

**EFFECTO DEL ORIGEN DE UNA MORFOESPECIE DE  
HONGO MICORRIZÓGENO ARBUSCULAR SOBRE LA  
PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO  
(*CAPSICUM CHINENSE* JACQ.)**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES TROPICALES**

**P O R**

**Licenciado en agroecología  
Ángel Haziél Patrón Leirana**

**Asesores:**

**Dr. José Alberto Ramos Zapata  
M. en C. Laura Verónica Hernández Cuevas**

**Mérida, Yuc., México Junio de 2016**

## Votos aprovatorios del sínodo

1.-

2.-

3.-

4.-

5.-

## **Declaratoria de originalidad**

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

## Dedicatoria

AL DIOS DE ABRAHAM, DE ISAAC Y DE JACOB

¿Quién es sabio y entendido entre ustedes? Que lo demuestre con su buena conducta, mediante obras hechas con la humildad que le da su sabiduría.  
Santiago 3:13

## **Agradecimientos**

A José Ramos Zapata y Laura Hernández Cuevas por su agradable y enriquecedora amistad.

Al proyecto “Estudio de la Diversidad y las Interacciones Bióticas para la Conservación y Restauración de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos Yucatán” (PROMEP/103.5/13/9359) por las oportunidades brindadas.

Al consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT) por su apoyo a lo largo de este trabajo.

## RESUMEN

El origen de las cepas de diferentes especies de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) puede repercutir en su efecto sobre las plantas hospederas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con una morfoespecie de HMA de dos orígenes contrastantes: selva baja caducifolia (SBC) y matorral de duna costera (MDC) sobre la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de invernadero. Se extrajeron las esporas del suelo de cada sitio, se propagaron e identificaron eligiéndose como inóculo la morfoespecie *Claroideoglossum claroideum*. Posteriormente se obtuvieron plantas de chile habanero de 40 días de edad, las cuales fueron inoculadas y fertilizadas, los tratamientos consistieron en: 1) Inóculo de SBC (ISBC), 2) Inóculo de SBC+fertilización (ISBD+F), 3) Inóculo de MDC (IMDC), 4) Inóculo de MDC+fertilización (IMDC+F), 5) fertilización (F) y 6) control, organizados en un diseño de bloques al azar. Se evaluó el grado de efectividad micorrízica cosechando los frutos a lo largo de diez cortes en intervalos de siete días y por último el porcentaje de colonización micorrízica. Solo en la variable número de frutos chicos por planta, los tratamientos ISBD+F e IMDC+F se diferenciaron significativamente con el control. Los resultados sugieren que el origen del HMA no influye significativamente sobre el porcentaje de colonización y producción de frutos de *C. chinense* en condiciones de invernadero.

**PALABRAS CLAVE.** *Claroideoglossum claroideum*, *Capsicum chinense*, producción, selva baja caducifolia, matorral de duna costera.

## SUMMARY

The origin of strains of different species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can impact their effect on host plants. The objective of this study was to evaluate the inoculation effect of one arbuscular micorrhizal fungi (HMA) morphoespecies with contrasting origin: dry tropical forest (DTF) and coastal sand dune (CSD), on the growth of habanero peppers plants (*Capsicum chinense* Jacq.), in green house conditions. Soil spores were taken from each site, propagated and identified, the morphoespecie selected as inoculum was *Claroideoglo mus claroideum*. Subsequently 40 days old habanero plants were obtained, which were inoculated and fertilized as appropriate, treatments consisted of: 1) DTF inoculum (DTFI) 2) DTF inoculum +fertilizer (DTFI+F), 3) CSD inoculum (CSDI), 4) CSD inoculum+ fertilizer (CSDI+F), 5) fertilizer (F) and 6) control which were organized in a randomized block design. The degree of mycorrhizal effectiveness reaping the fruits over ten harvest at intervals of seven days and finally the percentage of mycorrhizal colonization was evaluated. Only in the variable number of fruits per plant, the DTFI+F and CSDI+F treatment differed significantly from control. The results suggest that the origin of HMA are not significant influenced for the percentage of colonization and fruit production of *C. chinense* under greenhouse conditions.

**KEY WORDS.** *Claroideoglo mus claroideum*, *Capsicum chinense*, production, dry tropical forest, coastal sand dune.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1. Hongos micorrizógenos arbusculares.....	12
2.2. Inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares.....	13
2.3. Importancia del origen de los hongos micorrizógenos arbusculares .....	14
2.4. Selva baja caducifolia.....	14
2.5. Hongos micorrizógenos arbusculares en la selva baja caducifolia.....	17
2.6. Matorral de duna costera .....	18
2.7. Hongos micorrizógenos arbusculares en la vegetación de duna costera.....	19
2.8. Chile habanero.....	21
2.9. Importancia de los hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo del chile habanero.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. Objetivo general.....	23
3.2. Objetivos particulares .....	24
4. HIPÓTESIS .....	24
5. LITERATURA CITADA.....	25
<b>EFFECTO DEL ORIGEN DE UNA MORFOESPECIE DE HONGO MICORRIZÓGENO ARBUSCULAR SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) .....</b>	<b>38</b>
ANEXOS.....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día a pesar de que cada vez hay menos suelo óptimo para el desarrollo de una agricultura productiva y eficiente, la demanda de alimentos va en aumento (Altieri y Toledo, 2011). Por esta razón, la aplicación de abonos orgánicos y la inoculación con microorganismos son alternativas que pueden emplearse para favorecer la producción agrícola (Velasco *et al.*, 2001). Por ejemplo, la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) se realiza con el fin de estimular el desarrollo y producción de las plantas de interés económico (Boby *et al.*, 2008), por lo que se consideran de importancia para su productividad (van der Heijden *et al.*, 1998; Smith *et al.*, 2000).

Las actividades de los HMA como el transporte de agua y nutrientes, formación de agregados del suelo etc., son variables (Wood *et al.*, 1989; St. John, 2000), por lo que los hongos seleccionados deben ser apropiados para el sistema de producción. Si se considera que el origen de los HMA repercute en su efecto sobre las plantas hospederas (Aguilera, 1998; Vosatka y Dodd., 2002; Castillo *et al.*, 2009), podemos decir que las funciones de los HMA puede depender en mayor grado de la procedencia del inóculo que de la especie fúngica. Sin embargo, las bases de esta variabilidad y sus consecuencias han sido poco estudiadas y poco se conoce acerca de las diferencias de los HMA de la misma especie pero de diferente origen (Brundrett *et al.*, 1996).

Se ha sugerido que las características funcionales de los HMA y el efecto que estos ejercen sobre las plantas se potencializan cuando se aíslan de suelos con condiciones similares a las presentes en donde se desea inocular, por ejemplo, se ha reportado que diversa plantas entre las que se encuentra el chile, al ser inoculadas con la misma especie de HMA obtienen

un mayor crecimiento cuando son cultivadas en sustratos con condiciones similares de estructura, humedad o contaminación al del origen del HMA (Vosatka y Dodd., 2002; Castillo *et al.*, 2013). Por lo tanto, considerar el origen del inóculo, así como las condiciones edafoclimáticas de donde se pretende inocular, podría ser trascendental para la selección y producción de inóculos dirigidos a condiciones ambientales específicas.

Por otra parte, el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es la segunda hortaliza de importancia en México (Galindo y cabañas, 2006) siendo Yucatán, el estado con mayor superficie producida (SAGARPA, 2004). En la actualidad, son frecuentes los trabajos en donde estas plantas son cultivadas bajo condiciones de invernadero, se controla la fertilización, condiciones edáficas, humedad etc., y se inoculan con HMA con el fin de aumentar su producción (Sreenivasa *et al.*, 1993; Tun, 2001; Yildiz, 2010; Castillo *et al.*, 2013). Es importante mencionar que diversos trabajos recomiendan que el material en donde se va a inocular con HMA, sea una mezcla de sustratos en donde el suelo de la región es el de mayor proporción (Ijdo *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2013), lo cual, es una práctica común en los sistemas de producción de *C. chinense* en condiciones controladas. Por lo anterior, la inoculación con HMA es una alternativa que se adecua a la producción de *C. chinense* en invernadero.

El efecto de la inoculación con HMA provenientes de matorrales de duna costera (MDC), en la mayoría de las plantas es más notorio cuando se encuentran en suelos de baja fertilidad y con escasez de agua (Albaladejo *et al.*, 1995; van der Heijden *et al.*, 1998), por lo que podemos asumir que su efecto sobre plantas producidas en invernadero u otros sistemas controlados de producción pueden ser menos evidente. Una de las principales características de los HMA de éstos sistemas áridos es permitir a las plantas la tolerancia a la sequía (Michelsen y Rosendahl, 1989) y la reducción al

estrés por salinidad (Al-Karaki, 2000), todos estas, de poca importancia cuando el cultivo se da en condiciones de invernadero. Por tal motivo, los HMA provenientes de MDC son más utilizados en proyectos de restauración que en sistemas agrícolas (Albaladejo *et al.*, 1995; Bagyaraj y Varma, 1995).

Los HMA encontrados en selva baja caducifolia (SBC) se asocian con la mayoría de los cultivos agrícolas (Allen *et al.*, 2003; Douds y Jonson, 2003), ejerciendo una fuerte influencia sobre la nutrición y crecimiento de las plantas. Se sabe que los HMA de SBC influyen sobre la fertilidad del suelo y por lo tanto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bagyaraj, 1989), razón por la que su caracterizan principalmente por facilitar la toma de nutrientes del suelo (Cui y Caldwell, 1996) y hacer más eficiente la obtención y transferencia de agua en las plantas (Huante *et al.*, 2002; Allen *et al.* 2003). De igual manera, actúan en diferentes tipos de suelo que pueden ir de arcillosos a arenosos con pH de ácido a ligeramente alcalino pobres o ricos en materia orgánica (Rzedowski, 1981; Allen *et al.*, 2003); por esta razón, los HMA obtenidos en SBC como por ejemplo los del genero *Glomus* y *Acaulospora* se relacionan con una gran diversidad de plantas bajo condiciones naturales y de estrés, por lo que se consideran generalistas (Boddington *et al.*, 2000; Guadarrama *et al.*, 2007). Estas características demuestran que los HMA originarios de SBC podrían ser utilizados para promover la producción de chile habanero en condiciones de invernadero.

A diferencia de los HMA obtenidos en MDC los procedentes de SBC se encuentran en condiciones más afines al cultivo de *C. chinense* en invernadero, y presentan características funcionales atribuidas por su origen que podrían favorecer su desempeño en estos sistemas., por esta razón, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del origen de una morfoespecie de HMA obtenida de dos sitios contrastantes (SBC y MDC) sobre la

producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por medio de un bioensayo en condiciones de invernadero.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Hongos micorrizógenos arbusculares**

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) pertenecen al phylum Glomeromycota, ampliamente distribuidos en el planeta (Smith y Read, 2008). Se estima que entre el 90 y el 95% de las familias vegetales en el mundo establecen de forma natural la interacción micorrízica arbuscular (van der Heijden *et al.*, 1998; Aerts, 2002), a su vez, esta simbiosis influye de manera importante en la productividad y diversidad vegetal plantas (van der Heijden, 2002), debido a que los HMA repercuten en la diversidad y productividad de las comunidades de plantas (Le Tacon *et al.*, 1998; van der Heijden, 2002).

Por lo tanto, la micorriza arbuscular es la asociación que se presenta entre las raíces de la mayoría de las plantas vasculares y los HMA (Schüßler *et al.*, 2001). Dicha interacción es considerada mutualista, ya que existe un intercambio de nutrientes entre ambo organismos (Smith y Read, 2008), la interdependencia dada en esta simbiosis es tan fuerte que el hongo no podría reproducirse en ausencia de una planta hospedera (Barea *et al.*, 1987).

La importancia de los HMA radica en sus hifas extrarradicales, ya que estas forman una extensión de la raíz, aumentando la superficie de absorción de agua y nutrientes del suelo (Tanner, 2013), igualmente se encargan de translocar nutrimentos directamente de la materia orgánica a las raíces,

evitando su pérdida por lixiviación (Alarcón y Ferrera, 1999) influyendo de esta manera en el transporte y regulación de agua y nutrientes, competencia entre plantas y reciclaje de los nutrientes del suelo (Aerts, 2002).

En consecuencia, la micorriza es una de las adaptaciones de la raíz más sobresalientes para desenvolverse adecuadamente en el ambiente edáfico (Guerrero, 1996). Es por esto que hoy en día, es común la inoculación con HMA con el fin de estimular el establecimiento, desarrollo y producción de diferentes cultivos agrícolas como el maíz, chile y papaya (Aguilera, 1998; Quiñones *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2013).

## **2.2. Inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares**

La inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) es practicada con el fin de estimular el desarrollo y producción de las plantas (Boby *et al.*, 2008), por lo que éstos son considerados un recurso microbiológico importante dentro de los ecosistemas naturales o modificados. En consecuencia, en diversos trabajos tanto agrícolas como de restauración, las plantas son previamente inoculadas (Ramos y Guadarrama, 2004). A pesar de lo anterior, en México el uso de la inoculación con HMA es relativamente reciente (Montaño *et al.*, 2012).

Al inocular plantas con HMA se aumentan las posibilidades de éxito en el establecimiento de diversos cultivos (Camprubí y Estaún, 2000). Un estudio realizado por Monroy *et al.* (2007) en el Valle de Actopan estado de Hidalgo, México, indicó que la micorrización de plantas de mezquite (*P. laevigata*) y huisache (*A. farnesiana*) aumenta de manera significativa su porcentaje de supervivencia, de 19 a 54% y de 18 a 48% respectivamente.

Se ha encontrado que la inoculación con HMA permite acelerar el desarrollo de plántas frutales y forestales (Salamanca y Cano, 2005). Un estudio realizado por Quiñones *et al.* (2012) en Veracruz, reportó que la inoculación con *Glomus mosseae* sobre platas de papaya (*Carica papaya L.*) incrementa su altura, área foliar y materia seca. Es importante mencionar que en los sistemas agrícolas convencionales en donde es común el uso de agroquímicos y sistemas intensivos de producción los beneficios de la inoculación con HMA son más notorios (Sieverding, 1991).

Los HMA pueden considerarse como un insumo valioso, pues forman una parte fundamental del suelo (Guerrero *et al.*, 1996). Por lo tanto, es importante fomentar la investigación acerca de éstos hongos, por ejemplo, el efecto de la inoculación sobre plantas en diferentes condiciones y la selección y producción de inóculos nativos (Camargo *et al.*, 2012), dirigidos a sistemas de producción agrícola.

### **2.3. Importancia del origen de los hongos micorrizógenos arbusculares**

El origen de los HMA repercute en su comportamiento fisiológico y efecto sobre las plantas hospederas (Aguilera, 1998), lo que hace que la diversidad funcional de estos hongos pueda depender de la procedencia de los aislamientos, más que de la especie fúngica (Brundrett *et al.*, 1996). Giovannetti y Gianinazzi (1994) plantean que los HMA al ser componentes de la mayoría de los ecosistemas terrestres, presentan características que varían entre la misma especie; sin embargo, las bases de esta variabilidad y sus consecuencias han sido poco estudiadas, por lo que es escaso el conocimiento acerca de las diferencias y efectividad de los HMA de diferente origen o de la complementariedad entre hongo-hospedero.

Investigadores mencionan que en parte, es el origen edafoclimático de los HMA el que determina los diferentes efectos que éstos ejercen sobre una determinada planta, mismos que pueden variar aún entre la misma especie de HMA (Blanco y Salas, 1997; Castillo *et al.*, 2009). Es por esto, que la respuesta de una planta a la colonización con diferentes HMA o por una sola especie puede ser tan variada (Klironomos, 2003) que en ocasiones, su efecto individual puede llegar a ser más benéfico cuando actúa sola que al hacerlo en consorcio (van der Heijden *et al.*, 1998). Sumado a lo anterior, Zamarripa *et al.* (2013) al evaluar el efecto de dos inóculos de origen diferente sobre dos especies arbóreas (*Pleuranthodendron lindenii* y *Pimenta dioica*), además de observar un efecto positivo pero diferencial sobre la tasa de crecimiento relativo de las dos plantas, encontraron que el efecto del origen del inóculo de HMA es más claramente positivo sólo cuando las plántulas están creciendo bajo condiciones de invernadero.

Las propiedades fisicoquímicas del suelo confiere a los HMA características propias (Bolaños, 1998), por esta razón es menester determinar si las diferencias funcionales entre los aislados se correlacionan con el origen de los HMA (Daniels y Duff, 1978). Howeler *et al.* (1987) sugieren realizar bioensayos en invernadero para evaluar las respuestas tras inocular con especies de HMA nativos de procedencia geográfica diferente, ya que de esta puede depender su eficiencia.

Los inóculos de HMA utilizados en cualquier sistema de producción deben evaluarse con base al efecto deseado sobre el cultivo (Garza *et al.*, 2005). En este sentido, el conocimiento referente a la relación específica entre plantas y hongo es importante para el uso específico de los inoculantes a base de HMA bajo condiciones específicas.

## 2.4. Selva baja caducifolia

Esta comunidad vegetal tiene una extensión de 19 839 km<sup>2</sup> (Flores y Espejel, 1994) distribuida a lo largo del Océano Pacífico de México, desde la parte inferior de la Sierra Madre Occidental hasta Centroamérica, mientras que en la vertiente atlántica se señalan tres manchones aislados: en las Huastecas, en el centro de Veracruz y en la parte norte de Yucatán, ocupando parte del estado de Campeche (Rzedowski, 1981). En la península de Yucatán la superficie forestal está constituida por comunidades de selvas tropicales, siendo las más importantes: selva baja caducifolia espinosa, selva baja perennifolia y selva baja caducifolia (SBC) (Flores y Espejel, 1994).

La SBC presenta dos estaciones, la lluviosa y la seca (Rzedowski, 1981), durante el desarrollo de éstas, los árboles pierden sus hojas por períodos de cinco a siete meses, provocando un cambio en la fisonomía de la vegetación entre cada estación, misma que coincide con la floración de muchas especies (Olmsted *et al.*, 1995). Se desarrolla en los climas más secos de la península sobre suelos someros muy pedregosos con afloramientos de rocas calizas, bien drenados y con poca retención de humedad, pobres o ricos en materia orgánica, con pH ácido a ligeramente alcalino (Flores y Espejel, 1994; Olmsted *et al.*, 1995). Es la segunda comunidad vegetal más extensa del territorio nacional (Flores y Gerez, 1988), y la primera en el estado de Yucatán, llegando a alcanzar hasta el 90% de dominancia de las diferentes etapas seriales de la vegetación secundaria en el estado (Flores y Espejel, 1994). Entre las especies vegetales más representativas se encuentran: *Gymnopodium floribundum*, *Mimosa bahamensis*, *Bursera simaruba* y *Guazuma ulmifolia* (Flores y Espejel, 1994). También presenta un gran número de endemismos, sobre todo a nivel de especie, conteniendo flora endémica de la península de Yucatán además de la Cuenca del Balsas y el noreste de México (Flores y Gerez, 1988).

La arboricultura y los huertos familiares obtuvieron sus elementos de la selva misma; por ejemplo; miel, por el amplio espectro de floración dentro de la selva; plantas forrajeras, para la alimentación animal; madera, para la construcción de viviendas etc. (Barrera *et al.*, 1977; Flores y Gerez, 1988). Sin embargo, las selvas bajas caducifolias en la península de Yucatán se han considerado como de escaso potencial para el aprovechamiento forestal comercial (Pennington y Sarukhán, 2005).

## **2.5. Hongos micorrizógenos arbusculares en la selva baja caducifolia**

La vegetación de SBC se asocia con HMA (Allen *et al.*, 2003), reportándose en Yucatán hasta ocho especies de hongos en estas comunidades (Cicero *et al.*, 2004). Se menciona que en la SBC la diversidad funcional de estos hongos influye en la velocidad de regeneración de las plantas, ya que al colonizar las raíces de estas se facilita la toma de nutrientes del suelo (Cui y Caldwell, 1996). De igual manera las micorrizas arbusculares, promueven la eficiencia en la obtención y transferencia de agua en la SBC (Huante *et al.*, 2002; Allen *et al.*, 2003).

Allen *et al.* (1998), señalan que durante la temporada lluviosa hay una mayor actividad de los HMA debido a la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes y a la necesidad de las plantas para tomarlos eficientemente, en los meses de sequías los propágulos de estos hongos se encuentran inactivos. Respecto a la riqueza de HMA, Cicero *et al.* (2004) al realizar un estudio en SBC con vegetación secundaria en Molas, Yucatán reportó ocho especies.

Estudios realizados por Allen *et al.* (2005) en el estado de Quintana Roo, han demostraron la importancia de los HMA en el establecimiento y desarrollo de

especies vegetales procedentes de la SBC. Por otro lado, trabajos realizados por Wright *et al.* (2005), demostraron que al inocular con HMA maíz (*Zea mays*) se solventa sus requerimientos de fósforo. Por lo anterior, la inoculación de HMA de SBC además de aumentar las probabilidades de éxito en el establecimiento y desarrollo de cultivos agrícolas de importancia económica, podría reducir el uso de fertilizantes químicos.

## **2.6. Matorral de duna costera**

Las dunas costeras son acumulaciones de arena provocadas por fuerzas eólicas (Martínez *et al.*, 1993). La vegetación de éstos sitios se establece a lo largo de la costa de México (Moreno *et al.*, 1998), cuenta con 183 especies vegetales (Espejel, 1984) que se caracterizan por desarrollarse en suelos con alto contenido de sales solubles (Rzedowski, 1981). En Yucatán estas comunidades se encuentran en menos del 60 % del litoral (Durán *et al.*, 2007), ocupando una extensión de cerca de 205 km lineales entre el golfo de México y el mar caribe (Espejel, 1984).

El tipo de duna denominado por Espejel (1984) como matorral de duna costera (MDC), se encuentra a lo largo del interior de la costa de México, donde la arena está fija al sustrato y el suelo presenta una mayor cantidad de materia orgánica (Durán *et al.*, 2010), por lo que la vegetación alcanza una mayor altura (Espejel, 1984); de igual manera, presenta un alto grado de endemismo de especies vegetales, muchas de estas amenazadas como en es el caso de *Pterocereous gaumeri* y *mammillaria guameri* (SEMARNAT, 2002; Durán *et al.*, 2010). Esta comunidad generalmente se encuentra en condiciones áridas que restringen la producción de biomasa (INEGI, 2009).

Los matorrales tienen una altura variable dependiente de la zona y generalmente son menos tolerantes a factores medioambientales: las

especies más comunes de matorrales son *Pithecellobium keyense*, *Caesalpineia vesicaria*, *Thrinax radiata*, *Coccoloba uvifera* etc. (Durán *et al.*, 2010). Sin embargo; la presencia de cada una de estas especies depende del gradiente edáfico, donde las características químicas del suelo y disponibilidad de agua determinan la presencia o ausencia de ciertas especies (Espejel, 1984). Los suelos de éstos sitios tienen un alto contenido de sales (Duch, 1988).

Actualmente se reconoce que estas comunidades aportan importantes servicios ambientales a la sociedad, siendo el más relevante su función como barrera de protección contra vientos y mareas, protegiendo a las construcciones en caso de tormentas tropicales y huracanes (Martinez *et al.*, 1993; Miller *et al.*, 2010). También contribuyen a la formación de suelo mediante la acumulación de arena por medio de sus raíces y la materia orgánica de su follaje, evitando la erosión (Wolfe y Nickling, 1993).

## **2.7. Hongos micorrizógenos arbusculares en la vegetación de duna costera**

Un alto número plantas de duna costera se asocian a HMA (Logan *et al.*, 1989). En la península de Yucatán se ha documentado 14 especies de HMA colonizando plantas de duna costera como *Canavalia rosea* y *Pithecellobium keyense* (Ramos *et al.*, 2010). Los HMA además de realizar diversas funciones de beneficio para la planta hospedera, en las dunas participan en la formación de suelo formando agregados más resistentes al viento (Koske y Polson, 1984).

A pesar de que Koske *et al.* (2004) sostiene que en éstos ecosistemas se han registrado la mitad de las especies descritas de HMA, en México solo se han reportado siete: *Funneliformis geosporum*, *F. mosseae*, *Glomus*

*aggregatum*, *G. albidum*, *G. deserticola*, *Acaulospora lacunosa* y *G. mosseae*, esta última descrita en Yucatán (Sigüenza, *et al.*, 1996; Ramos *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha demostrado que en la vegetación de duna costera presentan altos grados de colonización por HMA (Sigüenza, *et al.*, 1996; Alarcón y Cuenca, 2005).

Una de las principales características de los HMA de sistemas áridos es permitir a las plantas la tolerancia a la sequía (Michelsen y Rosendahl, 1989) y la reducción al estrés por salinidad (Al-Karaki, 2000), razón por la cual, el efecto de la inoculación con HMA provenientes de ecosistemas áridos es más notorio cuando las plantas se encuentran en suelos de baja fertilidad y con escasez de agua (Albaladejo *et al.*, 1995; van der Heijden *et al.*, 1998), o sea, en situaciones de estrés (Bagyaraj y Varma, 1995). Ejemplificando lo anterior, Rueda *et al.* (2010) reportan que en plántulas de *C. annuum* sometidas a estrés salino (0.06 M NaCl), la inoculación con *G. intraradices* incrementó hasta tres veces la biomasa total.

A pesar de los pocos estudios referentes a los MDC como fuente de inóculo, se sabe que los HMA obtenidos en las dunas son comúnmente utilizados como inoculantes en proyectos de restauración (Albaladejo *et al.*, 1995; Bagyaraj y Varma, 1995).

## **2.8. Chile habanero**

México ocupa el sexto lugar en superficie cultivada y cuarto en producción de chile (Galindo y Cabañas, 2006), por lo que se considera la hortaliza más importante después del tomate (Tun, 2001; Soria *et al.*, 2002). El chile habanero (*C. chinense*) es una de las variedades más consumidas, siendo producida principalmente en la península de Yucatán, pero también en los

estados de Tabasco, Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Baja California norte, Sonora, entre otros (Soria *et al.*, 2002).

Por su fuerte demanda en el mercado local, nacional e internacional (Tun, 2001), en Yucatán se considera al chile habanero como el cultivo más importante (Soria *et al.*, 2002) cultivándose alrededor de 400 ha de chile de la variedad habanero (*C. chinense*) (INEGI, 2004), con rendimientos de entre ocho y 15 ton/ha dependiendo del tipo de suelo, no obstante, el norte del estado (suelos pedregosos) presenta rendimientos menores comparado con el sur, donde los suelos son profundos y se emplea agricultura mecanizada (González *et al.*, 2006).

El chile habanero es una planta de ciclo anual, el cual puede alcanzar entre 12 y 16 meses de vida y una altura promedio de 0.75 y 1.5 m (Tun, 2001; Soria *et al.*, 2002). Se encuentra adaptado a climas áridos, semiáridos y en climas mediterráneos, pero susceptible a temperaturas prolongadas menores a los 16° C, la cual reduce el rendimiento y calidad del fruto (Soria *et al.*, 2002). Aunque no se considera un cultivo exigente se produce en suelos fértiles y bien drenados, en donde además, las prácticas de fertilización y abonado con el fin de obtener mejores rendimientos, son comunes (Tun, 2001). Por otro lado, el factor más importante para la adaptación, desarrollo y producción de chile habanero es el agua (Tun, 2001).

Actualmente existe una fuerte demanda del producto por diversas industrias (alimentaria, farmacéutica, cosmética, armamentista etc.), ya que contiene altos niveles de capsaicina (Aza *et al.*, 2011). Por lo anterior, el chile habanero es un producto con mucho potencial en el estado de Yucatán, pero con altos costos económicos y ambientales debidos a la importante cantidad de insumos requeridos.

## **2.9. Importancia de los hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo del chile habanero**

En México los estudios relacionados al uso de los HMA como inoculantes del chile indican resultados positivos, razón por la cual, son comunes los trabajos en donde estas plantas son cultivadas bajo condiciones de invernadero e inoculadas con HMA con el fin de obtener mayores rendimientos (Sreenivasa *et al.*, 1993; Yildiz, 2010; Castillo *et al.*, 2013).

Por los beneficios propios de esta asociación simbiótica mutualista (hongo-planta) en los últimos años se han realizado investigaciones para determinar el efecto de aislamientos de HMA en sistemas de producción agrícola, con el fin de lograr sistemas de producción sostenibles y competitivos (Serralde y Ramírez, 2004). Por ejemplo, Constantino *et al.* (2008) reportaron que las plantas de *C. chinense* inoculadas con HMA, presentaban rendimientos incluso mayores que las plantas fertilizadas con NPK.

Por su parte, Castillo *et al.* (2013) al inocular plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) con la especie nativa *C. claroideum* con el fin de evaluar tres sustratos diferentes (escoria volcánica, perlita y suelo de la región) obtuvieron mejoras significativas en las plantas inoculadas, efecto representado en el número, peso y tamaño de frutos, como en la altura y peso de las plantas cultivadas en invernadero. Otro estudio realizado por Sreenivasa *et al.* (1993) reportó un mayor rendimiento en plantas de chile inoculados con HMA nativos y adicionando dosis de fertilización diferentes (0, 25, 50 y 100%), demostrando que la fertilización con P en su forma soluble se podría utilizar más eficientemente en la presencia de un HMA eficiente y así conseguir un ahorro neto de P-fertilizante.

No obstante, debe tenerse en cuenta que los de HMA nativos aislados de los agroecosistemas donde se encuentra el cultivo objetivo no siempre son los más eficientes para utilizarse como inoculante (Enkhtuya *et al.*, 2000). Por lo anterior, Yildiz (2010) reportó que no se presentaron efectos significativos en el incremento de la altura de plantas de chile por la inoculación con una cepa nativa de HMA y otra comercial, todas las plantas presentaron un crecimiento similar al control.

La inoculación con HMA puede ayudar al establecimiento y desarrollo de los cultivos de chile (Contastino *et al.*, 2008; Abdel, 2013; Calvo *et al.*, 2013), a pesar de esto, no se han realizado estudios para evaluar el efecto del origen de los HMA nativos, sobre el crecimiento de plantas hortícolas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Comparar la infectividad de dos cepas de hongos micorrízicos de una misma morfoespecie, obtenidas de dos sitios contrastantes (Selva Baja Caducifolia y Matorral de Duna Costera) y su efecto sobre la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de invernadero.

#### **3.2. Objetivos particulares**

- a) Aislar e identificar las morfoespecies de HMA en el suelo de una selva baja caducifolia (SBC) y en un matorral de duna costera (MDC) de Yucatán.

- b) Seleccionar una morfoespecie de HMA presente en dos tipos de vegetación (SBC y MDC).
  
- c) Comparar la infectividad (porcentaje de colonización) de una misma morfoespecie de HMA con origen diferente (SBC y MDC), en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) producidas en condiciones de invernadero.
  
- d) Comparar el efecto de la inoculación de una misma morfoespecie de HMA con origen diferente (SBC y MDC) y de la fertilización química, sobre el número de frutos, rendimiento, distribución del rendimiento e índice de cosecha en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de invernadero.

#### **4. HIPÓTESIS**

Debido a que los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) de la selva baja caducifolia (SBC) se encuentran en condiciones edáficas más afines a las utilizadas en el cultivo de *C. chinense* en invernadero, comparadas con la de los HMA obtenidos del matorral de duna costera (MDC), las plantas de chile habanero (*C. chinense*) inoculadas con una morfoespecie de HMA procedente de la SBC tendrán un mayor número de frutos, rendimiento, distribución del rendimiento, índice de cosecha y porcentaje de colonización que las inoculadas con la misma morfoespecie pero originaria del MDC.

## 5. LITERATURA CITADA

Abdel, L. A. (2013). Growth and Some Physiological Activities of Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Response to Cadmium Stress and Mycorrhizal Symbiosis. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15:1437-1448.

Aerts, R. (2002). The role of various types of mycorrhizal fungi in nutrient cycling and plant competition. En: van der Heijden MGA, Sanders I. (eds.). *Mycorrhizal ecology*. Ecological studies. Springer-Verlag, Berlin. 157:117-133.

Aguilera, G. L. (1998). Influencia de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, desarrollo e intercambio gaseoso de *Zea mays* L. (Maiz) y *Capsicum annuum* L. (Chile ancho); Tesis de doctorado; CINVESTAV-IPN U. Irapuato. México.

Alarcón, A., Ferrera, C. R. (1999). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra*. 17:179-1991.

Alarcón, C., Cuenca, G. (2005). Arbuscular Mycorrhizas on coastal sand dunes of the Paraguana Peninsula. Venezuela. *Mycorrhiza*. 16:1-9.

Albaladejo, J. R., Fantechi, D., Meter, P., Balabanis J. L. (1995). Soil rehabilitation and desertification control: case study in Murcia. Desertification in a European context: physical and socio-economic aspects. 213-224.

Al-Karaki, G. N. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*. 10:51-54.

Allen, B. E., Rincón, E., Allen, M. F., Pérez, J., Huarte, P. (1998). Disturbance and seasonal dynamics of mycorrhizae in a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. 30:261-274.

Allen, B. E., Allen, M. F., Egerton, W. L., Corkidi, L., Gómez, P. A. (2003). Impacts of early and late seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. *Ecological Application*. 13:1701-1717.

Allen, M. F., Allen, E. B., Gómez, P. A. (2005). Effects of mycorrhizae and non target organisms on restoration of a seasonal tropical forest in Quintana Roo, México: Factors limiting tree establishment. *Restoration Ecology*. 13:325-333.

Altieri, M. A., Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty, and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*. 38(3):567-612.

Aza, G. C., Núñez, P. H., Ochoa, A. N. (2011). Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum spp.*). *Plant Cell Reports*. 30:695-706.

Bagyaraj, D. J. (1989). Mycorrhizae, En: Lieth H., M. J. A. Werger (eds.). *Tropical rain forest ecosystem*. Elsevier Science Pub. Amsterdam. pp. 537-545.

Bagyaraj, D. T., Varma, A. (1995). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants. Their importance in sustainable agriculture in arid and semiarid tropics. *Microbial Ecology*. 14:119-142.

Barea, J. M., Azcón, A. C., Azcón, R. (1987). Vesicular-arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N<sub>2</sub> fixation and N uptake from soil as assessed with a <sup>15</sup>N technique under field conditions. *New Phytologist*. 106:717-725.

Barrera, M. A., Gómez, P. A., Vázquez, Y. C. (1977). El manejo de las selvas por los Mayas. *Biótica*. 2(2):47-60.

Blanco, F. A., Salas, E. A. (1997). Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 21(1)55-67.

Boby, V. U., Balakrishna, A. N., Bagyaraj, D. J. (2008). Interaction between *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea. *Microbiological Research*. 163(6): 693-700.

Boddington, C. L., Dodd, J. C., Rodriguez, A., Chavez, G. C., Mansur, I. (2000). Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from different genera: form, function and detection. *Plant and Soil*. 226(2):131-151.

Bolaños, M. M. (1998). Condiciones ecológicas que influyen sobre la población de endomicorrizas en la zona cafetera. En: Memorias IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Paipa, Colombia. pp. 120-121.

Brundrett, M., Bougher, N., Dell, G. B., Malajczuk, N. (1996) Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.

Calvo, P. M., Sánchez, R. B., Aroca, R. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and the tolerance of plants to drought and salinity. En: Aroca, R. (eds.). *Symbiotic Endophytes*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. pp. 271-288.

Camargo, R. S., Montaña, N. M., De la Rosa, C., Montaña, S. (2012).  
Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. Revista digital universitaria  
Vol.13 No. 7. Disponible en la web:  
[http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72 /index .html](http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/index.html)] ISSN: 1607-6079.  
Consultado 15/01/2014.

Camprubí, A., Estaún, V. (2000). Micorrizas arbusculares en producción  
agrícola. *Horticultura*. Abril. España. 38-41.

Castillo, C., Sotomayor, S., Ortiz, O., Leonelli, C., Borie, B., Rubio, H. (2009).  
Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on an ecological crop of chili peppers  
(*Capsicum annum* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 69: 79-87.

Castillo, C., Morales, A., Rubio, R. Barea, J., Borie, F. (2013). Interactions  
between native arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing fungi  
and their effect to improve plant development and fruit production by  
*Capsicum annum* L. *African Journal of Microbiology Research*. 7(26):3331-  
3340.

Cicero, C. S., Guerrero, L, Ramos, Z. J. (2004). Impacto de la roza, tumba y  
quema sobre la población de hongos micorrícicos arbusculares. En: Frías, J.  
T., Olalde., V, Ferrera-Cerrato. (eds.). *Avances en el conocimiento de la  
biología de las micorrizas*. Universidad de Guanajuato, Guanajuato. pp. 227-  
236.

Constantino, M. R., Gómez, A. J., Álvarez, S. D. Geissen V., Huerta, E.,  
Barba, E. (2008). Effect of inoculation with rhizobacteria and arbuscular  
micorrhizal fungi on growth and yield of *Capsicum chinense* Jacquin. J. Agric.  
Rural Develop. *Tropical Subtropical*. 109:169-180.

Cui, M., Caldwell, M. M. (1996). Facilitation of plant phosphate acquisition by arbuscular mycorrhizas from enriched soil patches. *New Phytologist*. 133:453-460.

Daniels, B. A., Duff, D. M. (1978). Variation in germination and spore morphology among four isolates of *Glomus mosseae*. *Mycologia*. 70:1261-1267.

Douds, Jr. D. D., Johnson N. C. (2003). Contributions of arbuscular mycorrhizas to soil biological fertility. En: Abbott L.K. y Murphy D.V. (eds.). *Soil Biological Fertility. A Key to Sustainable Land Use in Agriculture*. Kluwer, Dordrecht. pp. 129-162.

Duch, G. J. (1988). La Conformación Territorial del Estado de Yucatán: Los Componentes del Medio Físico. Universidad Autónoma de Chapingo, CIR. Texcoco, México. 427 p.

Durán, R. M. (2010). Vegetación de duna costera. En: Durán R., M. Méndez. (eds.). *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. pp. 136-137.

Enkhtuya, B., Rydlová, J., Vosátka, M. (2000). Effectiveness of indigenous and non indigenous isolates of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from degraded ecosystem and man-made habitats. *Applied Soil Ecology*, 14:201-211.

Espejel, I. (1984). La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. I. análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica*. 9:183-210.

Flores, S., Espejel, I. (1994). Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Etnoflora Yucatanense Fascículo 3. Yucatán, México.

Flores, V., Gerez, P. (1988). Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. INIREB-CI. México. 302 p.

Galindo, G. G., Cabañas, C. B. (2006). El cultivo del chile en Zacatecas. En Bravo L., A. g, Galindo G. G., D. M. Amador. (eds.). *Tecnología de producción de chile seco*. Libro técnico N° 5, INIFAP Zacatecas. pp 5-18.

Garza, C. I., Pecina, Q. V., Díaz, F. A., Williams, A. H., Ramírez de León, J. A. (2005). Sorgo cultivado con biofertilizantes, fitohormonas y fósforo inorgánico. Universidad Autónoma Chapingo. México. *Terra Latinoamericana*. 23:581-586.

Giovannetti, M., Gianinazzi, P. V. (1994). Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*. 98:705-715.

González, E. T., Gutiérrez, P. L., Contreras, M. F. (2006). El chile habanero de Yucatán. *Revista Ciencia y Desarrollo*. 32(195):8-15.

Guadarrama, C. P., Castillo, A., Ramos, Z., Camargo J., Álvarez, S. (2007). Propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in a secondary dry forest of Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical/Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*. 55(4):269-277.

Guerrero, E. (1996). Micorriza: Fundamentos biológicos y estado del arte. En: Fondo FEN Colombia. Micorrizas, Recurso Biológico del Suelo. Bogotá. pp. 3-46.

Howeler, R. H., Sieverding, E., Saif, S. (1987). Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*. 100, 249-283.

Huante, P., Barradas, V. L., Rincón, E. (2002). Ecofisiología vegetal. En: Noguera F. A., J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete, M. Quesada Avendaño. (eds.). *Historia nacional de chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México D. F. pp. 473-490.

IJdo, M., Cranenbrouck, S., Declerk, S. (2011). Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza*. 21:1-16.

INEGI, (2004). Anuario Estadístico del Estado de Yucatán. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática/ Gobierno del Estado de Yucatán, Aguascalientes, Aguascalientes, México. 2. Campbell, L. C. and Madden, L. V. 1990. Introduction of plant disease epidemiology. John Wiley & Sons Inc. Usa. 532 p.

INEGI, (2009). Guía para la interpretación de cartografía, uso de suelo y vegetación. Serie tres. Aguascalientes, México.

Klironomos, J. N. (2003). Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology*. 84:2292-2301.

Koske, R. E, Polson, W. R. (1984) "Are VA mycorrhizae required for sand dune stabilization?". *Biocience*. 34:420-424.

Koske, R. E., Gemma, J. N., Corkidi, L., Sigüenza, C., Rincón, E. (2004). Arbuscular mycorrhizas in coastal dunes. En: Martínez, M. I., Psuty, N. P.

(eds.). Coastal dunes, ecology and conservation. *Ecological Studies*. 171: 173-187.

Le Tacon, F., Garbaye, J., Carr, G. (1998). The use of micorrizas in temperate and tropical forest. *Simbiosis*. 3:179-206.

Logan, V. S., Clarke, P. J., Allaway, W. G. (1989). Mycorrhizas and Root Attributes of Plants of Coastal Sand-dunes of New South Wales. *Australian Journal of Plant Physiology*. 16:141-146.

Martínez, M. L., Moreno, C. P., Castillo, S. (1993). Biodiversidad Costera: Playas y Dunas En: Salazar-Vallejo S. I., N. E. González. (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México. pp.160-181.

Michelsen, A., Rosendahl, S. (1989). Propagule density of VA mycorrhizal fungi in semi-arid burshland in Somalia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 29:295-301.

Miller, T. E., Gornish, E. S., Buckley, H. L. (2010). Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery and succession. *Plant Ecology*. 206:97-104.

Monroy, A. A., Estevez, T. J., García, S. R., Ríos, G. R. (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*. 49-57.

Montaño, N. M., Alarcón, A., Camargo, R. S., Hernández, C. L., Álvarez, S. J., González, C. Ma. del C., Gavito, M., Sánchez, G. I., Ramos, Z. J.,

Guadarrama, P., Maldonado, M. I., Castillo, A. S., García, S. R., Trejo, D., Ferrera, C. R. (2012). Research on arbuscular mycorrhizae in Mexico: an historical synthesis and future prospects. *Symbiosis*. 57(3):111-126.

Moreno, C. P., Espejel, I., Castillo, S., Castillo, C. G., Durán, R., Pérez, N. J. J., León, J. L., Olmsted, I., Trejo, T. J. (1998). Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter G. (Comp.). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica* Vol. II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. pp. 177-258.

Olmsted, L., Durán, R., González, I., Granados, J., Trejo, D., Zizumbo G., Ibarra G. (1995). Diagnóstico del conocimiento y manejo de las selvas de la península de Yucatán. En: H. Delfín, H. (eds.). *Conocimiento y manejo de las selvas de la península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. pp. 139-162.

Pennington, T. D., Sarukhán, J. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies, tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México.

Quiñones, A. E., Hernández, A. E., Rincón, E. G., Ferrera, C. R. (2012). Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana*. 165-176.

Ramos, Z. J., Guadarrama, P. (2004). Los Hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. *Universidad y Ciencia*, Número Especial II.1:59-65.

Ramos, Z. J., Marrufo, D., Guadarrama, P. (2010). Hongos micorrizógenos arbusculares. En: Durán R., M. Méndez. (eds.). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. pp. 508.

Rueda, P. E., Murillo, A. B., Castellanos, C. T., García, H. J., Tarazón, H. M., Moreno, M. S., Gerlach, B. L. (2010). Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48(8):724-730.

Rzedowski, J. (1981). La vegetación de México. Limusa, México, D.F. 342 p

Salamanca, C. R., Cano, C. A. (2005). Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de invernadero, en el municipio de Restrepo-Meta, Colombia. Memorias del Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo "Materia orgánica y microorganismos en la agricultura Colombiana". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín.

Schüßler, A., Walker, C. (2010). The Glomeromycota, a species list with new families and new genera. Inglaterra. 56 pp.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2001. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres. *Diario Oficial*. 153 pp.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2004). Dirección General de Fomento a la Agricultura. Estado de México.

Serralde, O. A., Ramírez, G. M. (2004). Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Corpoica*. 5:41-40.

Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscularmicorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany. Eschborn. Schriftenreihe der GTZ. 224-371.

Sigüenza, C., Espejel, I., Allen, E. B. (1996). Seasonality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California. *Mycorrhiza*. 6:151-157.

Smith, F. A., Jakobsen, I., Smith, S. E. (2000). Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. *New phytologist*. 147:357-366.

Smith, S. E., Read, D, J. (2008). The Mycorrhizal Symbiosis. 3a ed. Academic Press. Londres, RU.

Soria, M., Trejo, A., Tun, J., Terán, R. (2002). Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SEP. DGETA. ITA-2. Conkal, Yucatán, México.

Sreenivasa, M. N., Krishnaraj, P. U., Gangadhara, G. A., Manjunathaiah, H. M. (1993). Response of chilli (*Capsicum annum* L.) to the inoculation of an efficient vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *Scientia Horticulturae*. 53: 45-52.

St. John, T. (2000). The instant expert guide to mycorrhiza, the connection for functional ecosystems. BioNet, LLC, Marina, California. 46 pp.

Tanner, R. A., Gange, A. C. (2013). The impact of two non-native plant species on native flora performance: potential implications for habitat restoration. *Plant Ecology*. 214(3)423-432.

Tun, D. J. (2001). Chile habanero: características y tecnología de producción. INIFAP. Campo experimental zona henequenera. Mocochoá, Yucatán, México.

van der Heijden, M. A, Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf, E. R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I. R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. 396:69:72.

van der Heijden, M. G. (2002). Arbuscular mycorrhizal fungi as a determinant of plant diversity: in search of underlying mechanisms and general principles. En: Van Der Heijden, M. G., I. Sanders. (eds.). *Mycorrhizal ecology*. Springer-Verlag. Berlin, Alemania. pp. 243-265.

Velasco, V. J., Ferrera, C. J., Almaraz, S. (2001). Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cascara. *Terra latinoamericana*. 19:241-248.

Vosatka, M., Dodd, J. C. (2002). Ecological considerations for successful application of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum. En: Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M., Haselwandter, K. (eds.). *Mycorrhizal technology in agriculture*. Birkhauser Verlag, Basel. pp 235-248.

Wolfe, S. A., Nickling, W. G. (1993). The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography*. 17:50-68.

Wright, D. P., Scholes, J. D., Read, D., Rolfe, S. A. (2005). European and African maize cultivars differ in their physiological and molecular responses to mycorrhizal infection. *New Phytologist*. 167:881-896.

Wood, T., Nance, L., Jedrzejek, S., Johnson, G. (1989). Use of VA mycorrhizal inoculum to improve growth of forest tree seedling in fumigated soil. En: Landis, T. D. (Tech. coord.). *Intermountain Forest Nursery Association Proceedings*. pp. 58-59.

Yildiz, A. (2010). A native *Glomus* sp. from fields in Aydın province and effects of native and commercial mycorrhizal fungi inoculants on the growth of some vegetables. *Turkish Journal of Biology*. 34:447-452.

Zamarripa, N., Patterson, A. M., Sánchez, G. I., Álvarez, S. J. (2013). Seedling growth of rainforest species inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi: An analysis of the size fragment effect. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 377-389.

**EFECTO DEL ORIGEN DE UNA MORFOESPECIE DE HONGO MICORRIZÓGENO ARBUSCULAR SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.)**

Ángel H. Patrón-Leirana<sup>a</sup>, Laura V. Hernández-Cuevas<sup>b</sup>, Carlos Cervera-Herrera<sup>a</sup>, Héctor Estrada-Mediana<sup>c</sup>, José A. Ramos-Zapata<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ecología Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 14.5 carretera Merida-Xmatkuil. Mérida, Yucatán, C.P 97000. México.

<sup>b</sup>Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas, Laboratorio de Micorrizas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, km 10.5 Carretera Texmelucan-Tlaxcala, Itzacuixtla, Tlaxcala 90122, Tlaxcala, México.

<sup>c</sup>Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 14.5 carretera Merida-Xmatkuil. Mérida, Yucatán, C.P 97000. México.

\*Autor para correspondencia: José A. Ramos-Zapata

Correo electrónico: aramos@uady.mx

**RESUMEN**

El origen de las cepas de diferentes especies de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) puede repercutir en su efecto sobre las plantas hospederas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con una morfoespecie de HMA de dos orígenes contrastantes: selva baja caducifolia (SBC) y matorral de duna costera (MDC) sobre la producción de chile habanero (*Capsicum chinense*) en condiciones de invernadero. Se extrajeron las esporas del suelo de cada sitio, se propagaron e identificaron eligiéndose como inóculo la morfoespecie *Claroideoglomus claroideum*. Posteriormente se obtuvieron plantas de chile habanero de 40 días de edad, las cuales fueron inoculadas y fertilizadas, los tratamientos consistieron en: 1) Inóculo de SBC (ISBC), 2) Inóculo de SBC+fertilización (ISBC+F), 3) Inóculo de MDC (IMDC), 4) Inóculo de MDC+fertilización (IMDC+F), 5) fertilización (F) y

6) control, organizados en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluó el grado de efectividad micorrízica cosechando los frutos a lo largo de diez cortes en intervalos de siete días y por último el porcentaje de colonización micorrízica como criterio de infectividad. Solo en la variable número de frutos chicos por planta, los tratamientos ISBC+F e IMDC+F se diferenciaron significativamente con el control. Los resultados sugieren que el origen del HMA no influye significativamente sobre el porcentaje de colonización y producción de frutos de *C. chinense* en condiciones de invernadero.

**PALABRAS CLAVE.** *Claroideoglopus claroideum*, *Capsicum chinense*, producción agrícola, selva baja caducifolia, matorral de duna costera.

#### **ABSTRACT**

The origin of strains of different species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can impact their effect on host plants. The objective of this study was to evaluate the inoculation effect of one arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) morphospecies on two strains with contrasting origin: dry tropical forest (DTF) and coastal sand dune (CSD), on the growth of habanero pepper plants (*Capsicum chinense*), in greenhouse conditions. Soil spores were taken from each site, propagated and identified, the morphospecies selected as inoculum was *Claroideoglopus claroideum*. Subsequently 40 days old habanero plants were obtained, which were inoculated and fertilized as appropriate, treatments consisted of: 1) DTF inoculum (DTFI), 2) DTF inoculum +fertilizer (DTFI+F), 3) CSD inoculum (CSDI), 4) CSD inoculum+ fertilizer (CSDI+F), 5) fertilizer (F) and 6) control, which were organized in a randomized block design. The degree of mycorrhizal effectiveness reaping the fruits over ten harvest at intervals of seven days and finally the percentage of mycorrhizal colonization was evaluated. Only in the variable number of fruits per plant, the DTFI+F and CSDI+F treatment differed significantly from control. The results

suggest that the origin of HMA are not significant influenced for the percentage of colonization and fruit production of *C. chinense* under greenhouse conditions.

**KEY WORDS.** *Claroideoglofus claroideum*, *Capsicum chinense*, crop yield, tropical dry forest, coastal sand dune.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Yucatán el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es considerado el principal cultivo (Soria et al., 2002), actualmente demandado por las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética entre otras, tanto del mercado nacional como internacional, debido a sus altos niveles de capsaicina (Aza et al., 2011; Soria et al., 2002; Tun, 2001). El chile habanero es un producto con potencial económico en el estado, pero los sistemas actuales de producción tienen altos costos económicos y ambientales debido a la gran cantidad de agroquímicos requeridos. En este sentido, los estudios relacionados con el uso de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) como inoculante para el cultivo del chile muestran resultados positivos, razón por la cual son comunes los trabajos en donde estas plantas son cultivadas bajo condiciones de invernadero e inoculadas con HMA para incrementar su producción (Castillo et al., 2013; Yildiz, 2010; Constantino et al., 2008).

Constantino et al. (2008) reportaron que plantas de *C. chinense* inoculadas con HMA presentaban rendimiento de más del doble comparado con las plantas fertilizadas químicamente. Por su parte, Castillo et al. (2013) demostraron que al inocular plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) con la especie de HMA nativa *C. claroideum* se obtienen incrementos en el número, peso y tamaño de frutos, así como en la altura y peso de las plantas cultivadas en condiciones de invernadero. Por lo tanto, la inoculación con HMA puede favorecer el establecimiento y producción del cultivo de chile.

No obstante, se ha sugerido que el origen edafoclimático de los HMA influye en los diferentes efectos que éstos ejercen sobre determinada planta, mismos que pueden variar aún entre la misma especie de HMA (Baoming et al., 2010; Castillo et al., 2009; Howeler et al., 1987). Es por esto que la respuesta de una planta a la colonización con diferentes HMA puede ser tan variada que en ocasiones, su efecto individual puede llegar a ser más benéfico cuando actúa sola que al hacerlo en consorcio (Klironomos, 2003; van der Heijden et al., 1998).

Desde la década de los 70's se ha reconocido la importancia de determinar si las diferencias funcionales entre las distintas cepas de HMA se encuentran relacionadas con su origen (Daniels y Duff, 1978), sugiriéndose realizar bioensayos en invernadero para evaluar las respuestas tras inocular plantas con especies de HMA de procedencia geográfica diferente, ya que esto puede influir en el crecimiento y establecimiento de las plantas hospederas (Howeler et al., 1987).

Si se considera que el origen de los HMA repercute en su efecto sobre las plantas hospederas (Castillo et al., 2009; Aguilera, 1998), podría decirse que la funcionalidad de éstos depende de la información genética de las cepas. Sin embargo, las bases de esta variabilidad y sus consecuencias han sido escasamente estudiadas y poco se conoce acerca del efecto de HMA de la misma especie pero diferente origen (Brundrett et al., 1996). En este sentido, el conocimiento referente al efecto del origen del HMA sobre la funcionalidad de éstos y la respuesta de las plantas a la interacción es de importancia para su uso eficiente como inoculantes (Kapoor et al., 2008).

Por lo mencionado, se propone que debido a las características funcionales de los HMA atribuidas por su origen, las plantas de *C. chinense* cultivadas en condiciones de invernadero, responderán diferencialmente en términos de producción al inocularse con la misma morfoespecie de HMA pero de origen contrastante. Para probar esta hipótesis se planteó el siguiente objetivo: comparar el efecto de la inoculación con una morfoespecie de HMA pero originaria de selva baja caducifolia

(SBC) y de matorral de dunas costeras (MDC), sobre el número de frutos, rendimiento (materia fresca y seca), distribución del rendimiento, índice de cosecha y porcentaje de colonización micorrízica en plantas de *C. chinense* en condiciones de invernadero.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Aislamiento y reproducción de hongos micorrizógenos arbusculares

La recolección de suelo rizosférico para el aislamiento de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) se llevó a cabo en dos comunidades vegetales contrastantes: selva baja caducifolia (SBC) y matorral de dunas costeras (MDC), dentro de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos ubicada en el extremo oriente de la franja litoral del estado de Yucatán, en las coordenadas 21° 37' 29.56'' y 21° 23' 00.96'' latitud norte; 88° 14' 33.35'' y 87° 30' 50.67'' longitud oeste. El muestreo se realizó con base en la propuesta de Mangan et al. (2004), en un total de 48 puntos en cada comunidad vegetal; se eliminó la hojarasca acumulada sobre la superficie y se tomaron aproximadamente 500 g de suelo a una profundidad de 15 a 20 cm. Las muestras se etiquetaron con los datos correspondientes y se transportaron al laboratorio donde se dejaron secar a temperatura ambiente para posteriormente ser procesadas. Las características de los suelos muestreados se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Análisis químico del suelo de los sitios de procedencia de los inóculos de HMA.

SITIO	pH	P (mg / Kg)	% C	MO	CIC (Cmol(+)/Kg)
	1:1	Olsen	Walkley	Walkley y Black	Tucker
SBC	7.6	12.2	8.1	14.1	20.8
MDC	7.9	8.7	8.9	5.1	7.9

Las muestras obtenidas en cada sitio se homogenizaron y de cada una se montaron macetas de propagación, para ello se mezclaron 200 mL de suelo con 1000 mL de una mezcla de arena+suelo duripan esterilizada a 15 lb de presión por 60 minutos, dos veces, con un periodo de aireación de 24 h. En las macetas se sembraron semillas de maíz (*Zea mays* L.), frijol alverjón (*Phaseolus coccineus* L.), veza (*Vicia sativa* L.)

y agave raicillero (*Agave maximiliana* Baker), plantas que son altamente dependientes de la asociación micorrízica. Las macetas de propagación se mantuvieron en invernadero por un período de un año, con riego de acuerdo a las necesidades y aplicación de una solución nutrimental baja en fósforo una vez por mes (Sylvia y Jarstfer, 1992). Al término de este tiempo se extrajeron las esporas por medio de la técnica de tamizado húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963), y centrifugado en un gradiente de sacarosa, posteriormente se colocaron en portaobjetos con alcohol polivinílico con Reactivo de Melzer y se observaron con un microscopio óptico con contraste de interferencia de Nomarski (Nikon-Optiphot II Plus) para determinar la identidad taxonómica de las morfoespecies propagadas. La identificación de morfoespecies se realizó con ayuda de descripciones especializadas disponibles en las páginas web siguientes: International Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (<http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/speciesID.htm>), del taxónomo de Glomeromycota, Prof. Janusz Blaszowski de la Agriculture University of Agriculture in Szczecin, Polonia. (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/>) y de AMF-Phylogeny (<http://schuessler.userweb.mwn.de/amphylo/>).

Se encontró un total 23 morfoespecies de HMA en los dos sitios de estudio, sin embargo solamente siete se presentaron en MDC y SBC, eligiéndose a *Claroideoglossum claroideum* para el presente experimento en virtud de presentar una gran cantidad de esporas y de que ha sido reportada por Guadarrama et al. (2007) como frecuente en ambientes contrastantes (parcelas de maíz, vegetación secundaria y SBC) en Oaxaca, México. Además se ha señalado que *C. claroideum* interacciona con un gran número de plantas hospederas (Walker y Vestberg, 1998), por lo que Pérez et al. (2012) la catalogan como dominante entre los cultivos.

## **2.2. Diseño experimental**

Se estableció un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, cada bloque estuvo conformado por seis tratamientos: Inóculo de SBC (*C. claroideum*

aislado de SBC); Inóculo de SBC-fertilizante (SBC+F); Inóculo de MDC (*C. claroideum* aislado de MDC); Inóculo de MDC-fertilizante (MDC+F), fertilizante y control (sin HMA y sin fertilizante), cada unidad experimental estuvo conformada por 10 plantas.

### 2.3. Prueba de efectividad

La prueba de efectividad se efectuó en un invernadero tipo túnel cubierto con mallas antiáfidos en los costados y con plástico en la parte superior, bajo condiciones ambientales naturales. Se eligieron al azar plántulas de 40 días, germinadas en un sustrato inerte (peatmoss) y se trasplantaron a bolsas negras de polietileno de 50 cm de diámetro y 30 cm de alto, con una capacidad de 10 kg, las cuales se llenaron con una mezcla de suelo, composta y bagazo de henequén (pasteurizado por arrastre de vapor durante una hora, por tres días consecutivos) en proporción 2:1:1 (Soria et al., 2002); la mezcla se realizó pesando cada sustrato en fresco. El análisis químico del sustrato utilizado en este experimento se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis químico del sustrato utilizado para la producción de chile habanero (*C. chinense*)

pH	%N	P (ppm)	%C	%MO	CIC (Cmol(+)/Kg)	CE (Mmho/cm)
1:1	Kjendal	Olsen	Walkley	Walkley y Black	Tucker	Saturación acuosa
7.8	0.90	37.0	8.1	11.2	49.0	2.56

### 2.4. Método de inoculación

Previo a la inoculación se realizó la extracción de esporas con los procedimientos antes descritos y éstas se desinfectaron mediante el método de Mirabal et al. (2002) y Sylvia y Jarstfer (1992). Posteriormente se utilizó el método de inoculación descrito por Brundrett et al. (1996), aplicándose 30 esporas del HMA *C. claroideum* de cada sitio por planta, haciendo un orificio en el centro del sustrato contenido en las macetas, a tres centímetros de profundidad; por último se realizó el trasplante procurando que las raíces de las plántulas hicieran contacto con las esporas y finalmente se cubrió con el sustrato.

Para la fertilización se aplicó la dosis recomendada por Soria et al. (2002) para chile habanero (125N-100P-150K, kg ha<sup>-1</sup>), 20 días después del trasplante; la fertilización se distribuyó en cuatro etapas fenológicas (trasplante, desarrollo, fructificación y producción) con intervalos de 20 días. Las fuentes de los fertilizantes fueron urea, cloruro de potasio y fosfato diamónico (Soria et al., 2002). El riego se realizó durante la mañana a saturación diaria. La cosecha comenzó una vez que los frutos presentaron una coloración verde brillante o verde limón, características consideradas como óptimas (Tun, 2001).

## **2.5. Variables evaluadas**

Los muestreos comenzaron a los 80 días del trasplante y se realizaron una vez por semana (Tun, 2001) con un total de diez muestreos durante el experimento. En cada muestreo se contabilizó el número de frutos producidos por planta, para obtener el rendimiento se pesó el total de frutos por tratamiento en cada muestreo y posteriormente se sumó el total, este dato se obtuvo tanto en fresco como en seco. De igual manera, se evaluó la distribución del rendimiento clasificando los frutos de acuerdo con su peso en: grande, cuando el peso del fruto fue mayor a 10 g; mediano, con un peso entre 7.5 y 10 g; chico cuando el peso fue entre 5 y 7.5 g y rezaga cuando el peso fue menor a 5.0 g. (Tun, 2001). Al final se sumó el peso de todos los muestreos y se comparó el porcentaje total de frutos según su peso por tratamiento. Para el calcular el porcentaje de colonización micorrízica, de cada planta se tomó 10 raíces secundarias encontradas a 10-15 cm de profundidad se lavaron con agua corriente, se colocaron dentro de casetes histológicos, se tiñeron y montaron de acuerdo a la técnica de Phillips y Hayman (1970) modificada por Hernández et al. (2008). Posteriormente se revisaron las raíces de cada una de las plantas en busca de estructuras características de HMA, sean estas vesículas, hifas, esporas, enrollamientos o arbusculos, y se cuantificó el porcentaje de colonización total de acuerdo con el método modificado de McGonigle et al. (1990), modificado por Hernández et al. (2008).

Por último se obtuvo el índice de cosecha (IC), el cual representa la relación que existe entre la biomasa que se cosecha (rendimiento, peso de los frutos) y la biomasa total del cultivo, se calculó dividiendo la materia seca de los frutos entre la materia seca total de la parte aérea de la planta (Jölli y Giljum, 2005). Para comparar el efecto de la inoculación con una morfoespecie de dos orígenes contrastantes en cada una de las variables con respecto al control, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los datos fueron analizados mediante el programa SPSS12.0 para Windows. El resultado de la medición de las variables en cada muestreo por tratamiento se encuentra en el anexo 1.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Todas las plantas presentaron colonización micorrízica independientemente del tratamiento aplicado, sin embargo no se encontró un efecto diferencial producido por el origen de la morfoespecie de HMA utilizada como inoculante, a pesar de esto el tratamiento IMDC+F presentó un valor ( $11.1 \pm 7.6$ ) de casi el doble en comparación con el resto de los tratamientos ( $F=3.003$ ;  $P= 0.065$ ), incluidos los inoculados con HMA aislados de la selva baja caducifolia, los valores mínimos de colonización se observaron en los tratamientos sin inoculación: tratamiento F ( $2.278 \pm 0.494$ ) y Control ( $2.40 \pm 2.08$ ) (Tabla 3), la colonización observada en estos dos tratamientos pudo haberse dado por el traslado de esporas procedentes de un suelo inoculado a otro sin inocular, posiblemente al momento del riego o por efecto del aire (Wilson et al., 1989).

Las distintas especies de HMA difieren en su respuesta a los fertilizantes químicos, por ejemplo Kurle y Pflieger (1994) comentaron que cuando se combina la fertilización química con el abonado, como en el presente experimento, algunas especies de HMA aumentan su porcentaje de colonización. Sin embargo, otros trabajos indican lo contrario, por ejemplo Covacevich y Echeverria (2010) observaron que la fertilización con fosforo (P) redujo significativamente el porcentaje de

colonización en plantas de trigo inoculadas con la especie nativa *C. claroideum*, atribuyendo esta característica al origen mismo del inóculo, es decir, como una respuesta intrínseca.

En el presente trabajo, el haber combinado el abonado con la fertilización química propició un incremento mucho mayor en el porcentaje de colonización de las plantas inoculadas con HMA obtenidos en el matorral de duna costera que con HMA de selva baja caducifolia (Tabla 3). En este sentido, Sieverding (1991) mencionó que existe una relación entre el porcentaje de colonización y la procedencia del inóculo, por lo que el origen del inóculo es un factor que puede alterar el efecto que ciertas especies de HMA tiene sobre la planta hospedera (Mensah et al., 2015; Barreto de Novais et al., 2014), así como el efecto de la relación entre el genotipo de la planta y del hongo sobre la funcionalidad de la interacción (Fernández et al., 2014; Singh et al., 2012), como consecuencia la adecuación genética entre el fitobionte y el micobionte.

En lo referente a las variables de producción, el número de frutos por planta no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 3.080$ ;  $P=0.061$ ). Sin embargo los tratamientos IMDC+F e ISBC+F presentaron el mayor número de frutos por planta con  $(74.60\pm 13.19)$  y  $(73.96\pm 21.15)$  respectivamente, indicando con esto que es posible que la morfoespecie de HMA usada en este trabajo puede incrementar la producción de frutos de chile habanero en combinación con la aplicación de fertilizantes. Por otro lado, es pertinente mencionar que a pesar de no haberse encontrado diferencias significativas entre el origen de los inóculos, además del tratamiento IMDC+F y ISBC+F el tratamiento IMDC  $(61.70\pm 19.51)$  e ISBC  $(61.43\pm 7.80)$  presentó valores mayores al tratamiento C  $(35.56\pm 3.53)$  y similares al tratamiento F  $(65.80\pm 4.68)$ , lo cual indica que la inoculación con HMA además de favorecer la producción de *C. chinense*, podría sustituir o disminuir el uso de fertilizantes químicos (Tabla 3).

Nuestros resultados coinciden con lo encontrado por Castillo et al. (2009) quienes reportaron un incremento en el número de frutos como resultado de la inoculación con las especies nativas de HMA *C. claroideum* y *R. intraradices* (antes *Glomus intraradices*) de origen comercial sobre plantas de chile (*C. annuum*); y con Román (2003) quien al inocular con diferentes especies de HMA dos cultivares de chile (*C. annuum*, variedades Marisol y ancho) en condiciones de invernadero, encontró que todas las plantas inoculadas con las especies *Glomus* sp. Zac-19 y *G. intraradices*, mostraron un incremento del 46% en el número de frutos comparado con el control; el cultivar Marisol obtuvo el mayor número de frutos, lo cual se atribuyó a sus características genéticas. Por lo anterior, es posible que el efecto de la inoculación con *C. claroideum* difiera dependiendo del cultivar o especie de planta.

Con respecto al rendimiento expresado en materia fresca de los frutos de *C. chinense*, el tratamiento IMDC+F presentó el mayor promedio de materia fresca de frutos por planta ( $282.33 \pm 40.01$ ), mientras que el tratamiento control presentó el menor valor ( $211.20 \pm 22.70$ ), seguido del tratamiento ISBC ( $223.36 \pm 20.38$ ), sin embargo no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $F= 0.916$ ;  $P=0.509$ ). El rendimiento expresado en materia seca de frutos por las plantas de *C. chinense*, tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo es importante constatar que el tratamiento ISBC+F ( $37.86 \pm 3.93$ ) tuvo el valor más alto y que el tratamiento IMDC presentó un valor más bajo ( $25.17 \pm 10.11$ ) que el control ( $28,50 \pm 2,31$ ) ( $F=3.120$ ;  $P=0.059$ ) (Tabla 3).

**Tabla.** Valores promedio de los parámetros evaluados en chile habanero (*C. chinense*) bajo seis tratamientos en condiciones de invernadero.

Parámetros evaluados (n=3)	Tratamientos					
	Control	F	ISBC	ISBC+F	IMDC	IMDC+F
Nº de frutos por planta	35.5±3.5	65.8±4.6	61.4±7.8	73.9±21.1	617±191	74.6±131
Materia fresca de frutos totales (g)	211.2±22.7	265.5±23.4	223.3±20.3	264.6±64.1	235.0±83.6	2823±40.0
Materia seca de frutos totales (g)	28.5±2.3	33.7±4.3	27.4±5.9	37.8±3.9	25.1±10.1	35.3±8.0
Índice de cosecha (%)	0.26±0.03	0.30±0.05	0.29±0.00	0.30±0.03	0.29±0.10	0.38±0.10
Colonización (%)	2.4±2.0	2.2±0.4	5.6±0.7	4.8±1.1	49±07	11.1±7.6

No hubo diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ),  $n=3$ . F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante.

En diversos estudios (Russo y Perkins, 2010; Russo, 2006) se reporta que en el caso de *C. annuum*, independientemente del tipo de suelo en donde se cultive, la inoculación con HMA tiene poco efecto sobre su rendimiento o que incluso en ocasiones puede llegar a reducir su rendimiento al actuar los HMA como parásitos de las plantas, lo cual, fue observado en este estudio ya que a pesar de que los resultados no fueron significativos entre tratamientos, las plantas inoculadas tanto con morfoespecie de HMA originaria del matorral de duna costera (tratamiento MDC) como de selva baja caducifolia (tratamiento SBC), presentaron un promedio total de materia seca menor que el tratamiento control. Mismos resultados obtuvo Castillo et al. (2009) al inocular plantas de *C. annuum* con la misma morfoespecie utilizada en este trabajo, se observó que la variable materia fresca y seca de frutos presentó valores menores al control y un número de frutos igual al control.

Por otro lado, los análisis estadísticos solo señalaron diferencias significativas en la distribución del rendimiento (número de frutos) de frutos chicos, en donde los tratamientos ISBC+F ( $33.60 \pm 9.10$ ) y IMDC+F ( $33.13 \pm 10.91$ ) fueron estadísticamente iguales pero diferentes al Control ( $15.76 \pm 1.32$ ) ( $F= 4.072$ ;  $P=0.028$ ). Sin embargo, con relación a la distribución del rendimiento expresado en gramos de fruto por planta, ninguno de los casos presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ) (Tabla 4). Los resultados demuestran que la inoculación con HMA así como el origen de éstos hongos no influyen de manera determinante sobre la calidad de los frutos de *C. chinense*. Contrario a lo encontrado en este trabajo, Castillo et al. (2009) y observaron que las plantas de *C. annuum* inoculadas con la especie de HMA nativa *C. claroideum*, presentaron diferencias significativas en cuanto al tamaño, número, materia fresca y seca de frutos en comparación con el control.

**Tabla.** Valores promedio de los parámetros evaluados para estimar la distribución del rendimiento de frutos de chile habanero (*C. chinense*) bajo seis tratamientos en condiciones de invernadero.

Parámetros evaluados (n=3)	Tratamientos					
	Control	F	ISBC	ISBC+F	IMDC	IMDC+F
Nº de frutos rezaga	14.2±2,3	33,3±4,8	29,2±3,9	35,9±11,9	33,2±13,4	35,4±12,5
Nº de frutos chico	15.7±1,3 <sup>b</sup>	25,8±4,1 <sup>ab</sup>	28,2±6,5 <sup>ab</sup>	33,6±9,1 <sup>a</sup>	23,3±5,4 <sup>ab</sup>	33,1±10,9 <sup>a</sup>
Nº de frutos medianos	4.6±1,3	5,7±1,2	4,1±0,8	3,8±0,5	4,7±2,5	5,0±1,9
Nº de frutos grandes	0.9±0,2	0,9±0,9	0,8±1,0	0,5±0,2	0,3±0,5	0,9±0,8
Materia fresca de frutos rezaga (g)	71.8±8.5	118,1±15,4	86,9±10,4	107,5±26,0	94,2±30,9	114,9±28,4
Materia fresca de frutos chicos (g)	91.5±13.4	90,3±13,3	92,4±13,9	118,5±37,1	94,6±34,3	116,8±21,5
Materia fresca de frutos medianos (g)	38.7±9.9	47.1±6.7	33,8±7,9	32,0±4,6	42,0±21,6	40,0±14,8
Materia fresca de frutos grandes (g)	9.1±2.5	9.8±10.1	10,0±12,3	6,5±3,3	4,1±6,2	10,4±9,0

Los valores promedios marcados con letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ),  $n=3$ . F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos rezaga= Peso menor a 5g., Frutos chicos= Peso entre 5 y 7.5 g., Frutos medianos= Peso entre 7.5 y 10 g., Frutos grandes= Peso mayor a 10g.

Los resultados de producción de frutos de *C. chinense* no evidenciaron algún efecto diferencial producto del origen de los inóculos, lo que contradice lo mencionado por Castillo et al. (2009) y Howeler et al. (1987) quienes afirmaron que las cepas de la misma especie de HMA, recolectadas en sitios distintos confieren diferentes beneficios fisiológicos a una misma especie de planta hospedera. En este sentido Cardona et al. (2008) al evaluar la presencia de HMA en la rizósfera de plantas de *C. chinense* pertenecientes a seis diferentes sitios, concluyeron que a pesar de que cualquier especie de HMA tiene la capacidad de hacer simbiosis con las plantas de *C. chinense*, no significa que esto cause en efecto positivo sobre el desarrollo de la planta. Sin embargo, es importante mencionar que a diferencia de este estudio Tukaramet et al. (2012) si encontraron diferencias positivas con el control en las variables materia seca y números de frutos al inocular plantas de *C. chinense* con la especie *Rhizophagus fasciculatus* (citada como *Glomus fasciculatum*).

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en lo que respecta al índice de cosecha (IC), el tratamiento MDC+F presentó el mayor IC ( $0.386 \pm 0.106$ ), seguido del tratamiento F ( $0.307 \pm 0.050$ ) y SBC+F ( $0.301 \pm 0.035$ ) ( $F=1.353$ ;  $P=0.319$ ) (Tabla 3). El IC es una variable cuyo valor cercano es a la unidad significa que la planta está traslocando los carbohidratos fotosintetizados al fruto y no a las hojas o tallos, por esta razón puede considerarse al tratamiento MDC+F como el más

eficiente para estimular la producción de fruto; sin embargo, los resultados no permiten atribuir dicha eficiencia al origen de la cepa empleada. No obstante, es importante mencionar que Quintal et al. (2012) en un estudio realizado en Yucatán, al comparar diferentes niveles de humedad en plantas de *C. chinense* en condiciones de invernadero, reportaron un IC de entre 0.2 y 0.3.

Covacevich y Echeverría (2010) inocularon plantas de trigo con la especie *C. claroideum* y aplicaron fertilización con fósforo; notaron que las plantas fertilizadas presentaron mayores valores de materia fresca en granos y parte aérea, en comparación con las plantas sin fertilización, estas diferencias fueron estadísticamente diferentes. Ortas (2012) al inocular con dos especies de HMA *Funneliformis mosseae* y *Claroioideoglomus etunicatum* (citados como *Glomus mosseae* y *Glomus etunicatum*) y fertilizar químicamente con tres niveles de fosforo (0, 25 y 125 mg P kg<sup>-1</sup> suelo) y dos niveles de zinc (0 y 5 mg Zn kg<sup>-1</sup> suelo) plantas de *C. chinense* y *Zea mays*, observó que las plantas inoculadas eran más eficientes absorbiendo el P del suelo que el grupo control, esto podría ser una de las razones por las que Tanwar et al. (2013) considera que la fertilización con fósforo en plantas de *C. annuum* se puede sustituir inoculando con HMA. Lo anterior evidencia que *C. claroideum* se complementa positivamente con la fertilización, y ayuda a explicar por qué solo en los tratamiento en donde se inoculó y fertilizó se presentó un IC mayor.

Los resultados demuestran que el origen de la morfoespecie de HMA *C. claroideum* no influye significativamente en el porcentaje de colonización y producción de frutos de plantas de *C. chinense* en condiciones de invernadero, con excepción de la variable distribución de frutos chicos expresado en gramos por planta, ningún otra mostró diferencias significativas con el control, por lo que podemos decir que independientemente del origen de *C. claroideum* la inoculación con este HMA no provoca un efecto importante sobre la producción de *C. chinense* bajo estos sistemas, sin embargo, es pertinente considerar que el genotipo de la planta influye sobre el desarrollo de los HMA (Smith et al., 1992) y por lo tanto también sobre su

funcionalidad (Fernández et al., 2014; Singh et al., 2012). Debe considerarse además que la influencia que el genotipo de la planta tenga sobre los HMA y viceversa, no solo está en función de las características funcionales de éstos hongos, sino también por la dinámica, longitud y forma de crecimiento de la raíz de la planta hospedera que a su vez está fuertemente influenciada por factores ambientales (Smith y Read, 2008), por esta razón es posible que la inoculación con *C. claroideum* provoque efectos positivos en otra especie de planta o ambiente productivo. Por lo anterior, es necesario realizar trabajos con un mayor número de morfoespecies de HMA de diferentes orígenes y con distintas especies de plantas hospederas bajo diferentes sistemas de producción.

## Referencias

- Aguilera, G. L. (1998). Influencia de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, desarrollo e intercambio gaseoso de *Zea mays* L. (Maiz) y *Capsicum annuum* L. (Chile ancho); Tesis de doctorado; CINVESTAV-IPN U. Irapuato, México. 101p.
- Alarcón, C., Cuenca, G. (2005). Arbuscular Mycorrhizas on coastal sand dunes of the paraguana Peninsula. Venezuela. *Mycorrhiza*. 16:1-9.
- Aza, G. C., Núñez, P. H., Ochoa, A. N. (2011). Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp.). *Plant Cell Rep.* 30:695-706.
- Baoming, J., Stephen, P., Bentivenga, B., Casper, B. (2010). Evidence for ecological matching of whole AM fungal communities to the Local Plant–soil Environment. *Ecology*. 91(10):3037-3046.
- Blaszkowski, J. (2003). Taxonomy of Arbuscular Fungi: Species descriptions and illustrations. Disponible en el sitio web: <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Taxonomy.html>. Consultado 22/07/2014.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. (1996). Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Cardona, G., Peña, V., Arcos, A. (2008). Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*. 26(3):459-470.

Castillo, C., Sotomayor, S., Ortiz, O., Leonelli, C., Borie, B., Rubio, H. (2009). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on an ecological crop of chili peppers (*Capsicum annuum* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 69:79-87.

Castillo, C., Morales, A., Rubio, R., Barea, J., Borie, F. (2013). Interactions between native arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing fungi and their effect to improve plant development and fruit production by *Capsicum annuum* L. *African Journal of Microbiology Research*. 7(26):3331-3340.

Christinal, V., Tholkkappian, P., Sakthivel, U. (2012). Effect of dual inoculation with *glomus fasciculatum* and rhizobacteria on the growth and yield of chilli. *Golden Research Thoughts*. 2(5):1-12.

Constantino, M. R., Gómez, A. J., Álvarez, S. D., Geissen, V., Huerta, E., Barba, E. (2008). Effect of inoculation with rhizobacteria and arbuscular micorrhizal fungi on growth and yield of *Capsicum chinense* Jacquin. *J. Agric. Rural Develop. Tropical Subtropics*. 109:169-180.

Covacevich, F., Echeverría, H. E. (2010). Indicadores para seleccionar inóculos de hongos micorrícicos arbusculares eficientes en suelos moderadamente ácidos. *Ciencia del Suelo*. 28:9-22.

Daniels, B. A., Duff, D. M. (1978). Variation in germination and spore morphology among four isolates of *Glomus mosseae*. *Mycologia*. 70:1261-1267.

Fernández, I., Merlos, M., López, R. J., Martínez, M. A., Ferrol, N., Azcón, C., Bonfante, P., Flors, V., Pozo, M. J. (2014). Defense related phytohormones regulation in arbuscular mycorrhizal symbioses depends on the partner genotypes. *Journal of chemical ecology*. 40(7)791-803.

- Gerdeman, J. W., Nicholson, T. (1963). Spores mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 42:235-244.
- Guadarrama, C. P., S. Castillo, A. J. A., Ramos, Z. S. L., Camargo, J. Álvarez, S. (2007). Propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in a secondary dry forest of Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical/Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation*. 55(4):269-277.
- Hernández, C. L., Guadarrama, C. P., Sánchez, G. I., Ramos, Z. J. (2008). Micorriza arbuscular: colonización intrarradical y extracción de esporas. En: Álvarez, S. J., Monroy, A. A. (comps.). *Técnicas de Estudio de las Asociaciones Micorrízicas y sus Implicaciones en la Restauración*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. pp. 1-15.
- Howeler, R. H., Sieverding, E., Saif, S. (1987). Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*. 100:249-283.
- INVAM.(s.f.). International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Disponible en el sitio web: <http://invam.caf.wvu.edu/>. Consultado 03/02/2015.
- Jölli, D., Giljum, S. (2005). Unused Biomass Extraction in Agriculture, Forestry and Fishery. Sustainable Europe Research Institute (SERI) in Vienna, Austria 3:7-10.
- Kapoor, R. D., Sharma, A., Bhatnagar, K. (2008). Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae*. 116:227-239.

Klironomos, J. N. (2003). Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology*. 84:2292-2301.

Koske, R. E., Halvorson, W. L. (1989). Mycorrhizal associations of selected species from San Miguel Island, Channel Islands National Park, California. *Pacific Science*. 43:32-40.

Kurle, J. E., Pflieger, F. L. (1994). The effects of cultural practices and pesticides on VAM fungi. En: Pflieger F. L., Linderman, R. G. (eds.). *Mycorrhizae and Plant Health*. Minnesota. pp. 101-132.

Mangan, S. A., Eom, A. H., Adler, G. H., Yavitt, J. B., Herre E. A. (2004). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: insular spore communities differ from mainland communities. *Oecologia*. 141(4):687-700.

McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., Swan, J. A. (1990). A method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 115:495-501.

Mirabal, L., Ortega, E., Rodés, R., Fernández, F. (2002). Método efectivo para la desinfección de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA): aislamiento y caracterización de bacterias endospóricas en *Glomus clarum*. *Cultivos Tropicales*. 23(1):21-24.

Ortas, I. (2012). Do maize and pepper plants depend on mycorrhizae in terms of phosphorus and zinc uptake?. *Journal of Plant Nutrition*. 35(11):1639-1656

Pérez, L., Yolanda, C., Álvarez, S., Mendoza, V. J. D., Pat F, J. M., Gómez, A. R., Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con

cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana. Botánica*. 69(1): 46-56.

Phillips, J., Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi for assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55:158-161.

Quintal, O. W., Pérez, G. A., Latournerie, M. Luis., May, L. C., Ruiz, S. E., Martínez, C. A. (2012). Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista fitotecnia mexicana*. 35(2):155-160.

Román, F. (2003). Concentración de reguladores de desarrollo vegetal inducido por hongos endomicorrízicos en dos cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.). Tesis Doctor en ciencias. Universidad de Colima. Tecomán, México. 121 p.

Russo, V. M., Perkins, V. P. (2010). Yield and nutrient content of bell pepper pods from plants developed from seedlings inoculated, or not, with microorganisms. *HortScience*. 45:352-358.

Russo, V. M. (2006). Biological amendment, fertilizer rate, and irrigation frequency for organic bell pepper transplant production. *HortScience*. 41:1402-1407.

Schüßler, A., Walker, C. (2010). Glomeromycota species list. Disponible en el sitio web: <http://schuessler.userweb.mwn.de/amphylo/>. Consultado 15/07/2014.

Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular micorrhyza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany. Eschborn. Schriftenreihe der GTZ. 224-371.

Sigüenza, C., Espejel, I., Allen, E. B. (1996). Seasonality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California. *Mycorrhiza*. 6:151-157.

Smith, S. E., Read, D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. London.

Smith, S. E., Robson, A. D., Abbott, L. K. (1992). The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. *Plant Soil*. 146:169-179.

Soria, M., Trejo, A., Tun, J., Terán, R. (2002). Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SEP. DGETA.ITA-2.Conkal, Yucatán, México.

Sylvia, D., Jarsfer, A. G. (1992). Production of inoculum and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. En: Robson AD, Abbott LK, Malajczuk N (eds.). Management of mycorrhizas in agriculture. *Horticulture and forestry*. Kluwer Academic Press, Dordrecht. pp. 231-238.

Tanwar, A., Aggarwal, A., Kadian, N., Gupta, A. (2013). Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of *Capsicum annum*. *Journal of soil science and plant nutrition*. 13(1)55-66.

Tun, D. J. (2001). Chile habanero: características y tecnología de producción. INIFAP. Campo experimental zona henequenera. Mocochoá, Yucatán, México.

van der Heijden, M. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf, E. R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I. R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. 396: 69-72.

Walker, C., Vestberg, M. (1998). Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstensum* and *G. fistulosum*. *Annals of Botany*. 82:601-624.

Wilson, G. W., Thompson, B. A., Daniels, H., Gerschevske, K. D. (1989). Suppression of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus spore germination by nonsterile soil. *Canadian journal of botany*. 67:18-23.

Yildiz, A. (2010). A native *Glomus* sp. from fields in Aydın province and effects of native and commercial mycorrhizal fungi inoculants on the growth of some vegetables. *Turkish Journal of Biology*. 34:447-452.

## ANEXOS

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de número de frutos totales de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	5,8±3,2	2,4±1,5	3,0±1,5	4,5±2,3	3,1±1,8	2,1±1,1	2,5±1,2	4,4±2,5	3,8±2,1	3,5±2,3
F	6,3±3,0	6,2±3,2	4,2±2,3	12,3±5,2	10,2±4,8	7,9±3,6	6,1±2,8	4,2±2,4	4,5±2,3	3,6±1,9
ISBC	8,8±3,9	6,8±3,8	7,3±3,9	5,6±2,6	11,1±6,2	4,2±2,6	3,5±1,9	5,2±2,8	5,7±3,3	3,6±2,5
ISBC+F	7,4±4,4	9,9±5,2	7,3±8,8	5,8±2,8	9,6±4,1	8,6±5,2	4,7±2,8	6,6±3,3	6,9±3,7	6,8±3,5
IMDC	11,7±8,0	6,1±3,1	4,4±2,3	6,5±4,0	6,3±3,6	6,2±2,9	6,2±3,5	4,9±2,5	5,2±2,9	4,0±2,6
IMDC+F	9,7±5,5	7,7±4,4	4,7±2,9	6,9±3,2	9,9±3,0	6,6±3,0	8,9±4,3	7,1±3,5	5,7±2,9	7,2±4,2

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante.

**Tabla.** Valores promedio por tratamiento y semana de muestreo de número de frutos rezaga de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	1,8±2,8	1,2±1,7	1,2±1,3	1,5±1,1	1,3±1,7	1,2±1,4	1,1±1,5	1,0±1,3	1,8±2,0	1,8±3,0
F	2,5±3,2	3,8±4,3	2,8±3,5	6,4±6,8	4,6±6,1	3,6±3,4	3,4±3,7	1,8±3,0	2,1±2,7	2,3±2,7
ISBC	4,3±4,8	3,3±4,8	4,8±5,2	2,2±2,6	3,6±4,8	2,2±4,4	2,3±3,1	2,4±3,2	2,2±2,9	1,5±2,8
ISBC+F	3,9±7,1	5,0±7,0	2,0±4,3	2,2±3,0	4,4±5,7	5,2±6,9	1,5±2,6	3,1±4,0	4,1±5,1	4,3±5,2
IMDC	8,3±14,2	2,6±3,2	2,3±2,7	3,3±4,8	3,5±4,6	3,6±4,2	3,1±4,1	2,7±3,8	2,1±3,0	1,5±3,3
IMDC+F	5,2±8,0	3,1±4,5	2,4±3,4	3,7±4,8	2,7±3,0	5,0±6,9	4,0±5,4	2,8±4,1	3,3±4,2	2,8±3,1

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos rezaga= Peso menor a 5g.

**Tabla.** Valores promedio por tratamiento y semana de muestreo de número de frutos chicos de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	2,9±5,1	0,8±1,9	1,2±1,8	2,6±3,7	1,4±2,6	0,6±1,2	1,1±1,6	2,7±4,1	1,2	2,7±4,1
F	3,0±4,3	2,2±3,8	1,1±2,0	5,0±5,7	4,1±5,6	3,1±4,7	2,2±3,0	1,9±3,0	2,0±3,2	0,9±1,6
ISBC	3,4±4,2	2,8±4,7	2,2±4,3	2,8±3,6	6,3±10,0	1,6±2,3	1,1±1,5	2,1±3,5	3,4±5,3	2,1±3,7
ISBC+F	3,1±4,1	4,7±6,3	5,0±16,8	3,0±4,0	3,5±4,1	3,9±6,5	2,7±4,3	3,0±4,2	2,6±4,3	1,9±3,2
IMDC	2,9±3,3	2,6±3,9	1,8±3,0	2,4±5,6	2,5±4,6	2,3±4,2	2,3±4,2	1,9±2,3	2,4±4,5	1,9±3,4
IMDC+F	3,9±6,8	3,9±6,8	2,0±4,1	2,9±2,9	3,4±4,1	3,2±6,3	4,1±4,8	3,9±4,6	1,9±2,6	3,7±7,0

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos chicos= Peso entre 7.5 y 5g.

**Tabla.** Valores promedio por tratamiento y semana de muestreo de número de frutos medianos de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	0,8±2,6	0,3±1,4	0,5±1,8	0,3±1,4	0,3±1,3	0,2±0,7	0,2±0,7	0,3±1,2	0,6±2,6	0,8±3,2
F	0,6±1,8	0,1±0,5	0,3±1,2	0,8±2,2	1,2±3,7	1,1±3,5	0,4±1,2	0,3±1,0	0,3±0,8	0,2±0,9
ISBC	0,6±1,8	0,6±2,4	0,2±1,0	0,4±1,8	1,0±2,9	0,3±0,9	0,1±0,3	0,6±2,4	0,1±0,3	0
ISBC+F	0,4±1,2	0,1±0,5	0,2±0,9	0,3±1,2	0,6±2,5	0,5±1,6	0,4±1,7	0,4±1,5	0,1±0,7	0,5±1,7
IMDC	0,5±2,0	0,8±2,8	0,2±1,0	0,6±2,4	0,2±0,9	0,2±0,8	0,8±2,9	0,3±1,1	0,6±1,8	0,3±1,6
IMDC+F	0,5±1,5	0,5±1,5	0,2±0,7	0,2±0,7	0,6±2,0	1,1±4,0	0,7±2,8	0,3±0,9	0,3±1,8	0,4±2,1

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos medianos= Peso entre 10 y 7.5g.

**Tabla.** Valores promedio por tratamiento y semana de muestreo de número de frutos grandes de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	0,2±1,1	0,0±0,3	0	0	0	0,0±0,1	0,0±0,1	0,2±1,0	0,2±1,0	0,0±0,1
F	0,1±0,7	0	0	0,0±0,2	0,2±0,7	0,0±0,2	0,1±0,5	0,2±1,0	0,0±0,1	0,1±0,5
ISBC	0,4±2,3	0	0,1±0,7	0,0±0,3	0,1±0,4	0,0±0,1	0	0,0±0,3	0	0
ISBC+F	0,0±0,1	0	0,1±0,5	0,1±0,7	0,1±0,5	0,0±0,1	0,0±0,1	0,0±0,1	0,0±0,1	0,0±0,1
IMDC	0	0,0±0,3	0	0,0±0,1	0,0±0,1	0	0	0	0,1±0,5	0,1±0,7
IMDC+F	0,0±0,1	0,2±0,6	0	0	0,1±0,4	0,2±1,0	0,0±0,1	0,0±0,2	0,2±1,0	0,2±1,0

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos grandes= Peso mayor a 10g.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso de fruto total de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	35,6±20,0	15,5±11,9	19,4±13,8	22,8±13,7	16,4±10,8	12,6±7,6	16,8±10,3	24,7±16,6	24,7±16,5	22,5±18,1
F	22,5±12,0	22,0±8,6	16,9±8,4	46,3±10,1	45,1±8,7	32,5±5,7	31,0±5,5	16,0±16,0	17,6±9,8	15,5±10,0
ISBC	35,9±11,5	26,0±8,1	28,9±8,6	21,5±8,0	31,6±4,7	19,4±5,0	12,7±5,1	18,1±15,9	18,7±8,0	10,4±10,3
ISBC+F	29,9±4,9	35,8±9,2	20,4±4,0	23,1±5,5	32,7±6,5	29,4±6,0	20,1±4,3	23,3±5,1	26,0±6,8	24,2±5,1
IMDC	37,5±21,1	25,6±15,0	19,8±11,5	24,0±15,2	19,1±9,5	21,6±9,8	26,2±16,7	18,3±10,4	23,5±14,5	18,9±14,2
IMDC+F	31,2±20,2	24,8±6,6	18,3±7,7	26,9±8,4	26,0±88,0	36,4±8,5	36,4±9,5	29,2±8,5	25,1±8,9	28,0±6,1

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso de frutos rezaga de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	10,4±11,4	5,2±8,1	6,8±10,3	8,9±13,0	4,9±6,5	4,4±5,6	6,4±11,3	6,3±8,3	10,0±14,2	8,2±11,5
F	6,5±8,7	13,3±15,6	10,0±13,3	27,2±32,6	19,4±24,3	9,8±10,6	12,5±13,4	4,7±7,9	6,5±8,8	8,0±9,8
ISBC	13,6±15,0	10,2±15,1	17,2±20,3	8,5±10,2	9,0±15,0	5,7±10,5	4,2±5,2	7,0±10,6	7,1±9,3	4,5±8,5
ISBC+F	12,4±23,3	15,7±23,1	7,5±17,5	6,3±8,3	13,6±18,5	11,3±15,0	4,8±8,5	9,4±12,2	13,7±17,9	12,4±15,5
IMDC	20,2±32,5	8,3±8,4	7,4±7,8	9,6±14,6	8,6±10,9	11,1±12,8	9,8±13,7	6,7±10,3	6,8±11,5	5,2±12,7
IMDC+F	16,0±29,8	10,5±12,7	9,2±12,8	11,9±13,3	8,2±8,6	14,2±18,8	13,7±17,9	8,8±11,7	10,6±14,9	11,5±13,3

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos rezaga= Peso menor a 5g.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso de frutos chicos de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	15,0±18,8	6,7±12,8	7,7±11,3	10,7±13,8	8,9±14,1	6,2±9,5	8,4±11,6	12,0±24,5	8,5±13,2	7,1±11,2
F	10,7±13,9	8,3±12,0	5,0±9,4	14,4±14,2	14,0±14,3	11,3±14,2	8,2±7,9	6,7±9,3	8,2±12,5	3,2±5,7
ISBC	12,8±13,7	9,8±11,6	8,2±10,4	8,3±8,6	12,0±10,4	10,4±12,3	7,7±10,3	6,1±8,9	10,7±10,7	5,9±8,1
ISBC+F	10,8±15,0	18,1±19,0	9,5±14,3	13,3±14,8	13,5±13,2	13,5±19,2	10,7±16,8	11,0±14,0	10,9±18,4	7,1±13,8
IMDC	11,9±13,7	9,2±13,4	10,6±17,8	8,1±13,6	8,2±11,4	8,9±10,6	8,8±12,0	8,7±13,7	10,3±19,7	9,1±18,5
IMDC+F	11,0±12,8	8,6±12,7	7,5±11,7	13,3±14,1	11,6±11,2	11,2±13,0	15,7±20,2	16,6±18,9	9,5±13,7	11,5±16,9

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos chicos= Peso entre 7.5 y 5g.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso de frutos medianos de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	7,1±26,6	2,8±14,0	4,9±18,6	3,2±13,5	2,5±9,7	1,9±6,6	1,5±5,9	3,3±11,7	4,2±21,0	7,1±27,4
F	3,8±14,3	0,3±1,6	1,9±9,0	4,2±16,6	9,1±30,0	10,5±33,7	9,1±36,3	2,7±12,4	2,5±7,9	3,2±12,7
ISBC	5,2±15,3	5,6±20,5	1,7±9,6	3,8±15,5	7,9±24,9	2,8±8,9	0,8±2,5	4,8±19,0	0,8±2,5	0
ISBC+F	4,3±12,3	1,4±5,0	2,1±8,8	2,7±9,8	5,2±21,0	4,4±15,1	4,5±17,2	2,4±9,2	1,0±5,8	4,3±13,5
IMDC	5,3±18,7	7,3±24,7	1,7±9,4	5,9±22,3	1,9±7,0	1,3±5,1	7,5±27,4	2,8±10,1	5,2±16,2	3,0±15,0
IMDC+F	3,8±12,2	4,1±13,4	1,5±5,9	1,6±6,4	4,7±13,4	8,9±32,6	6,5±23,8	2,8±8,5	2,8±15,1	2,9±16,0

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos medianos= Peso entre 10 y 7.5g.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso de frutos grandes de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	2,9±12,5	0,8±4,3	0	0	0	0	0,3±2,0	3,0±12,0	1,9±10,7	0
F	1,5±8,2	0	0	0,4±2,5	2,5±8,5	0,8±3,0	1,2±6,5	1,8±10,2	0,3±2,0	1,1±6,0
ISBC	4,2±12,8	0,3±2,0	1,6±6,4	0,7±4,0	2,5±6,4	0,4±2,1	0	0,1±0,9	0	0
ISBC+F	2,3±7,8	0,5±2,1	1,2±4,9	0,6±3,6	0,4±2,1	0,3±2,0	0,1±0,5	0,4±2,3	0,2±1,0	0,2±0,8
IMDC	0	0,7±3,8	0	0,4±2,3	0,3±2,0	0	0	0	1,1±6,0	1,5±8,3
IMDC+F	0,3±1,8	1,5±5,7	0	0	1,5±4,8	2,1±11,5	0,4±2,1	0,8±3,1	2,1±11,8	2,0±10,9

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante. Frutos grandes= Peso mayor a 10g.

**Tabla.** Valores por tratamiento y semana de muestreo de peso seco total de frutos de chile habanero (*C. chinense*) en condiciones de invernadero.

Tratamiento (n=3)	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	4,9±5	2,1±3,3	2,1±3,3	3,7±4,9	2,4±2,9	1,5±1,9	2,0±2,3	3,6±5,4	3,2±4,5	2,6±3,8
F	2,6±4,0	2,6±3,3	2,0±2,4	5,6±5,2	6,9±8,7	3,8±6,5	3,6±5,5	2,6±3,4	2,6±3,2	1,0±1,8
ISBC	4,4±6,3	3,0±4,6	2,7±3,7	2,4±3,3	4,9±8,2	1,9±2,8	1,3±1,8	2,1±3,4	2,5±2,9	1,8±2,5
ISBC+F	4,7±5,5	3,7±5,5	3,2±5,3	3,0±3,7	3,8±5,3	4,5±7,9	2,6±4,5	3,4±4,0	3,1±3,8	3,0±4,0
IMDC	3,0±5,1	3,1±4,5	1,8±2,7	2,5±6,3	2,2±4,3	2,8±3,3	2,9±5,6	2,0±3,6	2,9±5,4	1,5±4,2
IMDC+F	3,4±4,7	4,3±5,9	2,0±2,6	3,7±4,3	3,7±4,3	4,5±7,5	4,7±5,7	3,6±4,5	2,9±4,3	4,6±6,1

F= Fertilización, ISBC= Inóculo de selva baja caducifolia, ISBC+F= Inóculo de selva baja caducifolia más fertilizante, IMDC= Inóculo de matorral de duna costera, IMDC+F= Inóculo de matorral de duna costera más fertilizante.