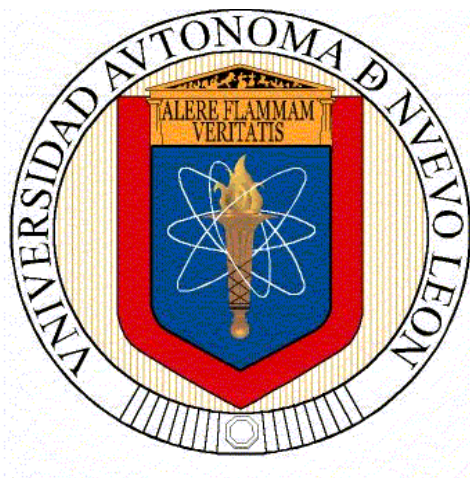


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**TESIS**

**EFFECTO DE FERTILIZANTES Y MICORRIZAS EN EL VIGOR Y  
PRODUCCIÓN DEL CHILE PIQUÍN (*Capsicum annuum* var.  
*glabriusculum*), EN EL NORESTE DE MÉXICO.**

**PRESENTA:  
ROMÁN RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS  
FORESTALES**

**JULIO 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EFEECTO DE FERTILIZANTES Y MICORRIZAS EN EL VIGOR Y  
PRODUCCIÓN DEL CHILE PIQUÍN (*Capsicum annuum* var.  
*glabriusculum*), EN EL NORESTE DE MÉXICO.**

Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales

Presenta:

Ing. Román Ramírez Hernández

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**TESIS**

**EFEECTO DE FERTILIZANTES Y MICORRIZAS EN EL VIGOR Y  
PRODUCCIÓN DEL CHILE PIQUÍN (*Capsicum annuum* var.  
*glabriusculum*), EN EL NORESTE DE MÉXICO.**

**Presentada por:**

**Ing. Román Ramírez Hernández**

**Como requisito parcial para obtener el grado de:  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

Comité de Tesis:



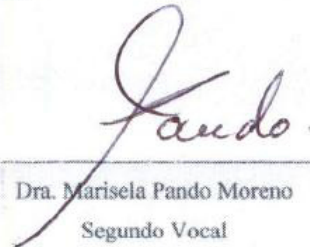
Dr. Horacio Villalón Mendoza

Director



Dr. Fortunato Garza Ocañas

Primer Vocal



Dra. Marisela Pando Moreno

Segundo Vocal



Dr. Teodoro Medina Martínez

Asesor Externo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme brindado los recursos suficientes para concluir satisfactoriamente los estudios de maestría.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza que siendo mi Director de Tesis me brindó la asesoría adecuada y el ánimo insistente desde un principio para llevar a buen término este trabajo de investigación.

A los asesores del Comité de Tesis integrado por el Dr. Fortunato Garza Ocañas, la Dra. Marisela Pando Moreno y mi asesor Externo el Dr. Teodoro Medina Martínez por sus acertadas observaciones y/o correcciones.

A mis padres el Sr. Lucio Ramírez Bautista y la Sra. Amelia Hernández de la Cruz por haber mostrado su confianza en el emprendimiento de esta meta.

Al M.C. Moisés Ramírez Meráz por su amable invitación a estudiar un postgrado en la Facultad de Ciencias Forestales-UANL y por las dudas despejadas en ciertos momentos de dificultad.

A mis compañeros de maestría que colaboraron de alguna u otra forma en mi experimento: Ing. Santiago Torres, Ing. Heriberto García, Ing. José Ángel Sigala, Biol. Hailén Ugalde y Biol. Carlos Mora y todos mis compañeros de postgrado por haber tenido la oportunidad de convivir con ellos.

Del mismo modo agradezco a los trabajadores del vivero al Tec. Alfredo y al Ing. J. Manuel Soto por haberme apoyado en todo el transcurso de mi experimento, también agradezco a todos los demás trabajadores del vivero por haberme permitido convivir con ellos esos momentos.

**A TODOS MUCHAS GRACIAS**

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1 HIPÓTESIS .....	12
1.2 OBJETIVO .....	12
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1 DISTRIBUCIÓN DEL CHILE PIQUÍN .....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE CHILE.....	14
2.3 HONGOS MICORRÍCICOS .....	14
2.4 FERTILIZACIÓN .....	15
2.5 RAÍCES.....	16
2.6 FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA (CRFs POR SUS SIGLAS EN INGLÉS). ....	16
2.7 FERTILIZANTE FOLIAR.....	18
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	21
3.2 CLIMA.....	21
3.3 SUELO.....	21
3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO .....	22
3.5 METODOLOGÍA .....	24
3.6 APLICACIONES PREVENTIVAS DE AGROQUÍMICOS .....	27
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 EFECTO DE LOS FERTILIZANTES FUENTE EN LAS VARIABLES DE LA RAÍZ. ....	29
4.3 EFECTO DE LOS FERTILIZANTES FUENTE EN EL PESO SECO DE LA PLANTA. ....	40
4.2 EL EFECTO BLOQUE EN LAS VARIABLES DE LA PLANTA DE CHILE PIQUÍN. ....	42
<b>5 DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
5.1 LOS FERTILIZANTES Y SU EFECTO EN LAS VARIABLES DE IMPORTANCIA. ....	46
5.2 EL EFECTO DE LA SOMBRA EN LAS VARIABLES DE LA PLANTA DE CHILE. ....	47
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>7 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de las colectas del 2006 y 2007 por Kraft y Luna. Los puntos incluyen colectas físicas y/o colectas que fueron compartidas por contribuidores mexicanos. ....	13
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de Linares, Nuevo León.....	21
<b>Figura 3.</b> Parcela experimental de chile piquín .....	24
<b>Figura 4.</b> Trasplante de chile piquín en bolsas chicas. ....	25
<b>Figura 5.</b> Trasplante de chile piquín a bolsas de 9 l. ....	26
<b>Figura 6.</b> Fertilizantes fuente y su aplicación en plantas de chile piquín. ....	27
<b>Figura 7.</b> Diámetro del cuello de la raíz en plantas de chile piquín. ....	30
<b>Figura 8.</b> Longitud de las raíces de chile piquín a efecto de los tratamientos. ....	31
<b>Figura 9.</b> Intersecciones en las raíces de chile piquín. ....	32
<b>Figura 10.</b> Peso seco de las raíces de chile piquín.....	33
<b>Figura 11.</b> Altura de las plantas de chile piquín. ....	35
<b>Figura 12.</b> Número de ramas en plantas de chile piquín. ....	36
<b>Figura 13.</b> Diámetro de copa de las plantas de chile piquín.....	37
<b>Figura 14.</b> Peso seco de la parte aérea en chile piquín. ....	38
<b>Figura 15.</b> Producción de frutos en chile piquín.....	39
<b>Figura 16.</b> Peso seco de las plantas de chile piquín.....	41
<b>Figura 17.</b> El efecto de la sombra para la variable peso seco de la raíz en los bloques. ....	44
<b>Figura 18.</b> El sombreado de los bloques para la variable producción. ....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución de los tratamientos .....	23
<b>Tabla 2.</b> Las dosis en los tratamientos .....	23
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de variables de la raíz en chile piquín.....	33
<b>Tabla 4.</b> Medias de las variables de la raíz .....	34
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de variables de la parte aérea en plantas de chile piquín. ....	39
<b>Tabla 6.</b> Medias de variables de la parte aérea en chile piquín. ....	40
<b>Tabla 7.</b> Parámetros y medias del peso seco de la planta en chile piquín. ....	41
<b>Tabla 8.</b> Parámetros de variables de la raíz, peso seco de la planta entera y efectos de bloques. .....	43
<b>Tabla 9.</b> Comparación de medias por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS).43	
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de variables de la parte aérea y efecto de bloque. ....	44

## RESUMEN

En enero de 2012 se desarrollaron plantas de chile piquín en el invernadero de la Facultad de Ciencias Forestales-UANL ubicada en Linares, Nuevo León, para llevar a cabo el experimento. Después de cuatro meses se establecieron en bolsas de polietileno negro con capacidad aproximada de 9 l, en donde se aplicaron los tratamientos de fertilizante de liberación controlada Osmocote<sup>®</sup> 75, 46 y 24 g planta<sup>-1</sup> para las dosis alta, media y baja respectivamente; fertilizante foliar Nutricel<sup>®</sup> 20, 12.5 y 5 g planta<sup>-1</sup> para las dosis alta media y baja respectivamente; inoculación de micorrizas que fue 2.6 g planta<sup>-1</sup> y 2.6 g de micorrizas más fertilizante Nutricel<sup>®</sup> dosis media. Las variables que se tomaron en raíces fueron: diámetro del cuello, longitud, intersecciones, peso seco y peso seco de toda la planta; y las variables de la parte aérea fueron: altura, número de ramas, diámetro de copa, peso seco y producción. De acuerdo a los análisis de varianzas, se encontró que para la mayoría de las variables el efecto de los fertilizantes fueron estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 a excepción de la variable producción de frutos, en donde los promedios superiores los obtuvo el fertilizante foliar Nutricel<sup>®</sup> con 13.8 y 13.9 g planta<sup>-1</sup> para la dosis alta y media respectivamente, mientras que el fertilizante granulado Osmocote<sup>®</sup> dosis media fue el que tuvo menor producción de frutos con 7.69 g planta<sup>-1</sup>, que de acuerdo al análisis de varianza se obtuvo un valor de F de 2.52, ligeramente superior al valor de F tabulada y con un nivel de significancia del 0.05.

Palabras clave: chile piquín, fertilizante de liberación controlada, fertilizante foliar y micorrizas.



## ABSTRACT

In January 2012 was planted chili plants in the greenhouse of the Facultad de Ciencias Forestales-UANL at Linares, Nuevo León, to carry out the experiment. After four months settled in black polyethylene bags with an approximate capacity of 9 l, where applied treatments controlled release fertilizer Osmocote® 75, 46 and 24 g plant<sup>-1</sup> for high doses, medium and low respectively foliar fertilizer Nutricel® 20, 12.5 and 5 g plant<sup>-1</sup> high dose, low and medium respectively; mycorrhizal inoculation was 2.6 g plant<sup>-1</sup> and 2.6 g of mycorrhizal more fertilizer Nutricel® average dose. The variables that were taken in roots were neck diameter, length, intersections, dry weight and dry weight of whole plant, and the variables of the aerial part were: height, number of branches, crown diameter, dry weight production. According to the analysis of variance, it was found that for most of the effect of the variables were statistically equal fertilizer with a significance level of 0.05 except for the variable fruit production, where in the obtained averages above fertilizer foliar Nutricel® with 13.8 and 13.9 g plant<sup>-1</sup> for medium and high doses, respectively, while Osmocote® granulated fertilizer doses the one who had lower fruit production with 7.69 g plant<sup>-1</sup>, which according to analysis of variance obtained an F value of 2.52, slightly higher than the tabulated F value and significance level of 0.05.

Keywords: chili piquín, controlled release fertilizer, foliar fertilizer and mycorrhizal.

## 1 INTRODUCCIÓN

Una de las especies de plantas silvestres de gran importancia desde el punto de vista económico así como de la preferencia por la gente es el chile piquín (Medina *et al.*, 2003; Villalón *et al.*, 2010). Este es considerado como el antepasado de los chiles que se cultivan actualmente y varias de sus características morfológicas son similares a los chiles cultivados: hojas pecioladas, tallos dicotómicos, flores hermafroditas blancas y tallos lignificados; los frutos son lo que más difiere de los otros picantes siendo estos de tamaño pequeño. (Pickersgill, 1984).

Generalmente las plantas de chile tienen un ciclo de vida perene, aunque a nivel comercial sólo se permite tenerlos por ciclos anuales; el tallo de la planta tiende a bifurcarse a unos 40 cm de la base de la planta, formando dos ramas; la forma de la hoja es ovoide, sin pubescencias, cuando la hoja termina sus funciones madura y cae de la planta. Las flores son axilares teniendo una o dos, la posición de estas por lo regular son erectas, son de color blanco, el color de las anteras es púrpura. Los frutos a su madurez fisiológica son de color rojo con forma redondeada o ligeramente ovalada y su tamaño es menor a un centímetro (IPGRI, 1995).

Esta especie de chile silvestre se desarrolla y produce fruto en los matorrales bajo la sombra de los árboles; los nutrientes que asimila la planta provienen del suelo, donde la hojarasca producida por los árboles es degradada por microorganismos liberando los nutrientes que aún quedan en la hoja (Aerts, 1997; Berg *et al.*, 1997). Cuando el material que se produce no es extraído de su ambiente o las extracciones no superan las entradas de nutrientes, dos de las entradas de nutrientes pueden ser a través de las corrientes de aire que acarrear polvo o de la misma lluvia, entonces no hay necesidad de compensar las salidas, de lo contrario hay que suplirlas con fuentes sintéticas (Dovey *et al.*, 2011). Los fertilizantes son fuentes sintéticas de nutrientes que se incorporan al suelo para nutrir a las plantas, vienen en diferentes presentaciones dependiendo de cómo se haga el manejo del cultivo, uno de los tipos de fertilizantes viene en forma granulada, el cual hace que los nutrientes estén disponibles de forma gradual y estos se incorporan al suelo directamente; otro tipo de presentación del fertilizante es en su forma soluble, el cual es apto para los sistemas de fertirrigación por su alta solubilidad y finalmente se tiene las fuentes de fertilizantes que vienen diluidas en un

medio líquido y que son también apropiadas para utilizarlas en los sistemas de riego (Mata *et al.*, 2010). Una forma granulada de la fuente de nutrientes es el fertilizante de liberación controlada el cual consiste en pequeños gránulos esféricos de resina que contienen los macronutrientes tales como Nitrógeno Fósforo y Potasio (NPK), estos pequeños gránulos gracias a su permeabilidad al estar en contacto con la humedad del suelo o del sustrato comienzan a liberar los nutrientes lentamente conforme la planta los va requiriendo (Basu *et al.*, 2010).

Otra fuente de nutrientes es el que se realiza por la vía foliar el cual es asperjado sobre la superficie de las hojas, de esta manera las hojas absorben los nutrientes aplicados. Esta es una forma más rápida para corregir deficiencias en las plantas después de haber agotado los nutrientes, sobre todo aquellos que la planta necesita en menores cantidades y que comúnmente se denominan micronutrientes. Para que haya una buena asimilación de nutrientes la hoja debe estar completamente cubierta por la solución, sin embargo esto no se da porque posee una cutícula cerosa que provoca escurrimientos, por esta razón estos productos vienen acompañados de surfactantes para tener un buen recubrimiento (Taiz y Zeiger, 2002). Esta no es la forma más adecuada para nutrir a las plantas con respecto a sus requerimientos nutricionales, pero si es una buena alternativa para corregir deficiencias de micro-elementos y más frecuentemente el hierro, sobre todo en ambientes sin suelo como son los sistemas hidropónicos y acuapónicos que además de un pH alto de este último provoca que ciertos elementos no estén disponibles para la planta (Roosta y Mohsenian, 2012).

La asimilación de nutrientes por medio de la incorporación de microorganismos como el caso de los hongos micorrízicos Vesículo-Arbusculares que viven en simbiosis con las plantas, es otra manera de proveer a las plantas de los nutrientes que requiere. Estos hongos colonizan las raíces mediante estructuras microscópicas llamadas hifas que se desarrollan tanto dentro como fuera de las raíces, la parte que ingresa a las raíces lo hace a través de la epidermis, después de eso la hifas se desarrollan entre las células del córtex, mientras que otras son penetradas ya sea para formar estructuras ovales llamadas vesículas o ramificadas llamadas arbusculos, en donde al parecer en este último se lleva a cabo el intercambio de nutrientes (Taiz y Zeiger, 2002). Estos hongos micorrízicos al ser aplicados a las plantas incrementan la altura así como también la longitud de las raíces, también en sistemas

altamente productivos hace reducir la aplicación de fertilizantes de manera considerable y contribuye en la asimilación de nutrientes como el fósforo y el zinc (Rueda *et al.*, 2010; Mata *et al.*, 2012; Orta *et al.*, 2011)

Se han realizado estudios como porcentaje de germinación en semillas de chile piquín (García *et al.*, 2010), aspectos sobre la fisiología de la planta (Almanza, 1998), beneficios del sombreado con malla sombra (Villalón *et al.*, 2001), inoculación con microorganismos (Rueda *et al.*, 2010), variabilidad genética, entre otros; habiendo muy poca información sobre cuestiones de fertilización, siendo lo más cercano al tema la utilización de biofertilizantes, la mayoría a base de micorrizas. Con la finalidad de evaluar el efecto de dos fuentes de fertilizantes y el empleo de hongos micorrízicos llamados comúnmente biofertilizantes se diseñó un experimento con plantas de chile piquín producidas en el invernadero del vivero de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL.

## 1.1 HIPÓTESIS

Al menos una de las dosis de las fuentes de fertilizantes utilizados tiene un efecto superior a los demás tratamientos en el rendimiento de las plantas de chile piquín.

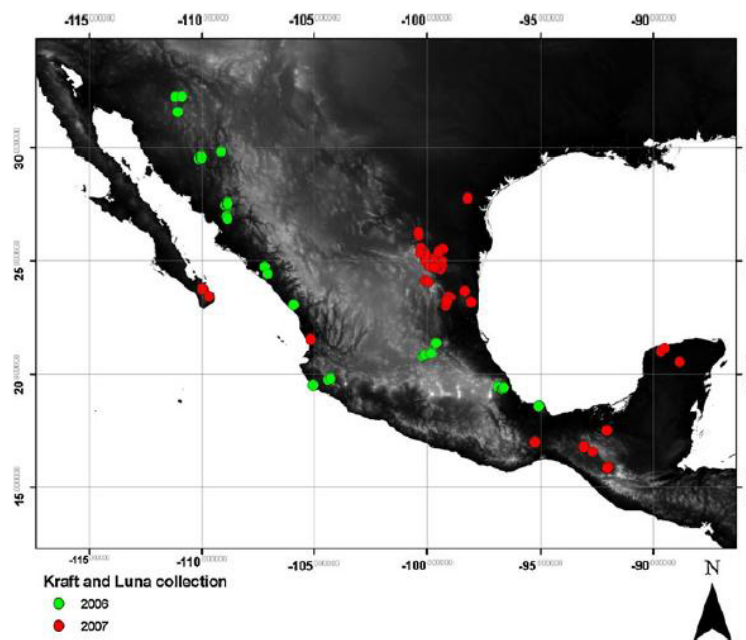
## 1.2 OBJETIVO

Determinar el efecto de la fertilización química a través de un fertilizante de liberación controlada, de un fertilizante foliar y de la fertilización biológica por medio de la inoculación de hongos micorrízicos en las variables de producción en plantas de chile piquín.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Distribución del chile piquín

El chile piquín es una especie silvestre que crece en los lechos de los arroyos y zonas bajas de Baja California, Sonora y Jalisco; se tienen reportes de este recurso forestal no maderable en las estribaciones de la Sierra Gorda en Querétaro, también en el extremo noreste de la frontera política entrando en los márgenes de la Cuenca Huasteca. Dicha especie crece también en el Noreste de México y Texas, estos prosperan tanto en sitios perturbados y no perturbados por el hombre y su ecología es similar a los del Estado de Sonora, a menudo creciendo bajo la sombra de los árboles. Para el Estado de Veracruz se tienen reportes de su existencia en el valle del Río Jacumulco y Los Tuxtlas. Finalmente en el área de la Península de Yucatán y Sur de México, los estados que contribuyen con este recurso son Yucatán, Oaxaca y Chiapas en donde se distribuyen en las orillas de las cercas y de las carreteras, esto puede observarse en la **Figura 1** (Kraft *et al.*, 2012).



**Figura 1.** Mapa de las colecciones del 2006 y 2007 por Kraft y Luna. Los puntos incluyen colecciones físicas y/o colecciones que fueron compartidas por contribuidores mexicanos.

## 2.2 Características de la planta de Chile

La estructura de la flor sigue los patrones básicos descritos para *Capsicum* (Quagliotti, 1979). El tiempo de vida de la flor es de aproximadamente tres días; la corola con los estambres se caen entre el segundo y tercer día de vida de la flor, mientras que el gineceo y el calix caen cuatro a cinco días después si no se establece la fruta. El número de semillas por fruto depende del tamaño del fruto, el promedio de óvulos por ovario es de  $14.05 \pm 2.40$ , y consecuentemente la proporción general semilla/óvulo es de 0.16; generalmente los tubos polínicos crecen casi todos juntos y se extienden a través del tercio apical del estilo 24 horas después de la polinización, así como también los ovarios empiezan agrandarse después de dicho tiempo; el diámetro transversal promedio del ovario es de  $1.26 \pm 0.10$  mm (Carrizo, 2010).

## 2.3 Hongos micorrícicos

La asociación mutualista entre los hongos y las raíces de las plantas conocida como micorriza es encontrado en todos los ecosistemas terrestres, y fue primero descrito por el patólogo forestal Alemán Frank en 1987 como “mykorrhiza”, el cual literalmente significa “hongo-raíz” (Read, 1987). Los hongos micorrícicos invaden las raíces de las plantas para proveerles de los nutrientes que necesitan como N y P contenido dentro de la materia orgánica para sostener el crecimiento, mientras que de ellas reciben sustancias elaboradas por las plantas (Franson, 2001). En estudios realizados por Franson (2001), en comunidades arbóreas, claramente refleja que las continuas aplicaciones de fertilizantes, tienen gran influencia en la estructura comunitaria de los hongos ectomicorrícicos, sin embargo no incrementan el área radicular colonizada por estos organismos. Las plantas con micorrizas transfieren más asimilados a las raíces que las plantas no micorrizadas (Wang *et al.*, 1989), el cual puede ser explicado por la demanda de carbono de los hongos para crecer y respirar (Fitter, 1991). Los propios hongos micorrícicos pueden liberar exudados que selectivamente influyen en los microorganismos de la rizósfera. Los exudados de los hongos micorrícicos aún no han sido investigados a detalle; sin embargo hay reportes de compuestos tales como la glomalina, el cual puede incrementar la agregación del suelo (Rilling *et al.*, 2002). Como microorganismo, son encontrados principalmente en los agregados del suelo, la glomalina puede tener efectos positivos en la densidad poblacional microbiana (Andrade *et al.*, 1998b). Creando un hábitat

micorrizósfero puede ser benéfico para los hongos micorrícicos porque algunos microorganismos específicos para la rizósfera de las raíces micorrícicas puede estimular la formación micorrícica y cambiar la expresión de genes micorrícicos (Becker *et al.*, 1999).

La inoculación del hongo micorrícico *Glomus intraradices* en conjunto con la bacteria fijadora de N *Azospirillum brasilense* a cultivos de chile Mirasol y Puya, incrementaron el crecimiento de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, peso seco de la raíz y peso seco de tallos; y como consecuencia el rendimiento fue de 51.8% (Lara *et al.*, 2010). La inoculación de cinco especies de micorrizas del género *Glomus* tiene efectos positivos en el crecimiento y calidad en plántulas de chile en incremento en materia seca, concentraciones de P y Zn y precocidad en la floración en comparación con plantas sin inocular, pero no hay diferencias significativas entre éstas especies de dicho género (Ortas *et al.*, 2011).

La colonización de hongos Micorrícicos Arbusculares tienden a modificar las comunidades bacterianas nativas que se encuentran conviviendo con las raíces de las plantas, ya sea inhibiendo las poblaciones nativas o incrementando sus poblaciones; esto parece ser el resultado de la compleja interacción hongo-planta-ambiente (Marshner y Timonen, 2006). Mientras tanto la bacteria *Klebsiella pneumoniae* en combinación con el hongo *Glomus intraradices* en un ecotipo de chile piquín en el estado de Sonora tuvieron influencia en el crecimiento de la planta, altura, longitud de la raíz, peso fresco y seco de la planta (Rueda *et al.*, 2010).

## 2.4 Fertilización

Desde 1804, los científicos empiezan a darse cuenta que las plantas requieren de calcio, potasio, azufre, fósforo y hierro. Después, hacia 1860, tres fisiólogos alemanes (W. Pfeffer, Julius Sachs y W. Knop) reconocieron la dificultad de determinar los tipos y cantidades de elementos esenciales para el crecimiento vegetal en un medio tan complejo como es el suelo (Salisbury y Ross, 1991).

Además de la fertilización es necesario contar con una buena eficiencia en el uso del agua, esto queda demostrado en un estudio con chile Mirasol en donde se menciona que hay porcentajes mayores en N y Mg en riego por goteo de 3.9 y 0.8% que en riego rodado de 2.97 y 0.72% respectivamente incrementando como consecuencia la altura de la planta, área foliar,



materia seca y rendimiento (Lara *et al.*, 2010). Los elementos que se suministran a las plantas a través de los fertilizantes no van a expresarse en mayor producción si no está bien balanceados, al respecto Reveles *et al.*, (2010) concluyen después de evaluar diferentes dosis de N, P, K en chile Mirasol que la relación 1:2:1 es la que tuvo mayor crecimiento en plántulas producidas en invernadero.

## 2.5 Raíces

Existen reportes de que las raíces de chile en general llegan a crecer hasta 100 cm de profundidad, aunque el 91-97% del total del agua asimilada es extraído de los primeros 50 cm del perfil del suelo (Hulugalle y Willatt, 1987). La longitud de la raíces están en función de la producción de fruto ya sea que las plantas se encuentren en condiciones normales de humedad o con estrés hídrico, además el estrés hídrico puede disminuir la materia seca hasta un poco menos del 34% (Kulkarni y Phalke, 2008).

## 2.6 Fertilizantes de liberación controlada (CRFs por sus siglas en inglés).

El uso de los fertilizantes de liberación controlada (CRFs) es uno de los intentos por incrementar la eficiencia en el uso de fertilizantes. Una reciente práctica es usar los CRFs para conocer los requerimientos de los cultivos, reduciendo significativamente la contaminación ambiental (Bidwell, 1979). Los fertilizantes de liberación controlada se conocen desde hace varios años. El estudio en la aplicación de la tecnología de liberación controlada para fertilizantes fue realizado por Ortli y Lunt (1962). Se estima que el porcentaje de la dosis de fertilizantes asimilado por las plantas, cuando es aplicado en sus formas convencionales, solamente puede alcanzar hasta un 30-50% (Prasad, 1971). Los fertilizantes de liberación controlada mantienen la concentración del fertilizante a niveles óptimos en la solución del suelo y liberan el fertilizante cuando la planta los necesita más. Las cubiertas de gránulos esféricos están llenas con fosfato diamónico (DAP), cloruro de potasio (muriato de potasa) y urea, de los cuales el primero es 1-1 electrolito débil, el cual provee N y P; el segundo es un 1-1 electrolito fuerte que provee K y el último no es electrolito y que también aporta N (Basu *et al.*, 2010); En 1988, los tratamientos de Osmocote mostraron altas concentraciones de Fe en las hojas de cítricos, lo cual puede ser atribuido a las altos contenidos de Fe en el fertilizante Osmocote<sup>®</sup>, así como también Mg en el fertilizantes Osmocote (Sierra)<sup>®</sup> Zecri y Koo (1992). Los CRFs, en los cuales una barrera física reduce sus velocidades de disolución, son

comúnmente preparados por encapsulamiento (recubrimiento o formación de matriz) de nutrientes granulares solubles en agua con membranas hidrofóbicas de baja permeabilidad (Hauck, 1985; Shavic y Mikkelsen, 1993). Uno de los prerrequisitos para la producción de un buen CRF es el uso de fertilizantes granulados de alta calidad, los cuales son de una forma regular y tienen su superficie tan lisa como sea posible. Los polímeros hinchables en agua son comúnmente usados en productos de liberación controlada (Peppas *et al.*, 1980; Colombo *et al.*, 1996). Brazel y Peppas (1999) enfatizaron la importancia en el control de los patrones de liberación y el alcance en la velocidad lineal de liberación. Basu y Kumar (2008) estudiaron la saturación y la liberación de nutrientes de una cubierta de gránulo esférico habiendo diferentes áreas de contacto con el suelo usando las técnicas de modelación matemática y simulación por computadora, estudiaron los efectos del radio en los gránulos, coeficiente de difusión, pérdida por evaporación y área de contacto en la saturación de nutrientes como también el tiempo de liberación. Se ha encontrado que al aumentar la superficie de contacto, el tiempo de liberación puede ser mejorado reduciendo el valor del coeficiente de difusión mezclando el material tipo gel con el nutriente, la saturación como también los tiempos de liberación pueden ser controladas. Los suelos alcalinos acortan el tiempo de liberación profundamente con valor más bajo de la constante de asociación, la liberación de nutrientes puede ser controlada de una mejor manera controlando el grosor y el material de la cubierta de los gránulos esféricos de incluso un diámetro moderado de 1.7 mm, permitiendo una tasa de liberación más lenta (Basu *et al.*, 2010).

La fertilización es llevada a cabo para mejorar la floración de las plantas y para lograr una cobertura de vegetación densa. Los fertilizantes usados son en la mayoría fertilizantes de liberación controlada (CRF), los cuales están diseñados para liberar nutrientes a un ritmo similar a los requerimientos de las plantas, de ésta manera se reduce el riesgo por lixiviado y daños a la planta (Shaviv, 2001). El uso de los CRFs es también benéfico desde que las fertilizaciones repetidas pueden ser problemáticas y que consumen tiempo debido a problemas con el acceso y precauciones de seguridad. Sin embargo, los fertilizantes convencionales que se disuelven fácilmente son a veces usados debido a su bajo precio. Las variaciones en el tiempo de liberación son mucho más pronunciados en un gránulo esférico de radio mayor

teniendo casi el punto de contacto con el suelo alcalino a altas temperaturas y para un electrolito débil de una constante de asociación más baja (Basu *et al.*, 2010).

## 2.7 Fertilizante foliar

Pettinelli D. s.f. define a la fertilización foliar como la aplicación de fertilizantes a las hojas de las plantas, no siendo esto un sustituto para el mantenimiento de niveles adecuados de nutrientes en el suelo, pero puede ser benéfico para ciertas circunstancias. Generalmente se recomienda para corregir deficiencias de micronutrientes específicos. En los últimos años, estos productos han sido desarrollados para contener hormonas de crecimiento, azúcares de plantas naturales, microorganismos y otros ingredientes. Hay poca evidencia de que estos productos son especialmente efectivos.

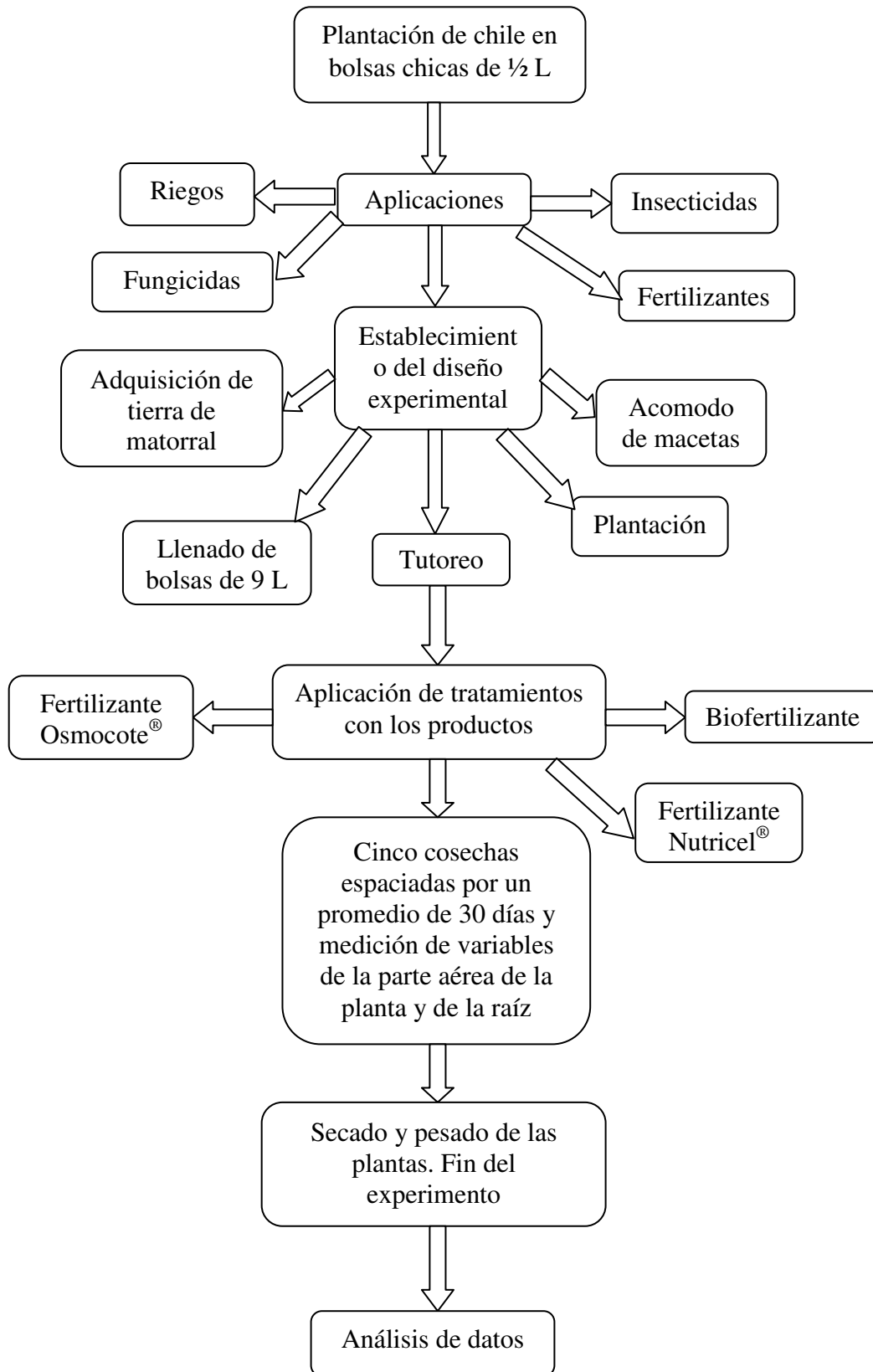
El interés por la fertilización foliar fue estimulado durante los años 50's cuando H. B. Tukey y S. H. Wittwer (1957) en la Universidad Estatal de Michigan, usando isótopos radioactivos de los nutrientes de las plantas conocidas, encontraron que los nutrientes fueron absorbidos por el follaje de la planta. ¡En algunas plantas la tasa de movimiento fue de un pie por hora!, ellos también reportaron que la fertilización foliar resultó en aproximadamente un 95% de eficiencia en el uso de nutrientes contra solamente alrededor de un 10 % de eficiencia en el uso de nutrientes en la fertilización aplicada al suelo.

Cuando los fertilizantes son aplicados al follaje de la planta, los nutrientes generalmente entran a la planta a través de la cutícula, la cual es una capa delgada cerosa en el exterior de las hojas y tallos, y a través de los estomas que son poros en las superficies de las hojas y tallos. Los nutrientes pueden entrar en el haz y en el envés de las hojas (Pettinelli s.f.). La clorosis foliar inducida por la alcalinidad es atribuido a una deficiencia de Fe debido a una disminución en su asimilación (Bertoni *et al.*, 1992) y/o a su disponibilidad (Roosta, 2011). La deficiencia de Fe se refleja en la fisiología y la bioquímica de toda la planta, como el Fe es un importante co-factor de muchas enzimas, incluyendo aquellas involucradas en la ruta biosintética de las clorofilas (Marshner, 1995). El aporte de nutrientes generalmente se hace de los macro-elementos, descuidando los micro-elementos que a pesar de sus pequeñas cantidades que la planta los requiere, son de gran importancia para expresar su potencial de rendimiento (Askari *et al.*, 1995).

El Zinc (Zn) está involucrado en la formación de las hormonas de crecimiento, promotor de la síntesis de proteínas, maduración de granos, etc. El Fe está asociado a la síntesis de clorofila, oxidación-reducción y respiración. El Cobre (Cu) actúa como catalizador en la respiración y es un constituyente de las enzimas. Los elementos traza como el Manganeseo (Mn) es esencial para el metabolismo del N, fijación de N, asimilación de CO<sub>2</sub> y el rompimiento de carbohidratos (Khan y Fizza, 1986).

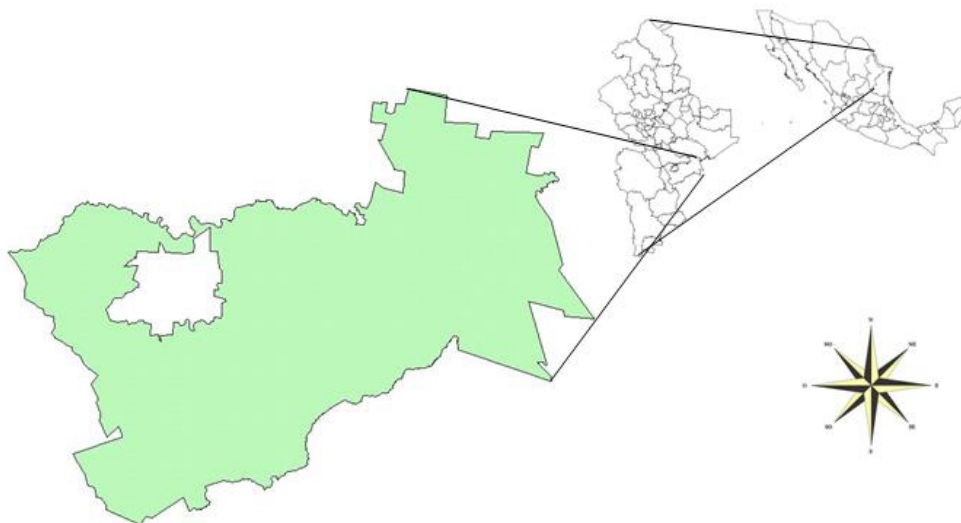
Aplicaciones foliares de Fe de diferentes fuentes a plantas de chile, tuvieron efectos significativos en las características vegetativas y parámetros de crecimiento reproductivo comparado con el testigo, las aspersiones foliares no afectaron la clorofila b, carotenoides y contenidos de azúcar solubles (Roosta y Mohsenian, 2012). Welkie y colaboradores, (1990) reportaron que hay también una relación lineal entre los contenidos de Fe y clorofila en las hojas de pimiento.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS



### 3.1 Ubicación del experimento

El presente estudio se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales-UANL, ubicada en Carretera Nacional Km 145, Linares, Nuevo León, México, que se encuentra a 24°47'49.48'' latitud Norte y 99°32'31.34'' longitud Oeste a una altura de 350 msnm (**Figura 2**).



**Figura 2.** Mapa de ubicación de Linares, Nuevo León.

### 3.2 Clima

De acuerdo a la clasificación de Köpen, modificada por E. García (1988), define para la zona de Linares un clima semicálido subhúmedo con lluvias generalmente en verano, durante los meses de abril a noviembre habiendo un periodo de sequía entre julio-agosto llamado canícula, la precipitación anual oscila entre 600 y 1000 mm, con un promedio de 749 mm, por lo regular las temperaturas medias anuales están por arriba de los 18°C, teniendo un promedio de 22.3°C.

### 3.3 Suelo

De acuerdo a la FAO (2006) los tipos de suelo que se encuentran en la región son vertisol, litosol, regosol y xerosol, y en menor grado por rendzina, luvisol, fluvisol, y cambisol, de origen aluvio-coluvial, muy profundo, de textura arcillo-limosa conteniendo más del 30% de arcilla a lo largo del perfil y de color oscuro, que presenta valores muy altos de materia orgánica en la parte superior, y este valor disminuye conforme la profundidad

aumenta. El suelo utilizado en el experimento provenía del matorral aledaño a la Facultad de Ciencias Forestales, el cual tiene un 2.16 % de carbono orgánico lo que significa que tiene un alto contenido para el suelo franco-limoso, el contenido de carbonatos es bajo encontrándose entre 0.5 y 2 %, con una deficiencia en P y un pH medianamente alcalino de 7.8.

### 3.4 Diseño estadístico

El experimento aplicado a las plantas de chile piquín fue un diseño de bloques completos al azar para considerar el efecto de la sombra. Hubo un total de ocho tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones. Para formar los tratamientos se utilizaron dos fuentes de fertilizantes y un auxiliar en la absorción de nutrientes y agua conocida popularmente como biofertilizante. El primero fue un fertilizantes de liberación controlada (CRF), nombrado comercialmente como Osmocote<sup>®</sup> con fórmula 14-14-14, administrado por la vía de la raíces; el segundo un fertilizantes foliar, cuyo nombre comercial es Nutricel<sup>®</sup> con fórmula 20-30-10; el tercero un hongo micorrícico (*Glomus intraradices*), nombrado comúnmente como biofertilizante; y finalmente un testigo al cual sólo se le adicionó tierra de matorral. La distribución de los tratamientos se hicieron en cuatro bloques o repeticiones (**Tabla 1**) y el número de tratamientos y sus respectivas dosis queda como lo muestra la **Tabla 2**, así como también la parcela en el campo, ver **Figura 3**.

**Tabla 1.** Distribución de los tratamientos

B1 T3	B1 T7	B1 T1	B1 T5	B1 T2	B1 T9	B1 T6	B1 T8	B1 T4
B2 T2	B2 T4	B2 T5	B2 T8	B2 T3	B2 T1	B2 T7	B2 T9	B2 T6
B3 T1	B3 T3	B3 T6	B3 T9	B3 T2	B3 T4	B3 T8	B3 T7	B3 T5
B4 T4	B4 T6	B4 T7	B4 T1	B4 T9	B4 T8	B4 T2	B4 T3	B4 T5

Cada una de las unidades experimentales o subparcelas consistió de 10 plantas de chile piquín producidas en el invernadero.

**Tabla 2.** Las dosis en los tratamientos

FERTILIZANTE FUENTE	DOSIS
T <sub>1</sub> : Fertilizante foliar alta	20 g l <sup>-1</sup>
T <sub>2</sub> : Fertilizante foliar media	12.5 g l <sup>-1</sup>
T <sub>3</sub> : Fertilizante foliar baja	5 g l <sup>-1</sup>
T <sub>4</sub> : Fertilizante granulado alto	75 g planta <sup>-1</sup>
T <sub>5</sub> : Fertilizante granulado medio	46 g planta <sup>-1</sup>
T <sub>6</sub> : Fertilizante granulado bajo	24 g planta <sup>-1</sup>
T <sub>7</sub> : Micorrizas + fertilizante foliar media	6.2 g planta <sup>-1</sup> + T <sub>2</sub>
T <sub>8</sub> : Micorrizas	6.2 g planta <sup>-1</sup>
T <sub>9</sub> : Testigo	0



El modelo lineal para el diseño experimental en bloques aleatorizados completos es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad j = 1, \dots, b \quad i = 1, \dots, t$$

$Y_{ij}$ : respuesta en la  $j$ -ésima unidad experimental con el tratamiento  $j$ -ésimo.

$\mu$ : media general, común a todas las unidades antes de aplicar los tratamientos.

$\tau_i$ : efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$ : efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$ : error en la  $j$ -ésima repetición del  $i$ -ésimo tratamiento (Infante y Zárate 1990).



**Figura 3.** Parcela experimental de chile piquín

### 3.5 Metodología

En la 2ª y 3ª semana de enero de 2012 se hizo el trasplante de chile piquín de charola que se sembraron en octubre 2011 y de almácigo sembrada en noviembre del mismo año respectivamente, ver **Figura 4**. Este material silvestre proviene de la comunidad El Avileño, ubicada en el municipio de Linares, Nuevo León.



**Figura 4.** Trasplante de chile piquín en bolsas chicas.

Después de haber pasado las plántulas de chile piquín a bolsas de polietileno negro con capacidad aproximada de 0.5 l, cuando el material contaba con tres hojas verdaderas, a partir de ese momento bajo condiciones de invernadero se estuvieron regando cada tercer día o cuando lo requerían las plantas, se realizó la aplicación de insecticidas para prevenir el ataque de mosquita blanca y ácaros, y la aplicación de fertilizante foliar para evitar deficiencias de micronutrientes, todas estas actividades se realizaron hasta la 2<sup>a</sup> semana de abril.

Después de que se alcanzó un promedio de 25 cm en la segunda semana de abril, dichas plantas se pasaron a bolsas de polietileno negro con capacidad de 9 l rellenas de tierra de matorral, siendo esta una planta que requiere de cierta cantidad de sombra, el experimento se acomodó bajo la sombra de árboles de matorral, ver **Figura 5**.



**Figura 5.** Trasplante de chile piquín a bolsas de 9 l.

La aplicación de las tres dosis del fertilizante Osmocote® se hace alrededor de la planta a una distancia de 9 cm del tallo, se traza un canal pequeño de 4 cm de profundidad en donde se deposita el fertilizante y posteriormente se cubre con la misma tierra. En cuanto a la aplicación de las tres dosis del fertilizante Nutricel®, se disuelve cada uno en un litro de agua corriente, al cual también se le adiciona unas gotas de jabón líquido para tener un buen recubrimiento en el follaje, una vez preparada la solución se vacía en un atomizador y se aplica únicamente a las plantas de interés evitando a los tratamientos vecinos, para esto se utiliza una bolsa de polietileno que restringe la pulverización; y finalmente la inoculación del hongo micorrízico se hace como la aplicación del fertilizante Osmocote® seguido de un riego, ver **Figura 6**.





**Figura 6.** Fertilizantes fuente y su aplicación en plantas de chile piquín.

Las variables que se toman en cuenta en este estudio son de la parte aérea de la planta: altura, número de ramas, diámetro de copa, peso seco y producción de frutos; las variables de la raíz son: diámetro del cuello, longitud, intersecciones, peso seco; y peso seco de la planta entera. Para obtener el número de intersecciones de las raíces se utiliza una cuadrícula de 1 cm por cuadro y sobre ella se colocaba la raíz, posteriormente se toma una foto, para después hacer el conteo de las intersecciones.

### 3.6 Aplicaciones preventivas de agroquímicos

Se realiza la aplicación del acaricida Envidor<sup>®</sup> cuyo ingrediente activo es Spirodiclofen cuando se nota la presencia de ácaros; al incrementar las poblaciones de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) se inician las aplicaciones de Cónfidor<sup>®</sup> (Imidacloprid) a la

base de la planta en forma de drench con Muralla Max<sup>®</sup> (Imidacloprid + Betacyflutrin) y BIO-Die E<sup>®</sup> que es un insecticida y acaricida botánico; así mismo un complejo de hongos provoca la muerte de las plantas marchitándolas repentinamente a pesar de la buena humedad en la maceta por lo que no faltan los fungicidas como Metalaxil<sup>®</sup> + Clorotalonil<sup>®</sup>, Benlate<sup>®</sup> (Benomyl) y Cupravit<sup>®</sup> (Oxicloruro de cobre).

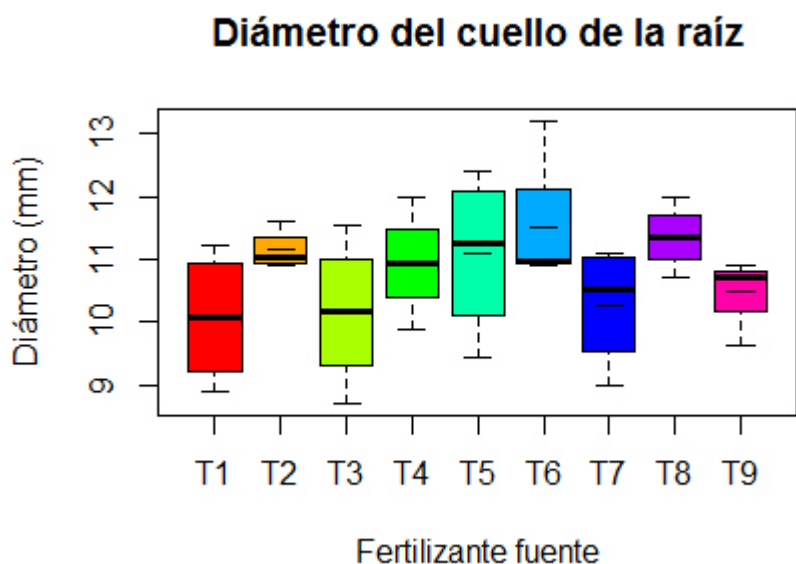
Algunos fungicidas que permiten su compatibilidad se mezclan con los insecticidas; al momento de realizar los cortes se dejan mínimo 8 días sin aplicar los productos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Efecto de los fertilizantes fuente en las variables de la raíz.

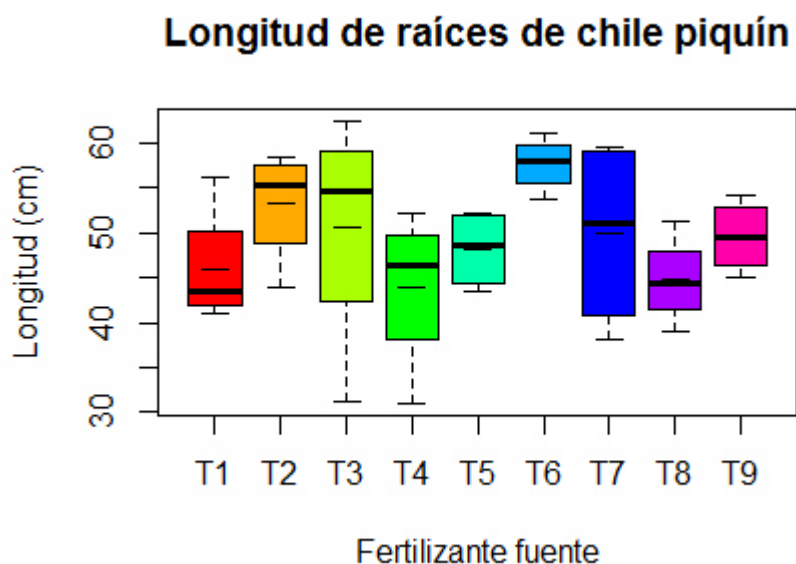
En la **Figura 7** se puede observar las medias de todos los tratamientos en la variable diámetro del cuello de la raíz en chile piquín, que se realizaron a base del fertilizante foliar Nutricel® con tres dosis que fueron: 20, 12.5 y 5 g l<sup>-1</sup> aplicados cada 10 días a lo largo del ciclo de la planta, a los que se le designó T1, T2 y T3; para los tratamientos del 4 al 6 se utilizó el fertilizante de liberación controlada Osmocote® con las dosis 75, 46 25 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, esto se realizó una sola vez cuando se hizo el trasplante definitivo; también se utilizó un producto a base de micorrizas conocida como biofertilizante el cual consistió 6.2 g planta<sup>-1</sup> de biofertilizante más la adición de 12.5 g l<sup>-1</sup> de fertilizante foliar Nutricel® para designar el T7, para designar el T8 sólo se utilizó 6.2 g planta<sup>-1</sup> de biofertilizante cabe mencionar que las micorrizas sólo se aplicaron una vez, después de haber realizado el trasplante definitivo; y finalmente se utilizó un testigo el cual sólo se le aplicó agua. Para todos los tratamientos se utilizó como sustrato tierra de matorral y las tres dosis de los fertilizantes químicos fueron designados como alto, medio y bajo. Como se puede observar en dicha figura la media es una línea delgada dentro de la gráfica de caja que en algunos tratamientos no se nota porque coincide con la mediana que es una línea más gruesa dentro de la caja. Los tratamientos 6 y 8 fueron superiores con 11.52 y 11.35 mm respectivamente y el T1 con el fertilizante foliar dosis alta fue el que tuvo menor diámetro del cuello de la raíz con 10.07 mm, pero estos valores no son significativos de acuerdo a los parámetros del Análisis de Varianza, ver **Tabla 3** y **Tabla 4**.





**Figura 7.** Diámetro del cuello de la raíz en plantas de chile piquín.

En la **Figura 8** se puede observar las medias para la variable longitud de la raíz, a efecto de los tratamientos ya mencionados. Para esta segunda variable de la raíz el fertilizante Osmocote® dosis baja (T6), tiende a incrementar la longitud de la raíz con 57.63 cm siendo superior a todos los tratamientos seguido por el T2 con 53.30 cm y solamente quedando por debajo de todos los tratamientos se encuentra el fertilizante Osmocote® con 43.95 cm (T4), aunque también como con la variable anterior no fue significativo de acuerdo a los parámetros del Análisis de Varianza, ver **Tabla 3** y **4**.

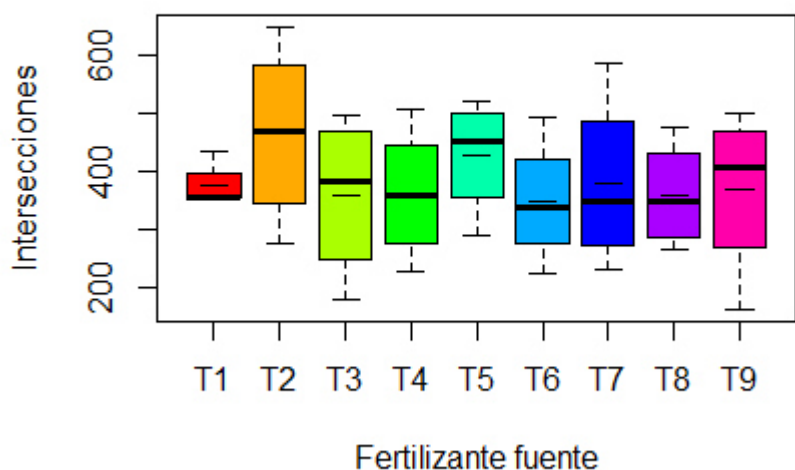


**Figura 8.** Longitud de las raíces de chile piquín a efecto de los tratamientos.

Se midieron las intersecciones de la raíz de chile piquín con una cuadrícula de papel donde cada cuadrado tuvo un área de  $1 \text{ cm}^2$ , y sólo se contaban las raicillas que estaban en las esquinas de los cuadrillos, obteniéndose los siguientes promedios como se muestran en la **Figura 9**. Los promedios de las intersecciones de todos los tratamientos estuvieron entre los 349 y los 465 con fertilizante de liberación controlada dosis baja (T6) y fertilizante foliar dosis media (T2) respectivamente, sin embargo no fue significativo estadísticamente esto se puede apreciar en la **Tabla 3 y 4**.



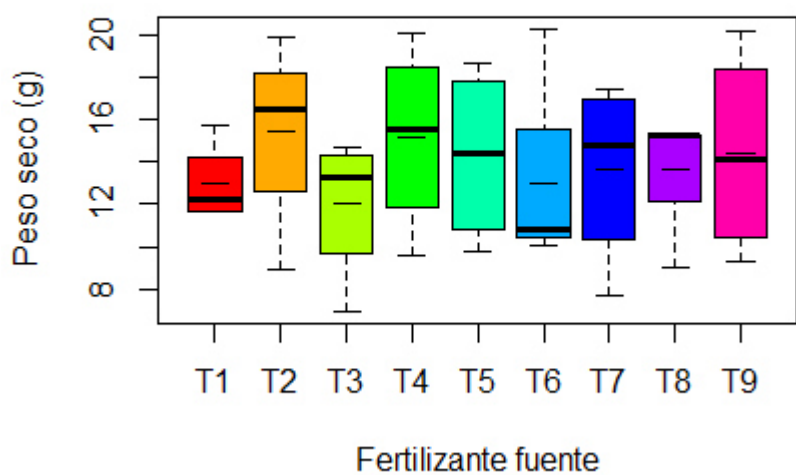
## Intersecciones en raíces de chile piquín



**Figura 9.** Intersecciones en las raíces de chile piquín.

A las mismas raíces de chile piquín después de haberles medido el diámetro, longitud e intersecciones, se procedió a secarlas durante 72 horas a 75°C y pesarlas obteniendo los siguientes promedios que se muestran en la **Figura 10**. Nuevamente para esta variable el fertilizante foliar Nutricel® con 12.5 g l<sup>-1</sup> (T2) fue el que tuvo mayor efecto sobre el peso seco de la raíz con 15.42 g, seguido por el fertilizante de liberación controlada dosis alta (T4) con 15.17 g, mientras que el fertilizante foliar dosis baja fue el de menor peso seco con 12.02 g.

### Peso seco de raíces en chile piquín



**Figura 10.** Peso seco de las raíces de chile piquín.



**Tabla 3.** Parámetros de variables de la raíz de chile piquín.

	Ø cuello	Longitud	Intersec.	Peso seco
<b>F- value</b>	1.35	1.24	0.39	0.29
<b>P- value</b>	0.26	0.31	0.92	0.96
<b>CV</b>	8.67	15.76	32.17	29.62

En la **Tabla 4**, se observan las unidades con las que se midieron las variables de la raíz, el diámetro del cuello de la raíz.

**Tabla 4.** Medias de las variables de la raíz

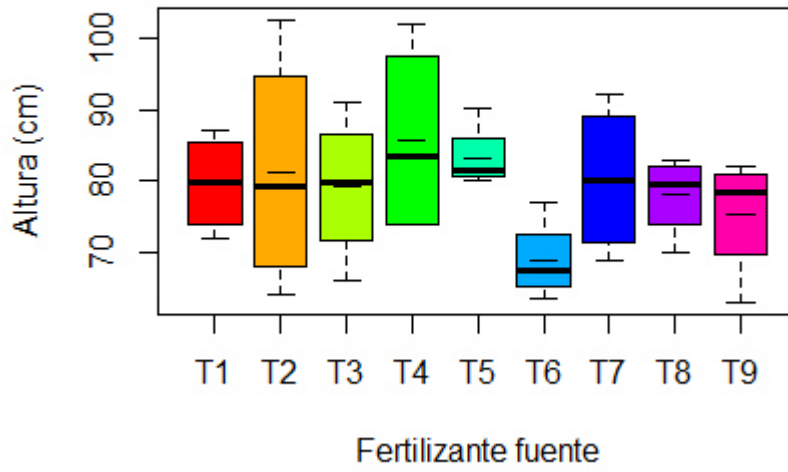
Ø cuello			Longitud			Intersecciones			Peso seco		
	T	mm		T	cm		T	Núm.		T	g
<b>a</b>	6	11.52	a	6	57.73	a	2	465	a	2	15.42
<b>a</b>	8	11.35	a	2	53.30	a	5	430	a	4	15.17
<b>a</b>	2	11.15	a	3	50.68	a	7	380	a	9	14.42
<b>a</b>	5	11.09	a	7	50.00	a	1	376	a	5	14.31
<b>a</b>	4	10.94	a	9	49.60	a	9	369	a	8	13.68
<b>a</b>	9	10.49	a	5	48.18	a	4	362	a	7	13.64
<b>a</b>	7	10.28	a	1	46.05	a	8	360	a	6	12.99
<b>a</b>	3	10.14	a	8	44.75	a	3	360	a	1	12.95
<b>a</b>	1	10.07	a	4	43.95	a	6	349	a	3	12.02

#### 4.2 Efecto de los fertilizantes fuente en las variables de la parte aérea.

A las variables que se les denominó de la parte aérea son aquellas que no incluyen la raíz es decir la que está sobre el suelo, las cuales fueron: altura, número de ramas, diámetro de copa, peso seco y producción de frutos.

La altura de las plantas de chile piquín presentó bastante variación sin embargo las medias de los tratamientos se encontraban cercanos a la media general, por lo que el Análisis de Varianza no detectó diferencias significativas, ver **Tabla 5** y **6**. El rango de las medias de los tratamientos estuvieron entre 68.87 y 85.75 cm de altura que correspondieron al fertilizante de liberación controlada dosis baja (T6) y el mismo fertilizante sólo que con dosis alta (T4) respectivamente, ver **Figura 7**.

### Altura en plantas de chile piquín

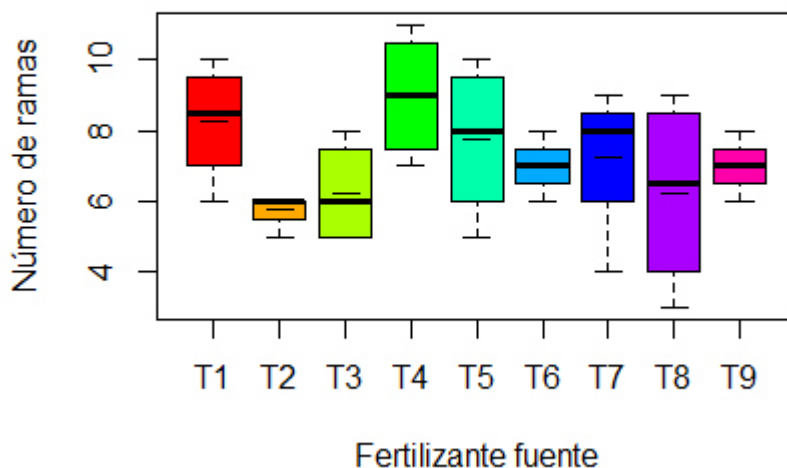


**Figura 11.** Altura de las plantas de chile piquín.



Otra de las variables que se tomó en cuenta para ver el efecto que tienen las fuentes de fertilizantes fue el número de ramas, el cual se hizo tomando como referencia un tallo principal y sobre ese contar el número de ramas hasta un tamaño constante. En la **Figura 12** se observan los promedios que se obtuvieron en todos los tratamientos. El fertilizante de liberación controlada (T4) es el que tuvo mayor promedio en cuanto a ramas con 9 seguido por el fertilizante foliar dosis alta (T1) con 8 y los dos que presentaron promedios inferiores fueron el biofertilizante y el fertilizante foliar dosis media con 6 y 5 respectivamente, ver la **Figura 8**, más sin embargo no fue significativo al hacer el Análisis de Varianza, ver **Tabla 5** y **6**.

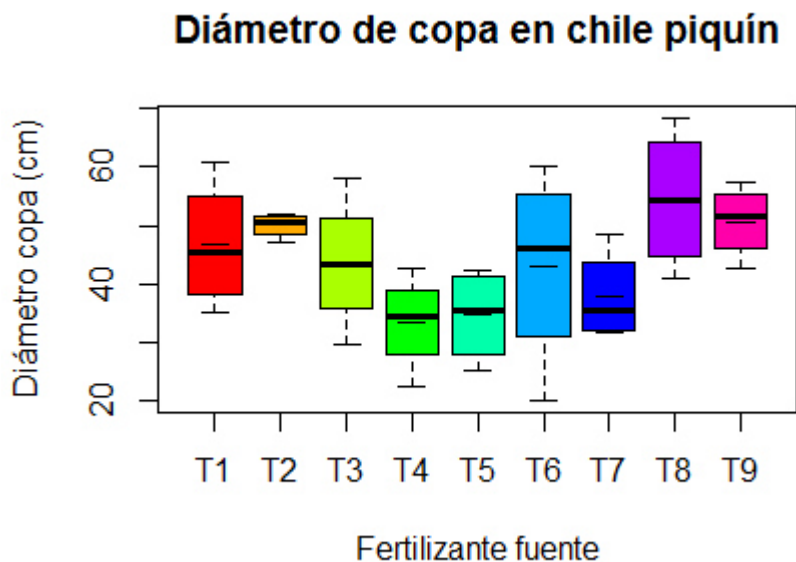
### Número de ramas en plantas de chile piquín



**Figura 12.** Número de ramas en plantas de chile piquín.

El diámetro de copa es otra de las variables que se midieron, la forma de la copa de las plantas de chile generalmente no es redonda, así que se hicieron dos mediciones de diámetro y después se sacó el promedio. En la **Figura 13** se aprecia cómo se comportaron los tratamientos con esta variable. La adición de sólo micorrizas (T8) a las plantas de chile para esta variable, registró un promedio de 54.45 cm de diámetro de copa, seguido por el testigo con 50.68 cm. Las dosis de 75 y 46 g planta<sup>-1</sup> del fertilizante Osmocote® (T5 y T6) tuvieron los promedios más bajos en cuanto a diámetro de copa con 34.71 y 33.52 cm respectivamente.

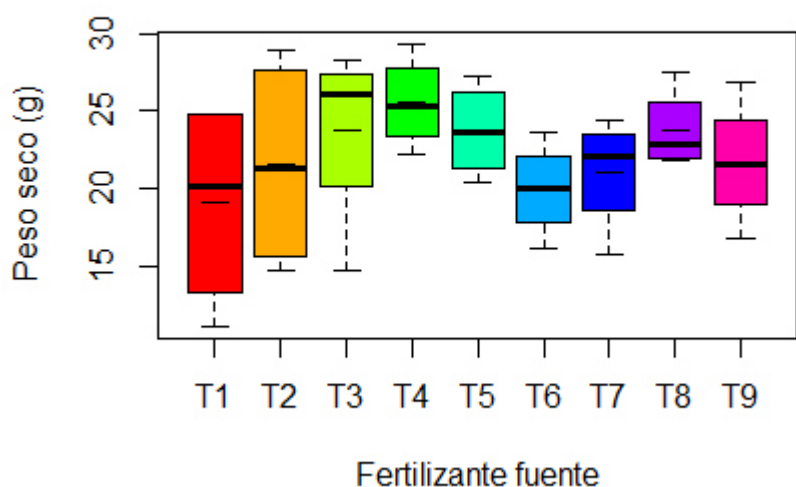
El Análisis de Varianza muestra un valor de F de 2.09 y con un valor de p de 0.07, lo cual no es significativo al nivel de 0.05, además de que el valor de F tendría que ser superior a 2.3 para que fuera significativo a ese nivel, ver **Tabla 5 y 6**.



**Figura 13.** Diámetro de copa de las plantas de chile piquín.

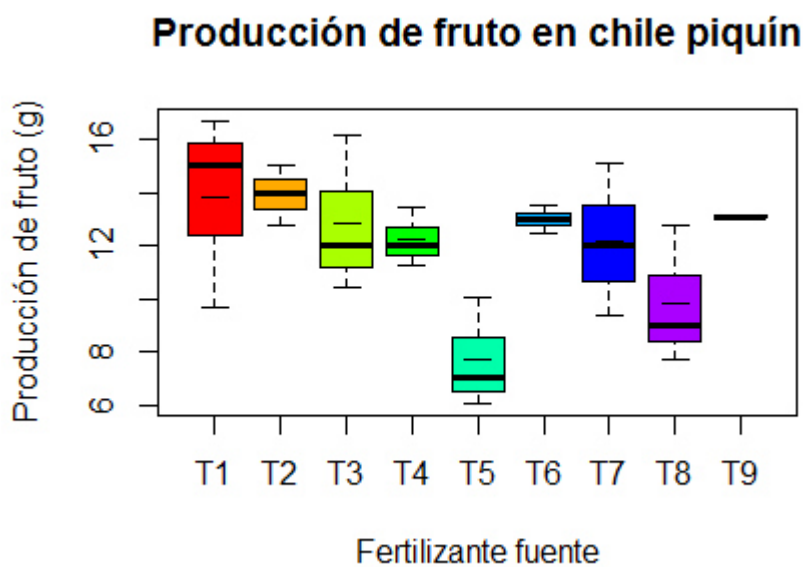
Así como se pesó la raíz también se pesó la parte aérea de las plantas de chile piquín y los resultados de los pesos se muestran en la **Figura 14**. Esta gráfica de cajas permite observar claramente que conforme se disminuía la dosis del fertilizante foliar en este caso 20, 12.5 y 5 g planta<sup>-1</sup> que correspondía T1, T2, y T3, se incrementaba el peso seco de la planta en 19.5, 21.58 y 23.8; caso contrario ocurría con el fertilizante de liberación controlada el cual disminuía su peso seco de 25.56, 23.75 y 19.94 g con las dosis de fertilizante 25.56, 23.75 y 19.94 g planta<sup>-1</sup> que correspondían a los tratamientos T4, T5, T6; en cuanto al T7 que fue fertilizante foliar dosis media más 6.2 g planta<sup>-1</sup> de micorrizas se mantuvo casi como el tratamiento fertilizante foliar dosis media con 21.04 g de peso seco de la planta; mientras tanto el biofertilizante se mantuvo cercano al fertilizante foliar dosis baja con 23.76 g; en cuanto al testigo bajó hasta 21.66 g de peso seco de la parte aérea de la planta; sin embargo estos efectos no fueron significativos de acuerdo al Análisis de Varianza, ver **Tabla 5 y 6**.

## Peso seco de la parte aérea en chile piquín



**Figura 14.** Peso seco de la parte aérea en chile piquín.

En cuanto a la producción de frutos apenas hubo diferencias significativas al nivel de 0.05 obteniéndose una F calculada ligeramente por arriba de la F tabulada con un valor de 2.52, ver **Tabla 5**; posteriormente se hicieron las comparaciones múltiples con el método de la Diferencia Mínima Significativa ya que es más discriminatorio que la prueba de Tukey y de esta manera detectar tratamientos superiores e inferiores estadísticamente, encontrándose que los tratamientos con el fertilizante Nutricel<sup>®</sup> 12.5 y 20 g planta<sup>-1</sup> (T2 y T1) son estadísticamente iguales y a la vez superiores a todos los demás tratamientos teniendo un promedio en la producción de frutos de 13.92 y 13.81 g planta<sup>-1</sup> respectivamente y las más bajas se encontraron con la inoculación de micorrizas y el fertilizante de liberación controlada dosis media que fueron los T8 y T5 con 9.83 y 7.69 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, ver **Tabla 6** y **Figura 15**.



**Figura 15.** Producción de frutos en chile piquín.



**Tabla 5.** Parámetros de variables de la parte aérea en plantas de chile piquín.

	Altura	Núm. ramas	Ø copa	Peso seco	Producción
<b>F- value</b>	0.92	1.41	2.09	0.79	2.52
<b>P- value</b>	0.51	0.23	0.07	0.61	0.05 *
<b>CV</b>	12.73	24.4	23.22	21.29	52.21



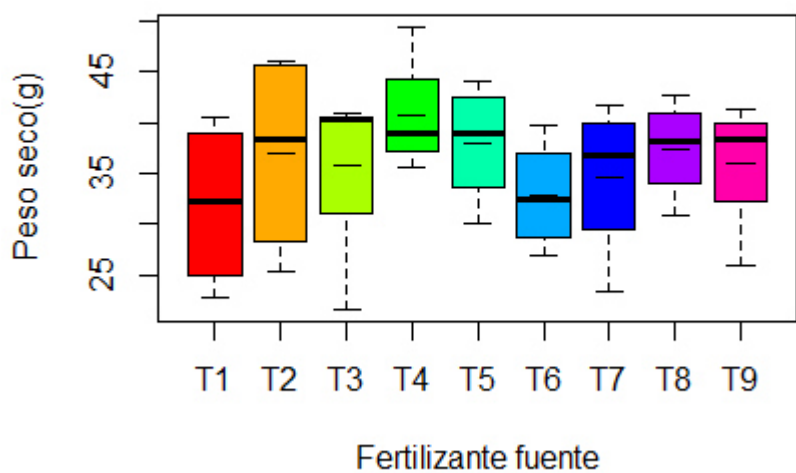
**Tabla 6.** Medias de variables de la parte aérea en chile piquín.

Altura			Núm. de ramas			Ø copa			Peso seco			Producción fruto		
	T	cm		T	Núm.		T	cm		T	g		T	g planta <sup>-1</sup>
<b>a</b>	4	85.75	a	4	9	a	8	54.45	a	4	25.56	a	2	13.92
<b>a</b>	5	83.26	a	1	8.25	a	9	50.68	a	3	23.8	a	1	13.81
<b>a</b>	2	81.25	a	5	7.75	a	2	50.1	a	8	23.76	ab	9	13.08
<b>a</b>	7	80.25	a	6	7.25	a	1	46.65	a	5	23.75	ab	6	13
<b>a</b>	1	79.62	a	7	7	a	3	43.57	a	9	21.66	ab	3	12.85
<b>a</b>	3	79.12	a	9	7	a	6	43.1	a	2	21.58	ab	4	12.22
<b>a</b>	8	78	a	3	6.25	a	7	37.83	a	7	21.04	ab	7	12.17
<b>a</b>	9	75.37	a	8	6.25	a	5	34.71	a	6	19.94	bc	8	9.83
<b>a</b>	6	68.87	a	2	5.75	a	4	33.52	a	1	19.05	c	5	7.69

#### 4.3 Efecto de los fertilizantes fuente en el peso seco de la planta.

En cuanto al peso seco de la planta se pueden observar las medias de todos los tratamientos en la **Figura 16**. Se puede observar una tendencia parecida a las medias del peso seco de las raíces, en donde el peso está en función de la cantidad de fertilizante, pero para este caso obedece más para el fertilizante de liberación controlada en donde mientras menos fertilizante se aplicó más disminuía el peso seco de la planta. Las dosis con 75 y 46 g planta<sup>-1</sup> del fertilizante Osmocote® (T4 y T5) con 40.7 y 38.1 g de peso seco de la planta fueron superiores a todos los demás tratamientos, en cuanto al mismo fertilizante en su dosis baja 24 g planta<sup>-1</sup> y el fertilizante foliar dosis alta fueron los de menor peso seco de la planta con 32.9 y 32 g, sin embargo al hacer el Análisis de Varianza todos estos datos no fueron significativos, ver **Tabla 7**.

### Peso seco en plantas de chile piquín



**Figura 16.** Peso seco de las plantas de chile piquín.

**Tabla 7.** Parámetros y medias del peso seco de la planta en chile piquín.

Peso seco de la planta					
F	p	CV		T	g
0.51	0.84	20.75	a	4	40.7
			a	5	38.1
			a	8	37.4
			a	2	37
			a	9	36.1
			a	3	35.8
			a	7	34.7
			a	6	32.9
			a	1	32

Para todas estas diez variables se realizó la prueba de Fligner-Killeen para homogeneidad de varianzas, obteniendo valores de p arriba de 0.05, por lo cual no hay razón para creer que las varianzas sean heterogéneas. Para asegurarse de que los datos tuvieran una distribución normal que es uno de los supuestos que se manejan para desarrollar Análisis de Varianzas, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk el cual nos da valores altos de p, por lo que se descarta la idea de que los datos no sean normales, ya que se tendría un valor para p menor a 0.05 para que los datos no fueran considerados normales. Se hizo todo lo necesario para cuidar que no hubiera mucha variación entre las repeticiones de un mismo tratamiento, pero las enfermedades y las plagas se hicieron presentes a pesar de las oportunas aplicaciones de agroquímicos, por tal razón se tienen coeficientes de variación altos como el de las intersecciones de raíces, peso seco y peso seco de la planta, y valores bajos para diámetro del cuello y longitud de la raíz.

#### 4.2 El efecto bloque en las variables de la planta de chile piquín.

Cabe mencionar que en dos de las diez variables que se midieron se presentó el efecto bloque a causa de las diferentes intensidades de sombra que proporcionaban los árboles en los bloques durante el ciclo de la planta en el experimento, los cuales fueron peso seco de la raíz con un valor de F de 7.08 siendo altamente significativo con un nivel de confiabilidad de 0.001 y producción de frutos con un valor de F de 8.36 también altamente significativo con un valor de p de 0.0003, ver **Tabla 8, 9, 10 y Figura 17 y 18**. Sin embargo este patrón no se reflejó en las variables de diámetro del cuello de la raíz, longitud de la raíz, intersecciones de la raíz, altura, número de ramas, diámetro de copa, peso seco de la parte aérea ni en el peso seco de la planta.

**Tabla 8.** Parámetros de variables de la raíz, peso seco de la planta entera y efectos de bloques.

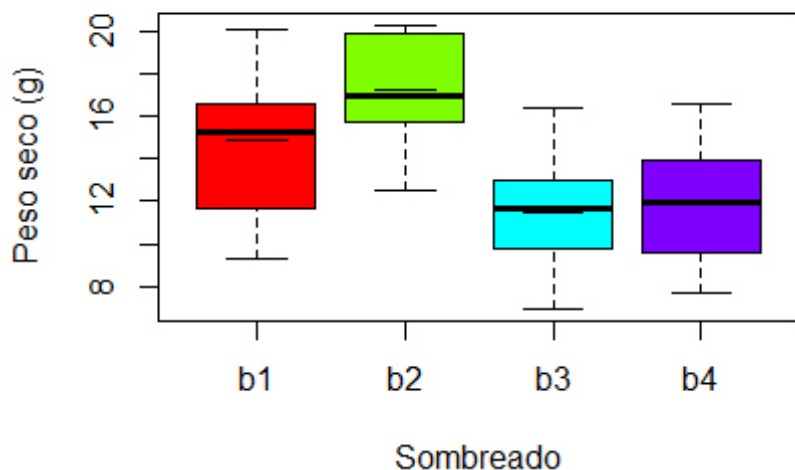
	<b>Ø cuello</b>	<b>Longitud</b>	<b>Intersec.</b>	<b>Peso seco</b>	<b>PS planta</b>
<b>F- value</b>	0.36	0.62	1.76	7.08 ***	2.60 .
<b>p- value</b>	0.78	0.61	0.17	0.0009	0.70
<b>CV</b>	9.26	16.47	28.91	21.98	18.33

Como se puede apreciar en la **Figura 17**, la prueba de la Diferencia Mínima Significativa muestra que hubo mayor cantidad de materia seca en los bloques 2 y 1, teniendo promedios de 17.2 y 14.8 g de peso seco para las raíces respectivamente, siendo estos dos superiores a las raíces producidas en los bloques 4 y 3 con 11.48 y 11.85 g respectivamente. Todas las demás comparaciones son estadísticamente iguales con un nivel de confianza de 0.001.

**Tabla 9.** Comparación de medias por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

<b>PS raíz</b>			<b>Producción</b>		
	<b>T</b>	<b>g</b>		<b>T</b>	<b>g</b>
a	b2	17.21	a	b4	12.18
a	b1	14.83	a	b3	12.12
b	b4	11.85	b	b1	9.49
b	b3	11.48	b	b2	7.19

### Peso seco de raíz en chile piquín

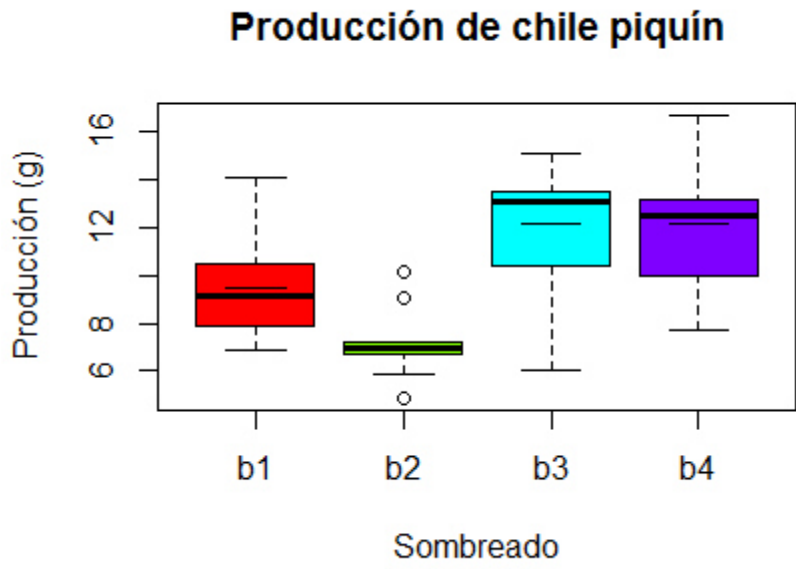


**Figura 17.** El efecto de la sombra para la variable peso seco de la raíz en los bloques.

Tabla 10. Parámetros de variables de la parte aérea y efecto de bloque.

	Altura	No. ramas	Ø copa	Peso seco	Producción
<b>F- value</b>	0.78	0.66	1.25	0.90	8.36
<b>p- value</b>	0.51	0.58	0.31	0.45	0.0003 ***
<b>CV</b>	12.75	25.89	25.67	20.88	24.21

En cuanto a producción de frutos por efecto de los bloques, la prueba de DMS muestra que sólo son superiores con un nivel de confianza de 0.001 las sombras del bloque 4 y 3 con 12.2 y 12.1 g planta<sup>-1</sup> respectivamente con respecto al bloque 1 y 2 con un promedio de 9.5 y 7.1 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, siendo todas las demás comparaciones estadísticamente iguales con el mismo nivel de confianza (Tabla 9 y **Figura 18**).



**Figura 18.** El sombreado de los bloques para la variable producción.

## 5 DISCUSIÓN

### 5.1 Los fertilizantes y su efecto en las variables de importancia.

Las variables estudiadas no presentaron diferencias entre los tratamientos a excepción de la variable producción. En cuatro ecotipos de chile piquín evaluados en el estado de Sonora se encontraron diferencias significativas para las variables altura de la planta, longitud de la raíz y peso seco de la planta al inocularlas con bacterias y micorrizas separadamente (Rueda *et al.*, 2010), contrario al presente estudio en donde no se tuvo diferencias significativas para estas variables. El beneficio del tratamiento a base de micorrizas no tuvo influencia en la producción de chile piquín en comparación con los estudios realizados en un híbrido de pimiento “Valeria”, el cual mostró un incremento en el peso del fruto comparado con el testigo lo que se tradujo en mayor producción (Díaz *et al.*, 2012). Esto podría deberse a que el estudio con pimiento se le aplicó fertilizante convencional al suelo, facilitando el trabajo de los hongos en comparación a nuestro tratamiento al cual sólo se le adicionó el inoculante y aunque se le suministró fertilizante éste fue por la vía foliar, en la cual dicha situación no intervino el hongo, además de esto se realizaron aplicaciones de fungicidas para controlar enfermedades fungosas y los que se emplearon fueron: Metalxil+Clorotalonil, Benomilo, Oxidloruro de Cobre, Propamocarb y Carbendazim, estos productos tienen acción sistémica y de contacto, para el caso de Clorotalonil se tienen reportes que afectan negativamente a la colonización de hongos y posible que esto haya afectado negativamente a las comunidades fúngicas de *Glomus intraradices* (Davis 2000; Hernández 2010). Un efecto positivo lo obtiene Mata *et al.*, (2012), sugiriendo que se puede reducir entre un 50 y 75% de la fertilización inorgánica adicionando micorrizas o Azospirillum en la producción de chile serrano. En cuanto al peso seco de raíces no hubo un efecto positivo considerable atribuible a *Glomus intraradices*, resultados similares los encuentra Reveles *et al.*, (2012) al evaluar plántulas de chile mirasol producidas en invernadero. En ocasiones no es el fertilizante a utilizar el que determina la diferencia en rendimiento sino varios factores que interaccionan entre sí, uno de ellos es el genotipo, esto se aprecia mejor en un estudio llevado a cabo en tres genotipos de pimiento morrón con la utilización de composta y vermicomposta más la adición de ambos de un 30% de fertilización química y como testigo la fertilización química de 220-150-220, ningún de los tratamiento resultó ser el mejor, sin embargo el genotipo Biber con la fertilización química tuvo mayor rendimiento (Berrones *et al.*, 2012). El efecto nulo para

altura de la planta con los tratamientos utilizados coinciden con los reportados por García *et al.*, (2012), pero no para diámetro el cual fue favorecido por las micorrizas situación contraria al presente estudio, pero en cuanto a rendimiento la fertilización química fue superior siendo la variable que coincide. La fertilización química sigue siendo una de las soluciones para incrementar los rendimientos en la mayoría de los cultivos, pero las fertilizaciones orgánicas a pesar de tener rendimientos inferiores a esta, lo pueden compensar con los altos costos que suele pagar el consumidor por productos orgánicos (Preciado *et al.*, 2012). La aplicación del fertilizante granulado Osmocote<sup>®</sup>, no presentó pesos superiores en peso seco de la raíz ni en producción comparado con los estudios realizado por Roosta y Mohsenian (2012), en un sistemas acuapónico en donde aplicaron fertilización foliar con componentes férricos, resultando en un incremento en materia seca y producción, lo anterior puede deberse a que los cultivos sin suelo son más susceptibles a presentar deficiencias de microelementos, como el caso del Fe.

## 5.2 El efecto de la sombra en las variables de la planta de chile.

Es bien sabido que algunas plantas crecen mejor bajo la sombra de ciertos árboles, en el caso del chile piquín la luz influyó en la materia seca de la raíz, teniendo promedios de 17 g y 14.8 g en los bloques 2 y 1, resultando ser superiores a los bloques 4 y 3 con 11.3 g y 11.1 g que fue donde hubo mayor cobertura foliar de los árboles y como consecuencia mayor cantidad de sombra; resultados similares los obtuvieron Zhao *et al.*, (2012) en plantas ornamentales de *Paeonia lactiflora* Pall., en donde la altura de la planta fue superior en los tratamientos que estaban expuestos al sol que los de la sombra. Un adecuado suministro de agua también puede resultar en una buena producción de materia seca de la raíz mientras que una reducción del 50% lo baja hasta un 21% (Kulkarni y Phalke 2009).



## 6 CONCLUSIONES

La aplicación de nutrientes vía foliar con el producto Nutricel<sup>®</sup> (20-30-10) en dosis media y alta, arrojó mejores resultados en la producción comparado con todas las aplicaciones de fertilizantes probados, pero no para las otras variables medidas a las plantas de chile piquín.

El fertilizante de liberación controlada Osmocote<sup>®</sup> (14-14-14), no tuvo efectos superiores en el rendimiento de las plantas de chile piquín, ni en las demás variables.

El biofertilizante a base de hongos micorrízicos en conjunto con la aplicación del fertilizante foliar dosis media fue ligeramente superior a las plantas que sólo se les inoculó el hongo micorrízico en la variable producción.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79: 439-449

Almanza, E. J. G. 1998. Estudios ecofisiológicos, métodos de propagación y productividad del “chile piquín” (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb) D. & H. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas. UANL. México. pp. 81

Andrade, G., Milhara, K. L., Linderman, R. G., Bethlenfalvay, G. J. 1998. Soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere. *Plant Soil* 202: 89-96.

Askari, A., Siddiqui, I. H., Yasmin, A., Qadiruddin, M., Jafri, R. & Zaidi, S. A. H. 1995. Studies on the essential trace elements on the growth and yield of two solanaceous plants. *Journal of Islamic Academy of Sciences* 8:1, 9-14.

Basu, S. K. & Kumar, N. 2008. Mathematical model and computer simulation for release of nutrient from coated fertilizer granules. *Mathematics and Computer in Simulation* 79: 634-648.

Basu, S. K., Kumar, N. & Srivastava, J. P. 2010. Modeling NPK release from spherically coated fertilizer granules. *Simul. Mod. Pract. and Theory* 18: 820-835.

Becker, D. M., Bagley, S. T., Podila, G. K. 1999. Effects of mycorrhizal-associated *Streptomyces* on growth of *Laccaria bicolor*, *Cenococcum geophilum*, and *Armillaria* species and gene expression in *Laccaria bicolor*. *Mycologia* 91: 33-40.

Berg B., Albreckton A., Berg M.P., Cortina J., Johansson M.B., Gallardo A., Madeira M., Pausas J., Kratz W., Vallejo R., McClaugherty Ch. 1999. Amounts of litter fall in some pine forest in European transect, in particular Scots pine *Annals of Forest Science*. 56: 625-640.

- Berrones, M. M., Garza, U. E. y Vázquez, G. E. 2012. Evaluación de tres cultivares de pimiento morrón y su interacción con cuatro tratamientos de fertilización. *In: Memorias. 9ª Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México.* p. 214-219.
- Bertoni, G. M., Pissaloux, A., Morad, P. & Sayag, D. R. 1992. Bicarbonate-pH relationship with iron chlorosis in white lupine. *J. Plant Nutr.* 15: 1509-1518.
- Blum, E., Mazourek, M., O'Connell, M., Curry, J., Thurop, T., Liu, K. 2003. Molecular Mapping of capsaicinoid biosynthesis genes and quantitative trait loci analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theor Appl Genet* 108:79-86.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Plant Physiology*. Macmillan Publishing Co. New York. pp. 726
- Bosland, P.W. and E.J., Votava. 2000. Chemical composition. *In: Peppers: Vegetables and spice Capsicums*. CABI Publishing, New York, USA. pp. 84-96
- Carrizo, G. C. 2010. Fruit characteristics, seed production and pollen tube growth in wild chilli pepper *Capsicum flexuosum*. *Flora* 206: 334-340.
- Colombo, P., Bettini, R., Santi, P., De Ascentiis, A. & Peppas, N. A. 1996. Analysis of the swelling and release mechanisms from drug delivery systems with emphasis on drug solubility and water transport. *Journal of Controlled Release* 39: 231-237.
- Davis, F. T. 2008. Opportunities from Down Under: How mycorrhizal fungi can benefit nursery propagation and productions systems. *Combined Proceedings International Plant Propagation's society* 58: 539-548.
- Díaz, F. A., Alvarado, C. M. y Ortíz, C. F. 2012. Influencia de micorriza arbuscular en la productividad de pimiento en invernadero. *In: Memorias. 9ª Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México.* p. 206-213.

Dovey S. B.; du Toit B.; de Clercq W. 2011. Nutrient fluxes in rainfall, throughfall and stemflow in Eucalyptus stands on the Zululand coastal plain, South Africa. *Southern Forests*. 73(3&4): 193-206

F. A. O. 2006. Agrostat. Base de datos electrónica. Consultado en: <http://www.fao.org>

García, H. J. L., Vázquez, V. C., Preciado, R. P., Fortis, H. M., Márquez, H. C., Gallegos, R. M. A., Luna O. J. G. 2012. Comparación de sustratos y micorriza en la producción de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. *In: Memorias. 9ª Convención Mundial del Chile*. Zacatecas, México. p. 246-250.

García, F. A., Montes, H. S., Rangel, L. J. A., García, M. E., Mendoza, E. M. 2010. Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1 (2): 203-216.

Infante, G. S., y Zárate, G. (1990). *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. Trillas. México. p. 426-435.

Franson, M. A. P. 2001. *Responses of Ectomycorrhizal Fungi to Changes in Carbon and Nutrient Availability*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden. pp. 21

Fitter, A. H. 1991. Cost and benefits of mycorrhizas: implications for functioning under natural conditions. *Experimentia* 47: 350-355.

García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. 4ª ed., OFFSET Larios, México. pp. 46-52

Hernández, D. A., Mestre, P. J. 2010. Evaluation of some fungicides on mycorrhizal symbiosis and between two *Glomus* species from commercial inocula and *Allium porrum* L. seedlings. Spanish Journal of Agricultural Research 8(S1): S43-S50.

Hulugalle, N. R., Willatt, S. T. 1987. Patterns of water uptake and root distributions of chilli peppers grown in soil columns. Can. J. Plant Sci. 67: 531-535.

Hauck, R. D. 1985. Slow release and bio-inhibitor-amended nitrogen fertilizer. O. P. Engelstaed (Ed.), Fertilizer Technology and Use, SSSA Publication, Madison, WI (1985), pp. 293-322.

International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) 1983. Genetic Resources for *Capsicum*: a global plan of action. AGPG/IBPGR/82/12. IBPGR, Rome, Italy. 49 p.

IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum spp.*). International Plant Genetic Resources Institute. Rome Italy. pp. 24-34

Khan, M. K. A. & Fizza, K. 1986. Pakistan J. Sci. Ind. Res. 29: 372-374.

Kraft, K. H., Luna-Ruiz, J. J. and Gepts, P. 2012. A new collection of wild populations of *Capsicum* in Mexico and the southern United States. Genet Resour Crop Evol 60: 225-232.

Kulkarni, M., Phalke, S. 2008. Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under water stress. Scientia Horticulturae. 120: 159-166.

Lara, G. C. A., Lechuga, N. D. O., Lara, H. A., Luna, F. M., Bravo, L. A. B., Avelar, M. J. J. y Llamas, L. J. 2010. Evaluación de biofertilizantes en cultivos de chile (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Zacatecas. In: Memorias. Primer foro para productores de chile. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. México. p. 167-177.

Lara, H. A., Bravo, L. A. G., Luna, F. M., Avelar, M. J. J., Estrada, C. J. y Llamas, L. J. J. 2010. Fertilización del chile Mirasol en riegos por goteo y gravedad en Zacatecas. In: Memorias. Primer foro para productores de chile. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. México. p. 178-186.

Loneragan, J. and Webb, M. J. 1993. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: Zinc in soils and plants. A. D. Robson, Ed., 119-134. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Marschner, P., and Timonen, S. 2006. Bacterial Community Composition and Activity in Rhizosphere of Roots Colonized by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Soil Biology* 7: 139-154.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2<sup>nd</sup> ed. Academic PreSS, Cambridge, UK. pp. 446

Mata, V. H., Patishtan, P. J., Ramírez, M. M., Vázquez, G. E. y Alejandro, A. F. 2012. Efecto de diferentes niveles de fertilización inorgánica y biofertilización en chile serrano. In: Memorias. 9<sup>a</sup> Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México. p. 273-280.

Medina, M. T. 2000. El chile piquín del noreste de México, Boletín Informativo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. pp. 8-37.

Medina, M. T., Villalón, M. H., Rodríguez del B., L. A., Pozo, C. O., Ramírez, M. M., Lara V. M. 2003. Estudio poblacional y manejo agroforestal de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) en el noreste de México. Ier. Simposio Regional sobre Chile Piquín: Avances de Investigación en Tecnología de Producción y Uso Racional del Recurso Silvestre. Río Bravo, Tam., México. pp. 20-23

Montes, H.S.; Ramírez, M.M.; Villalón, M.H.; Medina, M.T.; Morales, C.A.; Heredia, G.E.; Soto, R.J.M.; López, L.R.; Cardona, E.A. y Martínez, T.H.L. 2006. Conservación y

aprovechamiento sostenible de chile silvestre (*Capsicum spp.* Solanacea) en México. pp. 95-103

Moreno, V. C. 2010. Conceptos básicos de fertirriego en el cultivo de chile. *In*: Memorias. Primer foro para productores de chile. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. México. p. 123-128.

Ortas, I., Sari, N., Akpinar, C. and Yetisir, H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*. 128: 92-98

Ortli, J. & Lunt, J. 1962. Controlled release of fertilizer mineral by encapsulating membranes: I. Factors influencing the rate of release. *Soil Science Society of America Proceedings* 26 (6) (1962) 579.

Peppas, N. A., Gurny, R., Doelker, E. & Buri, P. 1980. Modeling of drug diffusion through swellable polymer systems. *Journal of Membrane Science* 7: 241-254.

Pettinelli, D. s.f. Foliar fertilización. Soil Nutrient Analysis Laboratory. University of Connecticut. Obtenido desde: <http://soiltest.uconn.edu/factsheets/FoliarFertilization.pdf>.

Pickersgill, B. 1984. Migrations of chilli peppers, *Capsicum spp.* in the Americas. En Stone D. Ed. *Oaoers of Peabody Museum of Archeology*. Vol. 76. Harvard University Press p. 105-123.

Pozo, O.; Montes, S. y Redondo, E. 1991. Chile (*Capsicum spp.*). *In*: Ortega, R.; Palomino, G.; Castillo, F.; González, V. A. y Livera, M. (eds). *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI). Chapingo, México. 217-238.

Prasad, R., Rajale, G. & Lacakhdiva, B. 1971. Nitrification retards and slow-release nitrogen fertilizers. *Advances in Agronomy* 23, p. 337.

Preciado, R. P., Fortis, H. M., García, H. J. L., Rocha, V. J. L., Luna, O. J. G., Chavarría, G. J. A y Huerta, P. J. M. 2012. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción de chile jalapeño en invernadero. *In: Memorias. 9ª Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México.* p. 251-256.

Quagliotti, L. 1979. Flora ecology of *Capsicum* and *Solanum melongena*. *Linn. Soc. Symp. Ser. 7:399-419.*

Read, D. J. 1987. In support of Frank's organic nitrogen theory. *Angewandte Botanik 61: 25-37.*

Reveles, H. M., Velázquez, V. R., Huchín, A. S., Velázquez, V. M. A. y Bravo, L. A. G. 2010. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento de plántulas de chile Mirasol en invernadero. *In: Memorias. Primer foro para productores de chile. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. México.* p. 148-152.

Reveles, H. M., Galindo, R. M. A., Velázquez, V. R., Reveles, T. L. R. y Trejo, C. R. 2012. Aplicación de *Glomus intraradices* Schenk & Smith en el crecimiento de plántula de chile mirasol en invernadero. *In: Memorias. 9ª Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México.* p. 281-286.

Rilling, M. C., Wright, S. F., Eviner, V. T. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant Soil 238: 325-333.*

Roosta, H. R. 2011. Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf Mg, Fe, Mn and Zn concentrations in lettuce. *J. Plant Nutr. 34: 717-731.*

Roosta, H. R. & Mohsenian, Y. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annuum* L.) plant in aquaponic system. *Scientia Hort. 146: 182-191.*



Rueda, P. E. O, Murillo, A. B., Castellanos, C. T., García, H. J. L., Tarazón, H. M. A., Moreno, M. S. y Gerlach, B. L. E. 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 Physiol.* 48: 724-730.

Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1991. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México. pp. 123

Shaviv, A. 2001. Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, vol. 71. Academic Press Inc., San Diego, pp. 1-49.

Shavic, A. & Mikkelsen, R. L. 1993. Slow release fertilizer for a safer environment maintain high agronomic use efficiency. *Fertilizers Research* 35: 1-12.

Tukey, H. B., Wittwer, S. H. & Tukey, H. B. Jr. 1957. Leaching of nutrients from plant foliage as determined by radioisotopes. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*. 2: issues 3-4, page230.

Villalón, M. H., Garza, O. F., Soto, R. J. M., Medina, M. T., Ramírez, M. M., López, A. R., Carrillo, P. A. 2009. Aprovechamiento y manejo del chile silvestre “piquín” (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Memoria VII Congreso Nacional sobre Áreas Naturales Protegidas en México. San Luis Potosí. pp. 145-152

Villalón, M. H., Méndez, V. E., Ramírez, M. M., Medina, M. T., Carrillo, P. A. y López A. R. 2010. Estudio de la preferencia y arraigo cultural del chile silvestre “piquín” (*Capsicum annuum* var. *aviculare*/*glabriusculum*) en el estado de Nuevo León, México. *In: VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Hermosillo, Sonora, México. p. 797-807.

Wang, G. M., Coleman, D. C., Freckman, D. W., Dyer, M. I., McNaughton, S. J., Acra, M. A., Goeschl, J. D. 1989. Carbon partitioning patterns of mycorrhizal versus non-mycorrhizal plants: real-time dynamic measurements using  $^{11}\text{CO}_2$ . *New Phytol.*, 112: 489-493.

Zekri, M. & Koo, R. C. J. 1992. Use of controlled-release fertilizers for young citrus trees. *Sciential Hort.* 49: 233-241.

Zhao, D., Hao, Z., & Tao, J. 2012. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) *Plant Physiol. and Biochemistry.* 61: 187-196.