



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EFFECTO DE LA COMPOSTA MÁS INÓCULO DE MICORRIZA EN EL  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa*) L. var. orejona

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

LÓPEZ RODRÍGUEZ JACQUELINE

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA VEGETAL



INVESTIGACIÓN REALIZADA CON EL FINANCIAMIENTO DE  
LA DGAPA  
(PROYECTO PAPIME 20211)

México, D.F., octubre de 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA.**

**Este trabajo es para ti mamá, porque es un logro de las dos. Gracias por demostrarme que lo que parece imposible es posible si así lo deseas. Gracias por los regaños, las alegrías y las tristezas. ¡TE AMO SANDRITA!**

## **AGRADECIMIENTOS.**

**Gracias Dios por haber puesto maravillosas personas en mi vida, quienes me han apoyado en este gran logro. Gracias por darme fortaleza física y espiritual para poder concluir con esta hermosa etapa.**

**Gracias a mi hermano, eres el único que sabe darme un abrazo y no decir nada cuando más lo necesito.**

**Gracias a mis tíos: Lety, Chungo, Rodo y Manuel; por todo el apoyo incondicional que nos han brindado siempre.**

**Gracias Agustín por ser parte de nuestra vida.**

**¡Abuelita, creo que por ti amo la Biología! Gracias.**

**Gracias a mis hijos: Ángel y Uriel por ser tan buenos y entenderme; perdón por las ausencias pero al final valieron la pena. Los amo.**

**Gracias Nico por no ser un obstáculo en mi vida, por permitirme soñar y no cortarme las alas, aunque sabes que jamás lo permitiría. Te amo negrito.**

**Gracias a Joce y a Erika por todo el ánimo y por apoyarme cuidando mis pequeños.**

**Nadia, Nancy, Eva, jamás olvidaré las tardes de estudio, los trabajos en equipo y mucho menos las salidas a campo. Mi muñe, te amo amiga.**

**Gracias a todos mis amigos y profesores de la Facultad porque son parte de mi formación, porque compartimos la misma pasión por la carrera.**

**Gracias a mis sinodales, por el tiempo dedicado a las revisiones de este trabajo.**

**Gracias a mi directora de tesis: Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza, mil gracias por su paciencia y, sobre todo por haber confiado en mí.**

**Gracias al Biól. Eduardo Chimal, por ayudarme con la estadística de este trabajo.**

**¡Gracias a mi UNAM, porque soy orgullosamente UNAM!**

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Abonos y fertilizantes orgánicos.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Micorrizas.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1 Ectomicorrizas.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2 Ectendomicorrizas.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.3 Endomicorriza.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Características de Lactuca sativa.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Origen.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Taxonomía.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Morfología.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 Fases fenológicas de la lechuga.....</b>	<b>10</b>
<b>3.5 Variedades de lechuga (Nava, 1992).....</b>	<b>10</b>
<b>3.6 Contenido nutrimental y principales usos.....</b>	<b>11</b>
<b>3.7 Requerimientos del cultivo.....</b>	<b>11</b>
<b>3.7.1 Requerimientos nutrimentales del cultivo de lechuga.....</b>	<b>12</b>
<b>4. Investigaciones recientes.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Justificación.....</b>	<b>14</b>
<b>6. Problemática.....</b>	<b>14</b>

<b>7. Hipótesis.....</b>	<b>15</b>
<b>8 .Objetivos.....</b>	<b>16</b>
<b>8.1 General.....</b>	<b>16</b>
<b>8.2 Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>9. Metodología.....</b>	<b>16</b>
<b>9.1 Sitio de experimentación.....</b>	<b>16</b>
<b>9.2 Germoplasma.....</b>	<b>16</b>
<b>9.3 Preparación de los sustratos.....</b>	<b>17</b>
<b>9.4 Conteo y extracción de esporas.....</b>	<b>19</b>
<b>9.5 Mezcla de los sustratos.....</b>	<b>20</b>
<b>9.6 Trasplante.....</b>	<b>22</b>
<b>9.7 Variables de respuesta.....</b>	<b>23</b>
<b>10. Resultados.....</b>	<b>26</b>
<b>10.1.1 Número de esporas micorrícicas por tipo de sustrato utilizado.....</b>	<b>26</b>
<b>10.1.2 Identificación de esporas en los sustratos utilizados.....</b>	<b>27</b>
<b>10.1.3 Contenido nutrimental en los diferentes sustratos .....</b>	<b>28</b>
<b>10.1.4 Cosecha.....</b>	<b>30</b>
<b>10.1.5 Atributos del crecimiento de la planta de lechuga.....</b>	<b>31</b>
<b>10.1.5.1 Altura.....</b>	<b>32</b>
<b>10.1.5.2 Cobertura.....</b>	<b>34</b>
<b>10.1.5.3 Número de hojas.....</b>	<b>35</b>

<b>10.1.5.4</b>	<b>Peso fresco.....</b>	<b>36</b>
<b>10.1.5.5</b>	<b>Índice de Dickson.....</b>	<b>38</b>
<b>10.1.5.6</b>	<b>Supervivencia.....</b>	<b>40</b>
<b>10.1.5.7</b>	<b>Tasa de Crecimiento Relativo.....</b>	<b>40</b>
<b>10.1.5.8</b>	<b>Porcentaje de colonización.....</b>	<b>41</b>
<b>10.1.6</b>	<b>Semillas obtenidas.....</b>	<b>42</b>
<b>10.1.6.1</b>	<b>Número de semillas por un gramo.....</b>	<b>43</b>
<b>10.7</b>	<b>Rendimiento del cultivo.....</b>	<b>46</b>
<b>11.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>47</b>
<b>12.</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>48</b>
	<b>Referencias electrónicas.....</b>	<b>52</b>

***Índice de cuadros.***

<b>Cuadro 1. Clasificación actual de los HMA Schüßler et al., 2001.....</b>	<b>6</b>
<b>Cuadro 2. Descripción morfológica de las variedades de lechuga.....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 3. Características recomendadas del cultivo en suelo (para 1000m<sup>2</sup>).....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 4. Tratamientos o sustratos a evaluar.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 5. Parámetros evaluados de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 6. Géneros observados en dos muestras de suelo (suelo negro y suelo del parque Ecológico cubitos).....</b>	<b>27</b>
<b>Cuadro 7. Análisis nutrimental de los sustratos utilizados antes de establecer el cultivo de lechuga.....</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 8. Medias totales de las variables de respuesta en el cultivo de lechuga.....</b>	<b>30</b>



## Índice de figuras.

Figura 1. Paisaje del Parque Ecológico Cubitos, estado de Hidalgo.....	18
Figura 2. Altura promedio de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	32
Figura 3. Cobertura promedio de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad..	33
Figura 4. Número de hojas promedio en plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	35
Figura 5. Pesos promedio de la parte foliar de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	36
Figura 6. Pesos promedio de la raíz de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	37
Figura 7. Índice de Dickson en plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	39
Figura 8. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	40
Figura 9. % de colonización en raíces de <i>Lactuca sativa</i> de 12 semanas de edad.....	41
Figura 10. Inflorescencia de <i>Lactuca sativa</i> (subida a flor).....	42
Figura 11. Número de semillas presentes en un gramo de estas obtenidas de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 24 semanas de edad.....	44
Figura 12. Longitud de las semillas de plantas de <i>Lactuca sativa</i> de 24 semanas de edad.....	45
Figura 13. Porcentaje de emergencia de semillas de <i>Lactuca sativa</i> de 24 semanas de edad.....	46

14-October-2014

## Resumen

El efecto que tienen las micorrizas en las plantas cultivadas, de ciclo corto, ha sido poco documentado; generalmente los estudios se han realizado en plantas silvestres y de ciclo largo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un sustrato preparado con suelo más abono orgánico e inóculo de micorriza en el crecimiento y rendimiento de la lechuga orejona (*Lactuca sativa* L.). Para esto, se preparó un sustrato de tierra de monte y composta en una proporción de 3:1. Previo a esto, se recolectó suelo que sustenta ecosistema natural de matorral xerófilo del Estado de Hidalgo, del que se recolectaron esporas de micorrizas para inocular los sustratos utilizados en el cultivo de la lechuga. Del suelo recolectado se contaron e identificaron hongos micorrizógenos por 100 g de suelo que fueron utilizados como inóculo en el sustrato a evaluar. Una vez preparados los sustratos, se les determinó su contenido nutrimental (N-P-K). Las semillas de lechuga se sembraron en almácigo y posteriormente se trasplantaron a bolsas de plástico negro calibre 600 y 25 cm de diámetro para su cultivo. Quincenalmente se midió altura, cobertura y número de hojas; al finalizar el cultivo se pesó la biomasa de tallo y de raíz, se calculó el índice de Dickson, la supervivencia, la tasa de crecimiento relativo (TCR), el porcentaje de colonización micorrícica y la viabilidad de las semillas producidas por estas plantas.

Los resultados demostraron que los sustratos inoculados con esporas presentaron un nivel medio de colonización con cuatro géneros de hongos micorrizógenos identificados. La composición nutrimental de los sustratos fue adecuada para el cultivo de la lechuga. En relación a las variables de crecimiento y rendimiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Las micorrizas no tuvieron efecto significativo para el establecimiento del cultivo de dicha especie, debido a su ciclo de vida que es corto. De las semillas obtenidas se tomó una muestra de 100 semillas por tratamiento y se pusieron a germinar, presentando porcentajes de emergencia altos entre 71 y 95% demostrando que el potencial del germoplasma inicial así como las actividades culturales óptimas, pueden permitir la obtención de semillas de calidad en una segunda generación. Finalmente se concluye que el cultivo de lechuga no requiere de la inoculación de micorriza para mejorar su desarrollo y rendimiento, ya que es suficiente con la utilización de un abono orgánico.

14-October-2014

## **1. Introducción.**

La agricultura orgánica es un sistema de producción que no utiliza productos de síntesis química para el mejoramiento de la calidad de suelos y el tratamiento de plagas y enfermedades en los cultivos (Fraume, 2007). Las prácticas que la caracterizan son la elaboración de abonos orgánicos con base en subproductos naturales, rotación de cultivos, cultivos de cobertura y mantenimiento de una alta biodiversidad en el sitio de producción (Ruíz, 2004).

Los productos no orgánicos son a simple vista muy estéticos, es decir poseen forma regular, tamaños seriados y colores uniformes; por el contrario los alimentos orgánicos son más irregulares, poseen tamaños y formas variables, estos alimentos crecen de forma natural y no se ven perfectos, generalmente son de menor tamaño que los del mercado convencional (Orgánica, 2010).

Otro problema que se puede presentar en los productos orgánicos es la calidad de las semillas, esto como posible consecuencia del bajo contenido nutrimental (NPK) que presentan algunos abonos orgánicos y a la disponibilidad de algunos de los nutrimentos para las plantas, de aquí la necesidad de encontrar abonos enriquecidos que proporcionen nutrimentos necesarios para que éstos puedan competir con los productos de la agricultura convencional en el mercado. Uno de los nutrimentos más importante para el desarrollo, que desencadena la floración y fructificación es el fósforo (Better, 2005) sin embargo es un nutrimento poco móvil en el suelo y su disponibilidad depende de la presencia de microorganismos como las micorrizas, que como valor agregado favorecen un uso eficiente del agua (Hernández, 2004).

Se conoce desde hace muchos años, que el uso de micorrizas en la producción agrícola es benéfico, tanto para el incremento del rendimiento como para el aumento de la calidad, en general para el correcto estado nutritivo e hídrico de la mayoría de las plantas cultivadas (Tapia y Ferrera, 2010).

14-October-2014

## **2. Marco teórico.**

### **2.1 Abonos y fertilizantes orgánicos.**

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal que pueden ofrecer importantes cantidades de nutrimentos a las plantas. El suelo, con la descomposición de estos abonos se va enriqueciendo con nutrimentos esenciales y mejora sus características físicas, químicas y biológicas. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química, principalmente en el contenido de nutrimentos, por lo que la aplicación constante de ellos con el tiempo, mejora las características físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Trinidad, 2000)

Dentro de los abonos más populares se tiene a la composta; la cual implica un proceso de descomposición o degradación de materiales de desechos orgánicos por una población mixta de microorganismos en un ambiente cálido, húmedo y aireado. Para su elaboración, los desechos orgánicos se amontonan juntos en una pila de manera que el calor generado en el proceso pueda ser conservado. Como resultado, sube la temperatura de la pila, acelerando por tanto el proceso básico de degradación natural. El producto final del proceso es la composta o humus que sirve en la agricultura para mejorar la estructura y propiedades del suelo, que a su vez suministrará nutrientes a las plantas a medida que la composta se descompone finalmente en materia mineral. La producción más rápida de composta se logra mediante la trituración de los materiales utilizados (se sugiere no molerse), se ha encontrado que cuantas más pequeñas sean las partículas más rápido será el proceso de descomposición, en promedio de tres a cuatro meses (Sagarpa, 2010).

### **2.2 Micorrizas.**

Se conoce con el nombre de micorriza a la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo (Hernández, 2004).

Al parecer los hongos micorrícicos tienen un efecto inductor de poblaciones microbianas cuya actividad fisiológica repercute en beneficios para la planta. Los exudados que producen las hifas de hongos micorrícicos propician cambios significativos en la comunidad microbiana adyacente. En este sentido, se ha detectado mayor cantidad de bacterias

14-October-2014

diazotróficas (bacterias heterótrofas de carbono) y simbióticas (asociación mutualista obligada), que son además de solubilizadoras de fosfatos insolubles que inducen al mejoramiento de la nutrición y protección de la planta ante patógenos de hábito radical cuando en la planta se establece la simbiosis micorrícica, tanto arbuscular como ectomicorrizica (Ferrera y Alarcón, 2001).

La clasificación de las micorrizas es morfológica y se basa en el sitio que ocupa el micelio fúngico en su asociación con la raíz de la planta. Los tipos de micorriza se dividen en tres grupos principales: ectomicorriza, ectendomicorriza y endomicorriza, con sus respectivas subdivisiones (Schüßler *et al.*, 2001).

### **2.2.1 Ectomicorrizas.**

Se caracteriza por una modificación de la raíz, que pierde sus pelos absorbentes. El hongo rodea la raíz con un manto de filamentos, o micelio. De este manto parte una red micelar externa más o menos desarrollada, que se extiende por el suelo, y una red micelar interna que penetra a la raíz, pero sin entrar en el interior de las células. Los hongos involucrados son: Zygomycetos, Ascomycetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos.

### **2.2.2 Ectendomicorrizas.**

Estas presentan manto fúngico laxo, red de Hartig y penetración intracelular escasa. Existen subdivisiones:

- a) Arbutoide: el hongo forma un manto fúngico, red de Hartig e hifas intracelulares e intercelulares. Estos hongos son pertenecientes a los Ascomycetes y Basidiomycetes y colonizan miembros del orden Ericales.
- b) Monotropoide: el hongo forma un manto fúngico, hifas intracelulares e intercelulares y haustorios. Estos hongos pertenecen a los Ascomycetes y Basidiomicetes y colonizan al género *Monotropa*.

### **2.2.3 Endomicorriza**

En la endomicorriza el micelio invade la raíz; inicialmente es intercelular, pero luego penetra las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Generalmente no se

14-Octubre-2014

observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, no hay un manto. Sin embargo presenta una red micelar interna.

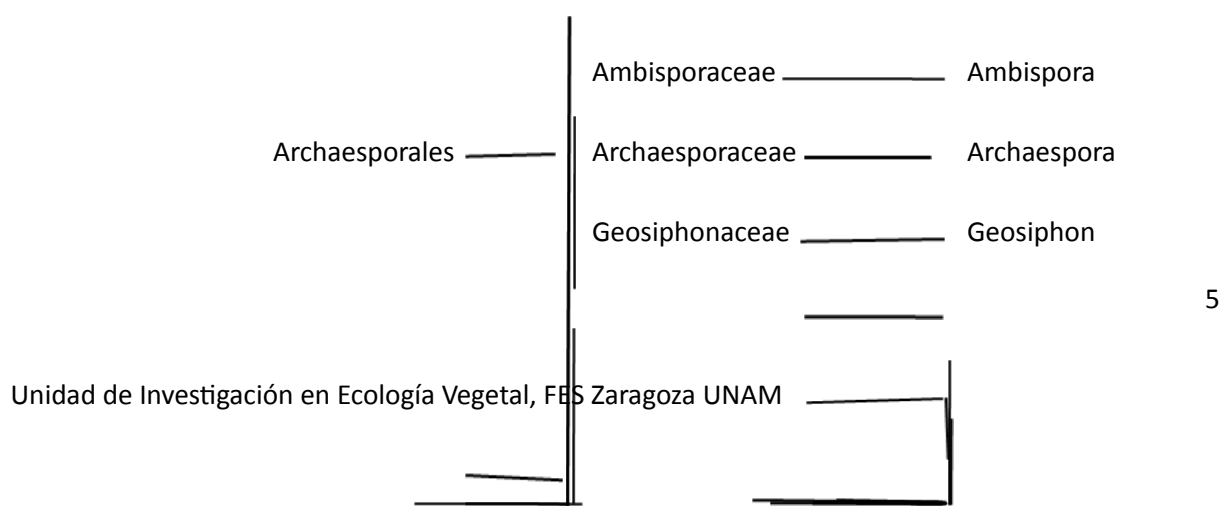
A su vez las endomicorrizas se subdividen en tres tipos:

- a) Orquideoide: el hongo penetra intracelularmente e intercelularmente y forma enrollamientos hifales. Estos hongos pertenecen a los Basidiomicetes y Deuteromicetes y colonizan a la familia Orchidaceae.
- b) Ericoide: el hongo penetra intracelularmente y forma enrollamientos hifales. Estos hongos pertenecen a los Ascomicetes y colonizan a miembros del orden Ericales.
- c) Arbuscular: el hongo penetra intracelularmente intercelularmente forma arbuscúlos. Estos hongos pertenecen al *phylum* Glomeromycota.

Todos los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), pertenecen al *phylum* Glomeromycota que contiene cerca de 150 especies dentro de los géneros *Glomus* (Glomaceae), *Acaulospora* y *Entrophospora* (Acaulosporaceae), *Gigaspora* *Scutellospora* (Gigasporaceae) (Cuadro 1). El grupo más grande y mejor investigado de HMA, es el género *Glomus*, representado por 79 especies (Schüßler *et al.*, 2001).

En un inicio su estudio y taxonomía se realizó principalmente sobre las características morfológicas de las esporas, pero con ayuda de técnicas moleculares se inició la secuenciación del ARN ribosomal complementando su estudio y logrando comprender mejor la filogenia de las micorrizas arbusculares, como el trabajo de Arthur Schüßler *et al.* (2001), en el cual se estableció un *phylum* nuevo: Glomeromycota.

**Cuadro 1. Clasificación actual de los HMA Schüßler *et al.*, 2001.**



14-October-2014

Glomeromycota/ Glomeromycetes	Diversisporales	Acaulosporaceae	Acaulospora
		Diversisporaceae	Diversispora Ortospora
		Entrophosporaceae	Entrophospora
		Gigasporaceae	Gigaspora Racocetra Scutellospora
		Pacisporaceae	Pacispora
	Glomerales	Claroideoglomeraceae	Claroideogloimus
		Glomeraceae	Funneliformis Glomus Rizophagus Scierocytis
	Paraglomerales	Paraglomeraceae	Paragloimus

14-October-2014

### **3. Características de *Lactuca sativa***

#### **3.1 Origen**

El género ***Lactuca*** conocido generalmente como lechuga es originario de Turquistán con una zona de diversificación en la Cuenca Mediterránea; pertenece a la familia Asteracea que abarca más de 100 especies aceptadas de las 580 descritas y 20 000 variedades de las que muy pocas se cultivan (Blancard y Maisonneuve, 2005). El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India. Hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo, debido a que existe un probable antecesor (***Lactuca sativa*** L.), que se encuentra en estado silvestre en las zonas templadas. Siendo las variedades cultivadas actualmente una hibridación entre especies distintas. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2, 500 años, siendo conocida por griegos y romanos (Nava, 1992).

#### **3.2 Taxonomía**

De acuerdo con CONABIO (2009), esta especie se clasifica de acuerdo al siguiente listado:

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida

Orden Asterales

Familia Asteracea

Género *Lactuca* L.

Especie: *sativa* L.

Sinónimos: *Lactuca scariola sativa* Moris 1840, 1843.



14-October-2014

### **3.3 Morfología**

Se reporta que las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 m por lo cual se explica su resistencia a la sequía. Las hojas son lisas sin pecíolos, arrosetadas, ovales, gruesas, enteras. Su color va del verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo y el cultivar. El tallo es pequeño y no se ramifica; sin embargo cuando existen altas temperaturas (mayores de 26 °C) y días largos (más de 12 horas luz) el tallo se alarga hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia, dicha inflorescencia se constituye de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y son de color amarillo. Las semillas son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas. Hay aproximadamente 800 semillas por gramo (Alvarado *et al.*, 2001; Nava, 1992; INEGI, 1997 y Blancard y Maisonneuve, 2005) (Cuadro 2).

14-October-2014

**Cuadro 2. Descripción morfológica de las variedades de lechuga.**

Parte de la planta	Descripción
Raíz	Nunca llega a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.
Hojas	Están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.
Tallo	Es cilíndrico y ramificado cuando hay días largos.
Inflorescencia	Es un capítulo de 15 a 26 flores bisexuales, con los pétalos soldados (gomopétala) de color amarillo; cada capítulo se desarrolla en la punta de las ramillas originadas al alargarse el tallo (1.20 m aproximadamente).
Semillas	Están provistas de un vilano plumoso. Pueden ser almacenadas hasta por cuatro años a una humedad relativa de 46-58% y 10° C de temperatura. Las semillas de calidad deben producirse libres de los pulgones vectores del virus del mosaico de la lechuga (LMV) que es transmisible por las semillas, las lluvias pueden ocasionar la caída de las semillas y el desarrollo de un hongo, <i>Botrytis cinérea</i> . Además el viento, asociado a un tiempo seco, favorece la dispersión de las semillas en razón de su anatomía.

**3.4 Fases fenológicas de la lechuga**

(Blancard y Maisonneuve, 2005).

La lechuga cultivada (*Lactuca sativa*) es una planta herbácea, anual, con dos fases muy distintas:

14-October-2014

- Fase vegetativa, que finaliza con la formación de un cogollo más o menos cerrado, que es el estadio utilizado para la comercialización. La planta forma primero una roseta de hojas enteras, después se produce el período de acogollado, en el curso del cual se diferencian los tipos de lechuga.
- Fase reproductiva, en el curso de la cual el tallo central se alarga (subida a flor) y acaba en la floración y producción de semillas. La subida a flor es más o menos rápida según las condiciones climáticas y los genotipos. Este proceso se ve favorecido por días largos y temperaturas altas.

### **3.5 Variedades de lechuga (Nava, 1992).**

Las variedades de lechuga se pueden clasificar de acuerdo con los siguientes grupos botánicos:

- ROMANAS (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) no forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho. Entre estas se encuentran la romana y la baby.
- ACOGOLLADAS (*Lactuca sativa* var. *capitata*) estas forman un cogollo apretado de hojas. Aquí se conocen las variedades batavia, mantecosa o trocadero e iceberg.
- DE HOJAS SUELTAS: (*Lactuca sativa* var. *inybabacea*): estas poseen las hojas sueltas y dispersas. Las variedades en este grupo son lollo rosa, red salad bowl, cracarelle.
- LECHUGA ESPARRAGO: (*Lactuca sativa* var. *augustana*) son aquellas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas.

### **3.6 Contenido nutrimental y principales usos.**

Esta hortaliza se caracteriza por ser rica en calcio y fibra. En fresco se utiliza en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina. Industrialmente se usa para fabricar cremas cosméticas. El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica, teniendo las hojas exteriores más cantidad de la misma frente a las interiores. También resulta una fuente importante de vitamina K, con lo que protege ante la osteoporosis. Otras vitaminas que destacan en la lechuga son la A, E y ácido fólico. Esta compuesta en un 94% de agua y aporta mucho potasio y fósforo (Nava, 1992).

14-October-2014

### **3.7 Requerimientos del cultivo**

Los aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta para iniciar al proceso de producción de planta de lechuga de calidad son el sustrato, siembra, riego, fertilización, manejo de las temperaturas y el control preventivo de plagas y enfermedades (Fueyo y Arrieta, 1998).

- Temperatura: La temperatura óptima de germinación oscila entre 16-20 °C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18 °C por el día y 5-8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas en el día y la noche. Durante el acogollado o formación de cabeza se requieren temperaturas de 10-12 °C por el día y 3-5 °C por la noche.
- Altitud: Desde el nivel del mar hasta los 2,800 m snm.
- Humedad relativa: El sistema radical de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un período de sequía aunque sea muy breve. La humedad relativa de la lechuga es del 60 al 80%.
- Suelo: Los suelos más aptos para la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos con buen drenaje (Cuadro 3). Este cultivo en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

#### **3.7.1 Requerimientos nutrimentales del cultivo de lechuga.**

La lechuga está clasificada como una hortaliza ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 6.5-7.0.

La calidad y rendimiento de la lechuga son afectados marcadamente por una fertilización deficiente de nitrógeno (menos de 40 unidades), o dosis altas (más de 180 unidades de nitrógeno). Los requerimientos nutrimentales para el cultivo de lechuga se describen en el Cuadro 3 (Alvarado *et. al.* 2001).

14-October-2014

**Cuadro 3. Características recomendadas del cultivo en suelo (para 1000m<sup>2</sup>).**

pH	M.O. %	N %	P ppm	K ppm
6.5-7	2.5-3.5	0.2-0.4	25-50	200-300

#### 4. Investigaciones recientes

Hay pocos estudios sobre el efecto de la micorrización en lechuga; sin embargo como antecedente se tomaron trabajos con diversas especies.

Melgares y González (2004) realizaron un ensayo con lechuga tipo iceberg, con plantación en el mes de febrero y recolección en abril. Se utilizaron dos tratamientos: inoculación con micorrizas en el semillero e igual que el anterior más inoculación en el campo. El hongo utilizado fue *Glomus intraradices*. De los resultados obtenidos se desprende que la aplicación de micorrizas tiene un efecto positivo sobre la producción de lechuga iceberg, ya que se ha aumentado el peso fresco bruto y neto de las piezas de lechuga y su calibre. El peso bruto seco no ha tenido un aumento estadísticamente significativo, aunque también se observa un aumento en los tratamientos con micorrizas.

Arriaga y Olalde (2009) trabajaron con *Lilium* sp. Cv Orange Pixie, inoculándolo con *Glomus fasciculatum*, esta simbiosis presentó efectos favorables sobre el diámetro del tallo, la longitud y el diámetro del botón, el peso seco y la vida útil de la flor (en los que el fósforo juega un papel preponderante), que en conjunto contribuyen a mejorar la calidad comercial de la flor. La inoculación de *Lilium* sp. cv Orange Pixie con *Glomus fasciculatum* adelantó la floración, mejoró la calidad de la flor y redujo el uso de fertilizantes químicos.

Rojas y Ortuño (2007) trabajaron con cultivo de papa y cebolla, utilizando humus de lombriz y gallinaza como abono, para efficientizar el cultivo agregaron micorrizas, la especie que se utilizó fue *Glomus fasciculatum*, en una dosis de 15 kg ha<sup>-1</sup>, por aspersión. Las plantas inoculadas con micorriza en combinación con humus de lombriz y gallinaza evaluados en el cultivo de cebolla, permitieron la obtención de altos rendimientos y un mayor desarrollo de la planta en ausencia de fertilizantes químicos. En el cultivo de papa, la influencia de estos tratamientos sobre la producción y calidad del cultivo ha sido menos marcada que en la

14-October-2014

cebolla. Sin embargo, los rendimientos obtenidos, así como también el desarrollo morfológico fueron similares al testigo, que recibió doble fertilización mineral.

### **5. Justificación**

Actualmente, existe una gran cantidad de literatura que sustenta la importancia de las micorrizas, principalmente en especies silvestres, sin embargo, hay muy poca información en relación a la necesidad de micorrizar especies hortícolas de ciclo corto. Generalmente la producción de hortalizas con la aplicación de abonos orgánicos, suple los requerimientos nutrimentales; sin embargo, es necesario evaluar el efecto que las micorrizas tienen en el crecimiento y rendimiento de las hortalizas de ciclo corto ya que algunos productores orgánicos las están utilizando en sus cultivos.

### **6. Problemática**

Las micorrizas constituyen un insumo biológico de alto costo, que algunos agricultores orgánicos utilizan para favorecer el enraizamiento de las plántulas de diversas especies; sin embargo, no se conoce a ciencia cierta la procedencia de estas esporas, e incluso se corre el riesgo de que podrían ser de otros países e invadir nuestros ecosistemas. De aquí la necesidad de buscar inóculos naturales y nativos que favorezcan el cultivo de especies alimenticias. Por ello, este trabajo se diseñó para responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el efecto de la composta combinada con HMA en la calidad de la planta de *Lactuca sativa* en condiciones de vivero, durante un periodo de tres meses?
- ¿Cuál es el efecto de la composta combinada con HMA en la producción de semillas de *Lactuca sativa* en condiciones de vivero, durante un periodo de seis meses?

### **7. Hipótesis**

La composta combinada con hongos micorrícicos arbusculares inducirá un mejor crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga orejona, dado que se incrementará la disponibilidad de P y agua.

14-October-2014

## **8 .Objetivos**

### **8.1 General**

Evaluar el efecto que tiene la composta combinada con inóculo de micorrizas en el rendimiento, crecimiento y calidad de un cultivo de lechuga orejona (*Lactuca sativa* var. orejona).

### **8.2 Específicos**

- Extraer e identificar esporas de muestras de suelo forestal y de vivero.
- Evaluar tres sustratos de suelo-composta-micorriza en el desarrollo de la lechuga orejona.
- Evaluar el contenido nutrimental en cada uno de los sustratos.
- Evaluar la relación abono micorriza en el desarrollo, fructificación número de semillas y calidad de la planta de lechuga.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga bajo los diferentes sustratos.

## **9. Metodología**

### **9.1 Sitio de experimentación**

El trabajo se llevó a cabo en el vivero Chimalxochipan de la FES Zaragoza Campus II, ubicado en la zona oriente de la Ciudad de México.

### **9.2 Germoplasma**

Las semillas se compraron en la casa comercial Casa Cobo, S. A., con sucursal en la Central de Abastos de la Ciudad de México.

Se pusieron a germinar 100 semillas de lechuga en una charola de unicel con una dimensión de 30x50x10 cm., que sirvió de almácigo, el cual se preparó con un sustrato de arena de río al 70% y agrolita al 30%. Se humedeció y se llevó a la siembra siguiendo la técnica de al chorrillo. Las semillas se sembraron a 1 mm. de profundidad y se cubrieron con turba.

### **9.3 Preparación de los sustratos.**

La tierra de monte se compró en el mercado de plantas de Cuemanco en Xochimilco, al sur de la ciudad de México y la composta se elaboró en el vivero Chimalxochipan en la FES Zaragoza, con residuos de cocina y jardín.

14-October-2014

Para la elaboración de la composta se utilizó una tina de plástico con capacidad de 50 kg, donde se depositaron residuos de cocina (excepto productos de origen animal), residuos de jardín (pasto seco, fresco y podas de árboles); estos materiales se picaron hasta obtener trozos de 5 cm aproximadamente, posteriormente se le agregó estiércol de caballo se revolvió con una pala y se humedeció. Para proteger de la lluvia se cubrió con un plástico negro. Cada semana se aireó con una pala durante dos meses tiempo que tardó el proceso de descomposición de la materia utilizada y obtener la composta que se utilizó.

Para obtener esporas de hongos micorrizógenos se recolectó suelo de un ecosistema natural dominado por matorral xerófilo del Parque Ecológico Cubitos en el estado de Hidalgo (Fig.1). Las coordenadas del sitio dónde se tomó la muestra son las siguientes; 20°05'745" N y 98° 44'022" W a 2437 msn; la muestra se tomó a una profundidad de 20 cm para garantizar la presencia de esporas micorrízicas.



**Figura 1. Paisaje del Parque Ecológico Cubitos, estado de Hidalgo.**



14-Octubre-2014

#### **9.4 Conteo y extracción de esporas.**

La tierra de monte y el suelo colectado en el Parque Ecológico se llevaron al laboratorio y se analizaron para evaluar el número de esporas presentes en 100 gramos de suelo. Esto se hizo siguiendo la técnica de tamizado húmedo, decantación y centrifugación en agua y sacarosa (Álvarez y Monroy, 2008).

Dicho análisis consistió en tomar una muestra de 100 gramos misma que se llevó a una suspensión de 500 ml de agua y se colocó en un agitador mecánico por 5 minutos para dejarlo decantar por 3 minutos y así eliminar partículas grandes por sedimentación. Esta suspensión se pasó por un tamiz de 105  $\mu\text{m}$  y uno de 44  $\mu\text{m}$  quedando retenido en el primero materia orgánica y las esporas de mayor tamaño. Este procedimiento se repitió dos veces más.

Posteriormente se quitó el exceso de materia orgánica con una espátula, se rompió el botón con un poco de agua, y se agregó sacarosa al 50%, colocando todo en una centrífuga a 1,000 rpm durante 2 mín. Después la muestra se hizo pasar por el tamiz y se enjuagó con abundante agua para retirar el exceso de sacarosa.

La fracción orgánica obtenida en el tamiz de 44  $\mu\text{m}$  se pasó a una caja Petri, la cual fue examinada con ayuda de un estereoscopio para hacer la extracción y conteo de las esporas. Este procedimiento se realizó en tres repeticiones para el suelo del Parque Ecológico Cubitos y para el suelo negro o de vivero.

14-October-2014

**9.5 Mezcla de los sustratos.**

Los sustratos se mezclaron entre ellos para así obtener los diferentes tratamientos que se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Tratamientos o sustratos a evaluar.**

Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tierra de monte	Tierra de monte + 100 g de suelo con esporas.	Tierra de monte + composta (relación 3:1).	Tierra de monte + composta (relación 3:1) +100 g de suelo con esporas.

Ya elaborados los tratamientos, se les realizó un análisis físico químico para determinar el estado nutrimental en el que se encontraban, dicho análisis se realizó según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000:

Para este análisis se tomó 1 muestra de 500 g de suelo por tratamiento, se dejó secar y se pasó por un tamiz de 0.5 mm y 2 mm, con dicha muestra se tomaron submuestras para los diferentes parámetros evaluados.

Los parámetros a evaluar fueron los siguientes:

pH; para evaluar este parámetro se utilizó el método electrométrico en muestras de suelo en una solución de agua pura, el cual consistió en una muestra de 5 g de suelo a la que se le adicionó 10 ml de agua desionizada, con una varilla de vidrio se agitó manualmente por intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos. Posteriormente se tomó la lectura con un potenciómetro, se hicieron 3 repeticiones de dicho procedimiento. Así se clasificó al suelo en cuanto a su valor de pH.

Materia orgánica; se evaluó a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black, dicho método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se generó al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado, esta mezcla se diluyó con ácido fosfórico para

14-October-2014

evitar interferencias de  $\text{Fe}^{3+}$  y el dicromato de potasio residual fue valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84 % del carbono orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección.

Nitrógeno; la determinación de nitrógeno total se elaboró con el procedimiento de micro-Kjeldahl el cual se basa en la extracción del amonio intercambiable y su determinación se hizo por destilación mediante arrastre de vapor.

Fósforo; la determinación del fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos se realizó por el procedimiento de Olsen y colaboradores, que consistió en la técnica de desarrollo de color. El fósforo es extraído del suelo con una solución de  $\text{NaHCO}_3$  0.5 M ajustada a un pH de 8.5. en suelos neutros, calcáreos o alcalinos, conteniendo fosfatos de calcio, este extractante disminuye la concentración de Ca en solución a través de una precipitación del  $\text{CaCO}_3$ , por lo tanto la concentración de P en solución se incrementa.

Potasio; se realizó a través del método para determinar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos ácidos y calcáreos, empleando tiourea de plata (Ag TU) 0.01 M como solución saturante. El procedimiento consistió en equilibrar una muestra de suelo con una solución de Ag TU 0.01 M. La afinidad de este reactivo por las cargas negativas de las partículas del suelo permitió una completa saturación, aun cuando el suelo contenga relativamente altas concentraciones de otras sales. Esto requiere de una sola etapa, o sea, la extracción y centrifugación para que el intercambio sea completo. Por lo tanto el sobrenadante contendrá todos los cationes intercambiables. La concentración de Ag se midió por espectrofotometría de absorción atómica a 328.1 nm de longitud de onda, usando una flama de aire-acetileno.

Ya obtenidos los resultados de los parámetros analizados se clasificó a los sustratos según la NOM-021 como se detalla en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Parámetros evaluados de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.**

<b>Propiedades del suelo</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Clasificación</b>
pH activo	<5.0	Fuertemente ácido
	5.1-6.5	Moderadamente ácido
	6.6-7.3	Neutro
	7.4-8.5	Medianamente alcalino

14-October-2014

	>8.5	Fuertemente alcalino
Materia orgánica %	<0.5	Muy bajo
	0.6-1.5	Bajo
	1.6-3.5	Medio
	3.6-6.0	Alto
	>6	Muy alto
N total %	<0.05	Muy bajo
	0.05-0.10	Bajo
	0.10-0.15	Medio
	0.15-0.25	Alto
	>0.25	Muy alto
P mg Kg <sup>-1</sup>	<15	Bajo
	15-30	Medio
	>30	Alto
K Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	<0.2	Muy baja
	0.2-0.3	Baja
	0.3-0.6	Media
	>0.6	Alta

### 9.6 Trasplante

El trasplante se hizo a la tercer semana de la siembra, en ese momento las plántulas ya contaban con 2 hojas verdaderas (Fueyo y Arrieta, 1998), es decir, con capacidad para realizar fotosíntesis y sintetizar la materia orgánica (Audesirk *et al.*, 2004).

Se trasplantó un individuo por cada unidad experimental que consistió de una bolsa de plástico negro calibre 600 de 25 cm de diámetro, haciendo un total de 18 unidades experimentales.

Cada unidad experimental se colocó al azar sobre una mesa de madera de 80 x 150 cm y se cubrieron con malla sombra para protegerlas de las aves. Después se regaron 3 veces por semana para mantener los sustratos a capacidad de campo, al nivel del suelo y sin humedecer la planta para que no fuera a pudrirse.

### 9.7 Variables de respuesta.

Establecido el sistema quincenalmente se eligieron 6 individuos al azar y se evaluaron variables de respuesta; las cuales ayudaron a determinar la calidad de la planta que se

14-October-2014

define como aquella capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado (Villar, 2003).

Para evaluar las variables de respuesta, se midieron datos morfológicos como altura (parte aérea a partir de la base del suelo), cobertura (en forma de cruz se tomaron las medidas abarcando la amplitud total del follaje y se sacó un promedio), número de hojas (se contó el número de hojas que presentó el individuo), biomasa aérea y radical (peso fresco), índice de Dickson; que se define como:  $\text{masa planta} / (\text{altura} / \text{diámetro}) + (\text{masa aérea} / \text{masa radical})$ .

También se tomaron en cuenta las siguientes variables de respuesta. Supervivencia, TCR (Tasa de Crecimiento Relativo) y porcentaje de colonización micorrízica.

Del porcentaje de supervivencia éste se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ supervivencia} = (\text{No. de individuos iniciales} / \text{No. de individuos finales}) \times 100$$

Por su parte la TCR (Tasa de Crecimiento Relativo), que es una medida del crecimiento que indica la ganancia en altura o biomasa por unidad de tiempo, sustituyendo en la fórmula:

$$\text{TCR} = [\ln(\text{altura final}) - \ln(\text{altura inicial})] / \text{número de días que duró el experimento.}$$

Otra de las variables de respuesta fue el porcentaje de colonización micorrízica, se obtuvo por el número de hifas, vesículas y arbusculos encontrados en 10 campos observados en las raíces de 3 plantas por tres tratamientos y el testigo. Para la tinción de raíces se utilizó la técnica de Phillips y Hayman (Moreira *et al.*, 2011), la cual consistió en tres etapas generales descritas a continuación.

1) Clareo. Se extrajo la raíz de la plántula y se colocó en cajas histológicas, las cajas se colocaron en un vaso de precipitados y se cubrieron con KOH al 10%, se colocaron en baño maría por 15 minutos, se eliminó el KOH se enjuagó con agua destilada. Se aclaró con peróxido de Hidrógeno al 10% durante 3 minutos, se acidificó con HCl al 10% durante 10 minutos. Se colocó en azul de tripano al 0.05% durante 15 minutos en baño maría para su tinción.

14-October-2014

2) Montaje. Se realizó cortando trazos de aproximadamente 2 cm y colocándolos paralelamente en las laminillas hasta un total de 10.

3) Observación al microscopio 10x y 40x. Se contó el número de secciones colonizadas, y se dividió entre el número de secciones totales multiplicando por cien para obtener el porcentaje de colonización dada la fórmula:

% de colonización micorrícica= segmentos colonizados × 100/ total de campos observados.

### **9.8 Análisis Estadístico**

Las variables de respuesta fueron analizadas mediante una ANOVA. Las medias se compararon por Tukey ( $p \leq 0.05$ ). (Norman y Streiner, 1996), se utilizó el programa estadístico NCSS 2007.

En una segunda parte de la metodología, se evaluó la calidad de las semillas obtenidas, para esto, 9 individuos se dejaron para que llegaran a la etapa de floración y se cubrieron con tul esto para evitar que el viento tirara las semillas.

Una vez colectadas las semillas se contaron y se pesaron, se midieron a lo ancho y a lo largo, por último se colocaron 100 semillas en charolas de unicel de 30 x 50 x 10 con un sustrato de arena de río y agrolita (3:1) a una profundidad de 1 mm y se cubrieron con turba para su germinación.

14-October-2014

## **10. Resultados**

### **10.1.1 Número de esporas micorrícicas en tierra de monte y un suelo de matorral xerófilo.**

El suelo recolectado en una zona de matorral xerófilo y el suelo de monte, presentaron valores de 528 y 222 esporas respectivamente / 100 gramos de suelo, si bien la combinación de ambos suelos incrementó a 750 esporas esta cantidad permaneció en el nivel medio de efectividad de acuerdo con Tovar (2006), quien establece que para que un inóculo sea efectivo debe presentar 10 000 esporas / 100 gramos de suelo, requisito que no se cumplió en el suelo utilizado en este trabajo, sin embargo Monroy *et al.*, (2007), utilizó inóculos micorrícicos con una densidad de 1500 esporas / 100 g de suelo seco, lo cual fue suficiente para favorecer el establecimiento y la supervivencia de mezquite (*Prosopis laevigata*) y de huizache (*Acacia farnesiana*).

En este trabajo la densidad de esporas en 100 gramos de suelo seco no fue ni la mitad utilizada por Monroy, sin embargo Martínez y Martínez (2009), utilizaron inóculos micorrícicos con una densidad de 600 esporas / 100g de suelo seco, es decir una cantidad similar a la utilizada y, fue suficiente para aumentar el establecimiento de *Mimosa depauperata*.

14-October-2014

### 10.1.2 Identificación de esporas en los sustratos utilizados.

El sustrato para el cultivo de la lechuga presentó los siguientes géneros de hongos; 4 para el suelo de monte: *Acaulospora*, *Claroideoglossum*, *Funneliformis* y *Glomus* y 5 para el suelo de la zona natural (Parque Ecológico Cubitos): *Acaulospora*, *Claroideoglossum*, *Funneliformis*, *Glomus* y *Entrophospora* (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Géneros observados en dos muestras de suelo (suelo de monte y suelo del parque Ecológico cubitos).**

Suelo observado / Género	De monte	Parque Ecológico Cubitos.
<i>Acaulospora</i>	Presente	Presente
<i>Claroideoglossum</i>	Presente	Presente
<i>Entrophospora</i>		Presente
<i>Funneliformis</i>	Presente	Presente
<i>Glomus</i>	Presente	Presente

En el suelo de monte no se observó la presencia del género *Entrophospora* el cual generalmente se encuentra en suelos tropicales, sin embargo esto no pudo afectar a la micorrización de los sustratos, ya que en general las asociaciones micorrízicas se consideran no específicas, es decir que cualquier hongo simbiote puede colonizar a cualquier planta receptiva (López y Barceló, 2013).

### 10.1.3 Contenido de materia orgánica, N, P, K y determinación de pH en los diferentes sustratos (tratamientos) antes de establecer el cultivo de lechuga.

El contenido nutrimental (N, P, K), de materia orgánica y de pH fueron heterogéneos dependiendo del sustrato (Cuadro 7).



14-October-2014

Para todos los casos la materia orgánica fue alta, el nitrógeno presentó valores de medio a muy alto, el fósforo y el potasio fueron altos y el pH osciló de neutro a medianamente alcalino de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 021 de fertilidad de suelos (Cuadro 7).

Estos valores nutrimentales en los diferentes sustratos cubrieron los requerimientos alimenticios de la lechuga (Fueyo y Arrieta, 1998), la cual es considerada como un cultivo demandante de nitrógeno (Alvarado *et al.*, 2001).

14-October-2014

**Cuadro 7. Análisis nutrimental de los sustratos utilizados antes de establecer el cultivo de lechuga.**

Parámetro evaluado/	M.O. %	N %	P mg/kg	K Cmol/kg	pH	
<b>Tratamiento</b>						• T m o n C o m :
<b>Tierra monte</b>	26.79 ALTO	0.16 ALTO	89.69 ALTO	0.84 ALTA	7.16 NEUTRO	
<b>TmonCom</b>	33.17 ALTO	0.29 MUY ALTO	39.57 ALTO	2.48 ALTA	7.74 MEDIANAMENTE ALCALINO	
<b>TmonMic</b>	24.32 ALTO	0.14 MEDIO	78.5 ALTO	1.63 ALTA	7.27 NEUTRO	
<b>TmonMicCom</b>	33.17 ALTO	0.22 ALTO	29.97 ALTO	2.61 ALTA	7.71 MEDIANAMENTE ALCALINO	

---

 tierra de monte + composta.

- TmonMic: tierra de monte + suelo del Parque Ecológico Cubitos.
- TmonMicCom: tierra de monte + suelo del Parque Ecológico Cubitos + composta.

#### **10.1.4 Atributos del crecimiento de la planta de lechuga.**

A partir de las variables de respuesta consideradas en el cultivo de lechuga cultivadas y cosechadas según el diseño experimental, se obtuvieron los siguientes datos (Cuadro 8) que son importantes para apreciar las diferencias existentes en cada uno de los tratamientos:

14-October-2014

**Cuadro 8. Medias totales de las variables de respuesta en el cultivo de lechuga.**

Atributo evaluado	Altura (cm)	Cobertura (cm)	No.de hojas	Peso foliar (g)	Peso raíz (g)
Tratamiento					
Tierra de monte	28.9±2.7	21.9±3.6	27.3±4	108.6±21.4	19.5±3.3
TmonCom	22.3±2.9	24.3±4.5	30.6±4.5	110.3±25.8	32.5±4.6
TmonMicCom	21.7±1.3	21.9±1.5	30.3±4.9	119±17.3	29.1±5.4
TmonMic	21±1.6	21.9±1.8	21.8±2.4	106.4±14.2	23.8±4

- **Tierra de monte**
- **TmonCom: tierra de monte + composta.**
- **TmonMicCom: tierra de monte + HMA + composta-**
- **TmonMic: tierra de monte + HMA.**

14-October-2014

#### **10.1.5.1 Altura**

El tratamiento con tierra de monte fue el que registró las mayores alturas en las plantas de lechuga con 29 centímetros en promedio. El tratamiento con suelo del matorral que se utilizó como inóculo alcanzó alturas de 21-22 centímetros en promedio (Fig. 2), esto afirma que la respuesta en altura se presenta a partir de los 75 días después del trasplante, confirmando que la simbiosis micorriza- planta tiene un periodo de incubación variable (10 días, hasta varias semanas Buelvas y Peñates, 2008), durante este tiempo puede haber un retardo en el crecimiento del hospedero hasta que se establezca la simbiosis (Paillacho, 2010). En el caso de la tierra de monte+ composta+ micorriza, dicho retardo pudo deberse a la competencia entre los HMA y la composta lo que hace que las plantas disminuyan en cierta medida su asociación con HMA para incrementar su área de exploración radical y poder captar los nutrientes presentes en su medio de cultivo, ya que éstos son captados en una zona más cercana dentro del área de cultivo debido a la actividad microbiana que genera la composta. Por otra parte, los nutrimentos que la actividad microbiana de la composta pone a disposición de las plantas, no son totalmente aprovechados por estas, ya que su sistema radical, el cuál también está colonizado por HMA, intenta captar los nutrientes presentes en una zona más alejada dentro del área de cultivo. Todo lo anterior repercute en el desarrollo radical y aéreo de las plantas, debido que estas no aprovechan al 100% los nutrimentos disponibles ya sea en área alejada o cercana dentro de su medio de cultivo (Hernández, 2013).

14-Octubre-2014

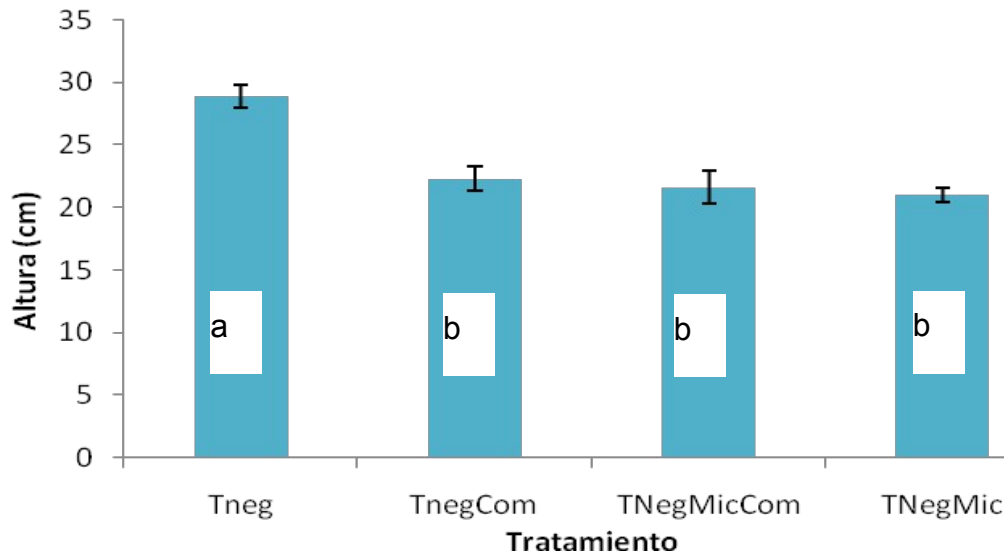


Figura 2. Altura promedio de plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F= 13.97$ ;  $P= 0.000005$ ). Tukey-Kramer  $p \leq 0.05$ . Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +suelo del Parque Ecológico Cubitos + composta, TnegMic: tierra de monte + suelo de Parque Ecológico Cubitos.

14-October-2014

### 10.1.5.2 Cobertura.

La cobertura promedio registrada de las plantas de lechuga fluctuó de 21.89 cm a 24.33 cm, sin embargo las diferencias estadísticas ( $p \geq 0.05$ ) no fueron significativas en ningún tratamiento (Figura 3).

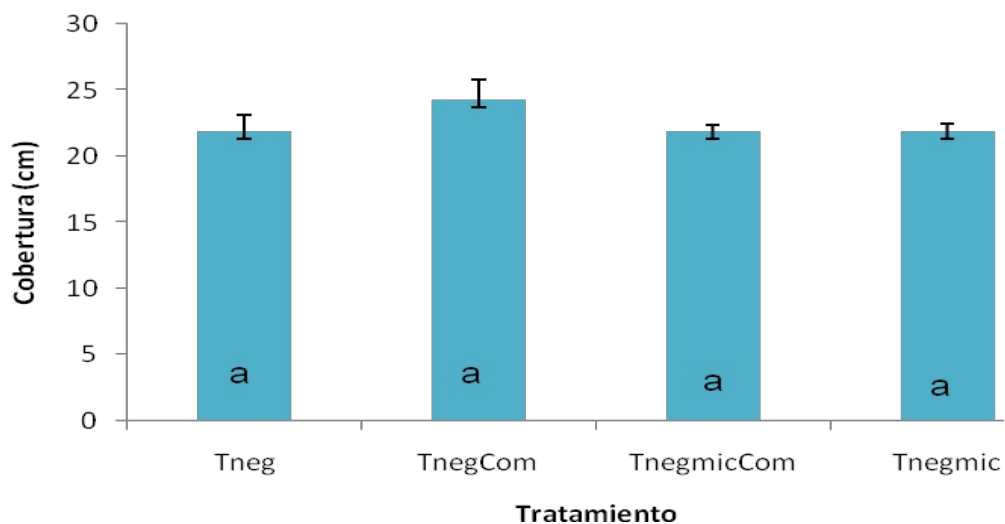


Figura 3. Cobertura promedio de plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras iguales entre los tratamientos indican que no hubo diferencias estadísticas significativas. ANOVA ( $F= 1.39$ ;  $P= 0.2643$ ). Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegmicCom: tierra de monte +HMA + composta, Tnegmic: tierra de monte + HMA.

14-Octubre-2014

### **10.1.5.3 Número de hojas.**

El número de hojas registrada osciló entre 27 y 30 hojas por planta de lechuga, donde el tratamiento con tierra de monte y micorriza presentó el valor más bajo y diferente significativamente a los otros tres sustratos (Figura 4).

El sustrato tierra de monte y composta, contiene ectomicorrizas las cuales pudieron facilitar el transporte de agua a las raíces de la planta hospedante, ya que las hifas extramatriciales y los rizomorfos actúan como extensiones del sistema radical y se comportan como estructuras de absorción de agua y nutrientes, de aquí una buena producción de hojas (Landis *et al.*, 1990). Este mismo comportamiento se observó en el sustrato de solo tierra de monte. En el caso del sustrato de tierra de monte, composta y micorriza los resultados fueron los mismos, es decir no hubo un efecto claro de la micorriza, en cambio el sustrato tierra de monte y micorriza presentó el menor número de hojas posiblemente como un efecto tal vez a la desecación del sustrato. Existen algunos trabajos donde se ha estudiado el efecto de la desecación sobre las micorrizas con diversos resultados. Mientras hay autores que observaron que la formación de micorrizas se ve favorecida por la desecación, otros opinan que no se ve afectada, o incluso disminuida.

Otros investigadores indican que la temperatura es el factor que más influye sobre la cantidad de hojas producidas por la planta, mientras que otros factores como la falta de agua o de nutrientes, afecta en menor medida ésta característica (Ospina *et al.*, 2011), lo cual pudo ser una respuesta en el sustrato de tierra de monte y micorriza en donde el contenido de materia orgánica y nitrógeno fue menor.

14-October-2014

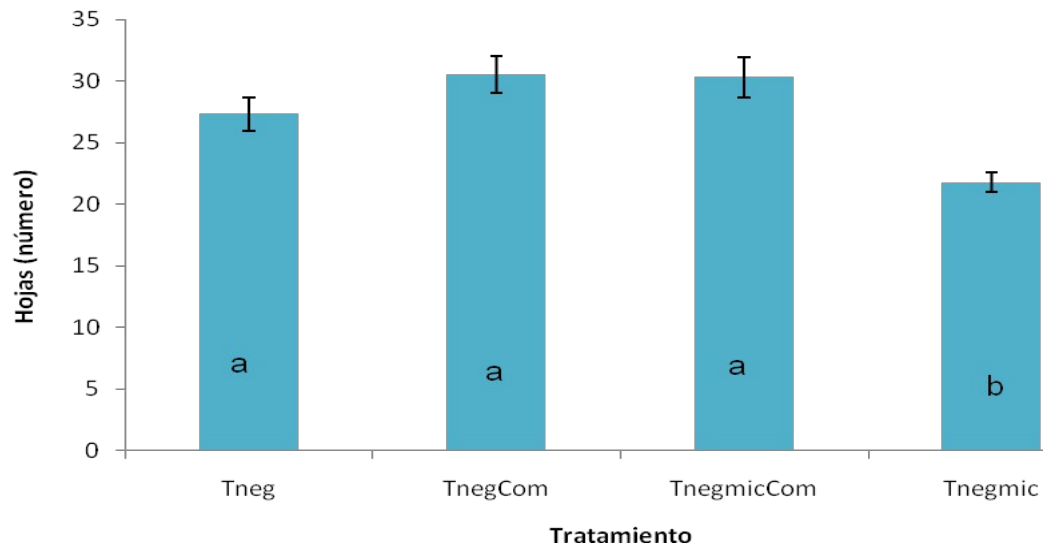


Figura 4. Número de hojas promedio en plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras diferentes entre los tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F= 9.19$ ;  $P= 0.000156$ ). Tukey-Kramer  $p \leq 0.05$ . Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta; Tnegmic: tierra de monte + HMA.



14-October-2014

**10.1.5.4 Peso fresco.**

**a) Peso foliar.** Los pesos obtenidos oscilaron entre 106 g y 119 g por planta de lechuga, sin embargo las ANOVAS para esta variable no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.5$ ) para ningún tratamiento (Figura 5).

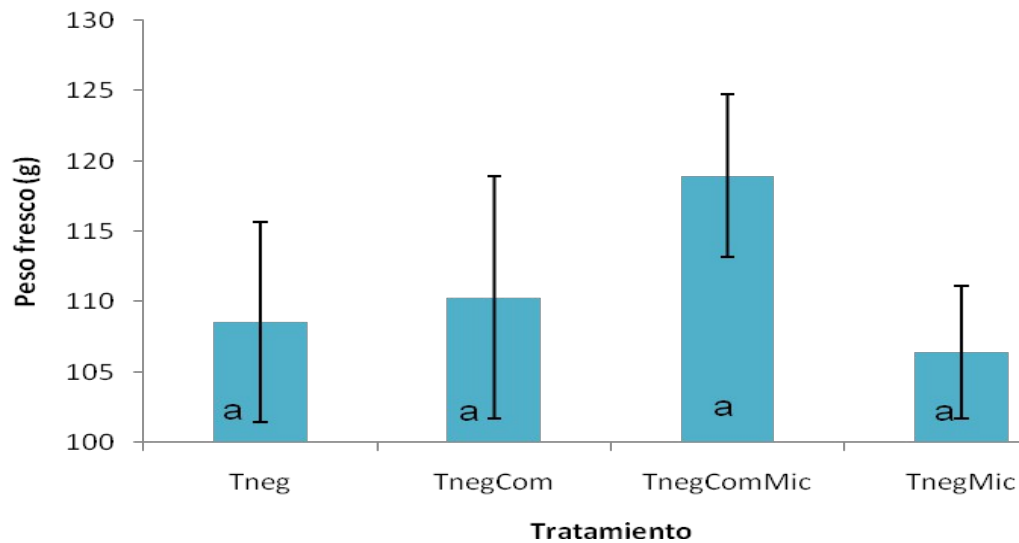
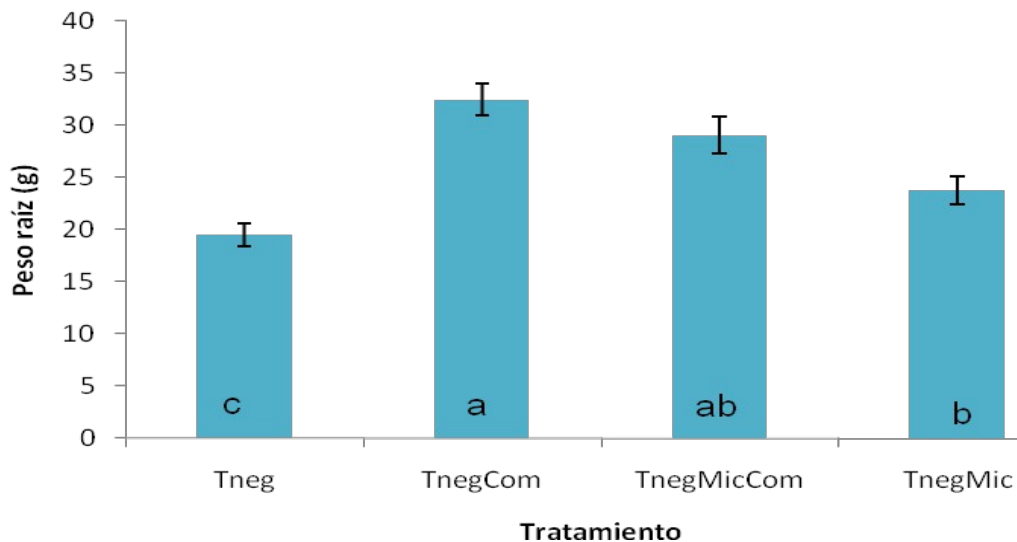


Figura 5. Pesos promedio de la parte foliar de plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras iguales entre tratamientos indican que no hubo diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F= 0.67$ ;  $P= 0.57$ ). Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-Octubre-2014

**b) Peso fresco de la raíz.** Los tratamientos de tierra negra-composta y tierra negra-micorriza-composta fueron los que registraron los mayores pesos de raíz 32 Y 29 gramos respectivamente (Figura 6). La estructura del suelo y su estabilidad son los factores que más influyen en el crecimiento de las raíces, ya que afectan el abastecimiento de oxígeno, agua y nutrimentos a la solución del suelo adyacente a éstas (Osuna-Ceja *et al.*,2006). En los tratamientos en los que no se uso composta, se presentó el desarrollo de raíz menor, esto pudo deberse a la estructura del suelo pues a los tratamientos que se les incorporo la composta desarrollaron raíces más grandes probablemente por la incorporación de la composta la cual ayudó a mejorar la estructura del suelo; ya que los abonos orgánicos mejoran dicha estructura (FAO, 2013).



**Figura 6.** Pesos promedio de la raíz de plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F=15.28$ ;  $P=0.000002$ ). Tukey-Kramer  $p \leq 0.05$ . Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

### 10.1.5.5 Índice de Dickson.

Un aumento en este índice representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que por una parte el desarrollo de la planta es grande, y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas (Mateo *et.al.*, 2011). El tratamiento que presentó la mejor calidad de planta fue el de Tneg-Com, con una media de 41.34 gramos, el tratamiento Tneg-Mic-Com registró una calidad de planta de 35.38 (Fig. 7); estos dos tratamientos estadísticamente fueron similares ya que no hubo diferencias significativas entre ellos. Estos resultados muestran que las condiciones de agua (capacidad de campo) y nutrientes (composta) a los que estuvieron expuestas las lechugas, fueron óptimas para influir en varios atributos morfológicos y fisiológicos para establecer, crecer y desarrollarse.

La gran diversidad genética de HMA está asociada a una elevada diversidad funcional provocando efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Diversos estudios muestran que la micorrización, la captación de nutrientes y la productividad vegetal varían en función de las especies de plantas y hongos que interaccionen. La absorción de P por una misma especie de planta varía en función del HMA que colonice las raíces. A su vez la productividad vegetal como la distribución de N y P en plantas coexistentes están determinadas por el HMA con que interaccionan (Martínez y Pugnaire, 2009).

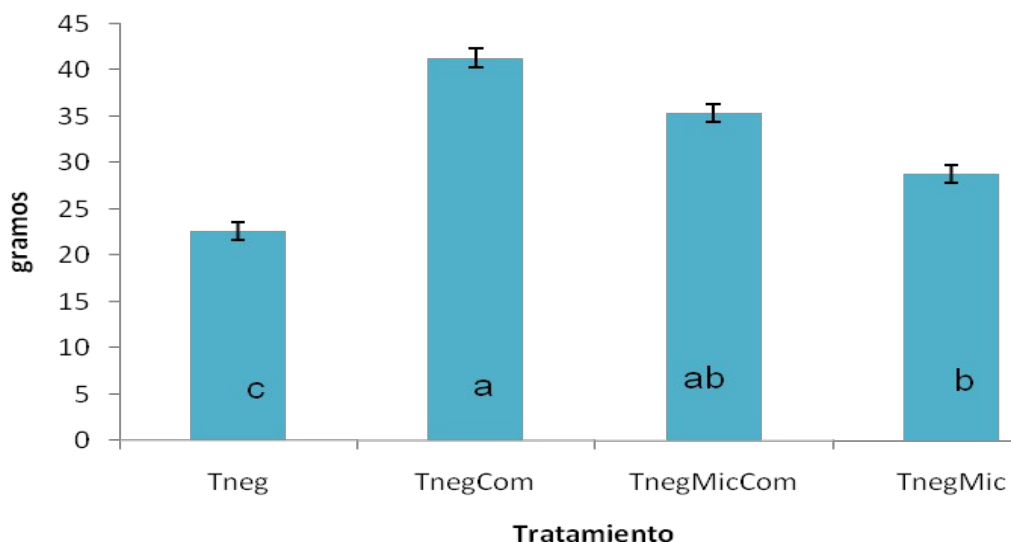


Figura 7. Índice de Dickson en plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F=15.80$ ;  $P=0.000002$ ). Tukey-Kramer

LÓPEZ RODRÍGUEZ JACQUELINE

14-October-2014

**$p \leq 0.05$ . Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.**

14-October-2014

### 10.1.5.6 Supervivencia

En ningún tratamiento se tuvo mortandad de las plantas, ya que el sustrato utilizado en los tratamientos fue similar nutrimentalmente, estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales (temperatura, riego, luz, nutrientes) y el germoplasma utilizado fue de buena calidad (Villar S. 2003). Todos estos aspectos son sumamente importantes para el establecimiento y desarrollo de una hortaliza como la lechuga.

### 10.1.5.7 Tasa de Crecimiento Relativo

Las ANOVAS, para esta variable no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.5$ ) para ningún tratamiento (Fig. 8), esto debido a que no todas las plantas dependen en igual medida de los HMA para su crecimiento (Martínez y Pugnaire 2009).

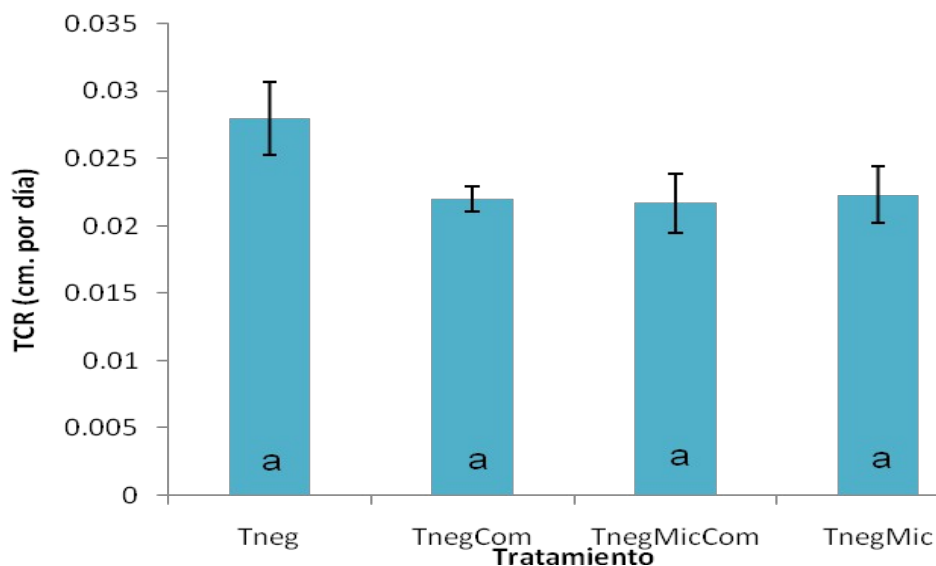
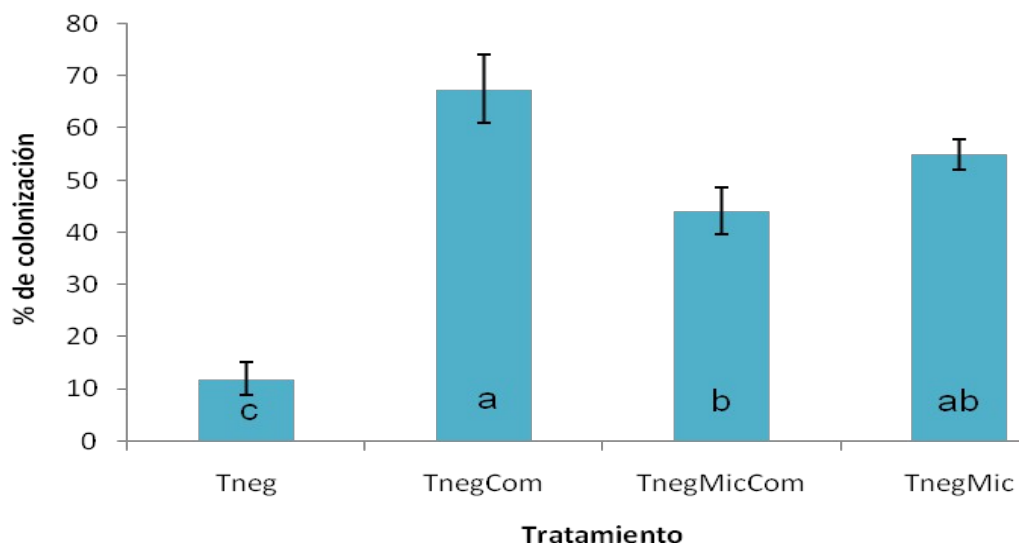


Figura 8. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en plantas de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras iguales entre los tratamientos indican que no hubo diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F= 2.07$ ;  $P= 0.12$ ). Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

#### 10.1.5.8 Porcentaje de colonización.

El porcentaje de colonización fue mayor en el tratamiento TnegComp con un 67.5% (Fig. 9), esto debido a la competencia que pudo haber entre los otros tratamientos, ya que al introducir esporas de HMA de otro ecosistema provoca competencia entre las HMA nativas y las introducidas. Las micorrizas arbusculares pueden mostrar competencia entre especies o potenciar su efecto cuando se inocula una mezcla de cepas, con lo cual algunas cepas son más eficientes o efectivas que otras (Martínez y Pugnaire 2009 ); en este trabajo al mezclar las cepas no se obtuvo un incremento en la colonización, por lo que se puede decir que se presentó competencia entre ellas, a su vez Martínez y Pugnaire (2009) mencionan que el nivel de micorrización, la captación de nutrientes y la productividad de la planta varían en función de la procedencia del inóculo.



**Figura 9.** % de colonización en raíces de *Lactuca sativa* de 12 semanas de edad. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F=28.33$ ;  $P=0.0000001$ ). Tukey-Kramer  $p \leq 0.05$ . Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte +HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

**10.1.6 Semillas obtenidas.**

Para obtener las semillas se dejó que las lechugas llegaran a la etapa de inflorescencia y que las semillas maduraran para colectarlas (figura 10).



**Figura 10.** Inflorescencia de *Lactuca sativa* (subida a flor).

14-October-2014

*10.1.6.1 Número de semillas por un gramo.*

Las lechugas cultivadas en los diferentes sustratos, presentaron diferencias significativas en su producción de semillas. El número de semillas por gramo osciló entre 700-856 semillas. El tratamiento que produjo mayor número de semillas por un gramo fue el de Tneg-Com con 856 (Fig. 11), esto es más alto de lo que la literatura ha citado. La FAO 2011 reporta una producción promedio de 700-800 semillas / g para una lechuga.

***Por otro lado, el número de semillas presentes en un gramo que las casas comerciales reconocidas*** como Hydroenvironment o Cosechando Natural ofrecen sobres con semillas de 600 – 700 semillas/g, con un costo de \$15.00; al dejar florecer una lechuga se obtienen hasta 3,000 semillas equivalentes a 4 gramos aproximadamente, esto representa un beneficio económico para el agricultor ya que este puede almacenar las semillas hasta por cinco años.

Los tratamientos con micorrizas solo produjeron en promedio 700 semillas/g, al igual que la tierra de monte, lo cual fue menor al sustrato que contenía composta. Lo cual apoya lo propuesto por Wallander (1992), quien consigna que altos niveles de nitrógeno y fósforo, reducen la cantidad de carbohidratos en las raíces a niveles demasiado bajos para mantener al hongo simbiote.

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno en el suelo influyen directamente en el desarrollo de las micorrizas. Varios experimentos, en los que se compararon diferentes niveles de fertilización en plántulas producidas en contenedor, muestran que la formación de micorrizas está relacionada con los niveles de N y P añadidos al cultivo (Trofymow y van den Driessche, 1991; Bowen, 1994). Estos nutrientes, también pueden afectar a los hongos indirectamente, puesto que la asimilación de nutrientes consume energía y carbohidratos, lo cual puede reducir el carbono disponible para el desarrollo de la cepa fúngica.



14-October-2014

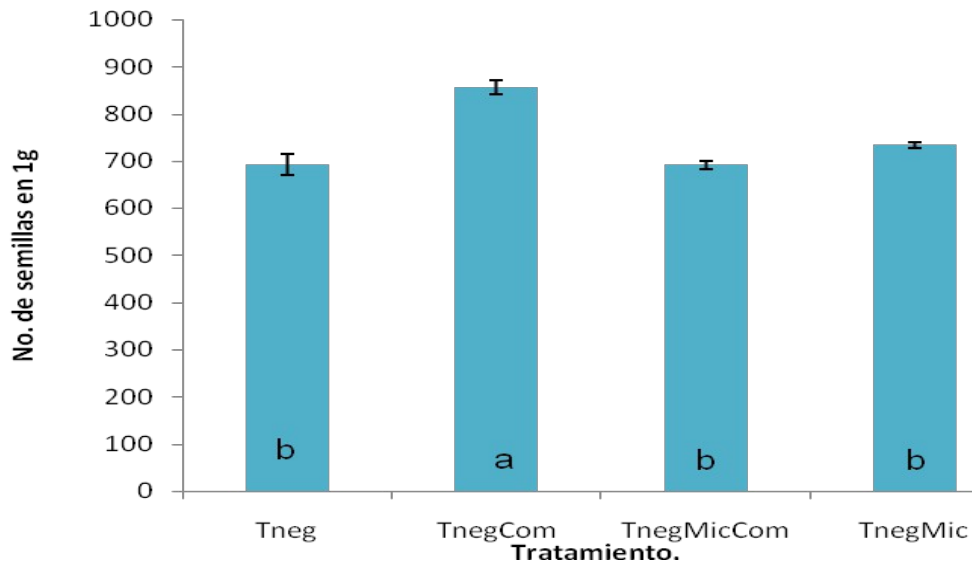


Figura 11. Número de semillas presentes en un gramo de estas obtenidas de plantas de *Lactuca sativa* de 24 semanas de edad. Letras diferentes entre los tratamientos indican diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F=29.93$ ;  $P=0.0000001$ ). Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte + HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

### 10.1.6.2 Longitud de las semillas

Las ANOVAS para esta variable, no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.5$ ). Se tomó una muestra de 30 semillas de una casa comercial (Cobo S.A.) y su longitud es similar a la que presentaron las semillas obtenidas en el cultivo (Fig. 12), es decir que son competitivas en tamaño a las comercializadas en el mercado convencional.

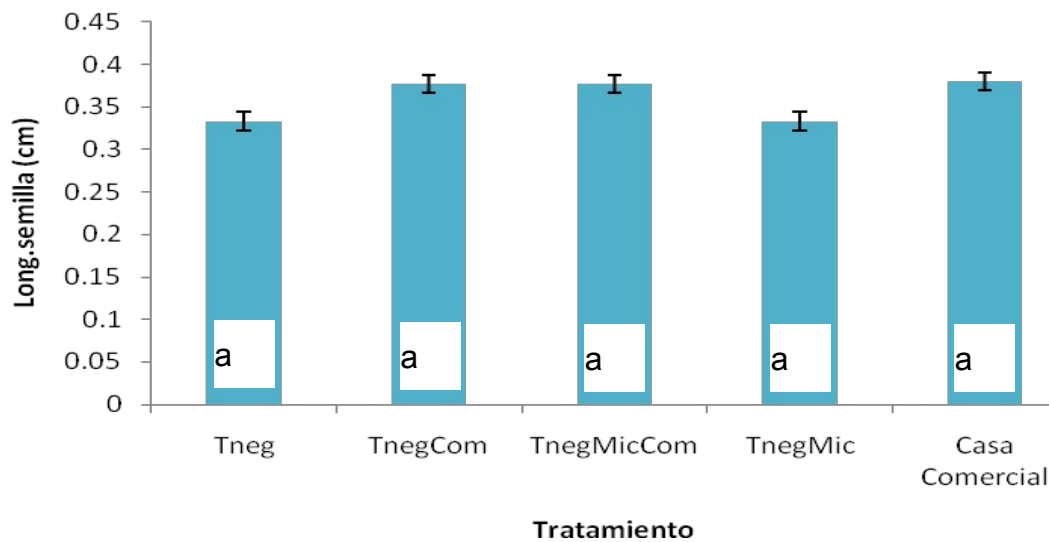
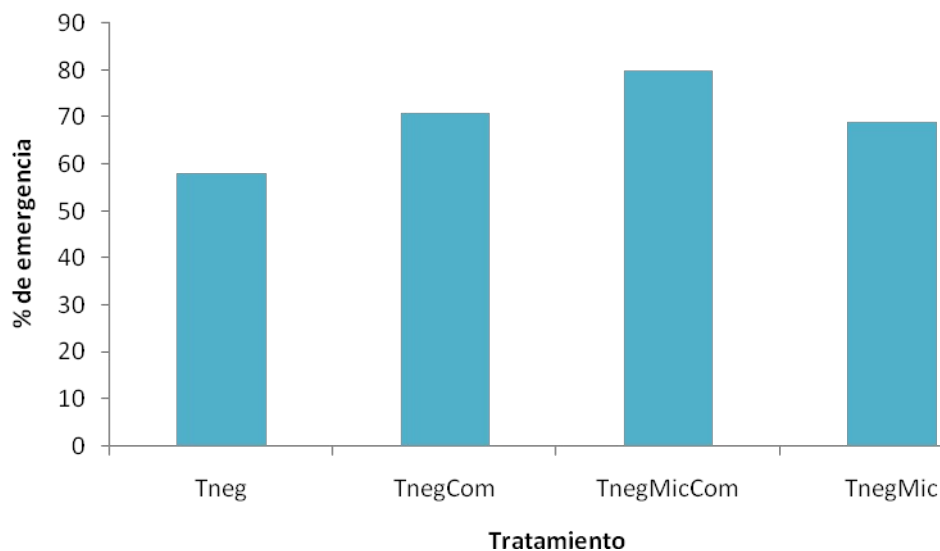


Figura 12. Longitud de las semillas de plantas de *Lactuca sativa* de 24 semanas de edad. Letras iguales entre tratamientos indican que no hubo diferencias estadísticas significativas ANOVA ( $F=2.08$ ;  $P=0.1222$ ). Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte + HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

### 10.6.3 Porcentaje de emergencia.

Para esta variable sólo se realizó una repetición de emergencia por la poca cantidad de semillas obtenidas para poder hacer las repeticiones. En el gráfico se puede observar que el tratamiento TnegMicCom fue el que presentó el 80% de emergencia siendo el más alto en comparación con los otros tratamientos, aunque el tratamiento de TnegCom obtuvo el 71%, no muy alejado del anterior. Hidroenvainment ofrece hasta un 95% de emergencia en las semillas que comercializa.



**Figura 13.** Porcentaje de emergencia de semillas de *Lactuca sativa* de 24 semanas de edad. Tneg: tierra de monte, TnegCom: tierra de monte + composta, TnegMicCom: tierra de monte + HMA + composta, TnegMic: tierra de monte + HMA.

14-October-2014

### **10.7 Rendimiento del cultivo.**

La densidad de plantas de lechuga durante el cultivo fue de 9 plantas / m<sup>2</sup>, muy por encima de lo citado por la literatura de 2.5 plantas / m<sup>2</sup> (Hernández y Hernández, 2005), esto se debe por el espacio que se deja entre los surcos (25 cm aproximadamente) para no afectar el desarrollo de la planta; cabe mencionar que en un cultivo de hidroponía se reportan de 4.9 a 5.3 plantas / m<sup>2</sup>. El cultivo que se realizó en este trabajo con los envases utilizados optimiza el empleo de la superficie comparado con un cultivo en suelo y con un cultivo hidropónico. Sin embargo el rendimiento no se ve favorecido ya que se obtuvieron 1.08 kg / m<sup>2</sup>, en el mercado convencional se reportan 2.12 kg / m<sup>2</sup>, según la Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios 2013; este rendimiento se debe a la gran cantidad de químicos utilizados por la agricultura convencional, ya que al suministrar de dichos químicos a las plantas estas aumentan en volumen y su apariencia es más atractiva para el consumidor sin embargo, esto no quiere decir que sean más nutritivas.

14-October-2014

## **11. Conclusiones**

El cultivo de lechuga con un sustrato abonado con composta y bajo condiciones controladas de riego, no necesita la incorporación de HMA, para su desarrollo y rendimiento ya que las variables del crecimiento cobertura, número de hojas, peso fresco foliar y rendimiento, no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Las variables peso fresco de raíz, TCR, Índice de Dikson y número de semillas/g resultaron más altas en el sustrato enriquecido solo con composta, lo cual es una respuesta al contenido de ectomicorrizas presentes en la tierra de monte, las cuales facilitan el transporte de agua a las raíces de la planta hospedante, ya que las hifas extramatriciales y los rizomorfos actúan como extensiones del sistema radical y se comportan como estructuras de absorción de agua y nutrientes.

La introducción de esporas de micorrizas de matorral xerófilo, al cultivo de lechuga, aunque inducen colonización en sus raíces no produce efectos significativos en su desarrollo y rendimiento.

La lechuga al ser una planta de ciclo de vida corto no necesita de las micorriza, pues dichas micorrizas necesitan por lo menos de un año para establecerse.

En las variables reproductivas, el número de semillas/g fue mejor en el sustrato con abono orgánico, como una respuesta directa de su alto contenido en potasio (responsable de la floración) y fósforo (responsable de la fructificación).

En general, se concluye que la lechuga como una hortaliza de ciclo corto, no requiere de la inoculación de micorriza para mejorar su desarrollo y rendimiento y que sólo es suficiente la incorporación al sustrato de un abono orgánico rico en nitrógeno, fósforo y potasio.

14-October-2014

## 12. Referencias

- Álvarez, S. J y A., Monroy. 2008. Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración. UNAM Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Arriaga, R. M y V., Olalde. 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. Cv. Orange pixie. Agricultura técnica en México vol. 35 pp. 201-210.
- Audesirk *et.al.* 2004. Biología; ciencia y naturaleza. Pearson Educación. México. Capítulo 6.
- Blancard, D. y B.. Maisonneuve. 2005. Enfermedades de las lechugas identificar, conocer y controlar. Ediciones Mundi-prensa. España. pp 85-90
- Buelvas, R. O. y W., Peñates. 2008. Caracterización de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (H.M.A.) y vesículo arbusculares (H.M.V.A.) nativas, asociadas con el pasto angleton (*Dichanthium aristatum*), bajo diferentes fuentes de abonamiento en la hacienda casanare, municipio de Tolú, Sucre. Universidad de Sucre, facultad de ciencias agropecuarias.
- Elhage, S. 1997. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. Editorial Hattam. México. pp. 1-8
- Ferrera, C. R. y A., Alarcón. 2001 La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Ciencia Ergo Sum. vol. 8. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 175-183.
- Fraume, R. N. 2007. Diccionario ambiental. Ecoediciones colección textos universitarios. Colombia. pp. 12
- Fueyo, O. M. y A., Arrieta. 1998. Producción de lechugas. Horticultura. Tecnología agroalimentaria. CIATA. España. pp. 3-5.
- Hernández, J. C. y J., Hernández. 2005. Valoración productiva de lechuga hidropónica con la técnica de película de nutrientes (NFT). Naturaleza y desarrollo. Vol. 3 núm. 1

14-October-2014

- Hernández, M.L. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Cultivos tropicales , vol 25, num 2. Instituto Nacional de ciencias agrícolas. La Habana Cuba. pp. 5-12.
- Hernández, Z. Y. 2013. Inoculación con micorriza arbuscular y uso de vermicomposta en el cultivo de albahacar (*Ocimum basilicum L.*). Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- INEGI. 1997. Cultivos anuales de México VII censo agropecuario. México. pp. 429.
- Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S. E. y Barnett, J.P. 1990. The Biological component: Nursery Pest and Mycorrhizae. In: The Container Tree Nursery Manual. USDA Forest Service. Washington.
- López, E. 2013. Tesis. Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fertilizantes orgánicos en el rendimiento de lechuga (*Lactuca Sativa. L.*). Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. Paraguay.
- Martínez, L.B. y F.I. Pugnaire. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Ecosistemas 18 (2): 44-54 pp.
- Martínez, O. L. y P. M., Martínez. 2009. Establecimiento de plantas de *Mimosa depauperata* inoculadas con hongos micorrizogenos arbusculares (HMA) en condiciones de invernadero. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México.
- Mateo, S. J.; R. R., Pérez; J. G., Capulín y L. C., Mohedano. 2011. Producción de (*Cedrela odorata I.*) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. Ra Ximhai, Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable. vol.7. número 1. Universidad Autónoma Indígena de México. Mochicahui, El fuerte, Sinaloa. pp 195-204

14-Octubre-2014

- Melgares, J. y D. González. 2004. Uso de micorrizas en cultivo ecológico de lechuga iceberg. España. pp. 193-196
- Monroy, A.A.; J. T., Estevez; R. S., García y R. G., Rios. 2007. Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. Boletín de la Sociedad Botánica de México, vol. Sup, núm. 80. pp 49-57.
- Moreira, F., E. Jeroen, D. Bignell. 2011. Manual de biología de suelos tropicales.
- Nava, S. S. 1992. Producción intensiva de lechuga (*Lactuca sativa* L), en hidroponía bajo invernadero para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Tesis. Chapingo. México. pp. 52-68.
- Norman, G.R. y D. Streiner.1996. Bioestadística. Harcourt. Madrid, España. pp 98-105.
- Osuna-Ceja, S.E. *et al* 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. Agrociencia. Vol 40, número 1. México.
- Paillacho, C. F. 2010. Evaluación de la efectividad de las micorrizas arbusculares nativas sobre el desarrollo y estado nutritivo del palmito (*Bactris gasipaes* HBK) en etapa de vivero en Santo Domingo de los Tsáchilas. Informe técnico del proyecto de investigación. Escuela politécnica del ejército. Ecuador.
- Petroglia, C. y R. Cayssials. 1995. El suelo. UNESCO. Uruguay. pp 1-21
- Ruíz, F.F. 2004. Transgénicos vs Agricultura orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 90.
- Schübler, A., Schwarzott, D. y Walter, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycology Research. 105:1413-1421.
- Tapia, G. J. y R., Ferrera. 2010. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Revista Mexicana de Micología 31:69-74. México.



14-October-2014

Torres, T. F. y Y. Trápaga. 1997. La agricultura orgánica: una alternativa para la economía campesina de la globalización. Plaza y Valdés Editores. México. pp. 13-38

Ullé, J. A. 2001. Producción de hortalizas de hojas orgánicas. Boletín Hortícola. Año 9. Núm. 29. pp. 4-8. La plata. Argentina.

Villar, S. P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. Universidad de Alcalá. Asociación Española de Ecología Terrestre. España.

Wallander, H. 1992. Regulation of ectomycorrhizal symbiosis en *Pinus sylvestris* L. seedlings. Influence of mineral nutrition. Department of Forest Mycology and Pathology. Uppsala.

14-Octubre-2014

### **Referencias electrónicas**

Alvarado, D.; F. C., Chávez y K. A., Wilhelmina. 2001. Seminario de agronegocios. Lechugas hidropónicas. Universidad del pacífico. Disponible en: [http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER\\_Jerarquia/EditForm/11lechugh.pdf](http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/11lechugh.pdf). Revisado en junio del 2012.

Better crops. 2005. 83 (1): 6-7. Functions of Phosphorus in plants. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/\\$file/Funciones+del+F%C3%B3sforo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/$file/Funciones+del+F%C3%B3sforo.pdf). Revisado en noviembre del 2011.

CONABIO. 2009. Disponible en:

[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21940\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21940_sg7.pdf). Revisado en mayo del 2012.

Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios. 2013. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/documents/hortalizas.pdf>. Revisado en julio del 2013.

FAO. 2011. Manual técnico. Producción artesanal de semillas de hortaliza para la huerta familiar. <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/semillas-aup/>. Revisado en mayo del 2013.

FAO. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org./docrep/v5290s/v5290s30.htm>. Revisado en junio del 2013.

NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>. Revisado en junio del 2012.

Orgánica. 2010. Alimentación orgánica. Disponible en: <http://argentinaorganica.blogspot.com>. Revisado en abril del 2012.

14-Octubre-2014

- Ospina, G. J. *et al* 2011. Evaluación de la producción de biomasa de maíz en condiciones del trópico colombiano. *El cerealista*. Disponible en: [http://www.fenalce.org/arch\\_public/biomasa98.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/biomasa98.pdf). Revisado en mayo del 2013.
- Rojas, K. y N. Ortuño. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. Disponible en: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892007000200005&lng=en&tlng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892007000200005&lng=en&tlng=es). Revisado en junio 2013.
- Tovar, F.J. 2006. Selección en invernadero de inóculos de micorriza arbuscular (MA) para el establecimiento de la alfalfa en un andisol de la sabana de Bogotá. Departamento de nutrición y bioquímica, facultad de ciencias, pontifica universidad javeriana, cra. 7ª no. 40-62, Universitas scieniarum, revista de la facultad de ciencias, Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/499/49909907.pdf>. Revisado en abril 2013.
- Trinidad, S. A. 2000. Abonos orgánicos. Instituto de recursos naturales. Colegio de postgraduados. Carretera México-Texcoco Km 36.5 Montecillo. Estado de México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>. Revisado en octubre del 2011.