, dichas muestras se les agregó agua hasta alcanzar el 55% de la humedad a capacidad de campo. Un par de frascos con suelo se expuso al vapor de cloroformo libre de alcohol, para esto se colocaron los frascos en un desecador conectado a una bomba de vacío, a 0.7 atm, durante 3 min, entonces se quitó el vacío y se dejaron las muestras por 24 h a 25 °C; después de ese período se quitó el recipiente con cloroformo y se eliminó el vapor residual de este compuesto por medio de aplicación de vacío. Los otros dos frascos se colocaron en un desecador, pero sin cloroformo y se incubaron durante 24 h a 25 °C. Las muestras fumigadas se inocularon con 1 g de suelo fresco sin fumigar y se mezclaron

vigorosamente. Las muestras de suelo sin fumigar no se inocularon. Todas las muestras de suelo se llevaron a 55% de la capacidad de campo; dentro de cada frasco se introdujo un frasco más pequeño, de vidrio, con 5 mL de NaOH 1N y una tira de papel filtro, los frascos que contenían el suelo se cerraron herméticamente con tapas de rosca.

Los frascos con las muestras de suelos fumigados y sin fumigar, así como dos frascos testigo sin suelo, se incubaron durante 10 días a 25 °C, en cámara de incubación.

Para la determinación de dióxido de carbono formado en las muestras fumigadas y no fumigadas se vertió el contenido del frasco pequeño en un matraz Erlenmeyer, transfiriendo también la tira de papel filtro, se le adicionó 2 mL de BaCl<sub>2</sub> al 2 % y se le agregaron unas gotas de fenolftaleína al 1 % como indicador. La solución se tituló con HCl 0.5 N. El carbono de la biomasa microbiana se estimó en microgramos de dióxido de carbono por gramo de suelo ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ ), empleando el factor de recuperación 0.45.

*biomasa microbiana*

$$= \frac{CO_2 - c \text{ del suelo fumigado} - CO_2 - c \text{ del suelo no fumigado}}{\text{fracción de biomasa C mineralizado a } CO_2 \text{ después de 10 días de incubación (k)}}$$

### **Respiración microbiana**

Para el cálculo de la respiración microbiana se utilizó el método de Stotzky (1965); se pesaron porciones de suelo de 25 g, se colocaron en frascos de vidrio, todas las muestras de suelo se llevaron a 55% de la capacidad de campo; dentro de cada frasco se introdujo un frasco más pequeño, de vidrio, con 5 mL de NaOH 1N y una tira de papel filtro, se dejaron 5 frascos testigos, los cuales contenían solo el frasco

de vidrio más un vial pequeño con 5 mL de NaOH 1N y una tira de papel filtro, todos los frascos se cerraron herméticamente con tapas de rosca y se dejaron incubar durante 24 horas, a una temperatura de 28°C. Se vertió el contenido del frasco pequeño en un matraz Erlenmeyer, transfiriendo también la tira de papel filtro, se le adicionó 2 mL de BaCl<sub>2</sub> al 2 % y se le agregó unas gotas de fenolftaleína al 1 % como indicador. La solución se tituló con HCl 0.1 N.

$$(mg CO_2) = (C - V)N \times E$$

Donde:

C=Volumen de HCl gastado en la titulación del testigo

V=Volumen de HCl gastado en la muestra con suelo

N=Normalidad de HCl

E=Peso equivalente de CO<sub>2</sub>=22

### **2.5.5 Balance económico**

Se realizó un balance monetario simple, mediante la determinación de la relación beneficio-costos (B/C), la cual consistió en dividir los beneficios representados en ingresos monetarios totales (IT) entre los costos monetarios totales (CT) para cada tratamiento (Urrutia, 1989). Los beneficios se estimaron a partir del rendimiento de las hortalizas y su valor de venta. Los costos totales se determinaron mediante la sumatoria del desembolso monetario de los costos fijos (Limpia, elaboración de semilleros, preparación de bocashi, preparación del terreno, trasplante, replante,

aplicación de caldo bordelés, riego, tutorio), insumos (Semillas, sulfato de cobre, cal, levadura, panela, estiércol, rafia) y costos variables (Corte, acarreo y selección).

El indicador de beneficio/costo, muestra el balance entre el ingreso total y los costos de producción. Éste indica ganancias, siempre y cuando el indicador sea mayor a 1, de lo contrario se tratara de pérdidas económicas. En los costos de producción se omitieron algunos insumos que son difíciles de adjudicarles un valor monetario, debido a que se trata de insumos propios, los insumos que no se consideraron fueron: Tierra de bosque y zacate seco, estos se utilizaron en la preparación del bocashi para ambas hortalizas, de la misma manera, también se omitieron las estacas utilizadas en el tutorio del chile jalapeño, debido a que es un recurso con el que el productor cuenta de manera inmediata, en la producción total se considero 3 cortes para el chile jalapeño y un solo corte para la cebolla.

## **2.6 Análisis estadístico**

Los datos colectados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño de parcelas divididas y un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), los factores que presentaron diferencias significativas se analizaron por separado mediante un análisis de descomposición ortogonal de varianzas parciales (Fry, 1993). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en su versión 15 (SPSS, 2006).

### 3.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Crecimiento y biomasa de las plantas de chile jalapeño y cebolla

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos de fertilización para las variables de crecimiento que se evaluaron en ambas especies, con valores más altos en altura y número de hojas, para la aplicación de bocashi y de bocashi mas su complemento foliar que sin abono. La asociación de cultivos no tuvo una influencia significativa en estas variables del crecimiento a los 33 días después de la aplicación del lixiviado de humus (Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento y biomasa de plantas de chile jalapeño y cebolla

Factores	No. de hojas		Altura (cm)		Peso fresco follaje (g)		Peso seco follaje (g)	
	Chile	Cebolla	Chile	Cebolla	Chile	Cebolla	Chile	Cebolla
<b>ASOCIACIÓN</b>								
Monocultivo	54.4 a*	6.1 a	17.0 a	40.8 a	8.7 a	18.6 a	1.9 a	1.3 a
Policultivo	42.4 a	6.3 a	16.2 a	42.0 a	5.3 a	24.0 a	1.4 a	1.6 a
<b>ABONO</b>								
Bocashi	56.7 a	7.0 a	20.2 a	49.4 a	9.9 a	28.6 a	2.2 a	1.8 a
Bocashi+ Foliar	61.5 a	6.5 a	19.1 a	44.4 a	8.9 a	27.5 a	2.1 a	1.9 a
Sin abono	26.9 b	5.1 b	10.4 b	30.5 b	1.9 b	7.9 b	0.7 b	0.7 b

\*Medias en columnas dentro de cada factor con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Las plantas de cebolla fertilizadas con bocashi y bocashi + foliar presentaron respectivamente incrementos medios de 37 y 27% en número de hojas, y de 62 y 46% en altura, en relación al testigo sin abono; mientras que en chile jalapeño el incremento fue de 111 y 129% en número de hojas, y de 94 y 84% en altura, respectivamente. Estos resultados muestran que hubo una mayor respuesta a la fertilización orgánica en chile jalapeño que en cebolla, así como un efecto positivo del bocashi en ambas especies y una falta de respuesta a la aplicación foliar del lixiviado de humus de lombriz en estas variables de crecimiento.

Para el peso fresco y seco del follaje de chile jalapeño y cebolla se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización, la asociación de cultivos no tuvo una influencia significativa en estas variables del crecimiento (Cuadro 3). Se encontró un aumento del follaje fresco y seco con la aplicación de bocashi de 421 y 214% en chile jalapeño, y de 262 y 157% para cebolla, con relación al testigo, respectivamente. En ambos casos no hubo una diferencia significativa entre la aplicación de bocashi y la de éste más el complemento foliar del lixiviado de humus de lombriz, no obstante que en cebolla hubo 5.6% más follaje seco con la fertilización foliar suplementaria que con solo bocashi.

En el Cuadro 3, se observa que el crecimiento en altura de las plantas estuvo acompañado de un incremento en el número de hojas, lo que a su vez se reflejó en un mayor peso fresco y seco del follaje. Se ha demostrado que el empleo de los abonos orgánicos tiene un efecto favorable sobre el crecimiento de las plantas, así lo demuestran estudios realizados con chile ancho (Oliva-LLaven *et al.*, 2008), cebada (Hernández, 1996) y plantas de café (Romero *et al.*, 2000). Este efecto ha sido atribuido a los compuestos nitrogenados que contienen los abonos orgánicos; sin embargo, la disponibilidad y la asimilación de nitrógeno en las plantas depende de la concentración de N, y de la relación C/N de los residuos orgánicos (Palm *et al.*, 2001). Se ha observado que los abonos orgánicos varían en su disponibilidad de N (Castro *et al.*, 2009), lo cual depende de los materiales empleados en su elaboración. En el presente trabajo el bocashi presentó un alto contenido de N total (0.95%) y una baja relación C/N (9.6), lo cual favorece la disponibilidad de dicho nutrimento y su asimilación por las plantas. Además, es importante considerar el contenido de macro y micronutrientes que fueron aportados por dicho abono

(Cuadros 2 y 3), lo cual ayuda a explicar la falta de respuesta a la aplicación foliar del lixiviado de humus de lombriz.

### **3.2 Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET)**

El rendimiento de cebolla presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos de fertilización ( $p > 0.01$ ), y la asociación de cultivos ( $p < 0.01$ ). La cebolla produjo 35% más rendimiento en unicultivo que en asociación con chile jalapeño. El rendimiento en el unicultivo se incrementó 257 y 243% con la fertilización de bocashi y bocashi + foliar, con relación al testigo sin abono, respectivamente; mientras que en la asociación el incremento fue de 194 y 185%, respectivamente (Cuadro 4). Para el cultivo de chile jalapeño no existió diferencia estadística para ninguno de los tratamientos.

El rendimiento de cebolla obtenido con el tratamiento de bocashi en unicultivo ( $24.48 \text{ t ha}^{-1}$ ) se encuentra cercano al de la media nacional ( $28.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Sagarpa, 2010), lo cual indica el efecto positivo que tuvo el uso de los abonos orgánicos para sustentar la producción de este cultivo. Para chile jalapeño la producción media obtenida en el tratamiento con bocashi + foliar en unicultivo fue de  $1.85 \text{ t ha}^{-1}$ , que es menor a la media nacional de  $16 \text{ ton ha}^{-1}$  (Sagarpa, 2010), y a las  $50.8 \text{ ton ha}^{-1}$  de producción obtenida bajo acolchado plástico, riego y fertilización química (Inzuza *et al.*, 2010).

En el chile jalapeño la cantidad de agua es de vital importancia, se sugiere aplicar riego complementario durante todo su ciclo de vida para evitar daños en las diferentes etapas fenológicas de las plantas (Alvino *et al.*, 1990). Es posible que la baja producción obtenida se deba a que las plantas de chile jalapeño sufrieron escasez de agua, aunque otro factor a considerar en la baja producción es la presencia de enfermedades durante la etapa de crecimiento vegetativo, tales como:

la mancha cercospora (*Cercospora capsici*), pudrición basal del tallo (*Phytophthora* spp.) y mal del tallo (*Fusarium* spp.). Estas enfermedades se controlaron con la aplicación de caldo bordelés, el cual tuvo un efecto positivo sobre la planta y negativo sobre la enfermedad.

En todos los tratamientos de fertilización la asociación de chile jalapeño y cebolla presentó un índice equivalente de tierra (IET) mayor a uno (Cuadro 4), lo cual demuestra que hubo un uso más eficiente del suelo en la asociación que en el monocultivo. Estos resultados coinciden con estudios realizados en frijol-girasol (Pérez *et al.*, 2004), garbanzo-maíz (Delgado, 2002), y maíz-col (Galicia, 1999).

Cuadro 4. Rendimiento e índice equivalente de tierra (IET) en los tratamientos de fertilización orgánica

Fertilización	Asociación	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )		IET Parcial cebolla	IET Parcial chile	IET
		cebolla	chile			
Bocashi	Sin	24.48 a *	1.58 a	0.72	0.83	1.55
	Con	17.54 ab	1.31 a			
Bocashi+Foliar	Sin	23.53 a	1.85 a	0.72	0.62	1.34
	Con	16.99 ab	1.14 a			
Sin abono	Sin	6.86 b	1.36 a	0.87	0.67	1.54
	Con	5.97 b	0.91 a			

\* Medias en columnas con la misma letra no difieren significativamente (p<0.05).

El IET mayor a la unidad, sugiere que la competencia por nutrientes entre las plantas, fue mínima y que la disminución del rendimiento de cebolla en la asociación se debió a una menor densidad de plantas, debido al modelo sustitutivo empleado. La competencia por debajo del suelo se ve reducida cuando existe fertilización (Cahill, 1999), por lo que se puede inferir que la competencia en un sistema asociado depende de la calidad y cantidad de la fertilización y en este caso la dosis de aplicación de bocashi satisfizo la demanda nutrimental de ambos cultivos. Wilson

y Tilman (1991) encontraron diferente respuesta en la competencia entre plantas en función de la cantidad de nitrógeno disponible, además se ha demostrado que la asociación de cultivos mejora la absorción de nutrimentos en las plantas (Akthar *et al.*, 2010), lo cual se refleja en los rendimientos.

### 3.3 Características físicas y organolépticas de los vegetales.

La aplicación de bocashi solo o combinado con el lixiviado de humus de lombriz, al igual que la asociación, no presentaron efecto significativo en el tamaño y peso fresco del fruto de chile jalapeño (Cuadro 5). De acuerdo con la norma NMX-FF-025-SCFI-2007, las medidas de largo, ancho y peso de los chiles cosechados se clasificaron en un tamaño de chile chico, sin embargo, en lo que respecta a la calidad, se encontraron en un grado de calidad extra, ya que se presentaron libre de defectos fisiológicos, mecánicos, así como biológicos.

Cuadro 5. Características físicas y organolépticas de chile jalapeño

Factores	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso(g)	SS(°Brix)	CAP (mg L <sup>-1</sup> )
<b>ASOCIACIÓN</b>					
Monocultivo	48.45 a*	18.82 a	8.95 a	1.57 a	0.31 a
Policultivo	46.15 a	18.199 a	8.23 a	1.44 a	0.31 a
<b>ABONO</b>					
Bocashi	47.87 a	18.80 a	9.04 a	1.51 a	0.32 ab
Bocashi+Foliar	45.38 a	18.75 a	8.50 a	1.84 a	0.36 a
Sin abono	48.64 a	17.97 a	8.24 a	1.16 a	0.25 b

\*Medias en columnas dentro de cada factor con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

SS= sólidos solubles.

CAP= capsaicina.

Los sólidos solubles que se evaluaron en el fruto de chile jalapeño, no presentaron diferencia estadística significativa entre tratamientos y la asociación, sin embargo,

hubo la tendencia hacia el incremento del contenido de sólidos solubles con la aplicación de bocashi + foliar en chile jalapeño. Dicha tendencia es posible que se deba a los minerales y ácidos húmicos contenidos en los abonos orgánicos, como en estudios donde se muestran que la adición de abonos orgánicos cambia la composición de los vegetales, tal es el caso de la aplicación de vermicomposta que incrementó los sólidos solubles e insolubles en el fruto del tomate (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007); y los sólidos solubles, el contenido de nitrógeno y la acidez titulable en el fruto chile ancho (Oliva-LLaven *et al.*, 2008).

Para el contenido de capsaicina del chile jalapeño, no se encontró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos de asociación pero si con los de fertilización (Cuadro 5). Los datos evidencian un incremento en el contenido de capsaicina de 26% para bocashi y 38% para bocashi + foliar. Los niveles de capsaicina encontrados coinciden con lo reportado por Ramírez *et al.* (2009).

La capsaicina es un compuesto de origen nitrogenado y su incremento puede estar relacionado con la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo. De acuerdo con los resultados del análisis de suelo la cantidad de nitrógeno reportado en esta investigación se clasifica como muy alta (NOM-021-RECNAT-2000). En adición, se ha encontrado que la actividad de las enzimas ácido cafeico-O-metiltransferasa y la capsainoides sintetasa, pueden ser las principales limitantes de la producción de capsainoides en los cultivos in vitro (Ochoa y Gómez, 1993), y la adición de abonos orgánicos al suelo tiene un efecto positivo en la actividad enzimática (Acosta y Paolini, 2005).

En el caso de la cebolla, se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) cuando se aplicó bocashi. La aplicación de lixiviado y asociación de cultivos no tuvieron una

influencia significativa en el tamaño del bulbo, se encontraron incrementos de 28, 69 y 269% en los parámetros de diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso, respectivamente, con la aplicación de bocashi. De acuerdo a la norma NMX-FF-021-SCFI-2003, el tamaño categorizado de las cebolla fue de mediana chica a mediana, las cebolla presentaron desarrollo, coloración y brillos típicos de la variedad, por lo cual se encuentran dentro de una calidad de primera (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características físicas y organolépticas de cebolla

Factores	DP (mm)	DE (mm)	Peso (g)	SS (°Brix)	AP ( $\mu\text{M g}^{-1}$ )
<b>ASOCIACIÓN</b>					
Monocultivo	68.46 a*	53.16 a	100.06 a	2.13 a	10.10 a
Policultivo	66.65 a	54.11 a	97.03 a	2.33 a	10.85 a
<b>ABONO</b>					
Bocashi	74.10 a	64.85 a	142.62 a	2.73 a	11.10 a
Bocashi+Foliar	70.85 a	57.87 a	114.42 a	2.33 a	11.23 a
Sin abono	57.72 b	38.19 b	38.59 b	1.64 b	9.55 a

\*Medias en columnas dentro de cada factor con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; SS= sólidos solubles; AP= ácido pirúvico.

La aplicación de abono orgánico promovió el incremento de sólidos solubles (Cuadro 6). Sin embargo, los resultados encontrados son menores a los reportados por Abrameto *et al.*, (2010), los cuales oscilan entre 12 y 16 °Brix. El contenido de sólidos solubles es importante ya que está relacionado con la conservación y el dulzor de la cebolla, sin embargo, los compuestos organosulfurados de la cebolla dominan la percepción organoléptica de la cebolla, así cuando la concentración de estos compuestos es alta, el sabor dulce producido por los azúcares de la cebolla no se percibe (Mallor, 2008).

El ácido pirúvico presente en los bulbos de cebolla no presentó diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos de abonos ni con la asociación. Sin embargo, se observaron incrementos de 66% cuando se aplicó bocashi y de 41% al aplicar bocashi + foliar (Cuadro 6). El contenido de ácido pirúvico se encuentra dentro del intervalo reportado por Abrameto *et al.*, (2010), y mayores a lo reportado por Hamilton *et al.*, (1998).

El ácido pirúvico en los bulbos de cebolla está relacionado con factores como las practicas agronómicas, la cantidad de agua en el fruto y su tamaño, la capacidad de la planta para acumular compuesto sulfurados en las células (Raigón, 2006).

Los valores de ácido pirúvico de las cebollas, en este estudio, son altos y se consideran picantes, quizá debido a la escases de agua durante el periodo de crecimiento, que es cuando las plantas sufrieron estrés por falta de agua y esto se vio reflejado en el contenido de agua de los bulbos, incrementando la concentración de compuestos sulfurados (Sun *et al.*, 2006).

### **3.4 Actividad biológica del suelo rizosférico**

Los indicadores que a continuación se describen integran factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de microorganismos.

La respiración microbiana presentó diferencia significativa entre tratamientos de fertilización, no así para la asociación. Se registro un incremento del 130% y 90 %, en cebolla y chile, respectivamente, con la aplicación de bocashi mas foliar, la respiración microbiana es un proceso que se caracteriza por la disminución de la materia orgánica y aumento en la disponibilidad de nutrimentos (Acosta *et al.*, 2006), por lo cual valores más altos podrían ser un indicador de buena salud del suelo. Los resultados encontrados para respiración microbiana son aún mayores a los

encontrados en condiciones de suelos con diferente manejo (Álvarez-Solís y Anzueto-Martínez, 2004; Ikkonen *et al.*, 2004).

Cuadro 7. Actividad biológica en suelo rizosférico de chile jalapeño y cebolla

Factores	RM <sup>s</sup> (mg CO <sub>2</sub> )		BM (µg C-CO <sub>2</sub> )		FA (µg PNP g <sup>-1</sup> )	
	Chile	Cebolla	Chile	Cebolla	Chile	Cebolla
<b>ASOCIACIÓN</b>						
Monocultivo	8.96 a*	7.80 a	34.61 a	34.98 a	23.98 a	24.81 a
Policultivo	7.65 a	7.65 a	38.05 a	38.05 b	26.71 a	26.71 a
<b>ABONO</b>						
Bocashi	9.76 a	8.80 a	47.09 a	49.31 a	32.01 a	32.32 a
Bocashi+Foliar	10.57 a	9.41 a	40.41 a	39.93 a	31.59 a	32.94 a
Sin abono	4.59 b	4.96 b	21.47 b	20.31 b	12.44 b	12.03 b

\*Medias en columnas dentro de cada factor con la misma letra no difieren significativamente (p<0.05)

RM<sup>s</sup>= respiración microbiana; BM= biomasa microbiana; FA= fosfatasa ácida.

La biomasa microbiana tuvo un incremento significativo de 119 % con la aplicación de bocashi en chile jalapeño, y de 142 % en cebolla, se observó efecto significativo de la asociación en cebolla (cuadro 7). Los valores encontrados están dentro del rango reportado en diferentes condiciones de suelo (Gili *et al.*, 2009; Álvarez-Solís *et al.*, 2010). La aplicación de enmiendas orgánicas al suelo no solo mejora la estructura del mismo y actúa como una fuente de nutrimento, sino que además podría tener influencia sobre los microorganismos del mismo (Acosta, 2006), ya que ellos son los responsables de la descomposición de la materia orgánica y su actividad depende en gran medida de la naturaleza de la enmienda, un incremento

en la biomasa microbiana indicara de manera indirecta, una retención y liberación de nutrimentos y energía del sistema en mayor cantidad.

Se encontró diferencia significativa para la asociación de especies (Fig. 3). La actividad microbiana depende también del papel de las raíces, ya que es en la rizósfera del suelo donde se presenta en mayor intensidad la actividad microbiana (Westover *et al.*, 1997), por lo cual las raíces de las plantas tienen gran influencia sobre el crecimiento de los microorganismos patógenos y benéficos los cuales pueden influir sobre la salud y el crecimiento de las plantas, y es en esta zona donde se presentan las diferentes expresiones de interacción (Sarabia *et al.*, 2010), para este estudio se encontró un incremento de la actividad microbiana de 9 % en el policultivo de cebolla, aunque el incremento es bajo, existe diferencia con el monocultivo, lo cual indica que existió una interacción, esta interacción puede ser del tipo simbiótica mutualista, entre microorganismos y plantas, los microorganismos influyen en el crecimiento radical, actividad metabólica de las raíces, entre otros (González, 2005). Uno de los factores que pueden decir mucho de la actividad microbiana es la textura del suelo, Marschner *et al.* 2001 menciona que en suelos con textura arcillosa, se encuentran mayores niveles de carbono lábil y por ende mayor actividad microbiana, y en este caso la textura del suelo fue franco-arcilloso, por lo cual la actividad microbiana también fue promovida por la textura del suelo.

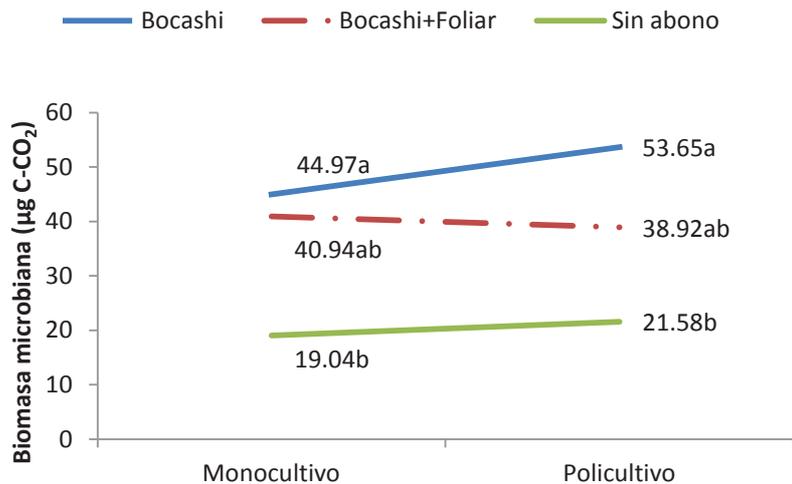


Fig. 3. Biomasa microbiana en suelo rizosférico del cultivo cebolla en policultivo y monocultivo. Medias con la misma letra no difieren significativamente ( $p < 0.05$ )

La interpretación de las interacciones en un intercultivo es un complejo, ya que son varios los factores que intervienen en el sistema y que podrían tener efecto en una misma variable, un ejemplo encontrado en el presente trabajo es que el crecimiento de chile jalapeño provoca sombra sobre la cebolla e intercepta la luz y por lo tanto cambia la temperatura en el suelo, que a su vez puede provocar cambios en la absorción de agua en la rizósfera del suelo, lo cual afecta la descomposición microbiana e influye en la estructura del suelo, la retención de agua, el enraizamiento y la disponibilidad de nutrimentos (Malézieux *et al.*, 2009).

En este estudio la actividad de fosfatasa ácida presentó un incremento al aplicar abono orgánico, en chile jalapeño el incremento fue de 157 %. Para cebolla el incremento fue de 174 %. El efecto fue estadísticamente significativo solo para fosfatasa ácida y no para la asociación (Cuadro 7). Los valores encontrados concuerdan con el rango reportado por Fernández *et al.*, (2008).

La activación de la fosfatasa ácida pudo deberse al pH ligeramente ácido del suelo, ya que la estabilidad de la fosfatasa ácida varía con el pH (Eivazi y Tabatabai, 1988),

otra posible causa que pudo haber causado la activación de esta enzima, es que la actividad fosfatasa solo se presenta si existen deficiencias de fósforo disponible (Nannipieri *et al.*, 1979) y de acuerdo a la caracterización del suelo, el área experimental del presente estudio tuvo una baja concentración de P-Olsen.

En adición se midió la actividad de fosfatasa básica y colonización micorrizica, no se encontraron diferencias entre tratamientos de fertilización y asociación en estas dos variables, la actividad de la fosfatasa básica tuvo un valor promedio de  $19.71 \pm 12.04$   $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ , la falta de respuesta de fosfatasa alcalina puede ser debido a que el suelo del área experimental tuvo un pH ligeramente ácido, los suelos ácidos tienen mayor actividad de fosfatasa ácida que de fosfatasa alcalina (Deng y Tabatabai, 1997).

La colonización micorrizica presentó un valor promedio de  $65.85 \pm 8.84\%$ , no existió diferencias significativas en esta variable, aun cuando la aplicación de abono orgánico estimula el desarrollo de la micorriza arbuscular (Gosling *et al.*, 2006), esto puede deberse a que la infectividad de los hongos y la efectividad de la simbiosis dependerán del grado de la dependencia de las plantas a las micorrizas, la especificidad de los hongos y las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Azcón *et al.*, 1984), y en este caso la cebolla y el chile jalapeño pertenecen a clases dicotiledóneas y el 83% de estas presentan dependencia con micorrizas, sin embargo, las condiciones del suelo no fueron las adecuadas para estimular el crecimiento de las micorrizas, la humedad óptima tiene que ser coincidente con el de la planta y niveles extremos de pH y bajos de oxígeno, así como temperaturas mayores a  $30^{\circ}\text{C}$ , pueden inhibir el crecimiento de las micorrizas (Harley y Smith, 1983), en el presente trabajo se presentaron problemas con la humedad y la

temperatura ya que el experimento fue establecido en tiempo de secas y no se tuvo un control sobre la humedad y por tanto, la temperatura del suelo.

### **3.5 Análisis económico**

En el caso de la cebolla, la relación B/C fue más alta en el tratamiento bocashi, seguido del bocashi + foliar, el tratamiento sin abono fue el que presentó menor relación, sin embargo, para todos los casos de cebolla, el indicador muestra una relación positiva con valores mayores a 1 (Cuadro 8).

Para el chile jalapeño la relación B/C en todos los tratamientos fue menor a 1, lo cual indica un efecto negativo. Este, podría ser debido a la incidencia de plagas y enfermedades, uno de los retos en la agricultura orgánica es el manejo de plagas y enfermedades (Willer y Zanoli, 2000). En esta investigación las plantas de chile jalapeño sufrieron daños al momento de trasplante de enfermedades como la mancha cercospora (*Cercospora capsici*), la pudrición basal del tallo (*Phytophthora* spp.) y mal del tallo (*Fusarium* spp.), que en algún momento pudieron haber afectado los rendimientos.

La asociación cebolla + chile jalapeño presentó valores mayores a 1 en los tratamientos de bocashi y bocashi + foliar, no así para el caso del control el cual presentó valores menores a 1, una de las ventajas de la asociación de cultivos es que se previene la pérdida total por incidencias de plagas, entre otros (Gliessman, 2002), tal caso se demuestra con los resultados encontrados donde la asociación de chile jalapeño y cebolla evita la pérdida total a diferencia del monocultivos de chile jalapeño, donde la pérdida es evidente.

**Cuadro 8. Balance económico de chile jalapeño y cebolla para los tratamientos de asociación y fertilización orgánica.**

Fertilización	Cultivo	Costos Fijos	Insumos	Costo de producción <sup>#</sup>	Valor de la producción	Relación B/C
Bocashi	Cebolla	30,111.11	12,800.24	49,578.01	244,800	4.94
	Chile	40,444.44	13,353.85	60,464.95	18,960	0.31
	Cebolla+Chile	36,777.77	16,235.86	59,680.04	191,199.11	3.20
Bocashi+Foliar	Cebolla	36,777.77	14,853.57	58,298.01	235,300	4.04
	Chile	47,111.11	15,407.18	69,184.95	22,200	0.32
	Cebolla+Chile	43,444.44	17,282.54	67,393.64	183,586.84	2.72
Sin abono	Cebolla	27,555.55	6,857.899	41,080.12	68,600	1.67
	Chile	37,666.66	7,411.511	51,744.84	16,320	0.32
	Cebolla+Chile	31,222.22	12,282.54	50,171.42	70,566.66	1.41

<sup>#</sup> Suma de costos fijos+insumos+6666.7 de costos variables.  
valores por Ha

Los costos de insumos para todos los casos de asociación son altos (Cuadro 8), debido a que en todos los tratamientos de fertilización con asociación, el chile jalapeño necesitó aditamentos llamados tutores (que sirven para sostener el peso de los chiles y evitar que la planta se dañe). Este manejo elevó los costos de producción, ya que también implicó mano de obra extra para colocar dichos tutores.

#### 4.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados encontrados se presentan las siguientes conclusiones:

- La fertilización orgánica con bocashi favoreció el crecimiento de las plantas en altura y número de hojas, el mismo comportamiento se observó con el peso del follaje fresco y seco. No se observó un efecto significativo de la asociación de cultivos ni de la aplicación del lixiviado de humus en estas variables de crecimiento.
- Los valores de IET mostraron una ventaja de la asociación sobre el monocultivo en el uso del suelo, además demuestra la limitada interacción entre ambas especies, independientemente del tipo de fertilización, lo cual sugiere que la asociación de chile jalapeño y cebolla es una opción viable para los productores.
- La aplicación de bocashi y su complemento foliar no incrementó el largo, ancho y peso del chile jalapeño, sin embargo, para el caso de la cebolla, el abono orgánico sí presentó diferencia estadística, teniendo incrementos de 28, 69 y 269% en las variables de diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso, respectivamente.
- La aplicación de abonos orgánicos al suelo y de manera foliar, modificaron la composición organoléptica de las hortalizas, aunque sin efectos significativos. Sin embargo, se observó un incremento de sólidos solubles en ambos cultivos, de capsaicina en chile jalapeño y de ácido pirúvico en cebolla.
- La fertilización orgánica con bocashi incrementó la biomasa microbiana, la respiración microbiana y la actividad de fosfatasa ácida, tanto en chile jalapeño como en cebolla. Se observó un efecto significativo de la asociación

de cultivos para el caso de la cebolla. No se observó un efecto significativo de la aplicación del lixiviado de humus en estas variables.

- La relación beneficio/costo obtuvo valores mayores a 1 en el caso de la cebolla, ya que es un cultivo que presenta poca inversión, no así para el caso del chile jalapeño donde el indicador fue menor a 1 y esto debido a los altos costos de producción y la baja producción que se obtuvo.
- La asociación chile jalapeño y cebolla presentó un efecto positivo en lo que respecta al indicador beneficio/costo, ya que las ganancias obtenidas en la cebolla amortiguó el efecto negativo en el chile jalapeño.
- La aplicación de abono bocashi y la asociación de cultivos, son técnicas que benefician al productor y contribuyen a mejorar la salud del suelo, en este trabajo se encontraron efectos positivos en la producción y calidad de chile jalapeño y cebolla, los cuales se manifiestan en el crecimiento de las plantas, el tamaño y rendimiento de los frutos, así como en las características organolépticas de los cultivos, de la misma manera, se observó un efecto positivo de la aplicación de abono bocashi en la actividad biológica de la rizósfera del suelo, estos beneficios se ven reflejados en las ganancias que pudiera tener el productor, para lo cual el balance económico sugiere que la aplicación de abono bocashi y asociación de chile jalapeño y cebolla es una opción viable para los productores y productoras.

## **5.- ASPECTOS ÉTICOS EN LA INVESTIGACIÓN**

A fin de asegurar una respetuosa relación con los actores en esta investigación se presenta la siguiente declaratoria.

La presente investigación surge como desarrollo de un proyecto participativo, en la cual se involucraban aspectos de sustentabilidad, trabajando con un grupo de mujeres, en este sentido se planteó una parcela experimental demostrativa, el objetivo fue dar a conocer las diferentes ventajas que conlleva el uso de las técnicas de producción orgánica. Por tratarse de personas que rentan tierras para cultivar, se dio a conocer el uso de cultivos asociados, así como los beneficios que trae su aplicación, entre ellos el uso eficiente del suelo.

El uso del abono bocashi y la asociación de cultivos, así como la aplicación de biofertilizantes, no representaron un peligro para el suelo, flora o fauna existente en el sitio experimental, muy al contrario, el uso de estas tecnologías de producción orgánica, tuvieron un efecto positivo en la calidad del suelo.

En lo que respecta a los acuerdos tomados por los actores en esta investigación, se planteó desde el principio las condiciones con las cuales se trabajaría a lo largo de la investigación, en acuerdo con los participantes. Se buscó el apoyo en conjunto de todos los participantes, siendo los miembros de la comunidad, los responsables de acuerdos al interior de su grupo de trabajo (horarios, distribución del trabajo, distribución de ganancias, proyectos a futuro, entre otros).

La investigación no generó ningún conflicto al interior de la comunidad y no afectó la flora y fauna de la zona de estudio.

## 6.- LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (1980) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Abrameto M.A., Pozzo C.M., Gil M.I., Molina L.M. (2010). Analysis of methodologies for the study of composition and biochemical carbohydrate changes in harvest and postharvest onion bulbs. *International Journal of Experimental Botany* 79: 123-132.
- Achupallas J.M. y Gaitán M.R. (2009). Comparación de rendimientos, valor económico y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivo e intercultivo en El Zamorano, Honduras. Tesis de licenciatura, Universidad del Zamorano, Honduras. 18 p.
- Acosta Y. y Paolini J. (2005). Actividad de la enzima deshidrogenasa en un suelo calciorthids enmendado con residuos orgánicos. *Agronomía Tropical* 55(2): 217-232.
- Acosta Y., Cayama J., Gómez E., Reyes N., Rojas D., García H. (2006). Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6 (3):220-227.
- Akthar M., Yaqub M., Iqbal Z., Ashraf M.Y., Akhter J. and Hussain F. ( 2010). Improvement in yield and nutrient uptake by co-cropping of wheat and chickpea. *Pakistan Journal of Botany* 42: 4043-4049
- Altieri A. y Nicholls C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: Teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16:1-10.
- Altieri M. (1999). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. 4ª. Edición, Nordan- Comunidad, Montevideo, Uruguay. 325 p.

- Altieri M. y Nicholls C.I. (2000). Agroecología, Teoría y práctica de una agricultura sustentable. Serie Textos básicos para la formación ambiental. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, D.F. 250 p.
- Álvarez R. y Ceja R. (2000). Tecnologías de producción orgánica en las condiciones del trópico. Informe técnico, ECOSUR, Tabasco. 91 p.
- Álvarez-Solís J.D., Díaz E., León N.S. y Guillén. J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana* 28: 239-245.
- Álvarez-Solís J.D., y Anzueto M.J. (2004). Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 38: 13-22.
- Alvino A., Centritto M., Tendeschi P. y Busiello F. (1990). Growth analysis of capsicum annum L. under different irrigation regimes. *Acta Horticulturae* 278: 359-368.
- Azcón C., Barea J, Fajardo R. (1984). Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA II. Factores que afectan su formación función y aplicaciones prácticas en agricultura (1). *En: Moreno P. (1988). Inoculación de micorrizas mva en papa (*solanum tuberosum*) respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y en campo. Revista Latinoamericana de la Papa* 1: 84-103.
- Bar A., Yermiyahu U., Keina B., Rosenberg R., Zohar D., Rosen V., Fine P. (2004). Nitrogen, phosphorus and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *Journal of Environmental Quality* 33: 1855-1865.
- Bertness B. and Callaway R. (1994). Positive interactions in communities. *Trends in Ecology & Evolution* 9:191-193.
- Bimova P. and Pokluda R. (2009). Impact of organic fertilizer on total antioxidant capacity in head cabbage. *Horticultural Science* 36: 21- 25.

- Caballero R.D. (1999). Efecto de los abonos orgánicos en la explotación de huertos intensivos. Tesis de Maestría. Universidad de Camagüey Instituto de Suelos, Camagüey, Cuba. 53 p.
- Cahill J.F.(1999). Fertilization effects on interactions between above- and below-ground competitions in an old field. *Ecology* 80:466-480.
- Casper B.B. and Jackson R.B. (1997). Plant competition underground. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 28: 545-570.
- Castro A., Henríquez C., Bertsh F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33: 31-43.
- Chaimsohn F.P., Villalobos E., Mora J. (2007). El fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en Pejibayeo (*Baetris Gasipaes* k). *Agronomía Costarricense* 31: 57-64.
- CONEVAL. (2008). Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Aplicación de la Metodología para la Medición de la Pobreza por Ingresos y Pruebas de Hipótesis. México. D.F.
- Delgado J. (2002). Asociación de cultivos: Garbanzo-maíz como técnica agroecológica para el uso sostenible del agua de riego. *Agricultura Orgánica* 1: 12-14.
- Deng S.P. and Tabatabai M.A. (1997). Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils:III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biology and Fertility of Soils* 24: 141-146.
- Djamgoz, M. and Isbilen B. (2006). Dietary compounds as anti-cancer agents: a preliminary evaluation of ion channels and membrane excitability as possible target mechanisms. *Turkish Journal of Biochemistry* 31: 57-68.
- Dumanski, J., Gameda, S. y Pieri, C. (1998). Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington DC, USA. 133 p.

- Echeverry E. (2001). Organic vs inorganic fertilization in Cachaco plantain in Colombia. *Infomusa* 10 : 7-10.
- Eivazi, F. and Tabatabai M.A., (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 20: 601-606
- Elizondo J.A. (2007). Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus alba*) fertilizada con diferentes abonos. *Agronomía Mesoamericana* 18: 255-261.
- Eskandari H. and Ghanbari A. (2009). Intercropping of Maize (*Zea mays*) and Cowpea (*Vigna sinensis*) as Whole-Crop Forage: Effect of Different Planting Pattern on Total Dry Matter Production and Maize Forage Quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37: 152-155.
- FAO. (2003). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151. Roma, Italia.
- FAO. (2010). Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. Disminuye el hambre mundial pero sigue inaceptablemente alta. Roma, Italia.
- Félix J.A., Sañudo R.R., Rojo G.E., Martínez R., Olalde V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra- Ximhai* 4: 57-67.
- Fernández L. A., Sagardoy M.A. y Gómez M. A. (2008). Estudio de la fosfatasa ácida y alcalina en suelos de la región pampeana norte del área sojera argentina. *Ciencia del Suelo* 26(1): 35-40.
- Francis C. (1990). Potencial of multiple cropping systems p.137-150. *In: Altieri M.A. y Hecht SB. (Eds). Agroecology and small farm development. CRC press boca raton, Boston.*
- Fry J. C. (1993). One-way analysis of variance p. 1-40. *En: Fry J. C. (Ed). Biological data analysis: A practical approach. Oxford University Press, New York.*

- Galicia C.R. (1999). Evaluación Agroecológica de tres asociaciones de maíz (*Zea mays* L.) con brócoli (*Brassica oleracea* L. Var Italica), Coliflor (*Brassica oleracea* L. Var. Botrytis) y col de bruselas (*Brassica oleracea* L. Var. Gemnifera) utilizando la técnica de surco doble de maíz, bajo condiciones de la aldea El Rancho Chiantla, Huehuetenango. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 58 p.
- García I., Miranda N.G., González L.R., Nieto F. (2006). Estudios preliminares de la fermentación de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Investigación Universitaria Multidisciplinaria 5:36-42.
- García-Barrios L. (2003). Plant-plant interactions in tropical agriculture. En: Vandermeer J. (Ed.), Tropical Agroecosystems, CRC Press boca raton, Boston.
- Ghuman G., Menon M.P., Chandra K., Jame J., Adriano D.C., Sjwan K.S. (1992). Uptake of multielements by corn from fly ash-compost amended soil. Wather, Air & Soil Pollution 72:285-295.
- Gili P., Aruani C., Reeb P. y Aun E. (2009). Cambios biológicos en suelos fertilizados con nitrógeno cultivados con manzano en alto valle de río Negro. Ciencia del Suelo 27: 209-216.
- Gliessman S.R. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial AGRUCO-CATIE. Turrialba, Costa Rica P. 359.
- Gómez O. y Zavaleta E. (2001). La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades en particular con tagetes spp. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 94-99.
- González M. 2005. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Terra Latinoamericana 23(1): 29-37.

- Gooding M.J., Kasyanova E., Ruske R., Hauggaard H., Jensen E.S., Dahlmann C., Von P., Dibet A., Correu G., Crozat Y., Pristeri A., Romeo M., Monti M., Launay M. (2007). Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *The Journal of Agriculture Science* 145: 469–479.
- Gordillo G. (2004). Seguridad Alimentaria y agricultura familiar. *Revista de la CEPAL* 83: 71-84.
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass, and G. D. Bending. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113: 17–35.
- Grime JP. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, New York : John Wiley and Sons. 222 p.
- Gutiérrez-Miceli F.A., Santiago J., Montes J., Nafate C., Archila A., Oliva M.A., Rincón R., Dendooven L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.
- Hamilton B.K., Yoo K.S. and Pike L.M. (1998). Changes in pungency of onions by soil type, sulphur nutrition and bulb maturity. *Scientia Horticulturae* 74: 249-256.
- Harley, J. y Smith S. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic, Londres, p. 268-295.
- Hernández A., Ramos R., Sánchez J. (1999). Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. *Agronomía Mesoamericana*. 10: 63-66.
- Hernández G.I., Salgado S., Palma D., Lagunes L., Castelán M., Ruiz O. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33: 855-860.
- Hernández T. (1996). Stimulation of barley growth and nutrients absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology* 57 (3), 251-257.

- Ikkonen E., Cervantes A., García E. y Norma E. (2004). Producción de CO<sub>2</sub> en Andosoles afectados por incendios forestales en el parque nacional El Chico, Hidalgo. *Terra Latinoamericana* 22: 425-431.
- INEGI (2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de Población y Vivienda 2010.
- Inzuza M., Villa M., Catalán E.A. y Román A. (2010). Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana* 28: 211-218.
- Jara J. (2009). Innovaciones sociales y tecnológicas en el nuevo modelo de desarrollo en los territorios rurales. *COMUNICA* 1: 6-25.
- Jenkinson D.S. and Powlson D.S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology & Biochemistry*. 8: 209-213.
- Juárez C.R. (2010). Fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de aceites esenciales en manzanilla, menta y tomillo. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados, Texcoco, Edo. México. 97 p.
- Keddy, P.A. 1989. Effects of competition from shrubs on herbaceous wetland plants: a four year field experiment. *Canadian Journal of Botany* 67: 708-716.
- Maldonado S.I. y Martínez E.A. (1984). Evaluación agronómica del sistema caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L) asociado con leguminosas de grano, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), caupi (*Vigna unguiculata* walp) y soya (*Glycine max* L). *TIKALIA* 3: 24-35.
- Malézieux E., Crozat Y., Drupas C., Laurans M., Makowski D., Ozier H., Rapidel B., Tourdonnet S., Valantin M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 43-62.
- Mallor C. (2008). Principales variedades de cebolla de primavera-verano. *Horticultura* 26(2):10-14.

- Marschner P., Yang C. H., Lieberei R. y Crowley D. E. (2001). Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil Biology Biochemistry* 33:1437–1445.
- Matheus L., Caracas J., Montilla F., Fernández O. (2007). Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos ( vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Andina* 13: 27-38.
- Muschler R.G. (2001). Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry System* 85:131–139.
- Nannipieri, P., F. Pedrazzini., Arcara P. y Piovaneli C. (1979). Changes in amino acids, enzyme activities, and biomasses during soil microbial growth. *Soil Science* 127: 26-34.
- Njoka E.N., Njarui M.G., Abdulrazak S.A., Mureithi J.G. 2006. Effect of intercropping herbaceous legumes whit napier grass on dry matter and nutritive value of the feedstuffs in semi-arid region of eastern Kenya. *Agricultura Tropica et Subtropica* 39: 255-267.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-021-SCFI-2003. Disponible en: <http://s3.esoft.com.mx>. Consultada: 10 de octubre de 2010.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-025-SCFI-2007. Disponible en [www.cide.uach.mx/NORMAS](http://www.cide.uach.mx/NORMAS). Consultada: 15 de octubre de 2010.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2000. Disponible en: [www.semarnat.gob.mx/leyesy normas](http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas). Consultada: 7 de agosto de 2010.
- Ochoa N. y Gomez J. (1993). Activity of enzymes involved in capsaicin biosynthesis in callus tissue and fruits of Chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Plant Physiology* 141(2): 147-152
- Oliva-Llaven M.A., Guzman J.L., Cabrera B.I., Rincón R., Montes J., Dendooven L., Gutiérrez-Mceli F.A. (2008). Fruit characteristics of bell peper cultivated in sheep manure vermicompost substituted soil. *Journal of Plant Nutrition* 31: 1585-1598.

- Orozco M. (2006). Fomento de la agricultura sostenible mediante el establecimiento de un sistema de garantías de calidad en los procesos productivos y de la comunicación a los consumidores aplicación a la agricultura mexicana. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. 371 p.
- Palm, C.A., Giller K.E., Mofongoya P.L. and Swift M.J. (2001). Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 61: 63-75.
- Pérez G., Estevao I., Cesar P. y Damba G. (2004). Evaluación de asociaciones de cultivo en rotación: frijol girasol y boniato-maíz. *Centro Agrícola* 3: 84-87.
- Petruzzelli G., Lumbrano L., Guidi G. (1989). Uptake by corn and chemical extractibility of heavy metals from a four year compost treated soil. *Plant and Soil* 116: 23-27.
- Phillips J.M. and Haymans D.S. (1970). Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-160.
- Raghotama, K. (1999). Phosphate acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 665-693.
- Raigón M. (2006). El nivel de Pungencia de las cebollas. *Horticultura Internacional* 51: 48-51.
- Ramírez H., Méndez O., Benavides A. Amado C. (2009). Influencia de prohexadiona-ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. *Horticultura* 3 (15): 231-236.
- Randle W. (1992). Onion germplasm interacts with sulfur fertility for plant sulfur utilization and bulb pungency. *Euphytica* 59:151-156.
- Restrepo J. (2007). El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1ª ed, SIMAS, Managua, Nicaragua. 262 p.

- Romero M.R., Trinidad A., García R., Ferrera R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Ruiz C., Russian T., Tua D. (2007). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Tropical* 57: 7-14.
- SAGARPA (2010). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México. México, D. F.
- Sarabia M., Madrigal R., Martínez M., Carreón Y. (2010). Plantas, hongos micorrizicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas* 12 (1): 65-71.
- Shinner, F.; Kandeler, E.; Richard, O.; Hargesin, R. (1995). *Methods in Soil Biology*. Germany. Springer Verlag. New York. pp: 93-110.
- Sinaj S., Trore O., Frosar E. (2002). Effect of compost and soil properties on the availability of compost phosphate for White clover (*Trifolium repens* L.) . *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 89-102.
- SPSS for Windows, 2006, Version 15.0, SPSS Inc. Chicago, USA, Disponible en: <http://www.spss.com/>.
- Stotzky G. 1965. Microbial Respiration in: *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbial properties*. Black CA, Evans DD, White JL, Ensinger LE, Clark FE. Amsterdam society of agronomy, Madison. Pp 1550-1572.
- Sun K., Pike L., Crosby K., Jones R., Leskovar D. (2006). Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. *Scientia Horticulturae* 10 (2): 144-149.
- Tabatabai M. and Bremner J. (1969). Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil, Biology & Biochemistry* 1: 301-307.

- Teare C. A. and Randle W. M.(1998). Pungency Assessment in Onions. Pages 177-196, *in* Tested studies for laboratory teaching, Volume 19. (S. J. Karcher, Editor). Proceedings of the 19th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 365 pages. Urrutia J. (1989). Metodología para la identificación, formulación, ejecución y evaluación de proyectos productivos con participación de la comunidad. Cuadernos de Capacitación 13. México, D.F.
- Van A. (2009). Cebolla: propiedades, actualidad, variedades y claves productivas. *Horticultura* 59: 9-13.
- Vandermeer J.H. (1990). Intercropping p.481-516. *In* Carroll CR, Vandemeer JH y Rosset P. (Eds) agroecology, Mc Graw hill publishing company, New York USA.
- Vázquez F., Miranda L., Monforte M., Gutiérrez G., Velázquez C., Nieto Y. (2007). La Biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 353-360.
- Westover K, Kennedy A, Kellys S. (1997). Patterns of rizosphere microbial community structure associated with co-occurring plant species. *Journal of Ecology* 85: 863-873.
- Willer, H. y Zanolli, R. (2000). Organic viticulture in Europe. *In*: H. Willer and U. Meier (Eds.) Proceedings 6th International Congress on Organic Viticulture. 25-26 Agosto 2000. Basel, Alemania.
- Willey R. and Rao M. (1980). A competitive ratio for quantifying competition between intercropping. *En*: Hernández A, Ramos R, Sánchez J. 1999. Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. *Agronomía Mesoamericana* 10: 63-66.
- Wilson S.D. and Tilman D. (1991). Components of plant competition along an experimental gradient of nitrogen availability. *Ecology* 72:1050-1065

Zamora F., Tua D., Torres D. (2008). Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. *Agronomía Tropical* 58: 233-243.