



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

División de Ciencias Forestales

“MANEJO DE ENFERMEDADES DE *Tamarix chinensis* EN EL VIVERO DEL EX-LAGO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO”

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

PRESENTA:

Laura Isabel Jacinto Sánchez



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
FICHA DE EXAMENES PROFESIONALES

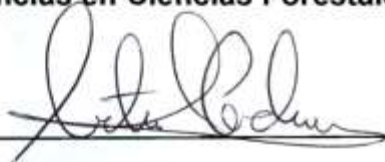


Chapingo, Estado de México, 29 de enero 2014.

La presente Tesis titulada **“MANEJO DE ENFERMEDADES DE *Tamarix chinensis* EN EL VIVERO DEL EX-LAGO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO”** fue realizada por la C. **Laura Isabel Jacinto Sánchez** bajo la Dirección del Dr. José Artemio Cadena Meneses y Dr. Tulio Méndez Montiel, aprobado por el comité asesor y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

DIRECTOR:


DR. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

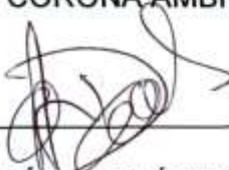
COORDIRECTOR:


DR. JOSÉ TULIO MENDEZ MONTIEL

ASESOR:


M.C. ALEJANDRO CORONA ÁMBRIZ

ASESOR:


DR. ALBERTO DOMÍNGUEZ ÁLVAREZ

Chapingo, Estado de Mexico, Enero 2014

DEDICATORIA

Cuando en mi juventud te pregunte un día que hacer sobre decisiones importantes en mi vida, nunca olvido lo que me contestaste: “Prefiero que seas enemiga de tus propios errores, a que seas enemiga de los míos”.

Dedicado a mi padre Raúl Jacinto Mata con cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por haberme dado la vida, y disfrutar de invaluables momentos.

A mi padre por ser mi mejor ejemplo de rectitud, fortaleza y enseñanza en la vida. El mejor padre, el mejor hermano, el mejor hijo, el mejor agrónomo y el mejor maestro dentro y fuera del hogar.

A mi madre y hermanos por apoyarme siempre.

A mi hija Grecia y mi esposo Rodrigo que son mi luz y motor cada día, gracias por llenar de amor y hermosos colores mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que me facilitó el financiamiento para realizar mi maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo que me supo acoger en sus instalaciones y de manera especial en la División de Ciencias Forestales por haberme hecho de mí un profesional útil para la sociedad.

Al Dr. Artemio Cadena Meneses, al Dr. Tulio Méndez Montiel, al M.C. Alejandro Corona Ambriz y el Dr. Alberto Domínguez Álvarez quienes me han dado su apoyo incondicional para la realización del trabajo de investigación.

Finalmente al Biólogo Carlos, Ingeniero Ruth y personal de campo del vivero del Ex Lago de Texcoco por haberme apoyado en todas las actividades para culminar esta tesis.

Gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

Laura Isabel Jacinto Sánchez nació el 15 de Marzo de 1988 en Texcoco Estado de México. Realizó sus estudios de nivel básico primaria y Secundaria en la misma localidad en que nació, los estudios medio superior los llevó a cabo en la Universidad Autónoma Chapingo, en donde continuo la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola (Periodo 2008-2011) Finalmente en el periodo 2011 a 2013, cursó la Maestría en Ciencias Forestales, en la Universidad Autónoma Chapingo, México.

RESUMEN

Se realizó un experimento en el vivero del Ex-Lago de Texcoco, Estado de México, para evaluar el efecto de dos enraizadores, uno a base de Ácido Indolbutírico y otro a base de Aminoácidos, en combinación con diferentes dosis del hongo antagonista *Trichoderma spp.*, esto con la finalidad de proporcionar mayor vigor y resistencia a estacas de *Tamarix chinensis* y así reducir la incidencia de enfermedades de suelo como *Fusarium oxysporum*.

El diseño experimental utilizado fue un factorial 2X4 en un diseño experimental completamente al azar, con cinco repeticiones. Cada tratamiento constó de 5 unidades experimentales, cada una de las unidades experimentales se formaron con 10 estacas.

Los tratamientos que contenían el enraizador de Ácido Indolbutírico (10000 ppm) presentaron diferencias significativas al 5% en las variables número y longitud de raíces. Mientras que los tratamientos que consistieron de enraizador a base de Aminoácidos (6950 ppm), no presentaron efectos significativos para esta rustica especie.

De los datos evaluados con *Trichoderma spp.*, la dosis de 18×10^8 y 27×10^8 conidios resultaron las mejores en las variables ya mencionadas respecto a la raíz; además del número y longitud de brotes, reflejado en el vigor de las estacas.

Palabras Clave: Acido Indolbutírico, Aminoácidos, *Tamarix chinensis*, *Fusarium oxysporum*, estacas, brotes, raíces.

ABSTRACT

An experiment was conducted in the nursery of the Ex-Lago de Texcoco, State of Mexico, to evaluate the effect of two Rooting one base of Indolebutyric acid and the other base of amino acids, in combination with different doses of the antagonist fungus *Trichoderma spp.* this in order to provide greater strength and resistance to *Tamarix chinensis* cuttings and reduce soil disease incidence as *Fusarium oxysporum*.

The experimental design used was a completely randomized factorial 2X4 with five repetitions, total stakes to be handled in the experiment were 400, each treatment group contained 5 experimental units, each of the experimental units were formed with 10 stakes.

In the rooting treatments evaluated Indolebutyric acid (10000 ppm) was the best in the results on the variables regarding the number and length of roots (significance level = 0.05 DMS). While in the test, treatments consisted of rooting based Amino Acids (6950 ppm), was not favorable for this rustic specie.

From the data evaluated with *Trichoderma spp.* dose of 18×10^8 and 27×10^8 conidia were the best in the variables mentioned in relation to the root plus the number and length of shoots, reflected in the vigor of cuttings.

Keywords: Indolebutyric acid, Aminoacids, *Tamarix chinensis*, *Fusarium oxysporum*, cuttings, buds, roots.

INDICE GENERAL

	Pagina
INDICE GENERAL	III
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS	4
GENERAL.....	4
PARTICULARES	4
HIPÓTESIS	4
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1. <i>Tamarix chinensis</i>	5
3.1.1. Marco Histórico	5
3.1.2. Clasificación Taxonómica	6
3.1.3. Características Morfológicas	6
3.1.4. Especie <i>Tamarix chinensis</i>	7
3.1.5. Efectos en su establecimiento.....	7
3.1.6. Enfermedades. Características de los hongos pudridores de raíz (<i>Fusarium oxysporum</i>)	8
3.2. Organismos antagonistas: <i>Trichoderma</i>	12
3.2.1. Mecanismos de acción de <i>Trichoderma spp.</i>	13
3.2.2. Competencia	14
3.2.3. Micoparasitismo	16
3.2.4. Crecimiento quimiotrófico	16
3.2.5. Reconocimiento.....	17

3.2.6. Antibiosis.....	19
3.3. Formación de raíces en el estacado.	22
3.3.1. Cambios anatómicos durante la formación de raíces adventicias	22
3.3.2. Formación de “callo”	23
3.3.2. Influencia de la estructura del tallo (estaca)	23
3.3.3. Aspectos del enraizamiento	24
3.4. Auxinas.....	25
3.4.1. Giberelinas	26
3.4.2. Citocininas	26
3.4.3. Etileno	27
3.4.4. Ácido abscísico.....	28
3.5. Efecto de las yemas en el enraizamiento	28
3.5.1. Efecto de las hojas en el enraizamiento.....	29
3.6. Otros compuestos comerciales con actividad enraizadora	29
3.6.1. Ácido Indolbutírico.....	29
3.6.2. Aminoácidos	30
IV. MATERIALES Y METODOS.....	33
4.2. Localización	33
4.2. Recolección de vareta.....	33
4.3. Nivelado de suelo y llenado de envase.....	34
4.4. Corte y transporte del material vegetativo.....	35
4.5. Enraizado	37
4.6. Diseño de tratamientos	38
4.7. Diseño Experimental.....	40
4.8. Detección de la presencia de <i>Trichoderma</i>	41

V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
5.1. NÚMERO Y LONGITUD DE BROTES.....	44
5.2. NÚMERO Y LONGITUD DE RAICES	52
5.3. Presencia de <i>Trichoderma</i>	61
VI. CONCLUSIONES.....	65
Número y longitud de brotes vivos.....	65
Número y longitud de raíces.....	66
<i>Trichoderma</i>	67
VII. LITERATURA CITADA	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio en la Cuenca del Valle de México...	33
Figura 2. Localización del Lote cuatro, sitio de colecta de varetas de <i>Tamarix chinensis</i>	34
Figura 3. Manejo de sustrato.....	35
Figura 4. Recolección y manejo de material vegetativo.....	36
Figura 5. Aplicación de enraizador y estacado.....	37
Figura 6. Cada muestra se sembró en cinco cajas Petri de medio PDA y cinco en medio V8.....	42
Figura 7. Aplicación de <i>Trichoderma</i> por aspersión.....	43
Figura 8. Estacas de <i>Tamarix chinensis</i> tres meses después del estacado en la primer evaluación. Tratamiento 10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios de <i>Trichoderma</i> etiqueta azul, tratamiento 6950ppm Aa+18X10 ⁸ conidios etiqueta roja y Testigo Absoluto con Ácido Indolbutírico 100000ppm.....	47
Figura 9. Comportamiento de la brotación en estacas de <i>T. chinensis</i> tratadas con auxinas y aminoácidos. Texcoco, México. 2012.....	49
Figura 10. Estacas de <i>Tamarix chinensis</i> seis meses después del estacado en la segunda evaluación. Tratamiento 10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios de <i>Trichoderma</i>	53
Figura 11. Comportamiento de la longitud de brotes en estacas de <i>T. chinensis</i> tratadas con auxinas aminoácidos, Ácido Indolbutírico y <i>Trichoderma</i> . Texcoco, México. 2012.....	54

Figura 12. Raíces primarias de <i>Tamarix chinensis</i> seis meses después del estacado en la segunda evaluación. Tratamiento 10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios de <i>Trichoderma</i>	60
Figura 13. Comportamiento de raíces primarias en estacas de <i>T. chinensis</i> tratadas con auxinas aminoácidos, Acido Indolbutirico y <i>Trichoderma</i> . Texcoco, México. 2012.....	60
Figura 14. Comportamiento de la longitud de raices en estacas de <i>T. chinensis</i> tratadas con auxinas aminoácidos, Acido Indolbutirico y <i>Trichoderma</i> . Texcoco, México. 2012.....	63
Figura 15. Comparación de los mejores tratamientos con aplicación 10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios y 10,000ppm AiB+27X10 ⁸ conidios respecto al Control de Ácido Indolbutírico en la fecha 3 correspondiente a seis meses después del estacado.....	63
Figura 16. Colonia de <i>F. oxysporum</i> en PDA.....	66
Figura 17. Preparación de <i>Fusarium</i> en portaobjetos Vista 100x, se observan los microconidios.....	66
Figura 18. Colonias de <i>Trichoderma sp.</i> en medio V8.....	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Desglose de factores y sus niveles.....	38
Cuadro 2. Tratamientos para el experimento de enraizamiento de estacas de <i>Tamarix chinensis</i>	39
Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza para la variable número de brotes definidos al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	44
Cuadro 4. Número de brotes vivos de <i>Tamarix chinensis</i> , tratados con enraizadores y hongos antagónicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.....	46
Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de brotes definidos al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	50
Cuadro 6. Longitud de brotes vivos de <i>Tamarix chinensis</i> , tratados con enraizadores y hongos antagónicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.....	51
Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza para la variable número de raíces definidos al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	55
Cuadro 8. Número de raíces de <i>Tamarix chinensis</i> , tratamientos con enraizadores y hongos antagónicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.....	56
Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de raíces definidos al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	61

Cuadro 10. Longitud de raíces de <i>Tamarix chinensis</i> , tratamientos con enraizadores y hongos antagónicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.....	61
Cuadro 11. Número de colonias de <i>Fusarium oxysporum</i> en PDA.....	64
Cuadro 12. Número de colonias de <i>Trichoderma sp.</i> en PDA.....	65
Cuadro 13. Número de colonias de <i>Trichoderma sp.</i> en V8.....	65

MANEJO DE ENFERMEDADES DE *Tamarix chinensis* EN EL VIVERO DEL EX-LAGO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

I. INTRODUCCIÓN

La incidencia severa de incendios forestales, plagas y enfermedades, aprovechamientos ilegales, pastoreo y cambios de uso del suelo forestal para fines agropecuarios, etc., han dado origen a extensas áreas con alto porcentaje de erosión y por consiguiente un desequilibrio ecológico (Mateo *et al.*, 2000).

La Zona Federal del Ex Lago de Texcoco es un ejemplo típico del impacto de estos factores. Esta área cuenta con una superficie de aproximadamente 10,000 hectáreas y constituye una importante reserva ecológica, así como para el refugio y reproducción de especies de aves silvestres nativas y migratorias que año con año arriban a esta zona para protegerse de las bajas temperaturas imperantes en sus lugares de origen (Arévalo, 2007). Es un área de rescate ecológico de enormes alcances ambientales para las zonas aledañas. Sin embargo, existen algunos problemas como son la presión urbana, la agricultura, ganadería, plagas y enfermedades que se han incrementado en los últimos años, especialmente el género de chapulines así como hongos del suelo como *Fusarium spp.* que han causado daños desde el 2007 a la fecha (Campos, 2011).

Durante las actividades de control realizadas en 2009 (Campos, 2011), se identificaron otros problemas de enfermedades en el vivero del Ex – Lago de Texcoco y plantaciones establecidas, lo que marcó la pauta para el desarrollo del proyecto “Diagnóstico y control fitosanitario de amplio espectro en las plantaciones y plántulas de *Tamarix spp.* del ex-lago de Texcoco”.

En las últimas cinco décadas, esta zona ha tenido una fuerte recuperación ecológica, permitiendo el establecimiento de varias especies del género *Tamarix* (Campos, 2011).

Tamarix chinensis es una de las especies que se han introducido, pertenece a la familia Tamaricaceae, son arbustos o árboles pequeños de (3-5 metros de altura). Está perfectamente adaptado a vivir en zonas halófilas que es capaz de aprovechar el agua del suelo cargada de sales; teniendo que la concentración salina del citoplasma de sus células supera la del suelo. Posteriormente, elimina la sal de sus tejidos a través de unas glándulas secretoras especiales situadas en las hojas, por ello durante el día, las plantas se presentan cubiertas de un polvo gris formado por cristales de sales; por la noche dan impresión de verdor y de estar cubiertas de rocío porque la sal en su superficie incorpora vapor de agua atmosférico. Una vez excretada la sal se va depositando en la superficie del suelo donde se va concentrando, siendo letal para muchas otras plantas (Arévalo, 2007).

La propagación vegetativa juega un papel importante en los programas de plantaciones forestales, como un medio de multiplicación a gran escala de genotipos superiores, ya que permite tener plantaciones con individuos de calidad uniforme.

En la mayoría de las especies leñosas la propagación por estacas es el método de propagación más eficiente en términos de rapidez, manejo y costo (Hartmann y Kester, 1999). Una característica indispensable para el enraizamiento de estacas en especies leñosas es el uso de tejido juvenil (Iglesias *et al.*, 1996), por lo que es común utilizar plantas jóvenes o rebrotes

juveniles de plantas de mayor edad. Pero aún con rebrotes juveniles, la capacidad de enraizado de las estacas es afectada por otros factores fisiológicos y ambientales. Entre los primeros se incluye la concentración endógena de fitohormonas, las reservas de carbohidratos y el grado de lignificación del tallo (Mateo *et al.*, 2000), factores que están relacionados con la posición de la estaca en la planta madre o en el rebrote.

Con el propósito de mejorar y favorecer el enraizamiento de estacas de árboles forestales de importancia ambiental, se han desarrollado diferentes productos comerciales que al aplicarse en la base de las estacas promueven la formación de raíces adventicias e incrementan su capacidad de enraizado, favoreciendo el vigor de la planta y resistencia a enfermedades, siendo uno de los más eficaces el ácido indolbutírico (AIB). La incorporación de organismos como *Trichoderma spp.* juegan un papel importante en el control de enfermedades del suelo, que pueden ser incorporados a programas de Manejo Integrado reduciendo el impacto al ambiente.

Por lo antes expuesto el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de enraizadores en combinación con organismos benéficos como es el hongo *Trichoderma* y así disminuir la incidencia de enfermedades del suelo en estacas de *Tamarix* para disminuir mortandad en vivero e incrementar el vigor de las estacas para su supervivencia en campo.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

GENERAL

- Proporcionar mayor vigor y resistencia contra enfermedades a planta de *Tamarix chinensis* mediante el uso de promotores de enraizamiento y *Trichoderma spp.*

PARTICULARES

- Evaluar el efecto de los enraizadores en estacas de *T. chinensis*.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma spp.* en la incidencia y severidad de enfermedades en estacas de *T. chinensis*.

HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento de enraizador con *Trichoderma* mostrará efectos significativos en la incidencia de enfermedades en planta de *Tamarix chinensis*.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. *Tamarix chinensis*

3.1.1. Marco Histórico

Una de las más significativas amenazas a la biodiversidad es la invasión de plantas exóticas. El reemplazo de especies nativas, interrupción en los ciclos de nutrición y en los ciclos de fuego y los cambios en la sucesión de plantas son algunos de los efectos que pueden tener las especies no nativas sobre un ecosistema. Sin embargo, algunas especies exóticas tienen poco efecto sobre el hábitat natural. En la actualidad hay miles de especies exóticas en nuestro país, muchas de las cuales fueron introducidas intencionalmente y otras no.

Tamarix fue introducido en los Estados Unidos en los años 1800. Originalmente se creyó que los españoles fueron responsables por la introducción del tamarisco, o ‘salt cedar’, pero ahora se cree que viveristas vendieron la planta a Old American Nursery en Philadelphia (Di Tomaso, 1998) Sin embargo el género obtiene su nombre por el Río Tamaris en España que contiene muchos arbusto y pequeños árboles nativos del oeste de Europa por lo menos tres especies de *Tamarix* fueron vendidos en 1854 para ser utilizado como rompe vientos, sombra, fijación de lechos de arroyos para evitar la erosión y/o para arbustos ornamentales.

3.1.2. Clasificación Taxonómica

El *Tamarix* es de la familia Tamaricaceae que consiste en 90 especies diferentes. De estas noventa especies sólo ocho han sido introducidas en los Estados Unidos y de éstas sólo dos poseen una significativa amenaza al ecosistema natural del Sudoeste: *Tamarix parviflora* y *Tamarix ramosísima*. Según algunos botánicos, y debido a su morfología, la especie *Tamarix* ha sido difícil clasificar y aún consideran no terminada esta clasificación (Flores, 1993).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnolipsida

Orden: Violales

Familia: Tamaricaceae

Género: Tamarix

Especie: *Tamarix chinensis* Loureiro

3.1.3. Características Morfológicas

El Tamarisco es un arbusto o arbolito caducifolio que crece extremadamente bien en zonas ribereñas – a lo largo de arroyos y bordes de lagos. Las raíces del *Tamarix* se extienden en el suelo muy profundamente y dependen del agua subterránea - pero la naturaleza facultativa en esta planta hace que, potencialmente, pueda obtener agua de otras fuentes, por ejemplo produciendo raíces adventicias. Esto permite que el tamarisco habite áreas donde la capa freática es inaccesible o no existe. Los individuos adultos son increíblemente tolerantes a una serie de condiciones de estrés tales como el calor, el frío,

sequía e inundación y a altas concentraciones de sólidos disueltos como el sodio (Pedraza, 1998).

3.1.4. Especie *Tamarix chinensis*

Es un arbusto o arbolito caducifolio de hasta 6-8 m. De altura, con la corteza agrietada, pardusca. Ramaje delgado y flexible, algo llorón. Hojas alternas, escamiformes, de forma ovado-agudo, muy pequeña, dispuesta abrazando las ramitas. Son de color verde glauco. Flores pequeñas dispuestas en racimos de espigas de color blanco o rosado que nacen sobre las ramillas del año y que aparecen al mismo tiempo que las hojas. Se multiplica por semillas, por retoños y por esquejes. Soporta climas muy variados y aguanta bien el frío intenso. Es planta indicada para zonas próximas al mar, incluso en primera fila, pues tolera muy bien los ambientes salinos (López, 2001).

3.1.5. Efectos en su establecimiento

Una vez establecido el *Tamarix* tiene cuatro efectos/impactos ambientales: 1) aumenta la salinidad del suelo, 2) aumenta la consumición de agua, 3) aumenta la incidencia de fuegos en medios naturales y 4) aumenta la frecuencia e intensidad de inundación.

En general, al ir secándose con el tiempo los floodplains* (planicies anegadizas), el tamarisco asume una mayor dominancia debido a su alta tolerancia a la sequía con respecto a las plantas nativas. Además los tamariscos tienen la habilidad de multiplicarse vegetativamente – una vez instalados no hay más lugar para las plantas nativas. Además, como la

presencia del tamarisco tiende a aumentar la salinidad y tomar los sólidos del suelo (sodio, hierro, calcio etc) que luego secretan a través de sus glándulas salinas o dejando caer sus hojas. Esto tiene un efecto alelopático haciendo que las plantas circundantes no puedan crecer en estas altas concentraciones de sal. Se sabe que el *Tamarix* (Salt Cedar) puede tolerar 36,000 ppm de sal, mientras que las especies nativas de estas planicies inundables, (en Estados Unidos) como el *Salix* o *Populus deltoides* sólo pueden tolerar hasta 1,500 ppm (Ortiz, 1996).

3.1.6. Enfermedades. Características de los hongos pudridores de raíz (*Fusarium oxysporum*)

3.1.6.1. *Fusarium oxysporum*

La mayoría de las especies de este género producen marchitamientos vasculares; la especie de *Fusarium oxysporum*, se asocia con pudriciones de raíz y cuello, frecuentemente con el complejo de Damping off y pudrición de raíz de planta de menos de un año de crecimiento en plantaciones recientemente establecidas, otras especies ocasionan la cancrrosis en arboles forestales (Smiley *et al.*, 1994) citado por Don Juan (2006).

La características de este género es que presenta micelio hialino, con los macroconidios curvados, o se forman en masa sobre un esporodoquio, y se forman en una hilera, los microconidios y clamidosporas en 0-1 septa con la presencia de dos tipos de conidios, micro y macroconidios (Kira *et al.*, 2001) citados por Don Juan (2006).

Es uno de los hongos más comunes y dañinos en los viveros. Causan la muerte de un porcentaje significativo de planta, en ocasiones rebasa al 40% de toda la producción, además provoca morbilidad en plantas (Cibrián *et al.*; 2007).

En el vivero, es frecuente encontrar que plantas de varios meses de edad presenta muerte descendente, inicialmente muere la yema y luego las acículas inmediatas; con frecuencia, la base de las acículas afectadas tienen una coloración violácea, con el transcurso de pocos días muere toda la planta. Esta planta, desde un inicio de los síntomas externos, tiene pudrición en sus raíces, son afectadas de la periferia hacia el cuello. La mortalidad se presenta en manchones disgregados, es decir grandes números de plantas muertas están colindando con plantas vivas. Al colocar las puntas en medio de cultivo se obtiene aislamiento de fusarium, especialmente *Fusarium oxysporum* (Cibrián, *et al.*, 2007).

El ciclo biológico empieza cuando los conidios son arrastrados por el viento, el agua de lluvia o el agua de riego; las plantas afectadas tienen el tallo basal endurecido y solo el brote esta tierno y susceptible para que el hongo penetre. El tejido interno esta de color café oscuro (Cibrián *et al.*, 2007).

3.1.6.2. Cancros en vareta y tallo por (*Phoma sp.*)

En ambientes urbanos afecta árboles en camellones, banquetas o parques, causan la muerte de puntas tiernas y reduce su calidad estética. En ocasiones, puede ser un hongo de importancia en el vivero cuando ataca a plántulas y causa mortalidad, sin embargo generalmente, se presenta en arboles debilitados por otros factores (Cibrián *et al.*, 2007).

El patógeno, en plantas de edad avanzada causa la muerte de ramillas y puntas, así como la caída de acículas. Las ramillas afectadas miden menos de 5 cm de diámetro, pero la suma de ramillas muertas puede provocar la muerte de ramas más gruesas. La corteza de las ramillas afectadas cambia de color, de café oscuro, casi negro. En la superficie de la corteza de los brotes muertos se observan picnidios negros, globosos, superficiales o inmersos en el tejido del hospedante (Cibrián *et al.*, 2007).

Es un hongo de ciclo rápido, las esporas se dispersan por viento y agua de lluvia; generalmente, infectan tejidos debilitados y pueden acompañar a otros hongos más agresivos. En ocasiones son primarios y pueden causar la muerte de puntas o formar pequeños canchros difusos en ramas, los cuales requieren de meses o años para circuncidar a la rama. Una vez que el hongo inicia su infección, se requiere de pocas semanas para que fructifique (Cibrián *et al.*, 2007).

3.1.6.3. Control de hongos

El uso de fungicidas es uno de los métodos de control de enfermedades fungosas de las plantas que tiene mayor aplicación en el campo (Agrios, 1985 citado por Cano, 1994). Un fungicida puede definirse como un compuesto el cual mata o inhibe el crecimiento de un hongo, aunque los compuestos que inhiben el desarrollo se llaman fungistáticos. Los fungicidas se clasifican en tres tipos: a) Protectores: los que dan protección en el sitio de aplicación; b) Erradicantes: los que curan una infección en el sitio de aplicación; c) Sistémicos: Los que pueden evitar el desarrollo de una enfermedad en la planta

en el sitio de aplicación y aun en sitios donde no se aplicó el producto (Mendoza, 1990 citado por Cano, 1994).

El control químico y biológico en las primeras semanas de plantación, puede ayudar a controlar diferentes enfermedades causadas por hongos y favorecer a la planta a desarrollarse de una manera óptima.

3.1.6.4. Control químico

Según Anónimo (2011), en el diccionario de especialidades agroquímicas describe de la siguiente manera los fungicidas de interés:

Captan: es un fungicida de uso agrícola, en polvo humectable, tiende a ser ligeramente toxico, para preparar se diluirse en el agua, su ingrediente activo es N-triclorometiltitio-4-ciclohexeno-1,2dicarboximida.

Promyl 50 P.H. es un producto ligeramente tóxico para humanos y animales domésticos, es un polvo humectable, su ingrediente activo es Benomilo: metil-1-(butilcarbamoil) benzimidazol-2-il carbamato

Interguzan 30-30 es un fungicida que previene enfermedades ocasionadas por hongos nativos del suelo, los cuales provocan enfermedades en diversas etapas de desarrollo de la planta. El producto se aplica al suelo en aspersión o espolvoreado. El ingrediente activo es Quintozeno (Pentacloronitrobenceno).

Cupravit: es un fungicida de acción preventiva con una notable persistencia, es ligeramente tóxico y con un buen poder adherente, su ingrediente activo es oxiclورو de cloro.

3.1.6.5. Control biológico

Dentro de las especies que pueden utilizarse para el control biológico de este complejo destacan los hongos y las bacterias; son los principales agentes biocontroladores de esta enfermedad. Los hongos que pueden ser utilizados para el control de patógenos son; *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Streptomyces*. La bacteria *Bacillus subtilis* también se recomiendan para el control biológico.

3.2. Organismos antagonistas: *Trichoderma*

De acuerdo a Fernández L. (2001), existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagonistas con otros microorganismos y esta acción puede ser aprovechada como una forma de control biológico de fitopatógenos. Entre los organismos más importantes se encuentran las bacterias de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* y hongos de los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*. Este último es el más importante para el control de un grupo importante de patógenos de origen edáfico. El efecto principal de *Trichoderma* es por hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Además, algunos aislamientos controlan nematodos.

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* son hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. La distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para

degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. No obstante, se han realizado pocos estudios acerca de la sobrevivencia, establecimiento y proliferación de este antagonista en la rizosfera de la planta (Rodríguez, 1990).

Estas especies presentan diferentes modos o mecanismos de acción que les permiten el control de diversos agentes fitopatógenos. Entre estos mecanismos se encuentran: competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, resistencia inducida, entre otros.

3.2.1. Mecanismos de acción de *Trichoderma spp.*

En la acción biocontroladora de *Trichoderma* se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos, principalmente competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógeno, (Leal, 2000) citado por Lorenzo 2001. Estos mecanismos se ven favorecidos por la habilidad de los aislamientos de *Trichoderma* para colonizar la rizósfera de las plantas. Otros autores han sugerido otros mecanismos responsables de su actividad biocontroladora, como la secreción de enzimas y la producción de compuestos inhibidores (Harman, 1996).

La acción biorreguladora indirecta de *Trichoderma* incluye la inducción de elicitores, los cuales son mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos que activan en la planta compuestos relacionados con la resistencia (inducción de Resistencia, Harman, 2004), la detoxificación de toxinas excretadas por

patógenos y la desactivación de enzimas de éstos durante el proceso de infección; así también la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas. Tienen la capacidad, de crear un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés (Harman, 2003).

3.2.2. Competencia

La competencia constituye un mecanismo de antagonismo muy importante y se define como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento (sustrato, nutrientes, etc.), siempre y cuando la utilización de éste por uno de los organismos reduzca la cantidad o espacio disponible para los demás. Este tipo de antagonismo se ve favorecido por las características del agente de control biológico como plasticidad ecológica, velocidad de crecimiento y desarrollo, y por otro lado por factores externos como tipo de suelo, pH, temperatura, humedad, entre otros (Ahmad, 1987).

La presencia de *Trichoderma* de forma natural en diferentes suelos agrícolas y forestales, es una evidencia de la plasticidad ecológica de este hongo y de su habilidad como excelente competidor por espacio y recursos nutricionales, aunque la competencia depende de la especie, (Wardle *et al.*, 1993 citados por Samuels, 1996). *Trichoderma*, biológicamente está adaptado para una colonización agresiva de los sustratos y para sobrevivir en condiciones adversas, principalmente, en forma de clamidosporas. La alta velocidad de crecimiento, abundante esporulación y la amplia gama de sustratos sobre los que puede crecer, debido a la riqueza de enzimas que posee, hacen que sea

muy eficiente como saprófito y aún más como agente de control biológico (Pérez, 2004).

Puede competir por nitrógeno, carbohidratos no estructurales (azúcares y polisacáridos como almidón, celulosa, quitina, laminarina, y pectinas, entre otros) (Stefanova ,1999) y micronutrientes. Esta forma de competencia en los suelos o sustratos ricos en nutrientes no tiene importancia desde el punto de vista práctico. Por lo que cuando se emplea fertilización completa o existe exceso de algunos de los componentes de los fertilizantes e inclusive en suelos con alto contenido de materia orgánica, este tipo de antagonismo es poco eficaz indicado por Gracia (1994) citado por Don Juan (2006).

La competencia por sustrato o espacio depende de si el mismo está libre de patógenos (sustrato estéril) o si hay una micobiota natural. En el primer caso, la velocidad de crecimiento del antagonista no determina la colonización efectiva de los nichos, sino la aplicación uniforme del mismo en todo el sustrato. Sin embargo, en el segundo caso la velocidad de crecimiento, conjuntamente con otros de los mecanismos de acción del antagonista, es determinante en el biocontrol del patógeno y colonización del sustrato.

Un ejemplo de estas interacciones es lo reportado por Durman *et al.* (2003), quienes encontraron una disminución en el crecimiento de *Rhizoctonia solani* y de la viabilidad de los esclerocios como resultado de la acción de diferentes aislamientos de *Trichoderma spp.*

3.2.3. Micoparasitismo

Es una simbiosis antagónica entre organismos, que involucra la participación de enzimas extracelulares (quitinasas y celulasas), que forman parte de la composición y estructura de las paredes celulares de los hongos parasitados (Lorito *et al.*, 1990).

Las especies de *Trichoderma* durante el proceso de micoparasitismo crecen quimiotrópicamente hacia el hospedante, se adhieren a las hifas del mismo enrollándose en ellas frecuentemente y penetrándolas de manera ocasional. La degradación de las paredes celulares del hospedante se observa en los estados tardíos del proceso parasítico (Carsolio ,1999), que conlleva al debilitamiento parcial o total del fitopatógeno.

Este mecanismo de acción de *Trichoderma spp.* ha sido ampliamente estudiado, (Chet *et al.*, 1998 citados por Pérez, 2004). Sin embargo, existen diversos aspectos de este modo de acción que no están totalmente entendidos. Un proceso complejo, cuyo estudio se ha separado en cuatro etapas. El desarrollo de cada etapa depende de los hongos involucrados, de la acción biotrófica o necrotrófica del antagonista y de las condiciones ambientales. Chet y Benhamou (1998) realizaron una explicación detallada de cada una de estas etapas, para el caso de las especies de *Trichoderma*.

3.2.4. Crecimiento quimiotrófico: El quimiotropismo positivo es el crecimiento directo hacia un estímulo químico (Chet, 1994). En la etapa de localización del hospedante, se ha demostrado que *Trichoderma* puede detectarlo a largas

distancias y sus hifas crecen en dirección al patógeno como respuesta a un estímulo químico como lo explica García (1994) citado por Don Juan (2006).

3.2.5. Reconocimiento: Chet (1994), señala que las cepas y especies de *Trichoderma* sólo son efectivas contra ciertos patógenos. Esta especificidad condujo a la idea de que el reconocimiento molecular entre *Trichoderma* y el hospedante es el evento principal que precede al proceso antagonista. Esto es fundamental para la aplicación práctica de este hongo, y para la búsqueda de nuevos aislamientos más adaptados y eficaces como un proceso continuo (Chet, 1994). El reconocimiento se realiza a través de las interacciones lectinas-carbohidratos. Las lectinas son proteínas enlazadas a azúcares o glicoproteínas, que aglutinan células y están involucradas en las interacciones entre los componentes de la superficie de las células y su ambiente extracelular (Barondes, 1981 citado por Chet *et al.*, 1994). Pérez (2004) investigó la producción de lectinas en *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*, encontrando que las lectinas están involucradas en el micoparasitismo de estos hongos.

a) Adhesión y enrollamiento: Cuando la respuesta de reconocimiento es positiva, las hifas de *Trichoderma* se adhieren a las hifas del hospedante mediante la formación de estructuras en forma de ganchos y apresorios que se enrollan alrededor de éstas, todo esto está mediado por procesos enzimáticos (Pérez, 2004). Según Chet y Elad (1983), (citados por Martínez, 1998), la adherencia de las hifas de *Trichoderma* ocurre por la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno.

b) Actividad lítica: En esta etapa ocurre la producción de enzimas líticas (extracelulares) quitinasas, glucanasas y proteasas, que degradan las paredes celulares del hospedante y posibilitan la penetración de las hifas del antagonista (Haram *et al.*, 1996). Por los puntos de contacto donde se produce la lisis y aparecen los orificios, penetra la hifa del micoparásito en las del hongo hospedante. La actividad enzimática en *Trichoderma* ha sido estudiada extensamente, así como las posibles funciones que se desenvuelven en el micoparasitismo.

Las especies de *Trichoderma* tienen un elevado potencial parasítico, con una actividad metabólica muy particular, que les permite parasitar eficientemente las estructuras fúngicas de los hongos (Sandoval y López 2002).

Trichoderma excreta enzimas (celulasas, glucanasas, lipasas, proteasas y quitinasas) que participan en la lisis de la pared celular de las hifas del hospedante, facilitando la inserción de estructuras especializadas y de hifas de *Trichoderma*, que absorben nutrientes del interior del hongo fitopatógeno Eveleigh (1986). Misaghi (1984) y Adams (1990) citados por Díaz (1994), indicaron que el micoparasitismo termina con la pérdida del contenido citoplasmático de la célula del hospedante. El citoplasma restante rodea las hifas invasoras, mostrando síntomas de disgregación, lo que disminuye la actividad patogénica del mismo.

Bernal *et al.* (2004), reportaron que *Trichoderma* parasita hifas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* enrollando y penetrando las hifas de este

fitopatígeno. Harman (2001), observó que *Trichoderma* penetra las hifas de *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani*. Rivero (2008), evaluaron cuatro aislamientos de *Trichoderma* sobre *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* y *Phoma* sp. obteniendo una alta capacidad competitiva, con dos o más tipos de interacción hifal, excepto en *Phoma* sp.

3.2.6. Antibiosis

Es la acción directa de antibióticos o metabolitos tóxicos producidos por un microorganismo sobre otro sensible a éstos. Algunos autores opinan que la antibiosis no debe ser el principal mecanismo de acción de un antagonista, ya que existe el riesgo de aparición de cepas del patógeno resistentes al antibiótico (Vero y Mondino 1999), como ocurrió con cepas de *Agrobacterium tumefaciens* resistentes al Agrosin 84, un antibiótico producido por una cepa de *Agrobacterium radiobacter* (Campbell, 1989).

Muchas cepas de *Trichoderma* producen metabolitos secundarios volátiles y no volátiles, algunos de los cuales inhiben el desarrollo de otros microorganismos con los que no hacen contacto físico, estas sustancias inhibidoras son consideradas como "antibióticos" (Hjeljord, 1998).

Al principio se consideró que la actividad inhibidora de aislamientos de *Trichoderma* sobre otros hongos se debía sólo a compuestos no volátiles. Dennis y Webster (1971), fueron los pioneros en estudiar la función de los antibióticos producidos por hongos del género *Trichoderma* sobre patógenos de las plantas. Relacionaron la actividad antibiótica de *Trichoderma spp.* con

compuestos no volátiles, entre los que se encontraban la trichodermina y otros metabolitos peptídicos. Investigaciones realizadas por Webster y Lomas (1964) citados por Díaz (1994), indicaron que *Trichoderma* sp. produce dos antibióticos más: gliotoxina y viridina. Posteriormente, Oliver y Germain citados por Martínez (1998), reportaron que *T. harzianum* produce numerosos antibióticos como la trichodermina, suzukacilina, alameticina, dermadina, trichotecenos y trichorzianina.

Dennis y Webster (1971), detectaron que la actividad antibiótica de algunos aislamientos de *Trichoderma* se debía a la producción de compuestos volátiles, y observaron que los aislamientos más activos poseían un fuerte olor a coco, posiblemente relacionado con la actividad antagonista. Los antibióticos volátiles tienen un efecto principalmente fungistático, debilitando al patógeno y haciéndolo más sensible a los antibióticos no volátiles, lo que se conoce como "hiperparasitismo" de origen enzimático (Martínez *et al.*, 1994).

Stefanova *et al.*, (1999), estudiaron la presencia de metabolitos no volátiles con actividad antifúngica en cuatro aislamientos de *Trichoderma* y concluyeron que estos metabolitos reducen el crecimiento micelial de *Phytophthora nicotianae* y *Rhizoctonia solani* en medios de cultivo envenenados con filtrados líquidos donde se habían cultivado las cepas antagónicas. Observaron vacuolización, granulación, coagulación, desintegración y lisis a nivel celular.

Rivero (2008), evaluaron el efecto de antibiosis de dos aislados de *Trichoderma* en cultivo dual con *Alternaria padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* y *Phoma* sp., obteniendo inhibición significativa del crecimiento radial de estos patógenos.

Algunas de las enzimas no solo intervienen en el proceso de penetración y lisis, sino que actúan también como antibióticos, tal es el caso de la enzima endoquitinasa (Ech42) que causa hidrólisis en las paredes de *B. cinerea*, y además inhibe la germinación de conidios y el crecimiento de tubos germinativos de varios hongos (Carsolio, 1999).

La producción metabólica de los aislamientos de *Trichoderma* presenta, al igual que el micoparasitismo, determinada especificidad. Samuels (1996), informó sobre un grupo de cepas de *Trichoderma* denominado "Q" que producen gliotoxina y fueron efectivas contra *Rhizoctonia solani*, pero no contra *Pythium ultimum*; mientras que el grupo de cepas "P", que excretan gliovirina se comportaron de manera opuesta.

Lorito (1990) señala que la máxima eficacia puede obtenerse con el sistema enzimático completo, sugiriendo que la selección de cepas y especies debe ser integral además de involucrar la intervención de diferentes modos de acción. En este sentido, Martínez *et al.* (2008), evaluaron cincuenta y nueve aislamientos de *Trichoderma* observando diferentes modos de acción, principalmente competencia por el sustrato, micoparasitismo y antibiosis. En casi todos los aislamientos determinaron al menos un tipo de interacción hifal bien definida, y algunos de ellos presentaron hasta cuatro tipos de interacción sobre *Rhizoctonia solani*. Esto favorece el control y disminuye la posibilidad de que se genere resistencia en el patógeno al antagonista (Vero, 1999).

3.3. Formación de raíces en el estacado.

La formación de raíces adventicias es un fenómeno que ocurre naturalmente en varias especies de plantas. Un ejemplo sencillo son las raíces de “zanco” que se forman en el maíz, así como las numerosas raíces aéreas que se originan en los ficus como *Ficus benjamina* y *Ficus benghalensis* (Azcon, 1993).

La formación de raíces adventicias en estacas es una respuesta a la lesión ocasionada con la preparación de la misma. Durante el corte realizado para la obtención de la estaca se lesionan las células de la superficie cortada quedando expuestos los haces del xilema. Consecuentemente se produce la cicatrización y regeneración en las siguientes fases (Pérez, 1994):

- ✓ Al morir las células externas lesionadas se realiza un proceso de suberificación y taponamiento del xilema con goma, a fin de evitar la desecación.
- ✓ Al cabo de unos días, las células vivas ubicadas debajo de esta placa de corcho empieza a dividirse y se puede formar una capa de células de parénquima conocida como callo.
- ✓ La formación de raíces adventicias empieza a ocurrir en ciertas células próximas al cambium vascular y al floema.

3.3.1. Cambios anatómicos durante la formación de raíces adventicias.

A nivel de tallo empezarán a ocurrir una serie de cambios morfológicos durante la formación de raíces adventicias. El conjunto de estos cambios puede ser dividido en las siguientes cuatro etapas (Azcón, 1993):

- ✓ Diferenciación de cierto grupo de células maduras.

- ✓ Formación de iniciales de raíz a partir de las células cercanas a los haces vasculares las cuales debido al fenómeno de diferenciación han adquirido propiedades meristemáticas.
- ✓ Desarrollo de estos iniciales de raíces conformando primordios de raíces organizados.
- ✓ Emergencia de estos primordios radiculares ya desarrollados a través del tejido del tallo y la formación de conexiones vasculares entre estos primordios y el sistema vascular de la propia estaca.

3.3.2. Formación de “callo”.

Dentro del proceso de formación de raíces adventicias se ha creído que éste es dependiente de la formación previa de una masa irregular conformada por células de parénquima denominada **callo**. Pero se ha probado que en la mayoría de plantas la formación de callo es independiente de la formación de raíces adventicias y si ocurren simultáneamente es debido a que ambos están condicionados por los mismos factores ambientales que los rodean (Lira, 1994). Como en toda regla, para lo expuesto existe una excepción, y está representada por *Pinus radiata*, *Sedum sp.* y *Hedera helix*, en los cuales la formación de callo es precursora de la formación de raíces adventicias, debido a que estas últimas se originan en el tejido del propio callo (Hartmann, 1997).

3.3.2. Influencia de la estructura del tallo (estaca).

En algunos casos de estacas de tallos maduros se observa que la presencia de una capa de esclerénquima continuo constituye una barrera mecánica para la

emergencia de las raíces adventicias ya que dicha capa se ubica exteriormente al punto de origen de las raíces (Cuellar, 1997).

Pero aunque en dichos casos esta barrera anatómica sea un impedimento para el enraizamiento, existen muchas excepciones a este hecho, entre los que se puede citar la forma de enraizamiento en estacas de clavel, en las cuales el desarrollo y la emergencia de los primordios radicales se efectúa por la base, es decir que el crecimiento de éstos es hacia abajo (Lira, 1994).

3.3.3. Aspectos del enraizamiento

Existe una serie de sustancias que intervienen en el crecimiento y desarrollo de una planta, interviniendo por ejemplo a nivel de maduración de frutos, a nivel de cantidad de floración o, y un punto importante, a nivel de formación de raíces. Estas sustancias actúan estimulando o inhibiendo ciertas reacciones químicas de algunas rutas metabólicas que promueven una respuesta fisiológica por parte de la planta (Hartmann, 1997).

El efecto producido por una hormona o una sustancia reguladora se debe, según evidencia concluyente, a que una de las cosas que hace ésta es controlar la actividad genética. En gran parte es aún desconocida la forma en que los genes son controlados bioquímicamente (Lira, 1994).

Dentro de este grupo de sustancias estimuladoras e inhibidoras que participan en la iniciación de raíces adventicias se encuentran:

3.4. Auxinas

Son un grupo de sustancias reguladoras que intervienen en una serie de actividades fisiológicas de las plantas tales como crecimiento del tallo, inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y frutos y en la activación de las células del cambium (Azcon, 1993).

Las auxinas también promueven el desarrollo de raíces adventicias en los tallos. Muchas especies leñosas (como manzanos, la mayoría de sauces y el chopo lombardo) poseen primordios de raíces adventicias preformados en sus tallos, los cuales permanecen latentes por algún tiempo a menos que sean estimulados por una auxina (Haissig, 1974). Estos primordios con frecuencia se encuentran en los nudos o en los lados inferiores de las ramas que se localizan entre los nudos.

La formación de raíces adventicias en cortes de tallo (estacas) es la base práctica común de reproducción asexual de muchas especies. En 1935, Went y Kenneth demostraron que el ácido indol-3-acético (IAA) estimula la iniciación de raíces en cortes de tallo; la auxina sintética (NAA) ácido naftalenacético por lo común es más eficaz que el IAA; el ácido indolbutírico (IBA) se utiliza para causar la formación de raíces aún más a menudo que NAA o cualquier otra auxina.

Es importante resaltar la forma de transporte del ácido indol-3-acético (IAA) de un órgano o tejido a otro. En contraste con el movimiento de azúcares, iones y algunos otros solutos, el IAA no suele translocarse a través de los tubos cribosos del floema o por el xilema, sino principalmente a través de células parenquimatosas que se encuentran en contacto con haces vasculares (Jacobs,

1979). El IAA se moverá a través de tubos cribosos si se aplica a la superficie de una hoja lo bastante madura para exportar azúcares, pero el transporte normal en tallos y peciolos es de las hojas jóvenes hacia abajo, por los haces vasculares. También las auxinas sintéticas que se administran a plantas se mueven como el IAA.

3.4.1. Giberelinas

Las giberelinas son un grupo de sustancias reguladoras que fueron descubiertas en la década de 1930 a partir de estudios realizados con plantas de arroz en Japón. Estas plantas enfermas se caracterizaban por una excesiva elongación del tallo, lo que les impedía sostenerse por sí mismas. Esta enfermedad era causada por el hongo *Gibberella fujikuroi* (estado asexual de *Fusarium moniliforme*). Estudios realizados sobre este hongo llevaron a la conclusión de que el hongo producía una sustancia específica que ocasionaba los síntomas de la enfermedad, así, T. Yabuta y T. Hayashi (1993) denominaron a este compuesto activo **giberelina**.

Estas giberelinas, producidas naturalmente por la planta, promueven principalmente la elongación del tallo. Experimentos posteriores determinaron que altas concentraciones de giberelina inhiben la formación de raíces adventicias, pero que reduciéndose esta concentración en los tejidos se llega a promover el desarrollo de éstas (Azcón, 1993).

3.4.2. Citocininas

Son hormonas vegetales que estimulan la citocinesis, es decir, que promueven la división celular. Skoog (1992) en sus experimentos establece que si se

mantiene una relación alta citocinina/auxina luego de la formación de callo se promueve el desarrollo de yemas, tallos y hojas. Pero si se reduce esta relación se estimula la formación de raíces. Si se selecciona la relación adecuada se puede lograr que los callos de muchas especies, sobre todo dicotiledoneas, se desarrollen hasta formar una nueva planta completa. Otra forma de evaluar la relación citocinina/auxina es el trabajo en propagación de estacas de hoja, ya que estas tienen que desarrollar tanto nuevas raíces como nuevos tallos (Barceló, 1992).

3.4.3. Etileno

El etileno es un material gaseoso (volátil) que es producido naturalmente por las plantas y que es responsable de la maduración temprana de los frutos. En esencia todas las partes de una planta de semilla producen etileno, así, en plántulas, el ápice del tallo es un sitio importante para su producción, los nudos de tallos de dicotiledoneas producen mayor cantidad de etileno que los entrenudos, los tallos producen más etileno cuando se dejan en posición horizontal, las hojas también producen etileno al igual que las flores (en especial antes de marchitarse) ocasionando su senescencia y abscisión, la producción de etileno en frutos es notable durante la maduración sobre todo en aquellos frutos que presentan aumento climatérico en la respiración (Lira, 1994).

Experimentos realizados en propagación por estacas indican que el etileno estimula la formación de raíces adventicias, efecto que también ocasionan las auxinas. Esta relación entre auxinas y etileno llevaron a realizar investigaciones

que concluyeron que los efectos causados por las auxinas se debían a la capacidad de éstas de incrementar la producción de etileno, sin embargo, la promoción del crecimiento, las etapas iniciales de la producción de raíces adventicias y muchos otros efectos de las auxinas parecen ser independientes de la producción de etileno. Sólo en determinadas partes de la planta y sólo cuando la concentración de auxinas se hace relativamente alta, la producción de etileno es lo suficientemente elevada para explicar ciertos efectos de las auxinas (Cuellar, 1997).

3.4.4. Ácido abscísico

Es una hormona que con frecuencia da a los órganos una señal de que están experimentando algún tipo de estrés fisiológico. Estos factores de estrés pueden ser de naturaleza hídrica (falta de agua), salinidad de suelo, bajas temperaturas, entre otros. El ácido abscísico (ABA) provoca con frecuencia respuestas que ayudan a proteger a las plantas contra estos factores.

Con respecto a su influencia sobre la formación de raíces adventicias, existen reportes contradictorios sobre su comportamiento como inhibidor de este proceso, dependiendo aparentemente de la concentración y del estado nutricional de las plantas madres de las que se obtengan las estacas (Mayta y Pinto 1993).

3.5. Efecto de las yemas en el enraizamiento

Numerosos ensayos realizados en la propagación por estacas sugieren que la presencia de yemas terminales o laterales en la estaca para promover la formación de raíces adventicias. Aparentemente la formación de raíces

adventicias está estimulada por otras sustancias distintas a las auxinas y que tienen su punto de origen en las yemas. En ciertas plantas la remoción de las yemas de las estacas detienen casi por completo la formación de raíces (Cuellar, 1997).

3.5.1. Efecto de las hojas en el enraizamiento

Se tiene conocimiento de que la presencia de hojas en las estacas ejerce una gran influencia estimulante sobre la iniciación de raíces adventicias. Como ya es sabido las hojas son los productores de fotosintatos (carbohidratos) que ayudarán a la formación de las nuevas raíces, pero además éstas son productoras de otras sustancias que afectan directamente la formación de raíces como por ejemplo las auxinas, cuyo efecto ya ha sido mencionado anteriormente (Larqué, 1993).

3.6. Otros compuestos comerciales con actividad enraizadora

3.6.1. Ácido Indolbutírico

Dentro de las sustancias reguladoras de crecimiento, las auxinas son las que presentan mayores efectos en la formación de raíces adventicias (Gaspar y Coumans 1987), siendo las hojas jóvenes y yemas activas, la principal fuente de auxinas endógenas, que permiten la rizogénesis en ausencia de auxina exógena (Hartmann et al., 1997). La aplicación exógena de auxinas induce la formación de raíces adventicias, las más utilizadas son el ácido 3-indolbutírico (AIB) y el ácido naftalén acético (ANA), resultando más efectivas en la inducción

rizogénica que la auxina natural, el ácido 3- indolacético (IAA) (Geneve y Hauser, 1982).

3.6.2. Aminoácidos

Desde el punto de vista químico, los aminoácidos (aa) son ácidos orgánicos con un grupo amino en posición alfa. Los veinte aminoácidos estándar encontrados en las proteínas son α -aminoácidos, todos tienen un grupo carboxilo y un grupo amino unido al mismo átomo de carbono α . Diferenciando entre ellos por sus cadenas laterales o grupos R, los cuales pueden variar en estructura, tamaño, y carga eléctrica, estas características influyen en la solubilidad en agua de los aminoácidos (García *et al.*, s/a).

El metabolismo de proteínas y aminoácidos está asociado con la adaptación de las plantas a cambios en las condiciones ambientales y al estrés. Los aminoácidos y otros compuestos nitrogenados solubles, tienen un papel determinante en el metabolismo vegetal, siendo los productos primarios de la asimilación inorgánica del nitrógeno y precursores de proteínas y ácidos nucleicos (Hsu y Kao, 2003 citados por Estrada *et al.*, 2011).

Los aminoácidos son sintetizados por las plantas a partir del nitrógeno absorbido en forma de nitrato o en forma de amonio del suelo, dicho proceso supone un gasto energético por parte de la planta, para evitar este gasto se procura una adición directa de aminoácidos (Michitte s/a).

La incorporación de aminoácidos a las plantas puede producirse por vía foliar o radicular. En condiciones naturales la vía radicular es el mecanismo más usual de ingreso de aminoácidos externos. Los aminoácidos se encuentran libres en el suelo y pueden acceder a apoplasto radicular por difusión, y ser absorbidos por las células epidérmicas y por el parénquima cortical de la raíz.

Si la aplicación es foliar se produce una penetración de la solución a través de los estomas hasta el apoplasto foliar y posteriormente transportando al resto de los órganos y partes de la planta.

En situaciones de estrés la planta tiende a acumular aminoácidos libres como mecanismo de defensa, tal acumulación repercute en una menor dotación de aminoácidos para la síntesis de proteínas. Si en estas condiciones existe un aporte exterior compensatorio de aminoácidos, las plantas se encontrarán en mejores condiciones para reanudar su crecimiento.

Efectos de los aminoácidos en las plantas:

- Síntesis de proteínas. Los L- aminoácidos se unen para formar proteínas.
- Efecto sobre la fotosíntesis. Algunos aminoácidos como la Glicina y el ácido L-Glutámico incrementan la concentración de clorofila en consecuencia aumenta la fotosíntesis.
- Efecto quelante. Algunos aminoácidos como la Glicina y los ácidos (L-Glutámico y LAspártico), que tienen carga negativa son capaces de retener cationes formando quelatos. El resto de aminoácidos

son de carga positiva y neutra, con lo cual no son capaces de quelatar.

- Efecto sobre la polinización y cuajado de frutos. Está demostrado que aminoácidos como la Prolina, Glutámico y la Glicina, aumentan la germinación del grano de polen alargando el tubo polínico.
- Resistencia al estrés. Las altas temperaturas, enfermedades, heladas, etc., repercuten sobre las plantas. Los aminoácidos y principalmente la Prolina actúan reduciendo este riesgo
- Aminoácidos como la Prolina frenan la producción de ácido abscísico y el Glutámico favoreciendo la apertura de estomas.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.2. Localización

El estudio se llevó a cabo en la zona Federal del ex Lago de Texcoco, Estado de México, ubicado sobre la autopista Peñón- Texcoco, específicamente en el sitio donde se ubica el vivero (Figura 1).

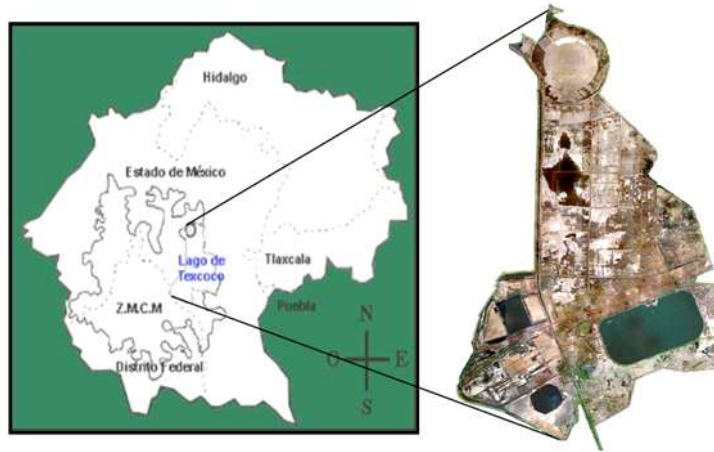


Figura 1. Localización del área de estudio en la Cuenca del Valle de México.

4.2. Recolección de vareta

Se llevó a cabo un recorrido por la zona arbolada del ex Lago de Texcoco, con el propósito de localizar ejemplares de *Tamarix chinensis* ya que es la más abundante y resistente de la zona. Se seleccionaron aquellos individuos mejor conformados fenotípicamente de porte recto, vigoroso y aspecto sano para los fines propuestos.

Se extrajeron varetas del Lote cuatro (Figura 2) con las características deseables grosor de 1.5 cm y una longitud aproximada de 50 a 70 cm según lo sugiere (Hartman, 1985).



Figura 2. Localización del Lote cuatro, sitio de colecta de varetas de *Tamarix chinensis*.

4.3. Nivelado de suelo y llenado de envase

Para evitar encharcamiento del agua al momento de aplicar riegos y lograr mejor verticalidad de los envases se procedió a nivelar la superficie donde se estableció el experimento.

En el llenado del envase se cribó, previamente, el sustrato proporcionado como se muestra en la Figura 3, con la finalidad de eliminar piedras de diámetros mayores no aptas para el estacado, se incorporó *Trichoderma* a los tratamientos indicados mediante aspersión.



Figura 3. Manejo de sustrato, A)Monticulo de suelo en el vivero, B)Criba para sustrato, C) Cribado del suelo y D) Suelo cribado.

4.4. Corte y transporte del material vegetativo

Se cortaron las varetas con las tijeras de podar para la elaboración de estacas, únicamente las varetas mejor conformadas se colocaron en el costal de ixtle humedecidos con el propósito de evitar deshidratación (Figura 4).



Figura 4. Recoleccion y manejo de material vegetativo. A) Identificación de individuos con buen porte, B) Identificación de diametro deseado, C) Identificando color deseado tonos rojizos brillantes, D) Medción de la longitud de las varetas, E) Medición del diametro, F) y G) Corte y preparacion de las estacas.

4.5. Enraizado

Se humedeció la parte basal de la estaca y posteriormente se sumergió en el enraizador indicado para dicho tratamiento.

La estaca se plantó a una profundidad de dos terceras partes de su tamaño, dejándose de una a dos yemas superficiales. Posteriormente se selló la parte apical expuesta con pintura blanca para evitar la entrada de patógenos (Figura 5), procedimiento que siguen los trabajadores en vivero y según lo especificado por Rumayor (1980).



Figura 5. Aplicación de enraizador y estacado. O) Enraizadores, P) Preparación de estacas, Q) Estacado y R) Aplicación de sellador.

4.6. Diseño de tratamientos

Los tratamientos se generaron a partir de un diseño factorial en donde los factores y niveles estudiados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores y sus niveles estudiados.

Factor A .- Enraizador	a0.- Acido Indolbutirico 10000ppm
	a1.-Auxinas, Ácidos húmicos y vitaminas 6950ppm
Factor B.- Trichoderma	b0.- 18×10^8 conidios
	b1.- 27×10^8 conidios
	b2.- 36×10^8 conidios
	b3.-Sin aplicación (TESTIGO)

La combinación de los niveles de los dos factores que se incluyen forman los tratamientos evaluados que son los especificados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos para el enraizamiento de estacas de *Tamarix chinensis*.

No. Tratamiento	Tratamiento	Descripción
1	a0b0	Aplicación de 18×10^8 conidios de Trichoderma y 10000ppm de Ácido Indolbutírico.
2	a0b1	Aplicación de 27×10^8 conidios de Trichoderma y 10000ppm de Ácido Indolbutírico.
3	a0b2	Aplicación de 36×10^8 conidios de Trichoderma y 10000ppm de Ácido Indolbutírico.
4	a0b3 Testigo	Sin aplicación alguna de Trichoderma solo Acido Indolbutírico. TESTIGO
5	a1b0	Aplicación de 18×10^8 conidios de Trichoderma y Aminoácidos 6950ppm.
6	a1b1	Aplicación de 27×10^8 conidios de Trichoderma y Aminoácidos 6950ppm.
7	a1b2	Aplicación de 36×10^8 conidios de Trichoderma y Aminoácidos 6950ppm.
8	a1b3	Aplicación sin dosis de Trichoderma y RAIZAMIN.

4.7. Diseño Experimental

El experimento se condujo bajo un diseño experimental asimétrico factorial 2X4 en un diseño completamente al azar, los tratamientos tuvieron cinco repeticiones.

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

- Tamaño de raíz
- Número de raíces
- Número de brotes
- Longitud de brote más largo
- Presencia de *Trichoderma*

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la variable respuesta observada, % de supervivencia asociado a la repetición k , con enraizador i , con el nivel j de *Trichoderma*.

μ = Media general

A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor enraizador.

B_j = Efecto j -ésimo nivel de *Trichoderma*.

AB_{ij} = Efecto de la interacción *Trichoderma*- Enraizador.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

$i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3, 4$

$k = 1, 2, 3, 4, 5$

4.8. Detección de la presencia de *Trichoderma*

Para la identificación de la presencia de *Trichoderma* y hongos patógenos del suelo se realizó en el laboratorio de Micología del Departamento de Parasitología Agrícola, el proceso de detección de esporas del suelo y raíz, se trabajó con ocho muestras. La metodología seguida por muestra fue:

1. Se pesaron 10 g de suelo con raíz y se agregó a un matraz con 90 ml de agua esterilizada.
2. Se agitó y con una pipeta estéril se pasó 1 ml de la disolución a un primer tubo de ensaye que ya contenía 9 ml de agua estéril.
3. Se agitó y se pasó 1 ml a un segundo tubo de ensaye que igual tenía 9 ml de agua estéril.
4. Del último tubo de ensaye se tomó 0.1 ml y se depositó en cinco cajas Petri con el medio de cultivo PDA.
5. Enseguida se vació a las cajas que ya contenían 0.1 ml de la disolución del suelo.
6. Se etiquetaron cada una de las cinco repeticiones de la muestra.
7. Se esperaron los resultados siete días, dejando a la luz.

Previo a estos pasos ya se contaba con el medio de cultivo licuado al cual se le agregó 0.5 ml de Tergitol, 0.01 g de Streptomycina y 0.0075 g de Clorhidrato de tetraciclina; esta mezcla se agregó cuando estaba tibio ya que de lo contrario se desnaturalizan los antibióticos.

Los medios de cultivos que se utilizaron fueron: PDA para detectar los hongos del *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* y, V8 para *Phytophthora infestans* y *Pythium sp* (Figura 6).



Figura 6. Cada muestra se sembró en cinco cajas Petri de medio PDA y cinco en medio V8.

Se realizaron tres evaluaciones, la primera al mes de tratarse las estacas, la segunda evaluación a los dos meses y la tercera a los tres meses. Para lo cual se obtuvieron muestras destructivas elegidas al azar. Para la evaluación de *Trichoderma* sólo se hizo una evaluación en la primera toma de datos para detectar al hongo y la segunda para detectar presencia y posible colonización de otros hongos patógenos del suelo en la última toma de datos.

Las variables relacionadas con la capacidad de enraizado de las estacas se analizaron con el Paquete Estadístico de Diseños Experimentales FAUNL, Versión 2.5 de Olivares (2004). Facultad de Agronomía de UANL.

La distribución de los tratamientos en el terreno, se llevó a cabo mediante aleatorización de los mismos como se muestra en la Figura 7.



Figura 7 .A) Parcela de tratamientos,B) Dosificación de productos y C) Aplicación de *Trichoderma*

El número de estacas por unidad experimental, se determinó considerando la existencia y disponibilidad de material vegetativo en la zona. Así, cada unidad experimental consistió de diez estacas con cinco repeticiones por lo que cada tratamiento constó de cincuenta estacas.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. NÚMERO Y LONGITUD DE BROTES

De acuerdo a los resultados del Análisis de Varianza (Cuadro 3), se observó que la F-calculada es mayor a la F de tablas para lo que se refiere al factor A (Enraizadores). Para el factor B (*Trichoderma*) en sus diferentes dosis así como para las diversas interacciones de los niveles de *Trichoderma* y el tipo de enraizador empleado no se observó diferencia. Para lo anterior, obtenemos del cuadro correspondiente y, puesto que $P > F = .000$ para el factor A con un $\alpha = 0.05$ se concluye que solo para el caso del tipo de enraizador existe diferencia significativa.

Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza para la variable número de brotes definidos al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F	F Tab.		P>F
					0.05	0.01	
FACTOR A	1	160.00	160.000	108.474	4.17	7.56	0.000
FACTOR B	3	2.900	0.966	0.655	2.92	4.51	0.589
INTERACCION AXB	3	0.999	1.474	0.226	2.92	4.51	0.878
Error	32	47.199	1.4749				
Total	39	211.100					

El número de brotes vegetativos de *T. chinensis* fue significativamente mayor con las aplicaciones de Ácido indolbutírico más *Trichoderma* en sus tres dosis ($P \leq 0.05$), en comparación con las aplicaciones de aminoácidos (Cuadro 4). Se observaron diferencias estadísticas en el número de brotes en las tres fechas evaluadas; presentándose el mayor número de brotes en la fecha dos, posiblemente por un mayor efecto del AIB; aunque existen diversos estudios donde han demostrado que la posición original de la estaca en la rama y el gradiente de juvenilidad en el brote influye sobre la capacidad de enraizamiento de las estacas (Olesen, 1978). Dick *et al.* (1991), reportaron que en *Prosopis juliflora* la posición relativa de las estacas en plantas madres, influyó de manera importante en altas tasas de enraizamiento en los nudos más bajos y por tanto reflejado en el crecimiento de brotes (Figura 8).

Cuadro 4. Número de brotes vivos de *Tamarix chinensis*, tratados con enraizadores y hongos antagonísticos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Tratamiento	Productos	Dosis	Brotes					
			Fecha 1		Fecha2		Fecha3	
1	AiB+T	10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios	2.6	A	5.6	A	4.8	A
2	AiB+T	10,000ppm AiB+27X10 ⁸ conidios	3.4	A	4.2	A	4.2	A
3	AiB+T	10,000ppm AiB+36X10 ⁸ conidios	4.8	A	4.2	A	4.2	A
4	AiB Control	10,000ppm	3.8	A	5.2	A	3.8	A
5	Aa+ T	6950ppm Aa+18X10 ⁸ conidios	0	B	0.2	B	0.4	B
6	Aa+ T	6950ppm Aa+27X10 ⁸ conidios	0	B	0.2	B	0	B
7	Aa+ T	6950ppm Aa+36X10 ⁸ conidios	0	B	0.2	B	0.2	B
8	Aa	Aa 6950ppm	0	B	0.2	B	0.2	B
DMS				1.1986		0.5677		1.052

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).AiB: Acido Indolbutírico; Aa: Aminoácidos. Dosis de Enraizadores dada en ppm. Concentración de Dosis baja, media y alta de Trichoderma obtenidas a partir de la concentración del producto equivalente a 1.8X10⁸ conidios por mL.



Figura 8. Estacas de *Tamarix chinensis* tres meses después del estacado en la primer evaluación. Tratamiento 10,000ppm AiB+18X10⁸ conidios de *Trichoderma* etiqueta azul, tratamiento 6950ppm Aa+18X10⁸ conidios etiqueta roja y Testigo Absoluto con Ácido Indolbutírico 100000ppm.

El ácido indolbutírico a 10,000 ppm en combinación con *Trichoderma* en dosis de 18x10⁸ conidios, proporcionaron el mayor número de brotes, la menor brotación fue obtenida con las aplicaciones de aminoácidos en cualquiera de sus dosis (Figura 9).

En el caso de *Trichoderma* se ha postulado que plantas que provienen de ambientes pobres en nutrientes normalmente poseen una baja respuesta a incrementos de éstos (Chapín, 1988), así como a la estimulación por parte de hongos micorrícicos (Allsop y Stock ,1993).

Estudios en resistencia sistémica adquirida a fitopatógenos en respuesta a la interacción *planta-Trichoderma* han revelado la acumulación de mRNAs asociados a genes de defensa involucrados en la producción y acumulación de fitoalexinas, habiéndose demostrado que este mecanismo no está relacionado con la estimulación de crecimiento (Yedidia *et al.*, 2003). Pese a todos los estudios disponibles, la naturaleza genética y molecular de estos efectos no ha sido explicada (Harman *et al.*, 2004).

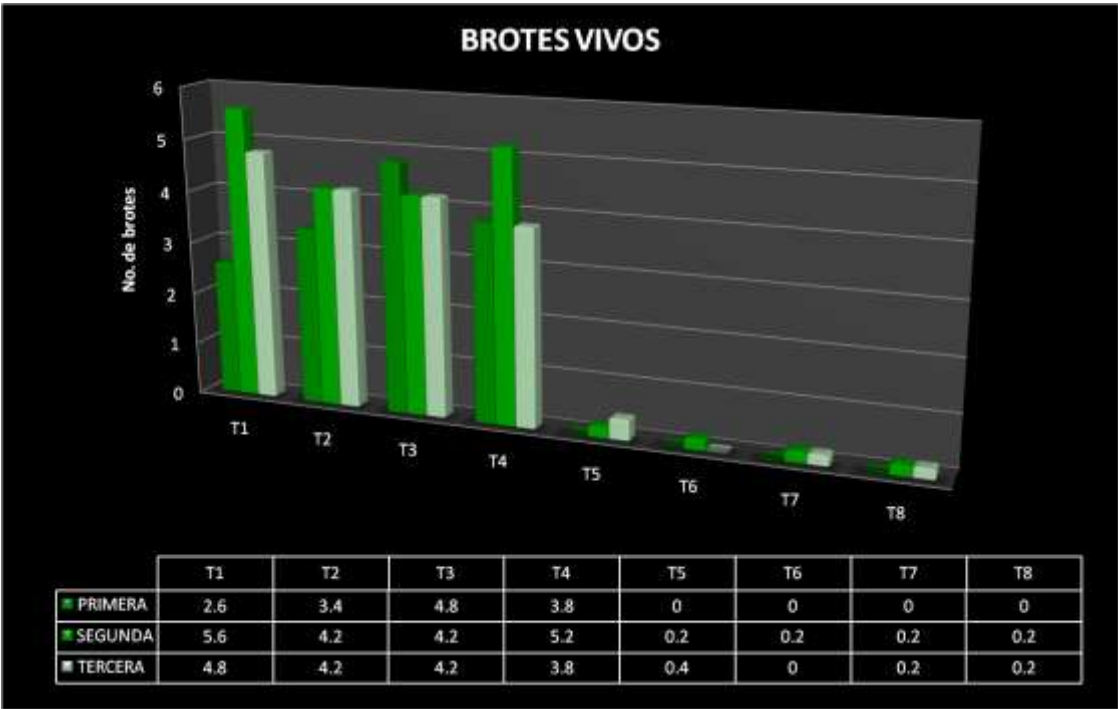


Figura 9. Comportamiento de la brotación en estacas de *T. chinensis* tratadas con auxinas y aminoácidos. Texcoco, México. 2012.

De acuerdo a la tabla de Análisis de Varianza (Cuadro 5), se observó que la p-value es menor al nivel de significancia (0.05) para lo que se refiere al factor A (Enraizadores) y el factor B (*Trichoderma*) en sus diferentes dosis además de

sus interacciones en sus diferentes niveles. Así entonces, se concluye que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes definidos al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F	F tab		P>F
					0.05	0.01	
FACTOR A	1	18939.902	18939.902	628.8251	4.17	7.56	0.000
FACTOR B	3	549.537	183.179	6.0817	2.92	4.51	0.002
INTERACCION AXB	3	494.560	164.853	5.4733	2.92	4.51	0.004
ERROR	32	963.824	30.1195				
TOTAL	39	20947.82					

En el Cuadro 6 se muestra que en la longitud de brotes de *T. chinensis* fueron significativamente mayores las aplicaciones de los tratamientos que corresponden a 10,000 ppm AiB+27X10⁸ conidios y 10,000 ppm AiB+36X10⁸ conidios ($P \leq 0.004$) en comparación con las demás aplicaciones de aminoácidos y el Testigo.

Cuadro 6. Longitud de brotes vivos de *Tamarix chinensis*, tratados con enraizadores y hongos antagonicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Trat.	Productos	Dosis	Longitud de Brotes					
			Fecha 1		Fecha2		Fecha3	
1	AiB+T	10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios	1.72	B	18.94	A	50.98	A
2	AiB+T	10,000ppm AiB+27X10 ⁸ conidios	10.08	A	28.38	A	50.06	A
3	AiB+T	10,000ppm AiB+36X10 ⁸ conidios	10.6	A	29.34	A	41.56	AB
4	AiB	10,000ppm	1.44	B	26.16	A	33.2	B
5	Aa+ T	6950ppm Aa+18X10 ⁸ conidios	0	C	0.46	B	1.02	C
6	Aa+ T	6950ppm Aa+27X10 ⁸ conidios	0	C	1.24	B	0	C
7	Aa+ T	6950ppm Aa+36X10 ⁸ conidios	1.24	C	1.82	B	0.7	C
8	Aa	Aa 6950ppm	0	C	2.82	B	0	C
DMS				4.59		3.67		11.73

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).AiB: Acido Indolbutírico; Aa: Aminoácidos. Dosis de Enraizadores dada en ppm. Concentración de Dosis baja, media y alta de Trichoderma obtenidas a partir de la concentración del producto equivalente a 1.8X10⁸ conidios por mL.

La efectividad del *Trichoderma* como agente de biocontrol no sólo ha sido estudiada contra hongos patógenos del suelo y semillas, sino también se ha utilizado como estimulante del crecimiento de las plantas, al respecto (Castellanos, 1996), estudio el efecto de *Trichoderma* spp. contra enfermedades radicales en viveros de café donde no se observó presencia de la enfermedad, pero sí una acción estimulante en las posturas, las cuales presentaron mayor diámetro y altura, así como un mayor número de hojas funcionales (Donoso, 2008), como se muestra en las figuras 10 y 11 respecto a la longitud de brotes sanos.



Figura 10. Estacas de *Tamarix chinensis* seis meses después del estacado en la segunda evaluación. Tratamiento 10,000 ppm AiB+ 18×10^8 conidios de *Trichoderma*.

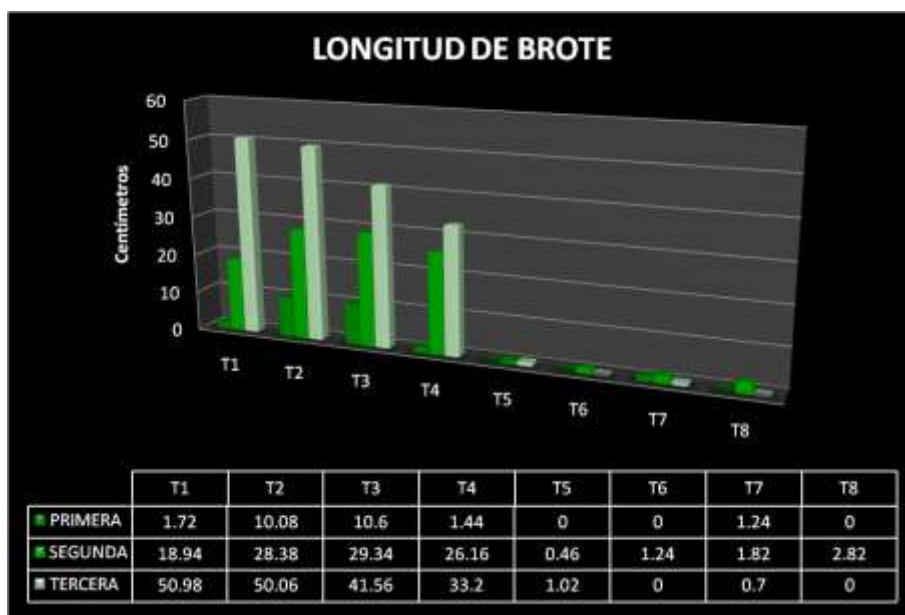


Figura 11. Comportamiento de la longitud de brotes en estacas de *T. chinensis* tratadas con auxinas aminoácidos, Acido Indolbutirico y Trichoderma. Texcoco, México. 2012.

5.2. NÚMERO Y LONGITUD DE RAICES

En esta experiencia, el enraizamiento de *Tamarix chinensis* es coincidente con antecedentes que indican un buen potencial rizogénico (Klass, S. et al., 1985,1987; De Souza y Felker, 1986).

En el de Análisis de Varianza (Cuadro 7) que corresponde a esta variable, se observó que la F-calculada es mayor a la F de tablas para lo que se refiere al factor A (Enraizadores) y no así para el factor B (Trichoderma) en sus diferentes dosis ni tampoco para las interacciones en sus diferentes niveles. Para probar lo anterior, obtenemos del cuadro correspondiente y, puesto que $F_{\text{cal}} > F_{\text{tab}}$ con un $\alpha=0.0001$ para el factor A en el que sus niveles son estadísticamente diferentes.

Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza para la variable número de raíces definidos al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F	F Tab		P>F
					0.05	0.01	
FACTOR A	1	67.599	67.599	90.1334	4.17	7.56	0.0001
FACTOR B	3	2.599	0.866	1.1556	2.92	4.51	0.342
INTERACCION AXB	3	1.400	0.466	0.6222	2.92	4.51	0.609
ERROR	32	23.999	0.7500				
TOTAL	39	95.599					

Cabe mencionar que en los tratamientos con AIB donde se observaron mayores porcentajes de enraizamiento (10,000 ppm) se apreció un mayor número de raíces adventicias (variable no evaluada), en los mismos tratamientos en los cuales las medias de las longitudes resultaron mayores (Cuadro 8).

En Formosa, se hicieron experimentos para averiguar el porcentaje de enraizamiento en las estacas de *Tamarix aphylla* y el efecto del largo como el diámetro de las últimas. Se concluyó en dicho estudio que las estacas más largas con diámetros más grandes dan los mejores resultados aún con la diferencia de tratamientos que se les aplique previamente (Kan, 1980). Sin embargo el Ácido Indolbutírico resulta el más favorecedor de acuerdo a sus experimentos en comparación con otros ácidos.

En esta variable se observó que el uso de Trichoderma no resultó determinante en el enraizamiento y que las tres diferentes concentraciones evaluadas provocaron un mayor desarrollo en la raíz. Respecto al marcado descenso de la tasa de enraizamiento en el Enraizador a base de aminoácidos, esto es atribuible a una acumulación excesiva de auxinas que inhibe la rizogénesis (Gaspar *et al.*, 1987), como se muestra en el Cuadro 8 y en la Figura 13.

Cuadro 8. Número de raíces de *Tamarix chinensis*, tratamientos con enraizadores y hongos antagonicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Trat.	Productos	Dosis	No. de Raíces					
			Fecha 1		Fecha2		Fecha3	
1	AiB-T	10,000ppm AiB+18X10 ⁸ conidios	2.4	A	1.8	B	3.2	A
2	AiB-T	10,000ppm AiB+27X10 ⁸ conidios	3.1	A	3.6	A	4	A
3	AiB-T	10,000ppm AiB+36X10 ⁸ conidios	3.1	A	2.8	A	3	A
4	AiB	10,000ppm	2.8	A	1.8	B	2.6	A
5	Aa- T	6950ppm Aa+18X10 ⁸ conidios	0	B	0.4	C	0.4	B
6	Aa- T	6950ppm Aa+27X10 ⁸ conidios	1.2	B	0.8	C	0.4	B
7	Aa- T	6950ppm Aa+36X10 ⁸ conidios	1.2	B	0.4	C	0.4	B
8	Aa	Aa 6950ppm	0	B	0.2	C	0	B
DMS				4.9733		1.6602		0.7506

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$). AiB: Acido Indolbutírico; Aa: Aminoácidos. Dosis de Enraizadores dada en ppm. Concentración de Dosis baja, media y alta de *Trichoderma* obtenidas a partir de la concentración del producto equivalente a 1.8×10^8 conidios por mL.

En *Prosopis juliflora* la posición relativa de las estacas en plantas madres influye significativamente, con altas tasas de enraizamiento en nudos más bajos (Dick et al., 1991). Esto ocurre de manera similar en *Eucalyptus* donde la utilización de brotes y estacas grandes (macrocuttings) provoca mayores variaciones y un menor potencial rizogénico, en comparación con técnicas de minicuttings y microcuttings (Alfenas et al., 2004).

Dentro de las sustancias reguladoras de crecimiento, las auxinas son las que presentan mayores efectos en la formación de raíces adventicias (Gaspar y Coumans, 1987; Gaspar y Hofinger, 1988; Hartmann et al., 1997), siendo las hojas jóvenes y yemas activas, la principal fuente de auxinas endógenas, que permiten la rizogénesis en ausencia de auxina exógena (Hartmann et al., 1997). La aplicación exógena de auxinas induce la formación de raíces adventicias, las más utilizadas son el ácido 3-indolbutírico (AIB) y el ácido naftalén acético (ANA), resultando más efectivas en la inducción rizogénica que la auxina natural, el ácido 3- indolacético (AIA) (Geneve y Hauser, 1982).

El ácido indolbutírico a 10,000 ppm en combinación con *Trichoderma* (en dosis de 27×10^8 conidios) promovió mayor número de raíces durante las tres evaluaciones aunque cabe mencionar que, estadísticamente hablando, los tres

tratamientos que corresponden al uso de Ácido Indolbutírico pertenecen a un mismo grupo. Mientras que la menor brotación de raíces fue obtenida con las aplicaciones de aminoácidos en cualquiera de sus dosis como se observó en el Cuadro 8.

A pesar de que los tres tratamientos donde el Ácido Indolbutírico fue aplicado son similares es de observar la diferencia entre los resultados respecto a las dosis de *Trichoderma* en donde la dosis 10,000 ppm AiB+27X10⁸ conidios fue la mejor. Algunos estudios realizados en otras especies de plantas atribuyen a *Trichoderma* la cualidad de actuar como bioestimulador del crecimiento radicular, promueve un desarrollo de raíces más fuertes y sanas debido a la secreción de fitohormonas (Harman, 2001).

Esto indicaría que la presencia de *Trichoderma spp.* estaría modulando la respuesta en esta especie lo que podría ser explicado por un aumento del desarrollo radicular, también reportado por varios autores (Blanchard y Bjorkman 1996, Windham *et al.* 1986), lo que le permite a las plantas aprovechar el incremento en la disponibilidad de nutrientes. Otra posibilidad es que con *Trichoderma spp.* presente, la planta adquiere vigor y así mismo nutrientes importantes, pero no de una forma disponible para su absorción, siendo el hongo el que mediante diferentes mecanismos permita su absorción. Esta hipótesis se respalda por la capacidad de liberar ácidos orgánicos que secuestran cationes y acidifican el microambiente alrededor de las raíces, lo que es un mecanismo de solubilización de fósforo, manganeso, hierro y zinc,

realizado también por plantas y hongos micorrícicos no versículo arbusculares (Sivan *et al.* 1987, Sivan y Chet 1993, Altomare *et al.* 1999).

Se ha reportado que *T. harzianum* es capaz de producir sideróforos que quelatizan Fe, Fe₃⁺ y Cu₂⁺ (Altomare, 1999), lo que generaría un incremento en la altura y biomasa de las plantas (Figura 12 y 13).



Figura 12. Raíces primarias de *Tamarix chinensis* seis meses después del estacado en la segunda evaluación. Tratamiento 10,000 ppm AiB+18X10⁸ conidios de Trichoderma.

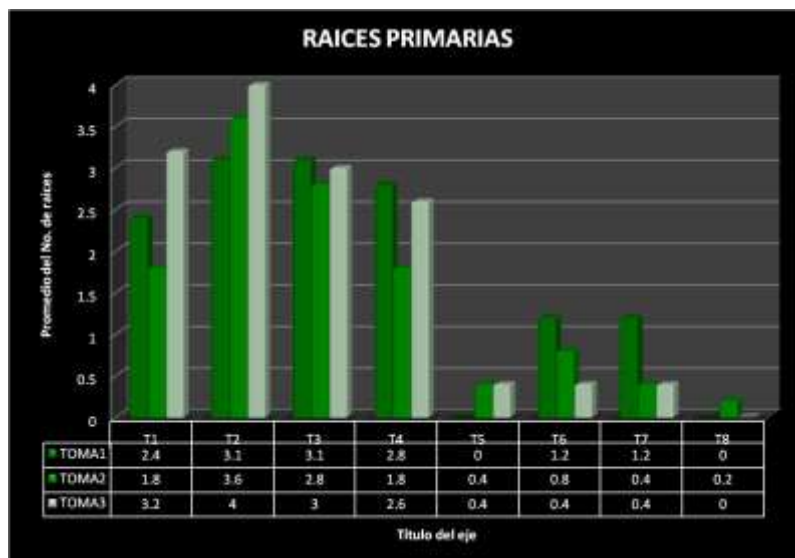


Figura 13. Comportamiento de raíces primarias en estacas de *T. chinensis* tratadas con auxinas, aminoácidos, ácido indolbutírico y Trichoderma. Texcoco, México. 2012.

En el Análisis de Varianza (Cuadro 9) para la variable longitud de raíces, se observó que la F-calculada es mayor a la F de tablas en lo que se refiere al factor A (Enraizadores). Para probar lo anterior, vemos en el Cuadro 9 correspondiente y, puesto que $F\text{-cal} > F\text{-tab}$ con un $\alpha=0.000$, se concluye que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de raíces definidos al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F	F Tab		P>F
					0.05	0.01	
FACTOR A	1	8219.691	8219.691	282.763	4.17	7.56	0.000
FACTOR B	3	15.698	5.232	0.180	2.92	4.51	0.909
INTERACCION A X B	3	144.168	48.056	1.653	2.92	4.51	0.196
ERROR	32	930.212	29.0691				
TOTAL	39	9309.77					

En el Cuadro 10 se muestra que en la longitud de raíces de *T. chinensis* fueron significativamente mayores las aplicaciones de los tratamientos que corresponden a las aplicaciones de *Trichoderma* en sus tres diferentes dosis solo en combinación con el Ácido Indolbutirico ($P \leq 0.05$) en comparación con las demás aplicaciones de aminoácidos y el Testigo.

Cuadro 10. Longitud de raíces de *Tamarix chinensis*, tratamientos con enraizadores y hongos antagonicos en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Trat.	Productos	Dosis	Longitud de Raíces					
			Fecha 1		Fecha2		Fecha3	
1	AiB+T	10,000ppm AiB-18X10 ⁸ conidios	10.88	A	22.06	A	32.4	A
2	AiB+T	10,000ppm AiB-27X10 ⁸ conidios	22.5	A	22.7	A	28	A
3	AiB+T	10,000ppm AiB-36X10 ⁸ conidios	19.32	A	28.3	A	31.88	A
4	AiB	10,000ppm	11.4	A	24.8	A	31.6	AB
5	Aa+ T	6950ppm Aa-18X10 ⁸ conidios	0	B	2.5	B	0	B
6	Aa+ T	6950ppm Aa-27X10 ⁸ conidios	3.44	B	2.28	B	2.975	B
7	Aa+ T	6950ppm Aa-36X10 ⁸ conidios	6.26	B	1.62	B	3.36	B
8	Aa	Aa 6950ppm	0	B	0.42	B	0.4	B
DMS				7.8021		3.1773		4.6729

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).AiB: Acido Indolbutírico; Aa: Aminoácidos. Dosis de Enraizadores dada en ppm. Concentración de Dosis baja, media y alta de Trichoderma obtenidas a partir de la concentración del producto equivalente a 1.8×10^8 conidios por mL.

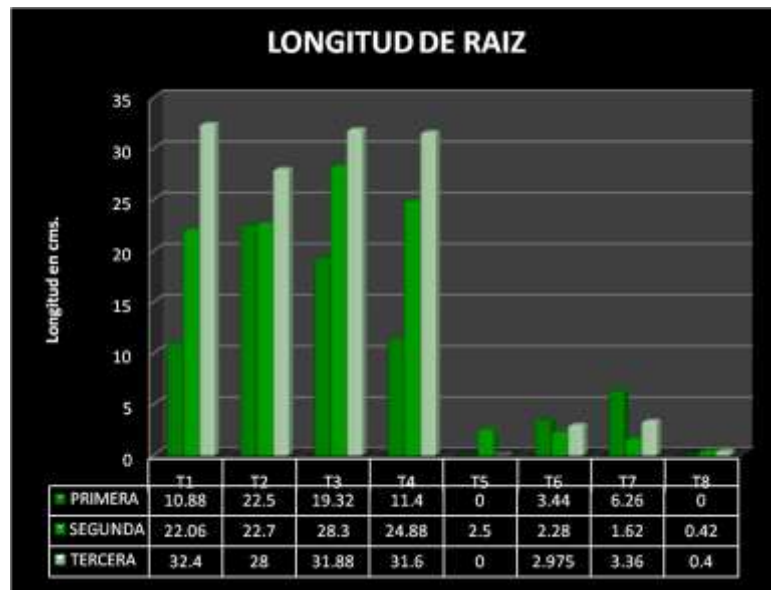


Figura 14. Comportamiento de la longitud de raíces en estacas de *T. chinensis* tratadas con auxinas aminoácidos, Acido Indolbutirico y Trichoderma. Texcoco, México. 2012.



Figura 15. Comparación de los mejores tratamientos con aplicación 10,000 ppm AiB+18X108 conidios y 10,000 ppm AiB+27X108 conidios respecto al Control de Ácido Indolbutírico en la fecha 3 correspondiente a seis meses después del estacado

5.3. Presencia de *Trichoderma*

Tras esperar los siete días se observó que únicamente crecieron colonias del hongo *Fusarium oxysporum* en PDA (Figura 16 y 17) y se constató el crecimiento del hongo antagonista *Trichoderma sp.* (Figura 18) en seis de los ocho tratamientos como se muestran en los Cuadros 11, 12 y 13.

Cuadro 11. Número de colonias de *Fusarium oxysporum* en PDA.

Tratamiento	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1
5	0	0	1	0	0	1
6	0	0	0	1	0	1
7	1	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	1

Dónde R-X: no. de repetición

Trichoderma sp. se presentó en todos los tratamientos donde fue aplicado, a excepción del 4 y 8. Sólo en el medio V8 hubo una variación donde sí se encontró una colonia de *Trichoderma* que probablemente se haya aislado debido a un error de laboratorio o durante la aplicación del mismo que se haya aplicado en alguna repetición de ese tratamiento (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de colonias de *Trichoderma sp.* en PDA.

No. Muestra	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	Total
1	1	2	2	2	2	9
2	2	1	1	2	2	8
3	2	0	1	1	1	5
4	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	2	1	4
6	1	0	2	0	0	3
7	0	0	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0

Dónde R-X: no. de repetición

Cuadro 13. Número de colonias de *Trichoderma sp.* en V8.

Tratamiento	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	Total
1	0	4	3	2	5	14
2	5	0	3	2	3	13
3	2	2	5	1	1	11
4	0	0	0	0	1	1
5	2	2	0	0	0	4
6	0	0	1	0	0	1
7	3	0	0	0	0	3
8	0	0	0	0	0	0

Dónde R-X: no. de repetición



Figura 16. Colonia de *F. oxysporum* en PDA.

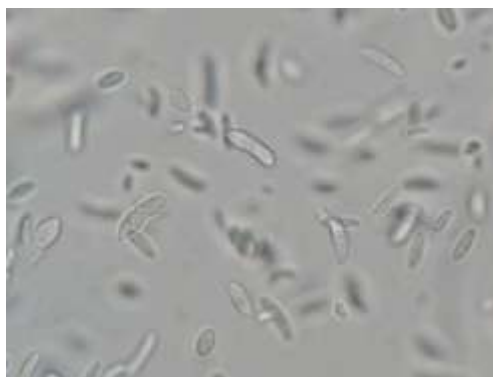


Figura 17. Preparación de *Fusarium* en portaobjetos Vista 100x, se observan los microconidios.



Figura 18. Colonias de *Trichoderma sp.* en medio V8.

El único hongo patógeno que se desarrollo fue *F. oxysporum*, éste se detectó en los tratamientos 4,5,6,7 y 8.

Además del efecto biocontrolador de patógenos, se ha comprobado que la inoculación de *Trichoderma* aporta otros beneficios a las plantas; a través de la descomposición de materia orgánica, libera nutrientes en formas disponibles para la planta (Howell, 2003; Godes, 2007), y presenta actividad solubilizadora de fosfatos (Valencia *et al.*, 2007; Valero, 2007; Vera *et al.*, 2002), por lo cual se utiliza frecuentemente como un organismo biofertilizante en diferentes productos comerciales (Moreno *et al.*, 2007); promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal (Sutton y Peng, 1993); tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas (Altomare *et al.*, 1999).

Se ha reportado la producción de ácido 3-indol acético (AIA), sustancia que actúa como hormona vegetal favoreciendo el desarrollo del sistema radical, entre otros beneficios (Valencia *et al.*, 2005). Estas sustancias producidas por *T. harzianum* actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de la planta, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas se desarrollen más rápido en comparación con plantas que no han sido tratadas con dicho microorganismo (Valencia *et al.*, 2007), *T. harzianum* también ha sido reportado como promotor del crecimiento vegetal en cultivos de berenjena, arveja, frijol, café, tomate, papa, especies forestales, entre otros (Zambrano, 1989; Börkman *et al.*, 1998; Dandurand y Knudsen, 1993).

VI. CONCLUSIONES

Número y longitud de brotes vivos

En este trabajo, al analizar los resultados, se obtuvo que el mejor enraizador en el caso de esta especie rústica es el Ácido Indolbutírico, por la capacidad de inducción de raíces en comparación con un producto a base de aminoácidos y vitaminas. En la mayoría de especies leñosas se ha encontrado que la propagación por estacas es el método de propagación más eficiente en términos de rapidez, manejo y costo. Cabe mencionar un punto importante como característica indispensable para el enraizado de estacas en especies leñosas, que es el uso de tejido juvenil, por lo que es común utilizar plantas jóvenes o rebrotes juveniles de plantas de mayor edad. Pero aún con rebrotes

juveniles la capacidad de enraizado de las estacas es afectada por otros factores fisiológicos y ambientales.

Número y longitud de raíces

Las condiciones ambientales juegan también un papel preponderante en el enraizamiento, se ha demostrado que la temperatura del aire, el fotoperíodo y la intensidad lumínica influye en el enraizamiento con óptimos resultados a 35 °C, un fotoperíodo de 12 horas y elevada intensidad lumínica.

La influencia de la dosis aplicada sobre el enraizamiento es muy importante también ya que variando la dosis se pueden encontrar diferentes porcentajes de arraigamiento.

Dentro de las sustancias reguladoras de crecimiento, las auxinas son las que presentan mayores efectos en la formación de raíces adventicias, siendo las hojas jóvenes y yemas activas, la principal fuente de auxinas endógenas, que permiten la rizogénesis en ausencia de auxina exógena.

Lo anterior se puede deber al contenido de carbohidratos, de fitohormonas o de ambos, por lo que estos factores han recibido mayor atención al intentar el enraizado. Si las diferencias en la capacidad de enraizado se deben al contenido endógeno de reguladores del crecimiento, es posible reducir estas diferencias mediante la aplicación exógena de reguladores.

Trichoderma

Constan estudios que demuestran la efectividad con el uso de medios biológicos que estimulan el desarrollo vegetativo, entre ellos *Trichoderma* spp. (pues posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las raíces lo cual no ha sido suficientemente explotado). Los presentes resultados con *Trichoderma* confirman el papel de sus metabolitos sobre el aumento del enraizamiento y la calidad de las raíces de estacas de especies que tienen dificultad con el enraizamiento, aunque bajo diferentes condiciones de sustrato y de regulaciones de la humedad, esto abre nuevas posibilidades para el aumento de las posturas en el mercado a través de un procedimiento que emplea un bioproducto que no afecta el medio ambiente y resulta ecológicamente más limpio. Además no necesariamente se requiere la mayor dosis ya que en este trabajo se demostró que desde una dosis baja, 18×10^8 conidios, es posible obtener mejores resultados en la supervivencia de una planta en comparación con una que sólo se lleve a campo sin tratamiento previo.

Finalmente no hay un medio de enraizamiento que convenga a todas las especies. Cada vegetal tiene un medio en el cual sus estacas arraiguen. Además, para la misma especie, un medio dado puede convenir mejor que otro según la época del estacado.

La gran heterogeneidad inherente a cualquier material biológico oscurece a menudo los resultados obtenidos. Las investigaciones efectuadas con un pequeño número de estacas por parcela o con un pequeño número de

repetições de las parcelas acusam a veces tanta variación que no permiten analizar satisfactoriamente los resultados.

VII. LITERATURA CITADA

1. Ahmad JS, Baker R.1987, Rhizosphere Competence of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*.77: 182-189
2. Alfenas, A. C.; Zauza E. A. V.; R. G. Máfia; T. F. Assis. 2004. “Clonagem e doenças do Eucalipto”. Editora UFV, Viçosa, MG, Brasil. 442p.
3. Altomare C, W Norvell, T Bjorkman, G Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai strain 1295-22. *Applied Environmental Microbiology* 65: 2926-2933

4. Anónimo. 2011. DICCIONARIO DE ESPECIALIDADES AGROQUIMICAS, EDICION 21.
5. Arévalo, J.2007. El Tamarix (*Tamarix sp.*) en la forestación del Lecho del Ex-Lago de Texcoco, una estrategia más para su rescate. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
6. Azcón-Bieto, J. 1993.Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Universidad de Barcelona. Ediciones Mc Grawhill. 235p.
7. Barceló Coll, Juan. 1992. Fisiología Vegetal. 6ª ed.Madrid España. Ediciones Pirámide. 43-84.
8. Bernal A, Andreu C, Moya M. 2004.Utilización de *Trichoderma* spp. como alternativa ecológica para el control de *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* (EF Smith) Snyd & Hans. Cuba. (Consultado: 22 abr 2013). Disponible en:<http://www.virtualcentr.org/es/enlBTJ%20Talr/bernalalezander.htm> .
9. Blanchard L, T Bjorkman. 1996. The role of auxin in enhanced root growth of *Trichoderma*-colonized sweet corn. *HortScience* 31: 688 -700.
- 10.Campbell R. 1989.Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge University Press. Cambridge; 218p.
- 11.Campos, R. 2011.INFORME EJECUTIVO DEL PROYECTO “DIAGNÓSTICO Y CONTROL FITOSANITARIO DE AMPLIO ESPECTRO EN LAS PLANTACIONES Y PLÁNTULAS DE TAMARIX DEL EX-LAGO DE TEXCOCO, CON SUMINISTROS.

- 12.Cano, H. R. 1994. Evaluación de fungicidas para el control de la mancha reticulada de la cebada (*Helminthosporium teres* Sacc.) en Apan, Hidalgo. México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 76 p.
- 13.Carrillo. 2012. Comunicación Personal. Responsable del Vivero Forestal del Ex-Lago de Texcoco.
- 14.Carsolio C.1999.Characterization of ech-42, a *Trichoderma harzianum* endochitinase gene expressed during mycoparasitism. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91:10903–10907.
- 15.Castellanos, L.1996.Evaluación de varias cepas de *Trichoderma* spp. contra enfermedades radicales en vivero de café,/ en Jornada Científico Técnica de Sanidad Vegetal 50 Cienfuegos, Resúmenes, pp.57.
- 16.Cervantes A. Microorganismos del suelo beneficiosos para los cultivos. 2007. (Consultado: 14 Junio 2013). Disponible en: http://infoagro.comhortalizasmicroorganismos/beneficiosos_cultivos.htm.
- 17.Chapin F. 1988. Ecological aspects of plant mineral nutrition. *Advances in Mineral Nutrition* 3: 161-191.
- 18.Chet I, Benhamou SH.1998. Mycoparasitism and lectin enzymes. In: *Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and*

- commercial applications. Harman GE, Kubice CP. (Eds.). Volumen 2. p.153-152. Taylor & Francis Ltd., London, UK.
19. Chet I, Inbar J. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 48:37-43.
20. Cibrián, T. D., D. Alvarado R. Y S. E. García D. (Eds.). 2007. *Enfermedades Forestales en México/ Forest Diseases in Mexico*. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 p.
21. Correa FJ. 1997. Principales enfermedades del arroz. MIP en arroz. Manejo integrado de plagas. Artrópodos, enfermedades y malezas. Fundación Polar Venezuela, FEDEARROZ Colombia, FLAR, CIAT, Caracas, Venezuela. 123-141 pp.
22. Cuellar Bautista, J.E. 1997. Ensayo comparativo de enraizamiento de estacas de *Uncaria tomentosa* en diferentes condiciones microambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
23. Dennis L, Webster J. 1971. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*. III Hyphal interaction. *Trans Br Mycol Soc*. 57:363-369.
24. Díaz J. 1994. Algunos aspectos biológicos de *Trichoderma* y su posible uso como biocontrol. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. 1994.

25. Di Tomaso, J.M. 1998. Impact, biology, and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. *Weed Technology* 12:326-336
26. Don Juan B. 2006. Efectividad Biológica de *Trichoderma* spp contra hongos causantes de Damping off en viveros forestales. Tesis de Maestría, Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales, División de Ciencias Forestales; Universidad Autónoma Chapingo; Chapingo, Mexico. 67p.
27. Donoso E, 2008. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque* 29 (81):52-57. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/>
28. De Souza, S. M. y P. Felker. 1986. "The influence of stock plant fertilization on tissue concentrations of N, P, and carbohydrates and the rooting *Prosopis alba* cuttings". *Forest Ecology and Management* 16:181-190.
29. Dick, J. M.; K. East and R. R. B. Leakey. 1991. "Influence of propagation environment and cutting length on the rooting of *Prosopis juliflora* (Swartz) DC. Nitrogen Fixing" *Tree Research Reports* 9: 114-116.
30. Durman S, Menéndez A, Godeas A. 2003. Evaluación de *Trichoderma* spp. como antagonista de *Rhizoctonia solani* "in vitro" y como biocontrolador del damping off de plantas de tomate en invernadero. *Revista Argentina de Microbiología*. 31(1):13-18.

31. Elad Y, Chet I, Boyle P, Hennies Y. 1983. Parasitism of *Trichoderma* sp. on *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* scanning electron microscopy and fluorescence microscopy. *Phytopathol.* 73:78.
32. ESPINOZA E., J. R. 1987. Enraizamiento de estacas de guayaba (*Pisidium guajava* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 44 p.
33. Estrada P., Vasquez, L.; Aboumandour, A. ; Bonhert, H. J.; Schmitt, J. M. 2011. The protective effect of free radical scavengers and aminoacids on polyethylene glycol-treated rice leaves. *Biol. Plant* 46: 617-619.
34. Eveleigh DE, Demain AL, Solomon N. 1986. *Trichoderma*. Biology of industrial microorganisms. *Biotech Ser. (Ed)*. Cap.16: 489-500.
35. Fernández L. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas*; 62:96-100.
36. Flores, J.P. 1993. Utilización de minivaretas para la propagación intensiva de *Tamarix* sp. En el Ex-Lago de Texcoco. SARH.-CNA-Colegio de Postgraduados. pp.28-30.
37. Gaspar, Th y M. Coumans. 1987. "Root formation". In: Bonga, J. y Durzan, D. (eds.). *Cell and tissue culture in forestry*. Vol. 2, pp. 202-217. Dordrecht Martines Nijhoff.
38. Geneve, R. y C. Hauser. 1982. "The effect of AIA, AIB, ANA y 2,4-D on root formation and ethylene evolution in *Vigna radiata* cuttings". *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 19: 320-329.
39. Griffith, B.G. 1999. Effect of indolbutyric acid, indoleacetic acid and other rooting promoters. *Journal of Forestry*. 38(6):496-501

40. Gutierrez Ana, Chet I, Herrera-Estrella A. 1999. Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. Apple Environ Microbiol. 1999;65:929-935.
41. Haissig E. 1974. Influences of auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. New Zealand Journal of Forestry Science. P 311-323.
42. Haram S, Schickler H, Oppenheim A, Chet I. 1996. Differential expression of *Trichoderma harzianum* chitinases during mycoparasitism. Phytopathol. ;86:980-985.
43. Haram S, Schickler HL, Chet I. 1996. Molecular mechanisms of lictin enzymes involved in the biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. Microbiology. 142:2321-2331.
44. Harman Eg. 2001. *Trichoderma* spp., including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* and other spp. Deuteromycetes, moniliales (asexual classification system) 2001. (Consultado: 12 feb 2013). Disponible en: <http://www.birdhybrids.com/t-22.htm>.
45. Harman G. 2003. *Trichoderma harzianum*, *T. viridis*, *T. koningii*, *T. hamatum* (Deuteromycetes: Moniliales). (Consultado: 2 feb 2013). Disponible en: <http://www.ibun.unal.edu.co/r2r7e.html>.
46. Harman GE. 2004. Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on *Trichoderma harzianum* T22. Plant Dis. 84:377-393.

47. Hartmann H. 1997. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducción al español por Antonio Marino. Séptima reimpresión, Ed. CECSA. México, D.F. pp: 219-363.
48. Hjeljord L, Tronsmo A. 1998. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control: an overview. In: *Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial applications*. Harman GE, Kubice CP. (Eds). Volumen 2. p.131-151.
49. Howell, C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87, 4-10.
50. Iglesias G. L.; Alarcón B. M. y Prieto R. J. 1996. La propagación vegetativa de plantas forestales. *Ciencias Forestales*. México. 21: 15-41.
51. Jacobs, W.P. 1979. Plant hormones and plant development. Cambridge University Press, Cambridge, New York. 339 pp.
52. Kan, W. 1980. Experiment of vegetative propagation of *Tamarix aphylla*. *Bull. Taiwan*. No. 60p.10.
53. Klass, S.; R. Bingham; L. Finker y P. Felker. 1985. "Optimization of environment for rooting cuttings of highly productive clones of *Prosopis alba* (mesquite/algarrobo)". *J. Hort. Sci.* 60:275- 284.
54. Kotari, K. 1990. The separated and combined effect of time of planting, and cuttings and the period of watering on young sugi (*Cryptomeria japonica*). *J. Jap. For. Soc.* 35 (9):277-281. (Original no disponible para consulta; en compendio en *Forestry Abstracts* 15 (3):306.

- 55.Landeros L.J.M.1992.Ensayo de estacado de *Tamarix plumosa* Hort. en vivero. Tesis de Licenciatura, Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales; Universidad Autónoma Chapingo.
- 56.Larqué Saavedra, Alfonso. 1993. Fisiología vegetal experimental: aislamiento y cuantificación de los reguladores del crecimiento. Editorial Trillas.193p.
- 57.Lira S. R. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Trillas.237p.
- 58.López, G. 2001. Arboles de España: Manual de identificación-Familia Tamaricaceae. Segunda Edición. Mundiprensa. Madrid, España.654p.
- 59.Lorenzo N.2001. Prospección de hongos antagonistas en la provincia de Cienfuegos. Efectividad y posibilidades de reproducción de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. Tesis en opción al título de Master en Protección Vegetal Universidad Agraria de La Habana.
- 60.Lorito M, Harman G, Prieto A Di, Hayes C.1990. Extracellular chitinolytic enzymes produced by *T. harzianum*, purification, characterization and molecular cloning. *Phytopathol.*82(10):10-77.
- 61.Martínez B, Fernández L, Solano T.1994. Antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos de la caña de azúcar, tomate y tabaco. *Cultivos Tropicales.* 15(3):54.
- 62.Martínez B, Reyes Yusimy, Infante Danay, González E, Baños Heyker, Cruz A.2008. Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. *Rev Protección Veg.*23(2):118-125.

63. Martínez J. T. 1998. Uso de *Trichoderma* para el Control Biológico de Organismos Patógenos de Plantas. En Memorias del Simposium sobre Agricultura Orgánica y de baja residualidad. Cuautémoc, Chih. México. 25-27p.
64. Mateo S. J.; Vargas H. J.; López P. M.; Jasso M. J. 2000. Enraizado de estacas juveniles en cinco especies de coníferas ornamentales. Ciencias Forestales. México. 23: 29-38.
65. Mayta, H. y Pinto, A. 1993. Enraizamiento de estacas de vid injertadas utilizando diferentes reguladores de crecimiento y sustratos. Universidad Nacional San Agustín.
66. Melgarejo P, Sagasta E. 1989. Influence of *Penicillium frequentans* and two of its antibiotics on production of stromata by *Monilinia laxa* in culture. Can. J. Bot. 67:83-87.
67. Mesén F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Costa Rica. 36 p.
68. Moreno-Sarmiento, N., L. Moreno-Rodríguez y D. Uribe-Vélez. 2007. Biofertilizantes para la agricultura en Colombia. pp. 38-45. En: Izaguirre-Mayoral, M.L., C. Labandera y J. Sanjuán (eds.). Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial. Imprenta Denad Internacional, Montevideo
69. Olivares (2004). Paquete Estadístico de Diseños Experimentales FAUNL, Versión 2.5. Facultad de Agronomía de UANL.

- 70.Ortiz O., M.1996. Identidad del genero Tamarix en el área del Ex lago de Texcoco. Documento de consulta interna en la gerencia Lago de Texcoco. 3p.
- 71.Pedraza C., 1998. Establecimiento y evaluación de barreras arboladas con Tamarix sp. en suelos salinos sódicos del ExLago de Texcoco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Division de Ciencias Forestales. Chapingo, Mexico.93p.
- 72.Pérez García, Félix. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial Mundiprensa. S.A. 218p.
- 73.Pérez N.2004. Manejo Ecológico de plagas. CEDAR: La Habana. Cuba. 2004. 296 pp.
- 74.Rifai M A.1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Res Mycol. 1969; 116:1-56.
- 75.Rivero Deyanira.2008. Identificación y control *in vitro* con quitosana y *Trichoderma* spp. de hongos que causan el manchado del grano en arroz (*Oryza sativa* L.). Rev Protección Veg.23 (1): 67.
- 76.Rodríguez. I.1990. Efecto antagónico de ocho aislamientos de *Trichoderma* contra *Fusarium moniliforme* (Booth) y *Fusarium subglutinans* (Booth). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo Universidad Agraria de La Habana.
- 77.Ruiz L, Leguizaman LC.1996. Efecto del contenido de materia orgánica del suelo sobre el control de *Rosellinia borodes* con *Trichoderma* spp. Cenicafé. 47(4):179-186.

78. Rumayor R., 1980. Evaluación de métodos de enraizamiento en estacas de un híbrido de Durazno (*Prunus persica*). Instituto Tecnológico de Estudios
79. Samuels GJ. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematic of the genus. Mycol Res. 1996; 100(8):923- 935.
80. Sandoval Ileana, López M. 2002. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* A-34 hacia *Macrophomina phaseoli* y otros patógenos fúngicos del frijol. Fitosanidad. 4(3-4):69-72.
81. Sivan A, I Chet. 1993. Integrated control of Fusarium crown and root rot of tomato with *Trichoderma harzianum* in combination with methyl bromide or soil solarization. *Crop Protection* 12(5): 380-386.
82. Sivan A, O Ucko, I Chet. 1987. Biological control of Fusarium crown rot of tomato by *Trichoderma harzianum* under field conditions. *Plant Disease* 71: 587-592.
83. Stefanova M, Leiva A, Larriganaga L, Coronado MF. 1999. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Revista Facultad de Agronomía*. 1999; 16:509-516.
84. Sutton, J. y G. Peng. 1993. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. *Phytopathol.* 83, 615-621.
85. Ulloa CJ. 1996. Enzimas micolíticas produzidas pelo agente de biocontrol *Trichoderma harzianum*. En: Actas del V de Simposio de control biológico. Anais: Conferencias y Palestras. Foz de Iguaçu-

- Parana-Brasil.234-238. Carsolio Carolina, Benhamou N, Haran S, Cortés C,
- 86.Valencia, H., J. Sánchez, D. Vera, N. Valero y M. Cepeda. 2007. Microorganismos solubilizadores de fosfatos y bacterias fijadoras de nitrógeno en páramos y región cálida tropical (Colombia) pp. 169-183. En: Sánchez, J. (ed.). Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- 87.Vero SM, Mondino P.1999. Control biológico postcosecha en Uruguay. Horticultura Internacional.;7:1-10.
- 88.Villegas MA. 2005. *Trichoderma* Pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Orius Biotecnología. Colombia. (Consultado: 28 agosto 2013). Disponible en:<http://www.oriusbiotecnologia.com/site/index.php?id=20,66,0,0,1,0>.
- 89.Windham M., Y. Elad and R. Baker, R. 1986.A mechanism for increased plantgrowth induced by *Trichoderma* spp.Phytopathology 76 (5):518-521.
- 90.Zambrano, C. 1989. Efecto de la concentración de inóculo de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo de *Macrophomina phaseolina*. p. 56. En: Resúmenes XI Seminario Nacional de Fitopatología. Sociedad Venezolana de Fitopatología. 19 al 23 de Noviembre 1989. Trujillo, Venezuela.
- 91.Zimand G, Elad Y, Chet I. 1996. Effect of *Trichoderma harzianum* on *Botrytis cinerea* pathogenicity. Phytopathol.86:125-126.

Rooting of Plant Cutting – <http://hortus.com/drydip.htm>

Home harvest →, Garden Supply Online –

<http://homeharvest.com/propagationmain.htm>

Rooting hormones – <http://bio.metu.edu.tr/~e068741/project/10618.htm>

Rooting cutting, University of Vermont Extension OH5 –

<Http://ctr.uvm.edu/ctr/oh/oh5.htm>

Rooting DataBase, University of California, Davis –

<http://telework.ucdavis.edu/root/pcsearch.htm>

Dip'n Grow, Liquid rooting concentrate –

<http://teleport.com/~astoriap/dipngrow.htm>

Rooting Hormones, Hydrotech Hydroponic Systems – [http://hydro-tech.com/pricelist/rooting hormones/default.htm](http://hydro-tech.com/pricelist/rooting%20hormones/default.htm)

Rooting for A&M should be easy for pair –

<http://lubbockonline.com/news/12796/rooting.htm>

Pacific Northwest Garden Supply, Hormones – <http://pacific-hydro.com/hormones.html>