

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



**Harina de hueso como fuente de fosforo en plántulas de chile habanero
(*Capsicum chinense*) aplicado en suelo tipo Feozem – calcáreo.**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el título:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Presentada por:

DIANA BELÉN VILLA DELGADO

Saltillo, Coahuila

Octubre 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Harina de hueso como fuente de fosforo en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) aplicado en suelo tipo Feozem – calcáreo.

Presentada por:
DIANA BELÉN VILLA DELGADO

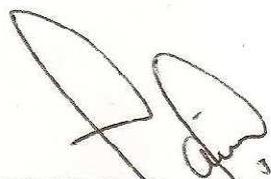
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

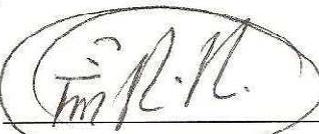


Dr. Alejandro Hernandez Herrera
Asesor Principal

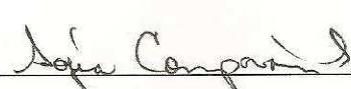
APROBADO



Dr. Armando Rodriguez Garcia
Asesor



Mc. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor



Mc. Sofia Comparán Sánchez
Asesor Suplente



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador División de Agronomía

Saltillo, Coahuila

Octubre 2011

DEDICATORIAS

En primer lugar este logro va dedicado especialmente a **Dios**, por haberme permitido concluir mis estudios satisfactoriamente, por ser mi fortaleza para lograr que este sueño se hiciera realidad, por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles de mi vida. Por los padres más maravillosos que me diste, por la salud y el trabajo que nunca les hizo falta gracias a ti, para poder ayudarme a salir adelante. Por amarme tanto y regalarme estos cinco años de estudios que hoy reflejan el primer fruto de muchos que vendrán, y que son producto de constancia y perseverancia.

A mi Papito, el Sr. **Margarito Villa Núñez**, este logro lo dedico a tu nombre papá, por ser un gran padre conmigo, por educarte de una forma tan especial que me ha servido en mi formación personal, por haberme inculcado valores morales y espirituales que me han ayudado a salir adelante, y por brindarme tu apoyo incondicional en todo momento y que aunque la vida a veces nos pone obstáculos difíciles, tu siempre me has enseñado a como vencerlos y logra lo que uno se propone y sobre todo por dejarme la mejor herencia “El Estudio” que un padre puede dar a un hijo, por todo esto y por muchas cosas más te agradezco nuevamente PAPÁ.

A mi Mamita, la Sra. **Alejandrina Delgado Cortez**, este logro igualmente te lo dedico a ti mamá, por ser no solo mi Madre, sino que también mi mejor Amiga, por enseñarme a luchar por lo que uno quiere y anhela y nunca darse por vencido antes las circunstancias u obstáculos de la vida y que aun cuando se nos cierra una puerta hay miles más que se nos abren para seguir adelante, y sobre todo por tus constantes oraciones ante Dios para que siempre sea una persona de bien. Por estas y muchas más razones, te doy las gracias MAMÁ.

A mi Hermano **Juan Leonel**, por su apoyo incondicional, por sus consejos y cariño, por enseñarme que la lucha constante para lograr lo que uno quiere al final es recompensado y que no hay obstáculos que impidan lograrlo cuando uno está firme en lo que quiere y anhela. Por ser no solo mi hermano sino un gran Amigo con el que puedo contar siempre. Te Quiero Mucho.

A mi Hermano **Adrián**, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional, porque siempre has estado conmigo aun en los momentos más difíciles y que aunque la distancia nos separa no es un obstáculo para nosotros. Por tu insistencia en continuar con mis estudios, y porque sé que siempre lo das todo por lo que más amas en la vida tu Familia, Quiero que sepas que siempre te llevo en lo más profundo de mi corazón y que ya llegara el día en que estemos juntos y ser la gran familia que siempre hemos sido. Te quiero mucho Hermanito.

Al más pequeño de mis hermanos **Nazarío** (mi Chunco), por compartir los más bellos momentos de nuestras vidas (nuestra niñez), por tu cariño y apoyo cuando más lo necesito, quiero decirte que continúes con tus estudios, sigue adelante y que contaras con mi apoyo para juntos hacer realidad tus sueños. Te Quiero Mucho.

A mis cuatro tesoros más grandes (mis sobrinos) **Karla Andrea, Maximiliano, Joshua y Janny**, quienes me han alegrado la vida con su llegada, me han demostrado siempre su amor y cariño, quienes son la alegría de la familia.

A mi Abuelita **Juanita Cortez**, por su apoyo y cariño incondicional, por sus constantes peticiones ante Dios para hacer este sueño realidad, mis más sinceros agradecimientos. Te Quiero Mucho Abue.

A mi Tía la Mtra. **Teresa Delgado** por ser quien me encamino en el mundo maravilloso de las letras y me impulso a seguir adelante con mis estudios.

A ti **Eslít Cortes Hernández**, por haberme permitido formar parte en los escritos de las páginas del libro de tu vida, por enseñarme siempre a seguir adelante, por estar conmigo aun en los momentos más difíciles de mi vida, por los bellos momentos que compartimos juntos (las desveladas a la hora de estudiar para los exámenes, los paseos que nos dábamos cuando asistíamos algún congreso o simposio jejejeje, como olvidarlos verdad) pero sobre todo por

enseñarme el valor de la amistad y cariño, por ser un gran Amigo y Compañero con el que se que siempre podre contar y aunque sé que es el momento de separarnos para hacer realidad nuestros sueños en la vida, quiero que recuerdes siempre que podrás contar conmigo en cualquier momento, que en mi tendrás siempre una gran compañera y amiga que te Quiere Mucho. Pero antes quiero que sepas que te admiro mucho porque eres una gran persona que tiene una capacidad enorme que se que todos los retos que se interpongan entre tus sueños no serán obstáculos para seguir adelante; gracias por compartir conmigo grandes momentos que nunca olvidare. Sigue adelante, tienes un gran camino aun por recorrer.

A mi prima **Alma Delia**, solo quiero decirte que sigas adelante con tus estudios, demuéstrales a todos que tienes las agallas para lograr tus metas.

A todos mis Ti@s (**madrina Rufy, Josefina, padrino Eleuterio**, etc.) y Primos (**Paty, Juanjo, Ferny, Iván, Deyis, Axel**, etc.) que aunque no los menciono a todos, porque no terminaría nunca, les agradezco todo el apoyo moral que me brindaron para hacer este sueño realidad.

AGRADECIMIENTOS

Al **Dr. Alejandro Hernández Herrera**, por su apoyo en la realización de este proyecto, por darme la oportunidad de involucrarme en el área de la agricultura orgánica y por haberme transmitido parte de sus conocimientos de años de investigación.

Al **Dr. Armando Rodríguez García**, primeramente por haberme brindado su amistad y confianza, así como su apoyo incondicional, tiempo y dedicación en la revisión de tesis y por haber compartido sus conocimientos conmigo y que se que me serán de gran importancia para mi formación en el ámbito de la agricultura .

Al **Mc. Fidel Maximiano Peña Ramos**, por ser una gran persona sencilla y humilde, que siempre está a la disposición de quien necesite su apoyo y que nunca nos es negado, por su tiempo y dedicación en la revisión de este trabajo.

A la **Mc. Sofía Comparan Sánchez**, por estar siempre a disposición de sus alumnos para su formación académica y por formar parte del equipo de revisión de este trabajo.

Al **Ing. Rodolfo Martínez**, por haberme brindado su amistad y confianza, por permitirme formar parte del equipo de trabajo en la EXPO FERIA SALTILLO, 2011, por enseñarme valores de compromiso, responsabilidad, liderazgo y sobre todo haber depositado en mí su confianza para manejar el recurso monetario en una empresa. Y que aunque no forma parte en el equipo de trabajo para la revisión de tesis, de cualquier forma, mis más sinceros agradecimientos.

A **Gustavo** (El Panda), **Etelberto** (Tolomeo), **Alfonso** (Telas - poncho), **Zury Sadai** (Zury), **Rubén** (la Rubena), **Germán** (Manchis o la gaxis), **Fernando** (jeñis), **Meyban** (Mey) y **Bonifacio** (El Bonis), por haberme brindado su amistad y confianza, por compartir grandes y bellos momentos que nunca olvidaré, por haberme abierto las puertas de sus casas y de sus corazones, por ser tan muy buenas personas y enseñarme uno de los más bellos valores que son la Amistad y Alegría, y que aunque es tiempo de alejarnos, quiero que recuerden siempre que podrán contar conmigo en todo lo que necesiten, que en mi siempre tendrán una gran Amiga que los aprecia mucho y los quiere, sigan adelante y échenle muchas ganas para poder alcanzar las metas que se han forjado.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	7
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS	13
III. HIPÓTESIS	13
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	14
4.1 Aspectos generales de la fertilización	14
4.1.1 Definición de fertilización	14
4.1.2 Tipos de fertilización	15
4.1.2.1 Fertilización orgánica	16
4.1.2.2 Fertilización inorgánica	18
4.1.2.3 Fertilización biológica	21
4.1.3 Formas de aplicación de los fertilizantes	23
4.2 El fosforo en la planta	25
4.2.1 Importancia del fosforo en la planta	25
4.3 Harina de hueso como suministro de fosforo y calcio en el sector agropecuario	27
4.3.1 Importancia de la harina de hueso	27
4.3.2 Aplicación de la harina de hueso como suplemento alimenticio en la ganadería	29

4.3.3 Aplicación de la harina de hueso como fertilizante orgánico en la agricultura	30
V. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1 Descripción del sitio	31
5.2 Procedimiento	31
5.3 Variables evaluadas	34
5.4 Diseño experimental	35
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
VII. CONCLUSIÓN	48
VIII. LITERATURA CITADA	49

I. INTRODUCCIÓN

La fertilización ha sido una de las fuentes principales en nutrientes que ha contribuido en gran forma en la agricultura, principalmente en el aumento de las producciones agrícolas, contribuyendo así a la producción de alimentos. Una alternativa bastante favorable ha sido la fertilización, pues no solo aumenta la producción, sino también mejora la calidad de la cosecha y aporta ingresos económicos a los agricultores (Suniaga *et al.*, 2008).

En las hortalizas, para lograr una producción y rendimiento considerable, es necesario aplicar una adecuada nutrición mineral, de lo contrario, los resultados esperados serán negativos (Suniaga *et al.*, 2008).

Los rendimientos en los cultivos se han incrementado con la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos. Huez *et al.*, (2002) observaron que la fertilización orgánica en el cultivo de chile produce rendimientos similares a los obtenidos con una fertilización química. Orellano (1997) presentó rendimientos en tomate de 1.12 Kg/planta a base de abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero. Ochoa *et al.*, (2009) utilizaron té de composta como fertilizante orgánico para la producción de tomate en invernadero obteniendo rendimientos de 18 kg/m². Nieto *et al.*, (2002) encontraron que dosis de 25 t/ha de composta, es la más adecuada para la producción del cultivo de chile y para fines de

biorremediación de suelos agrícolas, los mejores resultados se obtienen con una dosis de 50 t / ha., De la Cruz *et al.*, (2009) obtuvieron rendimientos de 39.811t/ha de tomate a base de una fertilización derivada de compostas.

Actualmente el principal problema que se presenta en los suelos calcáreos del norte de México, es el aislamiento de elementos esenciales en la nutrición vegetal en cultivos como el chile habanero, lo que resulta incosteable la producción al suministrarle diferentes dosis de fertilización, provocando así, una reducción del rendimiento y por consecuencia en el ingreso económico de los agricultores.

Por lo anteriormente expuesto en esta investigación, se buscará suministrar el fosforo de forma orgánica a partir de harina de hueso, que permita a los productores reducir los costos de aplicación y elaboración, reduciendo así el uso de agroquímicos que dañen el medio ambiente, donde el beneficiario más importante sea el agricultor, al incrementar sus ingresos económicos.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Observar y evaluar la respuesta de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) a la aplicación de harina de hueso como fuente de fósforo.

Objetivo específico

Reducir las deficiencias de fósforo en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) en suelos calcáreos, suministrando harina de hueso.

III. HIPÓTESIS

La harina de hueso como fuente de fósforo reduce significativamente las deficiencias de este elemento en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*)

IV.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Aspectos generales de la fertilización

4.1.1 Definición de fertilización

La fertilización es la acción emprendida para conseguir una óptima alimentación en la planta (Gros, 1981). Cualquier material que contenga uno o varios de los nutrientes esenciales que se añaden al suelo o que se aplican sobre el follaje de las plantas con el propósito de complementar el suministro de nutrientes de las plantas puede denominarse fertilizante (California Fertilizer Association, 2004).

Trabajos realizados demuestran la importancia de la fertilización en los cultivos agrícolas, Rodríguez *et al.*, (2009) utilizaron el té de compost como fertilizante orgánico para la producción de tomate bajo invernadero. Zepeda *et al.*, (2007) encontraron que la fertilización nitrogenada aplicada en híbridos de maíz mejoran la calidad del grano para la industria de la masa, tortilla y harina; mientras que Pérez *et al.*, (2004) observaron que el nitrógeno aplicado como fertilizante incrementa el rendimiento y la calidad en frutos de melón cantaloupe; mientras

que Fortis *et al.*, (2009) señalan la importancia del aporte de abonos orgánicos (biocompost y vermicompost) en un híbrido de maíz para la producción de forraje.

4.1.2 Tipos de fertilización

La incorporación de fertilizantes al suelo necesarios en la nutrición de la planta, derivan de fuentes naturales, biológicas y sintéticas. Los de origen natural provienen de restos vegetales, animales y minerales, y son llamados fertilizantes orgánicos, ejemplo de ellos son las compostas, lombricompostas, entre otros, mientras que los fertilizantes de origen biológico es mediante la inoculación de hongos y bacterias, por otro lado se encuentran los de origen sintético que son los elaborados por el hombre, mediante procesos químicos (Lesur, 2006).

La aplicación de nutrientes adicionales al suelo proporcionan múltiples beneficios en el cultivo. Sustentando lo anteriormente expuesto, Villarreal *et al.*, (2002) encontraron que con la aplicación de nitrógeno en tomate se tiene una alta producción y calidad de postcosecha en los frutos (firmeza, Brix, acidez y color). Mientras que Sawan *et al.*, (2007) observaron que al aplicar potasio es posible aumentar el rendimiento y mejorar las propiedades del aceite y proteínas en el algodón. Espíndola *et al.*, (2008) mencionan la importancia de la aplicación de Nitrógeno en aguacate porque promueve la acumulación de glucosa y fructosa en hojas y en panículas con frutos en desarrollo. El crecimiento y composición mineral de plántulas de tomate (Parra *et al.*, 2010).

4.1.2.1 Fertilización orgánica

La producción orgánica de vegetales, es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos. Con la aplicación de fertilizantes orgánicos de origen natural, incorporamos materia orgánica que mejoran las características físicas y químicas de los suelos agrícolas, haciéndolos fértiles y productivos. Ejemplo de ello, es lo reportado por Nieto *et al.*, (2002) donde observaron que el uso de compostas en un cultivo de pimiento morrón, aumenta la producción del cultivo y mejora la fertilidad en el suelo. De acuerdo a Márquez *et al.*, (2008) encontraron que los productos obtenidos de una fertilización orgánica contienen alto valor nutricional.

Composta

Una de las alternativas en el manejo de los residuos orgánicos de origen vegetal, animal, residuos sólidos, es el compostaje (Pierre *et al.*, 2009). Ejemplo de ello, es a lo reportado por Aguayo *et al.*, (2005) observaron que al aplicar compostas de residuos sólidos actúa como mejorador del suelo; presentando resultados favorables en la germinación y crecimiento de las plantas. Mientras que Aravena *et al.*, (2002) mencionan que la aplicación de composta en un cultivo de pimiento morrón, aumentan los contenidos de glucosa en los frutos. Ochoa *et al.*, (2009) utilizaron te de composta como fertilizante orgánico para la producción de tomate en invernadero obteniendo rendimientos de 18 kg/m². Nieto *et al* (2002)

encontraron que dosis de 25 t/ha de composta, es la más adecuada para la producción del cultivo de chile y para fines de biorremediación de suelos agrícolas, los mejores resultados se obtienen con una dosis de 50 t / ha., De la Cruz *et al* (2009) reportaron rendimientos de 39.811t/ha de tomate a base de una fertilización derivada de compostas.

Lombricomposta

La lombricomposta es un fertilizante orgánico natural, que favorece el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Capistrán *et al.*, 2001). Recientes investigaciones realizadas y de acuerdo a lo señalado por De la Cruz *et al.*, (2009) observaron que la aplicación de lombricomposta en el tomate aumenta el rendimiento y calidad del fruto. Manjarrez *et al.*, (1999) encontraron que la aplicación de lombricomposta en chile serrano incrementó la tasa fotosintética. Por otro lado, Oliva *et al.*, (2008) observaron que la lombricomposta puede inhibir los efectos de la sal en el crecimiento en plantas de tamarindo; mientras que González *et al.*, (2009) señalan la importancia de la aplicación de ácidos húmicos en la remediación de un suelo afectado por sales y su efecto mejorador en el desarrollo de cempasúchil. Así mismo se ha utilizado también para producción orgánica de tomate de cáscara a base de vermicomposta (Velasco *et al.*, 2001) y a cobrado importancia en la producción de cultivos graníferos como en la producción de sorgo a base de vermicomposta (Reddy y Katsumi 2004).

Gallinaza

Otro de los fertilizantes de suma importancia en la agricultura orgánica es el aporte de minerales a partir de excrementos de aves, ejemplo de ello es lo señalado por Rivero y Carracedo (1999), observaron que al suministrar gallinaza como abono en el suelo, funciona como neutralizador del pH y proporciona grandes cantidades de fósforo al suelo, así también Corrales (2000) señala que la aplicación de gallinaza en viveros de guayabo, aumentan la altura de la planta y el grosor del tallo, al mismo tiempo que incorpora cantidades de fosforo y potasio e incrementa el pH en suelos ácidos. Mientras que Cantarero y Martínez (2002), mencionan que el suministro de gallinaza en el cultivo de maíz incrementan los rendimientos en su producción.

4.1.2. 2 Fertilización inorgánica

Los fertilizantes inorgánicos son sustancias sintetizadas por un proceso industrial que contienen en grandes cantidades uno o varios de los nutrientes esenciales para las plantas y se pueden lograr incrementos considerables en las cosechas (Lesur, 2006).

González *et al.*, (2006) encontraron los efectos del nitrógeno y potasio con una fertilización edáfica sobre la producción en plantas de plátano. Amado y Ortiz (2000), observaron la eficiencia de producción en frijol con diferentes dosis de

fertilización nitrogenada y fosfórica usando aguas residuales. Quiroz y Mulas (2005), señalan que al utilizar una fertilización con Nitrógeno, Fosforo y Potasio aumentan el rendimiento en la asociación de trigo y arveja. Salgado *et al.*, (2003) reportan que al aplicar una dosis de fertilización 160-35-67 kg·ha⁻¹ se tiene rendimientos favorables en la producción sin afectar la calidad del jugo de caña de azúcar.

El elemento más importante en el crecimiento de todas las plantas es el nitrógeno, constituyente elemental en la fotosíntesis y de las partes regenerativas de la planta (Lesur, 2006). Fonseca y Piña (2006), encontraron que al aplicar una dosis de 119kg/ha de nitrógeno se tiene un efecto positivo en el rendimiento y calidad en el fruto de pimiento. Así mismo, Cueto *et al.*, (2006) observaron que al aplicar 375kg/ha de Nitrógeno en el maíz, incrementa el rendimiento de materia seca en 11.8% y 17.5%. Meléndez *et al.*, (2001) señalan el efecto de la fertilización nitrogenada en la recuperación del crecimiento en plantas de maíz afectadas por inundación.

El fósforo es un componente esencial de los vegetales, cuya riqueza media en P₂O₅ es del orden 0.5 al 1% de la materia seca. El fosforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas compleja de las plantas que son la base de la vida como son: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, entre otras (Gros, 1981).

Trabajos realizados en la agricultura empleando el fósforo como fertilizante, se encuentra a lo señalado por Torres (1999), observó que al aplicar dosis de 80 kg/ha de Fosforo se tienen incrementos en el cultivo de mini tubérculos para la producción de semilla en papa. De acuerdo a Molina *et al.*, (1993) encontraron que con la aplicación de 800kg/ha de fosforo se tiene una buena producción de frutos en el cultivo de fresa. Mientras que Lesur, (2006) señala la importancia del potasio en la planta, el cual desempeña un papel muy importante en el movimiento del agua dentro de la planta e influyen en el color y solidez de la fruta; además ayuda a mantener la permeabilidad de las células; es esencial en la formación de almidones, azúcares y aceites; estimula el desarrollo de las raíces y tubérculos, aumenta el vigor de las plantas, y su resistencia al acame, al frío y sobre todo a las enfermedades.

Sin embargo, Opazo y Razeto (2000), mencionan que la aplicación de diferentes fuentes de potasio en el naranjo no incrementa el rendimiento del fruto pero si el tamaño de este, así mismo aumenta la acidez en el jugo. Ruiz y Sadzawka (2002), encontraron que al fertilizar el suelo con dosis entre 0.09 y 0,26 cmol + kg⁻¹ de K-NH₄Ac y entre 0.25 – 0.50 cmol + kg⁻¹ de K-HNO₃ se tiene una producción de biomasa considerable en el cultivo de vid. Ruiz (2008), señala que la aplicación de potasio como fertilizante en el cultivo de tomate no afecta la calidad química de los frutos.

4.1.2.3 Fertilización biológica

Los fertilizantes biológicos son cultivos de bacterias y hongos que se agregan ya sea en las semillas o a los suelos para aumentar la cantidad de nutrientes de las plantas con las cuales se asocian (Lesur, 2006). Estos microorganismos representan una alternativa biotecnológica con capacidad para promover el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos (Padilla y Hernández, 2008). Lo anteriormente expuesto es sustentado por Reyes y Valery (2007) encontraron que la aplicación de la cepa *Azotobacter* MF1b incrementa la cantidad de materia seca en el cultivo de maíz. Sin embargo, Maldonado *et al.*, (2008) señalan que la aplicación de *Bacillus subtilis* (al suelo o follaje) reduce la incidencia del virus del mosaico en el cultivo de calabacita. Mientras que Díaz *et al.*, (2007) indican que la inoculación en campo del hongo micorrízico *Glomus intraradices* en suelos de textura arcillosa y migajón arcillo arenoso, incrementó el peso de raíz, la colonización micorrízica radical y el rendimiento en grano de sorgo.

Bacterias

El uso de los biofertilizantes a base de microorganismos fijadores de nitrógeno constituye una alternativa para evitar el excesivo empleo de fertilizantes químicos nitrogenados. Las Cepas de *Azospirillum* son aplicadas en las gramíneas, que ayudan a sintetizar hormonas y proporcionar nitrógeno (Lesur,

2006). Sin embargo, González *et al.*, (2006) encontraron que la aplicación de *Azospirillum* presenta efectos positivos en la producción de ciruelo. Loredó *et al.*, (2007) observaron que con la aplicación bacteriana en pasto buffel, se incrementa la producción de materia seca y el volumen radicular. Olalde y Serratos (2007), reportaron que al aplicar 1L/ha de *Bacillus subtilis* se aumentó los rendimientos de 8 a 10 t/ha de papa y 30% la producción de chile y jitomate.

Hongos

La simbiosis micorrízica se refiere a la asociación mutualista que se establece entre plantas y grupos específicos de hongos que habitan en el suelo y en la rizósfera (Ferrera y Alarcón, 2007).

Las fuentes principales de inóculo que se han utilizado en esta biotecnología han sido esporas, cuerpos fructíferos de hongos ectomicorrízicos molidos y cultivos miceliales (Pérez, 2007). Sustentando lo anteriormente expuesto, Magallanes (2007) señala que la mayor altura de la planta en el sorgo se observó con la aplicación del inóculo del hongo micorrízico *Glomus intraradices*. Así mismo, Callejas *et al.*, (2009) reportan que con la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus mosseae* BEG-132) se obtiene un 80% de colonización en plantas de Nochebuena, presentando así mayor peso seco radicular.

4.1.3. Formas de aplicación de los fertilizantes

De acuerdo a California Fertilizer Association (2004), los fertilizantes se utilizan para suministrar los nutrientes que faltan en el suelo o en el medio de cultivo en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas en crecimiento. En la medida de lo posible, los métodos de aplicación utilizados deben ser económicos, precisos y eficaces.

Fertilización foliar

Parte de las necesidades nutricionales de las plantas pueden satisfacerse si se aplica directamente sobre el follaje alguna solución fertilizante compatible. La nutrición foliar se emplea en los casos en que se desea obtener una respuesta rápida (California Fertilizer Association, 2004). Ejemplo de ello es lo reportado por Santos y Aguilar (2000) explican que la fertilización foliar, se utiliza como un complemento a la fertilización edáfica, sustentando lo anterior Meléndez *et al.*, (2006) encontraron que la fertilización foliar y edáfica aplicada en plantas de maíz sometidas a un exceso de humedad en el suelo no lograron recuperar las plantas dañadas fisiológicamente. Sin embargo Ojeda *et al.*, (2009) estudiaron el efecto de la aplicación foliar de quelatos de zinc en árboles de nogal pecanero, no encontrando efecto alguno sobre la calidad de nuez. Mientras que López *et al.*, (2007) observaron que con la adición del fertilizante foliar Fulvato de calcio, se aumentó el contenido de vitamina C, sólidos solubles totales y rendimiento de

pimiento morrón. Herrera *et al.*, (2007) realizaron aplicaciones foliares de calcio antes de la cosecha en árboles de aguacate para determinar la concentración nutrimental de hoja, cáscara y pulpa de aguacate 'hass'.

Fertirriego

La aplicación de los fertilizantes a través del sistema de riego evita que los nutrientes sean lixiviados una vez que han llegado hasta las raíces, o que se depositen cerca de la superficie del suelo, donde no pueden ser aprovechados por las plantas. La aplicación puede efectuarse antes de realizar la plantación o después de que las semillas han germinado (California Fertilizer Association, 2004).

Trabajos realizados han demostrado la eficiencia de este sistema; de acuerdo a Matías *et al.*, (2008) observaron que las aplicaciones de nitrógeno y potasio mediante fertirriego tienen efectos positivos en la altura, perímetro del tronco, número de hojas y número de folíolos en la palma de coco. De acuerdo a lo señalado por Agilar *et al.* (2005) indicaron que con la aplicación de la dosis 133-67-187 en riego por goteo subsuperficial se incrementó significativamente el rendimiento de chile ancho en un 68.8%. Mientras que Basso *et al.*, (2008) encontraron que la aplicación de nitrógeno mediante fertirriego no incrementó el rendimiento del cultivo de papaya, pero sí adelantó la época de cosecha del fruto.

Fertilización edáfica

Es la forma de aplicación más común de los fertilizantes, donde el abono es aplicado directamente al suelo a una profundidad de aproximadamente 30cm o se puede depositar en la superficie del terreno en la pre-siembra o durante el ciclo vegetativo del cultivo, asegurando mayor éxito en la producción. Sustentando a lo anteriormente expuesto, Meléndez *et al.*, (2006) encontraron que la fertilización edáfica y foliar aplicada en plantas de maíz sometidas a un exceso de humedad en el suelo no lograron recuperar las plantas dañadas fisiológicamente. Sin embargo, Arellano y Gutiérrez (2006), observaron que al aplicar la dosis de 150kg/ha de fósforo, 150kg/ha de potasio y 25kg/ha para calcio y magnesio se obtuvieron los mejores resultados en el rendimiento del tomate, sin afectar la firmeza, pérdida de peso y sabor de los frutos.

4.2 El fósforo en la planta

4.2.1 Importancia del fósforo en la planta

El fósforo es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de fósforo para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

El fósforo se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de fósforo en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 %.

El adecuado suplemento de fósforo permite que procesos como la fotosíntesis operen en condiciones óptimas y que el crecimiento y reproducción de la planta procedan a paso normal. El efecto más acentuado de la falta de fósforo es la reducción en el crecimiento de la hoja así como en el número de hojas. El crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente en condiciones de deficiencia de fósforo, produciendo menor masa radicular.

Generalmente, el fósforo inadecuado deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continua la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas. En algunos cultivos, las hojas deficientes en fósforo desarrollan un color púrpura, ejemplos son el tomate y el maíz. Otros efectos de la deficiencia de fósforo en la planta incluyen el retraso de la madurez, mala calidad de forrajes, frutas, hortalizas y granos así como una reducción de la resistencia de las plantas a las enfermedades (Informaciones Agronómicas, 2007).

4.3. Importancia de la harina de hueso como suministro de fosforo y calcio en el sector agropecuario

4.3.1 Importancia de la harina de hueso

La harina de hueso, es una fuente de fósforo y calcio que puede ser utilizada en la alimentación animal, y en los cultivos como un buen fertilizante orgánico. La harina de hueso se puede preparar de diferentes maneras, pero la más recomendable es la calcinada para evitar contaminaciones que pudiera contener.

Hay muchas técnicas para usar el hueso para la nutrición animal o como fertilizante. La harina de hueso se obtiene ya sea por acción del cocinado a vapor - presión o por medio de la calcinación; cualquiera de los métodos utilizados da una harina de hueso diferente y utilizable, pero con diferentes contenidos de calcio o fósforo. Las concentraciones de fósforo pueden ir de 11 a 14% y el contenido de calcio varía entre 24 y 29%.

La harina de hueso calcinado es aquella que se obtiene mediante la calcinación de los huesos; es decir, puestos en una superficie dura, ya sean de tierra compactada o de ladrillo y, después de amontonados, se les prende fuego, hasta quedar convertidos en cenizas. Este producto final no tiene materia orgánica

y solo aporta minerales; su materia seca está por el orden de 97% y su contenido en calcio está dentro del 32%. La concentración en fósforo varía entre 15 y 18%.

Cualquiera que sea la técnica utilizada para obtener la harina de hueso, la cantidad de fósforo dependerá del tipo de hueso utilizado, ya que los valores dados corresponden al esqueleto de un animal entero. Si se utilizan huesos planos, como costillas y cabeza solamente, las cantidades de fósforo serán muy inferiores a las enunciadas. Para sintetizar, diremos que los huesos largos tienen más fósforo que los planos y la combinación adecuada de ellos en la fabricación de las harinas dará la cantidad enunciada.

Las fuentes de calcio de origen mineral son aquellos productos que tienen gran cantidad de carbonato de calcio, como la cal. Cada materia prima obtenida del hueso puede ser utilizada en la forma que corresponda, ya sea en nutrición animal o como abono. Hay que tener en cuenta que es un producto de origen orgánico y que tiene buen aporte de fósforo, algo muy importante en nuestro medio, ya que no tenemos otra fuente de fósforo. Además, es rica en calcio, minerales que bien balanceados dan buenos resultados en animales y vegetales Gibert (2010).

4.3.2 Aplicación de la harina de hueso como suplemento alimenticio en la ganadería

La deficiencia o el exceso de elementos minerales pueden estar limitando la producción en algunos establecimientos ganaderos, a tal punto que se puede hacer difícil que este problema sea reconocido por el productor como causa principal de la baja producción.

Bavera (2000) menciona que Bisschop y Du Toit (1929), en ese año demostraron que la suplementación con fósforo (harina de hueso) en una zona deficiente en ese mineral, elevaba el peso de los bueyes en un 30 %, mientras que las vacas pesaban un 20 % más y producían un 30% más de terneros. Perego (1996) confirma lo dicho por Bavera (2000), al realizar trabajos en novillos que se suplementaron con harina de hueso desde los 8 meses y hasta los 32 meses de edad, en campo natural, incrementando su peso en un 62 % y en las vacas de cría, obtuvo resultados del 71,6 % de preñez. De esta manera, pueden esperarse 2 kg extra de carne por kg de suplemento mineral consumido en animales en crecimiento y un incremento del 100 % de los índices de preñez en la vacas de cría suplementadas respecto de aquellas sin suplementar. Cabe señalar que la nutrición mineral a base de harina de hueso en la dieta animal trae rendimientos considerables para su producción.

4.3.3. Aplicación de la harina de hueso como fertilizante orgánico en cultivos agrícolas.

En suelos calcáreos, el fósforo, elemento esencial en procesos fundamentales como la fotosíntesis, no se encuentra disponible para las plantas y el efecto se ve reflejado en la baja producción de los cultivos agrícolas. Con el suministro de harina de hueso como fuente de fósforo y calcio, se han tenido resultados favorables en la agricultura; ejemplo de ello es a lo reportado por Comese *et al.*, (2009) demostraron que la combinación de lombricomposta con harina de hueso aumenta el rendimiento del cultivo de acelga., así mismo, Pool *et al.*, (1998) adicionaron harina de hueso en la zona cafetalera de los altos de Chiapas, teniendo como resultado un incremento significativo de Fósforo y de la actividad microbiana en el suelo. Los ejemplos anteriores muestran que la aplicación de harina de hueso como fertilizante orgánico, no solo reduce las deficiencias del fósforo en el suelo sino que también aumenta la actividad microbiana y la productividad en los cultivos.

V.-MATERIALES Y METÓDOS

5.1 Descripción del sitio

Esta investigación se llevo a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México, ubicada entre las coordenadas geográficas 25° 22 00" latitud norte y 101° 01" 00" longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm. El experimento se estableció dentro de las instalaciones del establo, en el área orgánica, dentro de un microtúnel con orientación Noreste-Suroeste, teniendo un área de 3m²; presentó una ventilación pasiva mediante ventanas laterales.

5.2 Procedimiento

Elaboración de harina de hueso

Primeramente se llevó a cabo la recolección de huesos secos de diferentes animales (res, caballo, burro, etc.), así mismo, se recolectó madera (leña) seca; posteriormente se apilaron de forma alternada huesos y madera y se les prendió fuego para que se diera inicio a la combustión durante 3 horas hasta

obtener la incineración de los huesos, después de esto se dejaron enfriar por 12 horas y se recolectaron en un costal.

Posteriormente se prosiguió a la molienda de huesos, utilizando un molino eléctrico con la finalidad de uniformizar la consistencia hasta obtener únicamente la harina. Previamente se mezcló harina de hueso con harina de maíz en relación 2-1 y se puso a fuego sobre un comal durante 10 minutos con el objetivo que se tostaran y se compensaran micronutrientes que la harina de maíz pudiese aportar a la planta.

Establecimiento del experimento

Para el trasplante, se utilizaron macetas con una capacidad de 2 kg, las cuales se rellenaron de forma manual con suelo agrícola tipo Feozem – calcáreo previamente tamizado y se acomodaron fijamente por tratamientos, las macetas se fueron acomodando dentro del microtúnel, con una separación de 10 cm entre ellas.

Las plántulas de chile habanero se germinaron en charolas de germinación (previamente desinfectadas) utilizando como sustrato lombricomposta de bovino de leche, posteriormente las plántulas fueron trasplantadas a los 30 días después de la siembra, se trasplantaron de forma manual, haciendo un orificio en el suelo de la maceta no mayor a 8 cm, mezclando 3 gramos de harina de hueso

con los 2 kg de suelo y después cubriendo el sistema radicular nuevamente con 3 gramos de harina de hueso igualmente revuelta con un poco de suelo, de forma que la raíz quedara cubierta totalmente. Este proceso se hizo en todas las plántulas las cuales su tratamiento así lo requería.

Los riegos se aplicaron 2 veces al día, uno por la mañana y otro por la tarde, tomando en cuenta el porcentaje de humedad en cada maceta y la humedad relativa del medio ambiente.

Tratamientos

Los tratamientos o aplicaciones a las plántulas que permitieron evaluar el efecto que presentó cada uno de ellos, fueron los siguientes:

Testigo.- Solo suelo

Tratamiento 1.- Harina de hueso al suelo.

Tratamiento 2.- Harina de hueso al suelo y aplicación foliar.

Tratamiento 3.- Aplicación foliar.

Fechas de muestreos

A los nueve días después del trasplante, se realizaron seis muestreos con un intervalo de 3 días de diferencia entre uno y otro:

El primer muestreo se efectuó el día 25-Agosto-2011.

El segundo el 27- Agosto.

El tercero el día 29- Agosto.

El cuarto el día 31- Agosto.

El quinto el día 02- Septiembre.

El sexto el día 04-Septiembre.

5.3 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el presente trabajo fueron las siguientes:

a).- Número de hojas.- Se contaron las hojas para cada una de las plantas, por repetición de cada tratamiento.

b).- Altura de la planta.- Se midió con una regla utilizando como unidades de medida los centímetros (cm), midiendo desde el ras del suelo hasta la parte más alta de las plantas, para cada repetición de cada tratamiento.

c).- Coloración de las hojas.- Se utilizaron las tablas de colorimetría de Munsell, con la ayuda de una persona más para definir el color de cada muestra.

d).- Área Foliar: Se utilizó la fórmula matemática de Hardon *et al.*, (1969).

5.4 Diseño experimental

La evaluación se realizó con un arreglo factorial, con dos factores en un diseño completamente al azar. Donde; el primer factor representaba a los tratamientos y el segundo factor representaba a los muestreos, con cuatro repeticiones por los cuatro tratamientos. Los datos que presentaron diferencias significativas o extraordinariamente significativas, fueron analizados mediante la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey del paquete estadístico plataforma R versión 2.13.1

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza que se presentan en el (Cuadro 1), nos indican que hay diferencias significativas entre tratamientos para la variable Área Foliar, presentando un coeficiente de variación del 50%, mientras que para la variable Altura de la Planta, existen diferencias altamente significativas en tratamientos y muestreos, teniendo un coeficiente de variación de 20.91%, siendo diferente en la variable Número de Hojas, al mostrar diferencias significativas en tratamientos y presentando un coeficiente de variación de 29.09%.

FV	GL	AF	AP	NH
Tratamientos	3	25.7415*	3987.2***	4.7083*
Muestreos	5	1.8866	4048.4***	0.6167
Trat.: Mue.	15	5.9386	242.8	0.6167
Residual	72	10.0862	184	1.2847
C.V		0.5	0.2091	0.2909

CV=Coefficiente de variacion, * = Diferencias significativas (p=0.05), *** = Diferencias extraordinariamente significativas (p=0.001). FV=Fuentes de Variacion, GL=Grados de Libertad, AF= Area foliar, AP=Altura de la planta, NH=Numero de hojas.

Cuadro 1. Análisis de varianza de los tratamientos y muestreos de las variables evaluadas en plántulas de chile habanero aplicando harina de hueso.

De acuerdo a la comparación de medias de los tratamientos (Cuadro 2), se muestra la variable Área Foliar con una media general de 6.30 cm^2 que incluye el valor de todo el experimento, mostrando una media máxima de 7.32 cm^2 que corresponde al T1 donde la harina de hueso se aplicó directamente al suelo, permitiendo a la planta mayor asimilación de los nutrientes y una mínima de 5.0 cm^2 siendo el valor para el T3, en el cual la harina de hueso se aplicó vía foliar, habiendo un rango de 2.31 cm^2 . Para la variable Altura de la Planta, la media general de todo el experimento fue de 2.54 cm , donde la media máxima mostro un valor de 2.68 cm para el T1 aplicando la harina de hueso directamente en el suelo permitiendo así la asimilación de nutrientes que permitieran a la planta mayor crecimiento, mientras que la media mínima fue de 2.45 cm para el T3 con la aplicación de la harina de hueso vía foliar, observándose un rango de 0.22 cm . En el Número de Hojas, se mostró una media general para todo el experimento de 3.89 , con una máxima de 4.25 mostrado para el Testigo que solamente fue suelo y una mínima de 3.25 en el T3 con harina de hueso vía foliar, probablemente causando daños en las hojas y reduciendo su número, presentando así un rango de 1.

En la comparación de medias de los muestreos (cuadro 2), aunque no se mostraron diferencias significativas entre muestreos, en la variable Área Foliar se obtuvo una media general de 6.30 cm^2 para todo el experimento, con una media máxima de 6.77 cm^2 correspondiente al Muestreo 3 y una mínima con un valor de 5.98 cm^2 obtenido en el Muestreo 6, mostrando un rango de 2.31 cm^2 . En la

variable Altura de la Planta se presentaron diferencias extraordinariamente significativas entre muestreos, presentando una media general de 2.54 cm para todo el experimento, una media máxima de 2.73 cm que se obtuvo en el Muestreo 6 y una mínima de 2.40 cm derivado para el Muestreo 1, esta diferencia se debe a que la planta se encontraba en la etapa de crecimiento y desarrollo; y teniendo un rango de 0.32 cm. Para la variable Número de Hojas, la media general presentó un valor de 3.89 para todo el experimento con una media máxima de 4.12 obtenida en el Muestreo 3 y una mínima de 3.62 en el Muestreo 1, arrojando un rango de 0.5.

Tratamientos	FV	AF (cm ²)	AP (cm)	NH
	μ Gral.	6.3	2.54	3.89
	$\mu \geq (T1)$	7.32	2.68	4.25
	$\mu \leq (T3)$	5	2.45	3.25
	Rango	2.31	0.22	1
Muestreos	FV	ÁF (cm ²)	AP (cm)	NH
	μ Gral.	6.3	2.54	3.89
	$\mu \geq (M6)$	7.32	2.68	4.25
	$\mu \leq (M1)$	5	2.45	3.25
	Rango	2.31	0.22	1

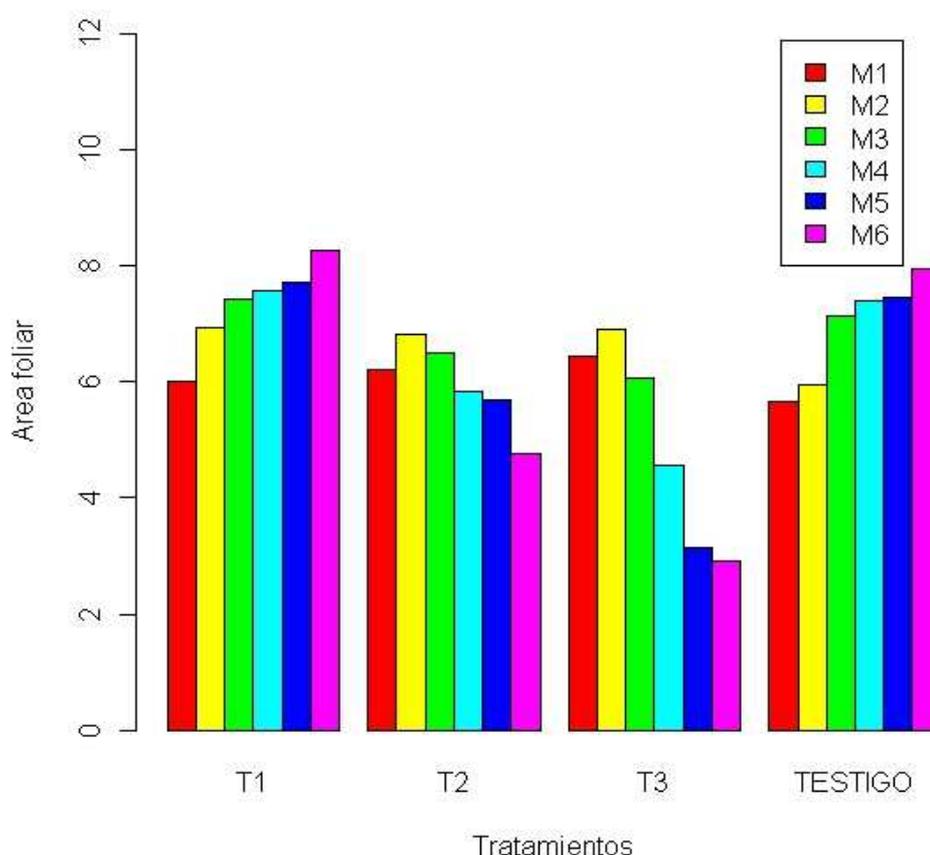
FV = Fuentes de Variación, μ Gral.= Media General, $\mu \geq (T1)$ = Media Máxima observada, $\mu \leq (T3)$ = Media Mínima observada, AF=Área foliar, AP=Altura de la planta, NH=Número de hojas, $\mu \geq (M6)$ =Media máxima observada, $\mu \leq (M1)$ =Media mínima observada.

Cuadro 2. Comparación de medias de los tratamientos y muestreos de las variables evaluadas en plántulas de chile habanero aplicando harina de hueso.

De acuerdo al método de Tukey, el comportamiento del Área Foliar (Figura.1) presenta diferencias significativas entre tratamientos, donde la tendencia es ascendente a través del tiempo en todos los muestreos para el Tratamiento 1 y el Testigo, siendo el mejor tratamiento el T1 (harina de hueso aplicada directamente en el suelo) en el Muestreo 6 al presentar un valor de 8.27 cm² siendo un 4% mejor en comparación con el Testigo que solo presentó un 7.95 cm², mientras que en los Tratamientos 2 (harina de hueso en suelo y vía foliar) y 3 (harina de hueso vía foliar), la tendencia es ascendente durante los primeros dos muestreos; no siendo favorable la respuesta en los cuatro muestreos restantes, donde la tendencia se mostró decreciente principalmente en el Muestreo 6, donde el T2 obtuvo un valor de 4.76 cm² (esto se debe a que la planta no se vió tan afectada por que tenía nutrientes disponibles en el suelo que permitieran resistir cualquier situación adversa), mostrándose así el T1 un 42.42% más eficiente que este, siendo el más afectando el Tratamiento 3 al presentar un valor de 2.91 cm² (esto se debe quizá a que la aplicación vía foliar de la harina de hueso afectó directamente las hojas provocando severas quemaduras, probablemente debido al pH de la solución) mostrando el T1 su eficiencia de 64.75% sobre el T3.

Teniendo como resultado que el T1 fue más eficiente en comparación con los demás tratamientos, sin embargo, estudios realizados por Cruz *et al.*, (2005) encontraron que en plántulas de chile jalapeño el área foliar fue de 11.22 cm² a los 11 días después del trasplante, siendo este un 26.22% mayor al valor del T1 que presentó 8.27 cm² a los 11 días después del trasplante.

Figura.1 Comportamiento de la variable Area Foliar de plantulas de chile habanero evaluado con 3 tratamientos con harina de hueso y el testigo.



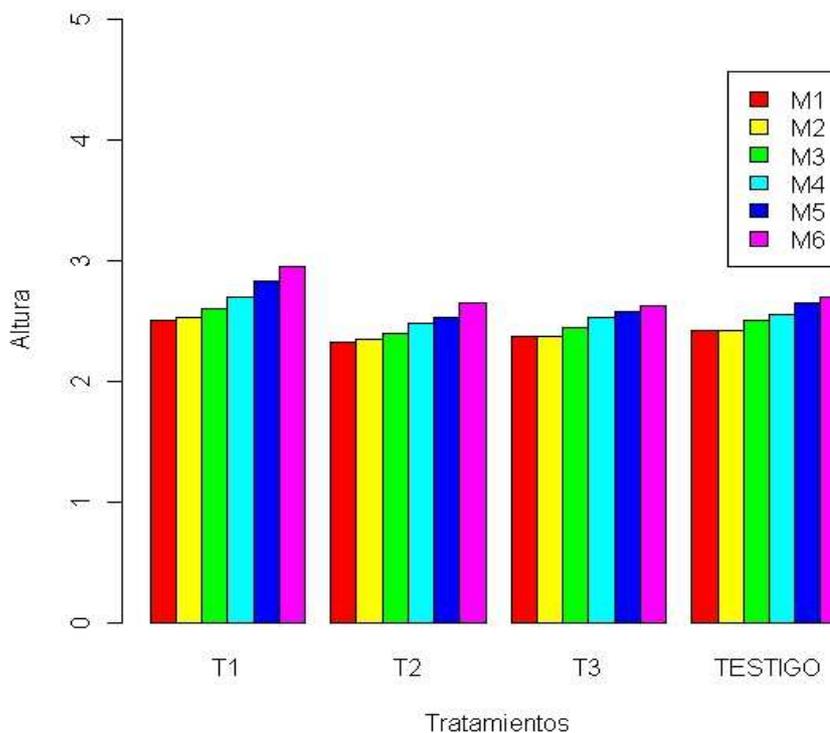
Area Foliar= cm^2 , T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2, T3= Tratamiento 3, Testigo, M1= muestreo 1, M2= muestreo 2, M3= muestreo 3, M4= muestreo 4, M5= muestreo 5 y M6= muestreo 6.

De acuerdo al método de Tukey, existen diferencias extraordinariamente significativas entre tratamientos y muestreos, donde la tendencia para la variable Altura (Figura.2), es ascendente para todos los tratamientos a través del tiempo, marcándose las diferencias principalmente en el Muestreo 6 para todos los tratamientos, siendo el Tratamiento 1 el más eficiente en el aporte de nutrientes

para el incremento de biomasa nueva producida, al presentar un valor de 2.95 cm existiendo así una eficiencia del 8.48% en comparación con el Testigo que presentó un valor de 2.7 cm, en el T2 el valor fué 2.65 cm donde las diferencias fueron de un 10.15% más eficiente el T1 en comparación a este y el T3 con un 2.62 cm encontrándose el T1 con 11.02% más eficiente.

Teniendo como resultado que el T1 fué el más eficiente para el incremento de biomasa nueva producida en comparación con todos los demás tratamientos, sin embargo, González *et al.*, (2005) observaron en plantulas de chile habanero una altura de 3.6 cm a los 11 dias después del trasplante, siendo este un 18.1% mayor que el valor obtenido en el T1 con 2.95cm a los 11 dias después del trasplante.

Figura.2 Comportamiento de la variable Altura de las plántulas de un cultivo de chile habanero evaluado con 3 tratamientos con harina de hueso y el testigo.

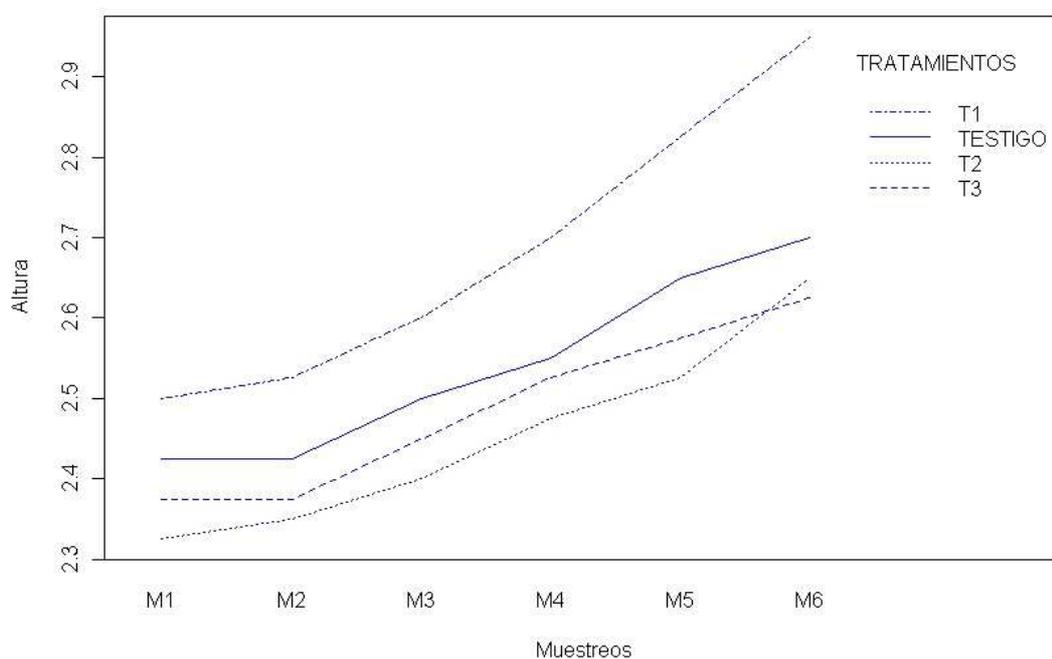


Altura = cm, T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2, T3= Tratamiento 3, Testigo, M1= muestreo 1, M2= muestreo 2, M3= muestreo 3, M4= muestreo 4, M5= muestreo 5 y M6= muestreo 6.

En la figura.3 se muestra el comportamiento de la variable Altura, donde se aprecia que existen diferencias extraordinariamente significativas entre tratamientos y muestreos, siendo el Tratamiento 1 el que mostró mayor crecimiento en el tiempo, al presentar un crecimiento de 0.040 cm*día siendo esto un 38.88% mayor al valor del Testigo de 0.025 cm*día, el T2 presentó un valor de 0.029 cm*día mostrándose el T1 más eficiente con un 27.77%, mientras que el T3 tuvo un valor de 0.022 cm*día donde el T1 fue 44.44% más efectivo en comparación con el T3 y los demás tratamientos, considerándose como el más

eficiente en el aporte de nutrientes para el incremento de biomasa nueva producida.

Figura.3 Comportamiento de la Altura de las plántulas de un cultivo de chile habanero evaluado con 3 tratamientos con harina de hueso y el testigo.

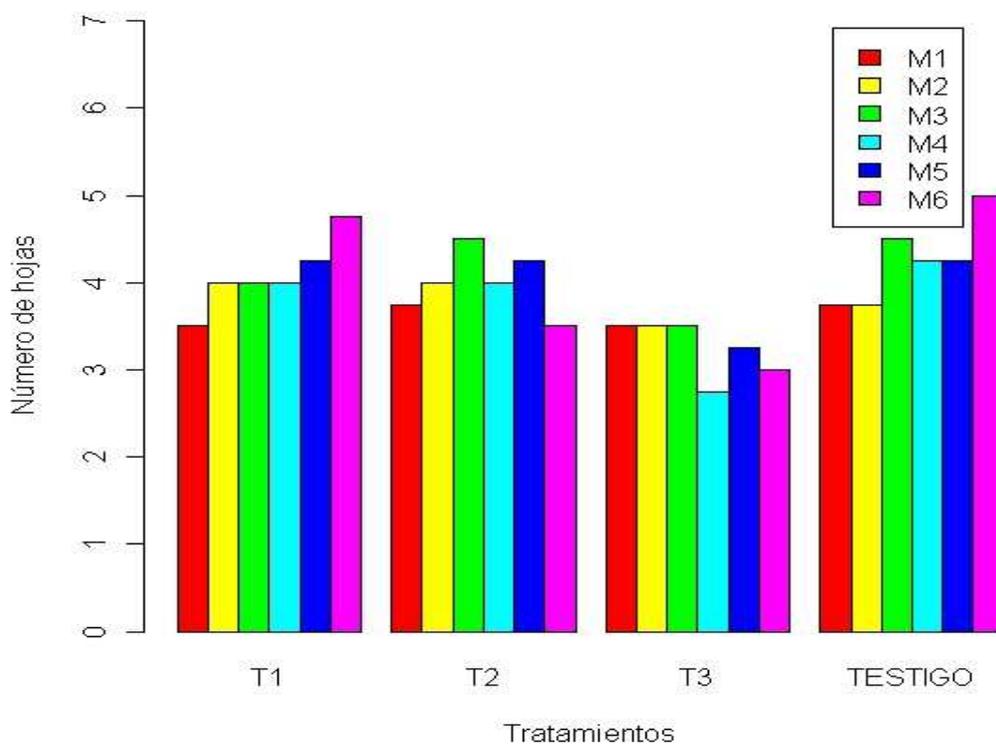


Altura = cm, T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2, T3= Tratamiento 3, Testigo, M1= muestreo 1, M2= muestreo 2, M3= muestreo 3, M4= muestreo 4, M5= muestreo 5 y M6= muestreo 6.

De acuerdo al método de Tukey, el comportamiento del Número de Hojas (Figura.4) muestran diferencias significativas entre tratamientos, la tendencia es ascendente en todos los muestreos para el Tratamiento 1 y el Testigo, donde el Testigo en el Muestreo 6 resultó como el mejor tratamiento en la producción de hojas al presentar un valor de 5 siendo este un 5% más efectivo que el T1 con un valor de 4.75, mientras que para los Tratamientos 2 y 3 en los primeros tres muestreos la tendencia es ascendente, siendo en el Muestreo 6 donde la

tendencia desciende considerablemente, afectando principalmente al T3 que presentó un valor de 3 (esto se debe probablemente a la aplicación de la harina de hueso directamente sobre las hojas, provocando severas quemaduras quizá se deba al pH de la solución, lo que provocó la pérdida de las hojas) viéndose reflejado en la comparación con el Testigo al ser 40% más eficiente que el T3, mientras que para el T2 tuvo un valor de 3.5 (donde la aplicación de la harina de hueso además de aplicarse vía foliar se aplicó directamente en el suelo, proporcionando a la planta nutrientes que permitieran amortiguar o reducir el daño que posiblemente fue causado por la aplicación vía foliar de la harina de hueso) mostrándose el Testigo 30% más eficiente en la producción de hojas.

Figura.4 Comportamiento de la variable Número de Hojas en plántulas de chile habanero evaluado con 3 tratamientos con harina de hueso y el testigo.



T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2, T3= Tratamiento 3, Testigo, M1= muestreo 1, M2= muestreo 2, M3= muestreo 3, M4= muestreo 4, M5= muestreo 5 y M6= muestreo 6.

De acuerdo a las evaluaciones de color mediante las tablas de Munsell, se puede apreciar en la (Tabla. 1) el comportamiento del T1 que presentó el color más intenso en comparación a los demás tratamientos, indicando así que la harina de hueso parece tener influencia en las necesidades de fósforo al notarse una coloración más fuerte en las hojas.

Tratamiento	Clave	Color	Muestreo
T1 R4	4/8 5 GY	Verde Olivo Fuerte	1
T3 R2	6/8 5 GY	Verde limón	
T0R3	5/8 5 GY	Verde olivo claro	
T2R3	6/10 5 GY	Verde limón claro	

Tabla 1. Coloración de las hojas de chile habanero en sus diferentes tratamientos

Como se aprecia en la Tabla 2. La tendencia del color se sigue manteniendo al no existir diferencia alguna. Sin embargo el testigo se le asemeja en color al T1, siendo así los dos tratamientos con mayor intensidad en color.

Tratamiento	Clave	Color	Muestreo
T1 R3	4/8 5 GY	Verde Olivo Fuerte	2
T3 R2	6/8 5 GY	Verde limón	
T0R3	4/8 5 GY	Verde olivo fuerte	
T2R3	6/8 5 GY	Verde limón claro	

Tabla 2. Coloración de las hojas de chile habanero en sus diferentes tratamientos.

En la Tabla 3. Se muestra que la tendencia de color se sigue manteniendo al no existir diferencias, presentándose el T1 y el Testigo como los de mayor intensidad de color en el tiempo.

Tratamiento	Clave	Color	Muestreo
T1 R2	4/8 5 GY	Verde Olivo Fuerte	3
T2 R3	6/8 5 GY	Verde limón	
T0R3	4/8 5 GY	Verde olivo fuerte	
T3R2	6/8 5 GY	Verde limón claro	

Tabla 3. Coloración de las hojas de chile habanero en sus diferentes tratamientos

VII.- CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos se concluye, que la aplicación de los tratamientos reduce de manera significativa las deficiencias de fosforo, por lo tanto la hipótesis se acepta.

VIII.- LITERATURA CITADA

- Aguayo, F. W., Herrera, F., Cabañas, D. D.- 2005.- El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán.- Ingeniería 9 (13): pp. 31-38.
- Aguilar, J. L., Grageda, O. A., Vuelvas, M. A., Martínez, M., Solís, E., Medina, T., y Ramírez, A.-2005.- Eficiencia de fertilizantes aplicados con Fertirriego en chile ancho (*Capsicum annum L.*)- Agricultura Técnica en México 002 (31): pp. 177-189.
- Amado, J. P y Ortiz P.-1999.- Producción de frijol bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica usando agua residual en Bustillos, Chihuahua.- TERRA *Latinoamericana* 004 (17): pp. 337-343.
- Aravena, K. V., Paillan, H., y Olaeta, J. A.- 2002.- Efecto de la fertilización con composta y de bioestimulantes en el contenido de sólidos solubles azúcares reductores (sacarosa, fructuosa y glucosa) y color en pimiento (*Capsicum annum L.*) deshidratado cv. Fyuco.- Tesis de Licenciatura.- Escuela de Agronomía.- Universidad de Talca.- Talca, Chile.

- Arellano, M., Gutiérrez, M. A.- 2006.- Rendimiento y calidad pos cosecha de tomate bajo diferentes esquemas de fertilización al suelo.- Revista Chapingo. Serie horticultura 001(12): pp. 113-118.
- Basso, C., Villafañe, R., Torres, Stalin., Díaz, J.- 2008.- Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (*Carica papaya*).- Bioagro 002(20): pp. 105-110.
- Bavera, G. A.- 2000.- Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral.- Sitio argentino de producción animal.- Argentina.- pp. 103-108. Disponible en (Linea) www.produccion-animal.com.ar
- California Fertilizer Association.- 2004.- Manual de fertilizantes para horticultura.- Ed, Limusa.-México, D. F.- 297pp.
- Callejas, B. A.; Castillo, A. M.; Colinas, M. T.; González, M. del C.; Pineda, J. y Valdéz, I. A.- 2009.- Sustratos y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de Nochebuena.- Revista Chapingo.- Serie horticultura 1(15): pp. 57-66.
- Cantarero, R. J. y Martínez O. A.- 2002.- Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz

(*Zea mays* L. var. NB-6).- Trabajo de diploma.- Universidad Nacional Agraria.- Facultad de Agronomía.- Managua. Nicaragua.

Capistrán, F., Aranda E. y Romero J.- 2001.- Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje.- Ed. 1ª reimpression.- Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.- 149pp.

Capulín, J., Núñez, R., Aguilar, J. L., Estrada, M., Sánchez, P., Mateo, J. J.- 2007.- Uso de estiércol líquido acidulado de bovino en la producción de pimiento morrón.- Revista Chapingo, serie horticultura (13): pp. 5-11.

Comese, R.V., González, G. G., Conti, M. E.- 2009.- Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de *Beta vulgaris var. cicla* (L.) por el uso de enmiendas orgánicas.- Cl. Suelo (Argentina) 27 (2): 271-275.

Corrales, G. I.- 2000.- Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L.).- Tesis opcional al título de Master Science en fertilidad del suelo.- Universidad de Camaguey.- Instituto de suelos.- Camaguey.

Cruz, H. N., Ortiz, C. J., Sánchez, C. F., Mendoza, C. M^a. C.- 2005.- Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivado en altas densidades.- Fitotecnia 28 (3).- Chapingo, México.

- Cueto, J. A., Reta, D. G., Barrientos, J. L., González, G., Salazar, E.- 2006.- Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población.- Revista Fitotecnia Mexicana 2 (29): pp. 97-101.
- Díaz, A., Garza I., Pecina V. y Magallanes A.- 2007.- Micorrización del sorgo (*Sorghum bicolor*): impacto en la productividad en Tamaulipas.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés.- México. Pp. 39-53.
- De la Cruz, E., Estrada, M. A., Robledo, V., Osorio, R., Márquez, C., y Sánchez, R.-2009.- Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato.- Uciencia 25(1): 59-67.
- Espíndola, Ma. De la C; Cano, R; Rodríguez, J. y Sánchez, P.- 2008.- Amarre de fruto en aguacate "hass" con aplicaciones de Ácido Giberélico (AG_3), Nitrógeno y anillado.- Agricultura Técnica en México 4 (34): pp. 407-419.
- Ferrera, R. y Alarcón A.- 2007.- Biotecnología de los hongos micorrízicos arbusculares.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés.- México. Pp. 25-38.

Fonseca, R., y Piña, E.- 2006.- Efecto de niveles de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del fruto del pimiento (*Capsicum annum L.*), cultivar bouquet-50.- Centro agrícola (1): pp. 15-20.

Fortis, M., Leos, J. A., Preciado, P., Orona, I., García, J. A., García, J. L., Orozco, J. A.- 2009.- Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo.- *TERRA Latinoamericana* 4 (27): pp. 329-336.

Gibert, P. M.- 2010.- Harina de hueso.- abc DIGITAL.- Disponible en: (Línea): www.abc.com.py/nota/harina-de-hueso/.

González, H., Luna, R., y Quintero, F.- 2006.- Respuesta del plátano África 1 a la fertilización edáfica con nitrógeno y potasio.- *Agronómica* 14 (1): pp. 81-88.

González, M. E., García, N. E., y Almendros, G.- 2009.- Características estructurales de ácidos húmicos y su efecto en el cultivo de *Tagetes erecta L.* en un suelo afectado por sales.- *TERRA Latinoamericana* 1 (28): pp. 27-33.

González, D., Melgares, J., Hernández, M. T., Chocano, C., y García, C.- 2006.- Efecto de dos enmiendas orgánicas y un biofertilizante en la producción de ciruelo ecológico.- VII Congreso SEAE Zaragoza (27): pp.1-7.

González, E. T.- Casanova, C. C.- Gutiérrez, P. L.- Torres, T. L.- Contreras, M. F.- Peraza, S. S.- 2005.- Chiles cultivados en Yucatán.- Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán.- Mérida, Yucatán.

Gross, A.- 1981.- Abonos, Guía práctica de la fertilización.- 7ª Ed.- Ed. Mundi – Prensa. España.- 559 pp.

Herrera, J.; Martínez, M. T.; Castillo, A. M.; Barrientos, A. F.; Colinas, M. T.; Pérez, C. A. y Aguilar, J. J.- 2007.- Aspersiones de calcio en la concentración nutrimental de hoja, cáscara y fruto de aguacate 'hass'.- Revista Chapingo. Serie horticultura 1(13): pp. 21-27.

Huez, M. A., Ulery, A., Samani, Z., Picchioni, G., Flynn, R.- 2008.- Respuesta a la fertilización orgánica de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de salinidad.- New Mexico State University: 65pp.

Informaciones Agronómicas.- 2007.- Funciones del Fósforo en las plantas.- Better crops 83 (1): pp. 6-7.

Lesur, L.- 2006.- Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola.- Ed. Trillas.- México, D.F.- 64 pp.

López, R., Zúñiga, Ma. R., y Covarrubias, J. M.- 2007.- Uso de fertilizantes foliares en la producción de pimiento morro a “cielo abierto” en un calcisol.- XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas.- 161pp.

Loredo, C., Espinosa D., Ferrera R., Castellanos J. y Pérez J.- 2007.- Biofertilización bacteriana del pasto buffel.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés. México: pp. 55-66

Magallanes, A.- 2007.- Respuesta del sorgo a la inoculación de *Glomus intraradices* en campo.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés.- México. Pp 222 - 224.

Maldonado, E.; Ochoa, D. L. y Tlapal, B.- 2008.- Efecto del ácido acetil-salicílico y *Bacillus subtilis* en la infección causada por Cucumber mosaic virus en calabacita.- Revista Chapingo.- Serie horticultura 1 (14): pp. 55-59.

- Manjarrez, M. J., Ferrera, R., González, M. C.- 1999.- Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano.- *Terra Latinoamericana* (17): pp. 9-15.
- Márquez, C., Cano, P., y Rodríguez N.- 2008.- Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero.- *Agricultura técnica en México* 1 (34): pp. 69-74.
- Matías, S. S., Aquino, B., Freitas, J., y Camacho, J.- 2008.- Efecto de la fertirrigación con N y K en el crecimiento de la palma de coco enano Verde de Jiqui.- *Bioagro* 3 (20): pp. 177-183.
- Meléndez, L., Lizaso, J., y Ramírez, R.-2001.- Efecto de la fertilización nitrogenada sobre dos variedades de maíz (*Zea mays L.*) sometidas a exceso de humedad en el suelo.- *Bioagro* 003 (13): pp. 111-116.
- Meléndez, L., Hernández, A., Fernández, S.- 2006.- Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo.- *Bioagro* 2 (18): pp. 107-114.
- Molina, E., Salas, R., y Castro, A.- 1993.- Fertilización fosfórica de la fresa (*Fragaria x ananasa*, cv. Chandler), en Fraijanes, Alajuela.- *Agronomía Costarricense* 17 (1): pp. 61-66.

Munsell Color Services.- 1997.- The Munsell Book of Color.- Removable Samples
In Two Binders.- Imprenta Munsell Color Services. U. S. A.- Vol. 1.- 40 pp.

Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J. A., y García, J. L.- 2002.- El uso de
compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del
chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas.- Interciencia 008 (27): pp.
417-421.

Ochoa, E., Figueroa, U., Cano, P., Preciado, P., Moreno, A., Rodríguez, N.- 2009.-
Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate
(*Lycopersicon esculentum* mil.) en invernadero.- Revista Chapingo.- Serie
horticultura (15): pp. 245-250.

Ojeda, D. I.; Hernández, O. A.; Martínez, j.; Núñez, A. y Perea, E.- 2009.-
Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero.- Revista
Chapingo.- Serie horticultura 2(15): pp. 205-210.

Olalde, V. y Serratos R.- 2007.- Biofertilizantes: micorrizas y bacterias promotoras
de crecimiento.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización
como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés.- México.: 67-72pp.

- Olivia, M. A., Rincón, R., Zenteno, E., Pinto, A., Dendooven, Luc., Gutiérrez, F.-
2008.- Rol del vermicompostaje frente al estrés por cloruro de sodio en el
crecimiento y fotosíntesis en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica*
L.).- *Gayana Bot* (1): pp. 10-17.
- Opazo, J., y Razeto, B.- 2001.- Efecto de diferentes fertilizantes potásicos en el
contenido foliar de nutrientes, producción y calidad de fruta en naranjo.-
Agricultura técnica 61 (4): pp. 470-478.
- Orellano, B, F. E- 1997.-Efecto de dos abonos orgánicos y tres niveles de
fertilización química en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*).-
Tesis de posgrado.- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.-
Programa de graduados.- Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Padilla, F. y Hernández, J.- 2008.- La biofertilización como tecnología sostenible.-
Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- Plaza y Valdés.- México.: pp. 255.
- Parra, S., Salas, E., Villarreal, M., Hernández, S., y Sánchez, P.- 2010.-
Relaciones nitrato/ amonio/ urea y concentraciones de potasio en la
producción de plántulas de tomate.- *Revista Chapingo*.- Serie horticultura
1 (16): pp. 37- 47.

- Perego, J. L.- 1996.- La suplementación mineral del ganado vacuno en la provincia de misiones.- Cerro Azul, Misiones; Argentina.- Miscelánea (35): pp. 1- 4.
- Pérez, J.- 2007.- Biotecnología de los hongos ectomicorrízicos.- Ed. Díaz-Franco, Ay N. Mayek-Pérez.- La biofertilización como tecnología sostenible.- Plaza y Valdés.- México. Pp. 93 -110.
- Pérez, O., Cigales Ma. R., Orozco, M., y Pérez, K. G.- 2004.- Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón cantaloupe.- Agrociencia 003 (38): pp. 261-272.
- Pierre, F., Rosell, M., Quiroz, A. y Granda, Y.- 2009.- Evaluación química y biológica de composta de pulpa del café en caspito municipio Andrés Eloy Blanco, estado Lara, Venezuela.- Bioagro 2 (21): pp. 105-110.
- Pool, N.L., León, M. N., Pérezgrovas, G. N.- 1998.- Harina de hueso adicionada a suelos de la zona cafetalera de los Altos de Chiapas, México.- Chapingo, México.- Terra *Latinoamericana* 001 (16) pp. 71-77.
- Quiroz, A. I., Mulas, R.- 2005.- Acumulación de NPK en tejido y su eficiencia de uso para la producción de granos, en una asociación trigo y arveja.- Bioagro 2 (17): pp. 99-108.

R Development Core Team.- 2007.- R.- A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Disponible en: (Línea): <http://www.R-project.org>.

Reddy, M., Katsumi, O.- 2004.- Vermicompostaje de paja de arroz y sus efectos sobre el crecimiento del sorgo.- *Ecología tropical* (2): pp. 327-331.

Reyes, I., y Valery, A.- 2007.- Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) con *Azotobacter spp.*- *Bioagro* 003 (19): pp. 117-126.

Rodríguez, N., Cano, P., Figueroa, U., Favela, E., Reséndez, A., Márquez, C., Ochoa, E. y Preciado, P.- 2009.- Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero.- *TERRA Latinoamericana* 4 (27): pp. 319-327.

Rivero, C., y Carracedo, C.-1999.- Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante.- *Revista Facultad de Agronomía* (25): pp. 83-93.

Ruiz, C. A.- 2008.- Efecto del fertilizante potásico sobre la calidad química de frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) almacenados a dos temperaturas.- *Revista Facultad de Agronomía* (25): pp. 286-302.

- Ruiz, R., y Sadzawka, A.- 2002.- Uso del análisis químico del K del suelo como indicador de la nutrición potásica en la vid y modificación por la fertilización potásica.- Instituto de Investigaciones Agropecuarias 439 (3): pp. 1-10.
- Salgado, S., Núñez, R., Peña, J. J., Ettchevers, J. D., Palma, D. J., y Soto, R. M.- 2003.- Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar.- *Interciencia* 10 (28): pp. 67-79.
- Santos, A. T., y Aguilar, D.- 1999.- Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos.- *TERRA Latinoamerica* 3 (17): pp. 247-255.
- Sawan, M. Z., Hafez, S. A., Basyony, A. E., Abou, R.- 2007.- Efecto de la fertilización con potasio y de la aplicación foliar de zinc y fósforo en el rendimiento de aceite y proteína y en las propiedades del aceite de algodón.- *Grasa y aceites* 1 (58): pp. 40-48.
- Suniaga, Q. J., Rodríguez, A., Rázuri, R. L., Romero, E., Montilla, E.- 2008.- Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premontano.- *Agricultura Andina* (15): 56 – 65.

- Torres, I. - 1999. - Fertilización fosfórica en minitubérculos de papa para semilla. - Centro agrícola (2): pp. 11-12.
- Velasco, J., Ferrera, R., Almaraz, J. J.- 2001.- Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cascara.- Terra (19): pp. 241-248.
- Villarreal, M., García, R. S., Osuna, T. y Armenta, A. D.- 2002.- Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en Fertirriego. TERRA *Latinoamericana* 003 (20): pp. 311-320.
- Zepeda, R., Carballo, A., Muñoz, A., Mejía, J.A., Figueroa, B., y González, F.V.- 2007.- Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal - tortilla del grano de híbridos de maíz.- Agricultura Técnica en México 1 (33): pp.17 - 24.