



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO FORESTAL**

**DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE TRES ESPECIES TROPICALES EN
COMBINACIÓN CON LA INOCULACIÓN MICORRIZICA BAJO INUNDACIÓN
ARTIFICIAL.**

ARACELI MARTÍNEZ SÁNCHEZ

T E S I S

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

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **Desarrollo de Plántulas de Tres Especies Tropicales en Combinación con la Inoculación Micorrízica Bajo Inundación Artificial**, realizada por el alumno: **Araceli Martínez Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

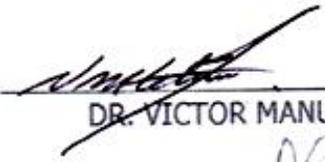
MAESTRO EN CIENCIAS
FORESTAL

CONSEJO PARTICULAR

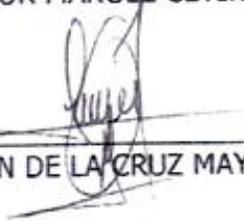
CONSEJERO


DRA. FRANCISCA ORELIA PLASCENCIA ESCALANTE

ASESOR


DR. VÍCTOR MANUEL CETINA ALCALÁ

ASESOR


M.C. JUAN DE LA CRUZ MAY

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT); por el financiamiento de mis estudios y por ser una Institución comprometida con las investigaciones en México.

Al Colegio de Postgraduados; por darme la oportunidad de continuar con mi preparación académica.

A la Dra. F. Ofelia Plascencia Escalante, por su valiosa asesoría, interés y tiempo destinado en la realización de la investigación.

Al Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá, por su valiosa colaboración, asesoría, consejo y tiempo destinado en la realización de este trabajo.

Al M.C. Juan de la Cruz May, por su participación en el comité, sugerencias y en la revisión del escrito.

Al Dr. Alejandro Alarcón, por la donación de las cepas endomicorrízicas, su apoyo en la realización y retroalimentación sobre el tema de los hongos micorrízicos.

M.C. Alicia Franco, por su apoyo incondicional en la fase de laboratorio.

A la sección de Microbiología, por su apoyo en la utilización del laboratorio para llevar a cabo mis muestreos.

A mis familiares: Margarita Sánchez, Armando Martínez, Yolanda Martínez, Ana Guadalupe Sánchez, por su apoyo cuando más los necesite.

A mis amigos y compañeros del programa Forestal, con quien he contado siempre.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para mí para llevar a cabo este trabajo

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE CUADROS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo General.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Problemática del Sector Forestal en el Estado de Tabasco.....	6
2.2. Descripción Botánica de <i>Tabebuia rosea</i> , (Beltol) DC	8
2.2.1. Taxonomía.....	8
2.2.2. Origen y Distribución	9
2.2.3. Suelos	10
2.2.4. Servicios Ambientales y Principales Usos	10
2.3. Descripción Botánica de <i>Tabebuia donnell-smithii</i> (Rose) Miranda.....	11
2.3.1. Taxonomía.....	11
2.3.2. Origen y Distribución	11
2.3.3. Suelos	12
2.3.4. Servicios Ambientales o Principales Usos	13
2.4. Descripción Botánica de <i>Haematoxylum campechianum</i> L.	13
2.4.1. Taxonomía.....	13
2.4.2. Origen y Distribución	14

2.4.3.	Suelos	14
2.4.4.	Servicios Ambientales y Principales Usos	14
2.5.	Conceptos Generales de la Micorriza	15
2.5.1.	Micorriza Vesículo Arbúscular (MVA)	16
2.5.2.	Uso de los Hongos Micorrízicos Vesículo Arbúscular (HMVA) en Especies Forestales	18
2.6.	Especies Arbóreas Tolerantes a Inundaciones	22
2.6.1.	La micorriza (VA) Bajo Condiciones de Inundación en Especies Arbóreas ..	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	Selección de las Especies Forestales Tropicales.....	28
3.1.1.	Características Morfológicas de las Especies Seleccionadas en Vivero.	28
3.1.2.	Características del Vivero Forestal donde se Produjeron las Plántulas de las Especies Utilizadas.....	28
3.2.	Traslado del Material Vegetativo.....	29
3.3.	Acondicionamiento del Vivero del Postgrado Forestal-Colegio de Postgraduados Previo al Establecimiento del Experimento	29
3.4.	Evaluación de Presencia de HMVA en las Plantas, antes del Trasplante.....	30
3.5.	Establecimiento del Experimento	32
3.6.	Fase Uno	32
3.6.1.	Material Biológico.....	32
3.6.2.	Sustrato y Envases	32
3.6.3.	Evaluación de la Calidad del Inóculo	33
3.6.4.	Inoculación y Trasplante	33
3.6.4.1.	Mantenimiento y Labores Culturales	34
3.7.	Diseño experimental	34

3.8.	Variables Evaluadas.....	35
3.8.1.	Variables de Crecimiento y Acumulación de Biomasa.....	35
3.8.1.1.	Altura de la Planta.....	35
3.8.1.2.	Diámetro del Tallo.....	37
3.8.1.3.	Biomasa Aérea y Biomasa Radical.....	37
3.8.2.	Índices de Calidad de Planta.....	38
3.8.2.1.	Índice de Esbeltez (IE).....	38
3.8.2.2.	Índice de Calidad de Dickson (ICD).....	38
3.8.3.	Colonización Micorrízica.....	38
3.8.4.	Análisis de Estadístico.....	39
3.9.	Fase Dos.....	40
3.9.1.	Simulación de la Inundación Temporal.....	40
3.10.	Diseño Experimental.....	41
3.11.	Variables Evaluadas para la Fase Dos del Experimento.....	42
3.11.1.	Variables de Crecimiento, Acumulación de Biomasa e Índices de Calidad de Planta.....	42
3.12.	Porcentaje de Colonización.....	43
3.13.	Análisis de Varianza.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1.	Fase Uno.....	44
4.1.1.	Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en Altura y Diámetro.....	44
4.1.2.	Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en Altura y Diámetro.....	55
4.1.3.	Biomasa Aérea, Biomasa Radical y Relación Biomasa Aérea/Raíz.....	64

4.1.4. Índices de Calidad de Planta: Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD)	69
4.1.5. Colonización Micorrízica	73
4.2. Fase Dos.....	78
4.2.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en Altura y Diámetro para las Plantas Sometidas a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación en Vivero.....	78
4.2.2. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en Altura y Diámetro Sometidos a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación en Vivero.....	90
4.2.3. Biomasa Aérea, Biomasa Radical y Relación Biomasa Aérea/raíz, Sometidos a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación	98
4.2.4. Índices de Calidad de Planta: Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD).	101
4.2.5. Colonización Micorrízica	104
V. CONCLUSIÓN.....	111
VI. LITERATURA CITADA.....	113

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Simulación de inundación en vivero 41
- Figura 2.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *T. rosea* en los tres periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 48
- Figura 3.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). 49
- Figura 4.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). 50
- Figura 5.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *T. rosea* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). 52
- Figura 6.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 53
- Figura 7.** Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 54

Figura 8. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) en altura, para *T. rosea*, en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 57

Figura 9. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 58

Figura 10. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 60

Figura 11. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro. para *T. rosea* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 61

Figura 12. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 63

Figura 13. Tasa Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas, en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 64

Figura 14. Porcentajes de colonización micorrízica. Colonización total (CT), vesículas (V), arbuscúlos (A) y esporas (E), para las tres especies estudiadas después de tres meses de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2=

G.intraradices y T3= Zac-19. Valores dentro de cada especie seguida por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05). 77

Figura 15.Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 83

Figura 16.Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 83

Figura 17. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 84

Figura 18. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 84

Figura 19. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 88

Figura 20.Tasa de Crecimiento Relativo TCR en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 88

Figura 21.Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 89

Figura 22.Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 89

Figura 23.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 92

Figura 24.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 92

Figura 25.Tasa de Crecimiento Absoluto TCA en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum*, inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 93

Figura 26.Tasa de Crecimiento absoluto TCA en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum*, inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 93

Figura 27.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G.*

intraradices y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 96

Figura 28.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 96

Figura 29.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 97

Figura 30.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 97

Figura 31. Colonización micorrízica en *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo con inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 107

Figura 32. Colonización micorrízica en *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo sin inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3=

Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 108

Figura 33. Colonización micorrízica en *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo con inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbuscúlos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 109

Figura 34. Colonización micorrízica en *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo sin inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbuscúlos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). 110

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Análisis de varianza de las variables morfológicas de las especies, *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en tres periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. 46
- Cuadro 2.** Análisis de varianza de biomasa aérea (PA), biomasa raíz (PR) y relación biomasa aérea/raíz (PA/PR), para las especies *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, después de tres meses de su inoculación con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. 66
- Cuadro 3.** Prueba de medias de: biomasa aérea (PA), biomasa raíz (PR) y relación biomasa aérea/raíz (PA/PR) para las tres especies después de tres meses después de la inoculación con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. 68
- Cuadro 4.** Análisis de varianza de los Índices de calidad de planta; Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para las especies, *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en los diferentes periodos de evaluación después de ser inoculados con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. 71
- Cuadro 5.** Prueba de medias de los Índices de calidad de planta para *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en los diferentes periodos de evaluación después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. 72
- Cuadro 6.** Análisis de varianza del porcentaje de micorrización, para las especies *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, después de tres meses de haberse inoculado con dos cepas de micorrízicas en condiciones de vivero. 74
- Cuadro 7.** Análisis de varianza de las variables morfológicas para las especies *T. rosea* y *H. campechianum*, después de haberse inoculado con dos cepas de micorrízicas y ser sometidos a dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero. 79

Cuadro 8. Análisis de varianza de biomasa aérea (PA), biomasa radical (PR) y relación parte aérea/raíz para las especies, <i>T. rosea</i> y <i>H. campechianum</i> inoculadas con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones (con inundación y sin inundación) en condiciones de vivero.....	98
Cuadro 9. Prueba de medias de biomasa aérea (PA), biomasa radical (PR), relación parte aérea/raíz (PA/PR) para las especies, <i>T. rosea</i> y <i>H. campechianum</i> , con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.....	100
Cuadro 10. Análisis de varianza de Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para <i>T. rosea</i> y <i>H. campechianum</i> , inoculadas con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.....	101
Cuadro 11. Prueba de medias para Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para <i>T. rosea</i> y <i>H. campechianum</i> , inoculadas con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.....	103
Cuadro 12. Análisis del varianza de porcentaje de micorrización, para las especies <i>T. rosea</i> y <i>H. campechianum</i> , en diferentes periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en vivero	106

DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE TRES ESPECIES TROPICALES EN COMBINACIÓN CON LA INOCULACIÓN MICORRIZICA BAJO INUNDACIÓN ARTIFICIAL.

Araceli Martínez Sánchez, MC.
Colegio de Posgraduados, 2013

RESUMEN

La presente investigación se realizó para contribuir en el conocimiento del uso de la inoculación con hongos micorrízicos vesículo arbúscular (HMVA) en especies tropicales bajo condiciones de inundación y no inundación en vivero, con el fin de obtener plantas de calidad.

Por esta razón se estableció un experimento dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, que consistió de dos fases; en la fase uno se evaluó el efecto de dos cepas micorrízicas (*Glomus intraradices* y *Zac-19*), en tres especies forestales tropicales, *Tabebuia donnell-smithii*, *Tabebuia rosea* y *Haematoxylum campechianum*, se utilizó un diseño experimental con bloques completamente al azar. Las evaluaciones fueron mensualmente durante tres meses midiéndose altura, diámetro, biomasa e índices de calidad de planta y porcentaje de colonización micorrízica

Para la fase dos, se utilizaron las mismas plantas inoculadas de *Tabebuia rosea* y *H. campechianum*. En esta fase se evaluó las plantas en las dos diferentes condiciones (con inundación y sin inundación). Se usó un diseño completamente al azar. Las mediciones de las variables antes mencionadas, se realizaron a los 0, 30 y 45 días después de haberse inundado.

Los resultados muestran que los tratamientos inoculados en *T. rosea* y *H. campechianum* a pesar de presentar máximos valores promedios en la mayoría de las variables, los resultados

no fueron significativos en relación al testigo. *T. donnell-smithii*, si presentó algunas variables con diferencias significativas. El porcentaje de colonización, para las tres especies si reportó diferencias significativas, las mejores respuestas se observaron en los tratamientos inoculados con *G. intraradices* en las tres especies, en el caso de Zac-19 presentó mayor porcentaje de colonización en las especies de *T. donnell-smithii*, y *H. campechianum*.

Los análisis y comparaciones de la segunda fase se realizaron por condiciones (con y sin inundación) y por fechas. Las comparaciones no se hicieron entre especies ni entre condición aun cuando se trataba de la misma especie. Los resultados muestran que *T. rosea*, en condiciones con y sin inundación no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, en ambas fechas de evaluación en ninguna de las variables evaluadas.

Para *H. campechianum*, con inundación, las variables tasa de crecimiento relativo (TCR) en altura y diámetro y tasa de crecimiento absoluto (TCA) en diámetro, no se presentan diferencias significativas entre tratamientos en las dos fechas de evaluación, en comparación con la variable TCA en altura en la segunda fecha de medición (45 días), los tratamientos si presentan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.0072$). Así mismo para la condición de no inundación esta especie no presentó diferencias significativas en altura, sin embargo en TCR y TCA en diámetro, presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las dos fechas de medición. Para parte aérea (PA), parte raíz (PR) y relación PA/PR, *T. rosea*, no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), en ninguna de las tres variables y condiciones evaluadas. En *H. campechianum* tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas para PA y PR en ninguno de los tratamientos y en ninguna de las fechas con y sin inundación, sin embargo para PA/PR en esta especie en particular si

se observaron diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.0001$), en la condición con inundación donde T2 presentó un valor de 3.12. Para el índice de Esbeltez (IE) e índice de calidad de Dickson (ICD) *T. rosea* en sus respectivas condiciones y fechas de evaluación no presentó diferencias significativas entre tratamiento para estas variables. *H. campechianum*, solo se presentó diferencias significativas para IE en la condición con inundación. En la condición de sin inundación no hubo diferencias estadísticamente significativas.

El porcentaje de colonización total, para *T. rosea* y *H. campechianum* si reportó diferencias significativas en las condiciones evaluadas (con y sin inundación). *T. rosea* con inundación, presentó diferentes comportamientos ya que para fecha 3 (F3) el porcentaje se mantuvo en lo 30% en comparación cuando el agua fue disminuyendo paulatinamente (F3) ya que alcanzó un porcentaje hasta 40.8% con *G. intraradices*. Para *H. campechianum* el comportamiento del porcentaje de colonización vario mucho ya que en la condición con inundación, en la fecha 1 (F1) T3 fue el que presentó un alto porcentaje de colonización (32.6%) y para la fecha 2 (F2) el T2 fue el que presentó un mayor porcentaje (35.4%), sin embargo para la F3 T3 fue el que volvió a presentar un porcentaje de (29.8%) aunque disminuyo el porcentaje pero de los tres tratamientos fue el que obtuvo un valor mayor.

Palabras clave: Hongo Micorrízico Arbúscular, *T. rosea*, *T. donnell* y *H. campechianum*, inundación y no inundación.

DEVELOPMENT OF THREE SPECIES OF TROPICAL PLANTS IN COMBINATION WITH FLOOD ON ARTIFICIAL MYCORRHIZAL INOCULATION.

Araceli Martínez Sánchez, MSc.
Colegio de Posgraduados, 2013

ABSTRACT

This study was developed to contribute to the knowledge of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (MVAF) inoculated in tropical species under inundation and no inundation conditions in a nursery, with the purpose of obtaining high quality seedlings.

For this reason a two phase experiment was established at Colegio de Postgraduados, Montecillo Campus facilities; during the first phase the effect of two mycorrhizal strains were evaluated (*Glomus intraradices* y Zac-19) in three tropical tree species, *Tabebuia donnell-smithii*, *Tabebuia rosea* and *Haematoxylum campechianum*. A randomized complete block design was used. Measurements were made monthly during three months considering height, diameter, biomass, seedling quality index and percentage of mycorrhizal colonization.

In the second phase the inoculated plants of; *Tabebuia rosea* y *H. campechianum* were used. The seedlings were evaluated under the two conditions (inundation and no inundation). A randomized complete experimental design was established. The variables previously mentioned were recorded at 0, 30, and 45 days after inundation.

The inoculated treatments in *T. rosea* and *H. campechianum* in spite of presenting maximum mean values in most of the variables did not show a statistical significance when compared to the control. On the other hand, *T. donnell-smithii* at least had some variables

with a statistical difference. Percentage of mycorrhizal colonization, for the three species was statistically significant; the best response was observed in treatments inoculated with *G. intraradices* in the three species; Zac-19 presented a higher percentage of mycorrhizal colonization only in *T. donnell-smithii* and *H. campechianum*.

Analysis and comparisons during the second phase were made by conditions (inundation and no inundation) and by date. There were no comparisons between species nor between conditions even when it was the same species. Results show that *T. rosea* under both conditions showed no significant difference ($p \leq 0.05$) among treatments, in both dates and in any of the evaluated variables.

For *H. campechianum* with inundation, the variables relative growth rate (TCR) in height and diameter, and absolute growth rate (TCA) in diameter did not show statistical differences between treatments in both evaluation dates. Absolute growth rate (TCA) in height for the second date (45 days) the treatments showed highly significant difference ($p \leq 0.0072$). For the no inundation condition this specie did not show significant difference in height, however for the TCR and TCA in diameter statistical differences were observed for both measurement dates. For shoot biomass (PA), root biomass (PR) and shoot:root ratio (PA/PR), *T. rosea*, did not show significant differences ($p \leq 0.05$), in any of the three evaluated variables and conditions. Also in *H. campechianum* there were not statistical differences for PA and PR in any of the treatments or date with and without inundation. However, for PA/PR ratio in this specie there was a significant difference ($p \leq 0.0001$), for the inundation condition, where T2 presented a 3.12 value. For the slenderness index (IE) and Dickson quality index (ICD), *T. rosea* did not show statistical difference for their respective treatments and evaluation dates. *H. campechianum*, only presented a significant

difference in the inundation condition. There was no difference in the no inundation condition.

Percentage of total mycorrhizal colonization for *T. rosea* and *H. campechianum* presented a significant difference in the evaluated conditions. *T. rosea* with inundation presented different behavior, since for date number 3 (D3) the percentage remained in 30% in comparison to when the water was diminishing slowly (D3), it reached a 40.8% with *G. intraradices*. For *H. campechianum* the percentage of mycorrhizal colonization varied highly. The inundation condition in date 1 (D1), T3 had the higher colonization rate (32.6%) and for date 2 (D2) T2 was the highest (35.4%), however, for D3 the highest rate was for T3 again (29.8%), even when there was an overall percentage decrease.

Keywords: mycorrhizal fungi, *Tabebuia rosea* *Tabebuia donnell-smithii*, *Haematoxylum campechianum*, *Glomus intraradices* y Zac-19, inundation, no inundation.

I. INTRODUCCIÓN

México es un país forestal, con diversos ecosistemas y un gran número de especies de plantas y animales, colocando dentro de los primeros países considerados como megadiversos. Los bosques cumplen importantes funciones de protección al suelo, al agua y a la biodiversidad y al mismo tiempo brindan la oportunidad al hombre de obtener de ellos diversos bienes para satisfacer sus necesidades. (INIFAP 2006). A pesar de esta biodiversidad en México existen pérdidas de cobertura vegetal como lo indica la FAO (2007) quien reporta pérdidas anuales de 678,000 ha de cobertura forestal en México entre la década de los 80's, 631,000 ha por año entre 1990 y 2000. Para el periodo 2000 a 2005, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2005), estimó una pérdida de bosques y selvas de 260.000 ha a causa de la deforestación, lo que ubicó a México en el lugar 51 a nivel mundial con un 0.4 % anual de pérdidas de cubierta forestal.

El estado de Tabasco, ha perdido a lo largo de varias décadas más de un millón de hectáreas de superficie arbolada con los consecuentes efectos negativos como erosión, incremento de temperatura azolvamiento de ríos y pérdida de biodiversidad ocasionando en gran parte que la superficie de la selva haya sido convertida en pastizales (SEMARNAT, 2005). Actualmente existe la necesidad de restaurar parte de la vegetación que se ha perdido, dándole importancia a especies que ofrezcan alternativas diversas para proporcionar bienes económicos y servicios; dentro de estas especies podemos encontrar a la *Tabebuia donnell-smithii* (Rose), *Tabebuia rosea* (Beltol) DC y *Haematoxylum campechianum* L.

De acuerdo al mapa de aptitud de suelos, para plantaciones forestales comerciales el territorio del Estado de Tabasco presenta una superficie apta de 14,322 km²

(aproximadamente el 90% de la superficie total del Estado) para plantaciones comerciales de *Tabebuia* sp. Por otro lado la zona centro de Villahermosa presenta año con año problemas de inundaciones, lo cual limita el establecimiento de plantaciones de cualquier índole. *Tabebuia* sp., tiene un enorme potencial ya que son especie que se desarrolla e suelos con estas características siendo una especie con potencial para la reforestación, en zonas degradadas y con problemas de drenaje (SNIDRUS, 2007). De igual manera *H. campechianum*, es una especie que se desarrolla en suelos con drenaje deficiente siendo una buena opción para su establecimiento en áreas con estas características en la zona de Villahermosa (Bueno *et al.*, 2007).

Por otro lado, la producción de especies forestales tropicales, presenta una seria de limitaciones que no permiten aumentar los niveles de producción, como son la baja calidad de plantas producidas en viveros, las cuales no soportan en campo los cambios principalmente de tipo climatológico y de condiciones del suelo. Una estrategia para aumentar estos niveles de producción se basa en la fertilización acorde con los requerimientos de los árboles (Cuervo, 2007). Sin embargo, no es la única alternativa según Ramos y Guadarrama (2004), mencionan la importancia que tiene la interacción de herramientas biológicas en la producción de especies forestales tropicales, las cuales aseguran el establecimiento exitoso así como una mayor velocidad de crecimiento y respuestas a eventos de competencia y/o perturbación.

Algunas de estas herramientas biológicas son los microorganismos que desarrollan interacciones benéficas con las plantas. Estas interacciones o asociaciones son las que se llevan a cabo entre la raíz de la planta y los hongos de los suelos llamados hongo

micorrízicos arbusculares (HMA). Al asociarse las raíces con este tipo de hongos, propician un incremento eficiente en la toma de nutrimentos y agua del suelo.

La presencia de esta asociación repercute en una serie de beneficios para la planta como lo es en un mayor incremento de biomasa contra patógenos y una disminución en el efecto de algunos metales tóxicos (Guadarrama *et al.*, 2004), además es una alternativa biológica de bajo costo, que puede contribuir al éxito de la repoblación forestal (Cuervo, 2007). La mayoría de los estudios realizados con micorrizas son referidos a especies vegetales terrestre, sin embargo estudios realizados por Sondergaard *et al.*, (1997), señalan que algunas plantas acuáticas forman asociaciones de micorriza, lo cual es relevante para nuestro estudio ya que las especies vegetales de esta investigación crecen bajo condiciones de inundación temporal de manera natural en el estado de Tabasco. A pesar de lo mencionado anteriormente, aún no existen trabajos o estudios realizados en México, que se relacionen con la inoculación micorrízica en zonas inundadas y mucho menos en especies forestales tropicales.

Por esta razón se estableció un experimento dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se evaluó el efecto de dos cepas de hongo micorrízicos (*G. intraradices* y Zac-19) en tres especies forestales tropicales, *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, bajo diferentes condiciones de inundación

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos cepas micorrízicas VA en el crecimiento en altura y diámetro de tres especies tropicales; *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, bajo condiciones inundación artificial, en vivero.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la inoculación micorrízica en el crecimiento en altura y diámetro de *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, en condiciones de vivero.
2. Determinar los índice de calidad de planta (Índices de Esbeltez e Índice de Calidad de Dikson) para *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, después de un periodo de tres meses en vivero posterior a la inoculación.
3. Medir el porcentaje de colonización micorrízica de las especies estudiadas después de tres meses de crecimiento en vivero. para las tres especies.
4. Evaluarel efecto de la inoculación micorrízica en el crecimiento en altura, diámetro, producción de biomasa, índices de calidad de planta y porcentaje de colonización micorrízica en *T rosea* y *H campechianum* bajo dos condiciones de inundación artificial y no inundación del suelo por un periodo de 75 días.

1.1.3. Hipótesis

- a) Las plantas inoculadas con HMVA presentan mejor crecimiento y desarrollo
- b) Las plantas inoculadas con HMVA proporcionan mayor tolerancia para soportar estrés por inundación

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La actividad forestal en México ha cambiado en los últimos años, entre otros motivos, por el mayor énfasis que se ha dado a la restauración de los bosques, con especial atención a la reforestación. La baja calidad de las plantas producidas en los viveros es una de las razones que pueden explicar lo poco exitosas que han resultado algunas plantaciones. Esta situación ha provocado que, a nivel nacional la tasa anual de sobrevivencia, sea alrededor del 50% después de un año de plantada (Magaña *et al.*, 2007).

Esto ha motivado que muchos investigadores y silvicultores realicen una serie de investigaciones referentes a mejorar la calidad de planta en vivero y de esta manera asegurar un mejor establecimiento y desempeño de las plántulas en campo. Algunas de las prácticas realizadas en vivero con este fin podemos mencionar algunos ensayos o investigaciones referente a la fertilización en la etapa de vivero, con el propósito de aumentar el vigor y reducir el tiempo de producción (Campoverde, 2007). Entre los insumos y las prácticas culturales que tienen influencia en el desarrollo de las plantas en vivero se encuentran las combinaciones de los sustratos, el contenedor, la fertilización, la poda aérea y de raíces, entre otras muchas de las prácticas culturales que se aplican a las plantas forestales dentro de los viveros las cuales repercuten en la morfología y fisiología; lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de la planta en campo (Sandoval *et al.*, 2000). Otra de estas prácticas es la inoculación de las plantas con hongos micorrízicos en vivero, utilizándolo como una herramienta para mejorar la calidad de las plantas destinadas a la repoblación. Esta simbiosis proporcionan a la planta una mayor eficiencia en la absorción del agua y nutrientes (especialmente P y N) y una protección contra agentes patógenos a cambio de compuestos carbonados fotosintetizados por parte del hospedante

proporcionando una mayor sobrevivencia a las planta cuando son llevadas a campo (Cerviño, 2003).

2.1. Problemática del Sector Forestal en el Estado de Tabasco

De acuerdo con un análisis realizado por Tudela (1990), la expansión de la actividad ganadera en el estado de Tabasco constituyó el proceso socioambiental más impactante ocurrido entre 1960 y 1975, de tal magnitud que el hato ganadero llegó a sumar más de 1 millón de cabezas en 1970, lo que a su vez se consiguió mediante un agresivo desmonte de las selvas del Estado, de tal manera que para el año 1980 más de la mitad de la superficie de Tabasco se había convertido en pastizales para ganado.

Así mismo, Tabasco ha perdido a lo largo de varias décadas más de un millón de hectáreas de superficie arbolada con los consecuentes efectos negativos, como la de erosión, incremento de temperatura, azolvamientos de ríos, pérdida de la biodiversidad, ocasionando en gran parte por la conversión de selvas a pastizales (CONAFOR, 2007 y COMESFOR, 2007). Pese a esto en el 2007, Tabasco se ubicó en el principal estado a nivel nacional en realizar plantaciones forestales comerciales con especies como: melina (*Gmelina arbórea*), eucalipto, (*Eucalyptus* sp), teca (*Tectona grandis*), cedro (*Cedrela odorata*), etc. con más de 21,000 hectáreas. En este mismo año surgió el programa ProÁrbol, cuyos objetivos fue recobrar la masa forestal y ampliar la productividad de bosques y selvas de la República Mexicana (CONAFOR, 2007).

Otra de las problemáticas en el estado de Tabasco han sido los efectos por las lluvias atípicas e inundaciones las cuales han causado daños en el sector silvícola. De igual manera han provocado la pérdida de cosechas, pastizales, producción pesquera y acuícola, y

plantaciones forestales entre otros. Se menciona que otra de las pérdidas a causa de las inundaciones son las plantaciones forestales comerciales de las cuales aproximadamente un 70% está plantadas con especies de eucalipto en el que se perdieron 687 hectáreas, lo que equivale a 755,700 plantas afectadas (CONAFOR y COMESFOR, 2007).

El contexto histórico evidencia que Tabasco es una planicie de inundación este tipo de eventos ocurre de manera natural y recurrente, todos los años con menor o mayor intensidad, el Estado se ve inundado de manera tal que ocasiona pérdidas en el sector socioeconómico y ambiental. Es por eso que año con año las inundaciones y lluvias atípicas perturban de manera diferente, tal fue el caso en el 2008 afectaron de manera diferente que en el 2007 a los sectores productivos no agrícolas en Tabasco. La inundación del 2008 afectó en mayor proporción a los sectores agropecuarios donde se presentaron daños y pérdidas. Cabe mencionar que el 45% de la población del estado de Tabasco es rural; sin embargo, únicamente un 19.5% de la población económicamente activa (PEA) se dedica a las actividades primarias (agricultura, ganadería, pesca y forestal). En lo que respecta a los sectores sociales, la zona rural fue donde se concentraron los mayores daños y pérdidas ocasionados por las inundaciones de 2008 (Zapata, 2011).

Con respecto a lo anterior, las lluvias e inundaciones en Tabasco ocurridas en el 2008 ocasionaron daños y pérdidas ambientales, dentro de estos daños se encuentran los recursos forestales (daños a viveros) por la alta precipitación pluvial que se presentó, repercutiendo en daños a plántulas que todavía se encontraban en camas de crecimiento, el exceso de humedad propicio la proliferación de hongos, los que dañaron la colecta de semillas y con ello, mermo la productividad de los vivero, (Zapata, 2011).

Tabasco necesita tener mejores opciones para obtener una reforestación con especies que sean tolerantes a inundaciones y a futuro poder mitigar los efectos de la erosión y arrastres de sedimentos que ocasiona las contingencias climatológicas que se señalaron anteriormente. Por lo tanto con este ensayo se busca tener plantas de mejor calidad, que resistan los combates del ambiente implementando nuevas técnicas y métodos en su producción.

2.2. Descripción Botánica de *Tabebuia rosea*, (Beltol) DC

2.2.1. Taxonomía

Mcuilís su nombre científico es *Tabebuia rosea*, (Beltol) DC según Pennington y Sarukhán, (2005). Pertenece al Reino Plantae, Filo Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Scrophulariales, Familia Bignonaceae, Género *Tabebuia* y Especie *rosea* (Beltrol.) DC.,

En México se le conoce con diferentes nombres comunes dependiendo de la zona: Amapola, macuilís, palo de rosa, rosa morada. En la República Mexicana se le conocen como, maculís, macuilís (Tabasco, Chiapas), nocoque, cacahua, icotl, cul (Huasteca, San Luis Potosí) macuelis de bajo (Lacandona, Chiapas), hok'ab, kok'ab (Yucatán), li-ma-ña (chinanteca, Oaxaca) yaxté (Tojolabal, Chiapas), roble, roble blanco (Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí), amapa rosa (Nayarit), amapola (Sinaloa.), rosa morada (Campeche, Quintana Roo), maculishuate, palo blanco, tural (Chiapas), palo yugo, primavera (Sinaloa), roble prieto (Oaxaca) y satanicua (Guerrero) (Niembro, 1986, Pennington y Sarukhán, 1989; Trópicos, 2011; CONABIO, 2009).

Pennington y Sarukhán, (1989), menciona que el macuilís llega a alcanzar alturas de 25 m, y un diámetro norma de 70 cm; mientras que CONABIO (2001) reporta alturas hasta 30 m

y diámetro normal hasta de un metro. Por otro lado Salaya (2003) menciona que es un árbol caducifolio de 15 a 25 m, (hasta 30m) de altura y diámetro normal de un metro. El tronco es derecho a veces ligeramente acanalado, con pocas ramas gruesas y horizontales con ramificación simpódica, con la copa estratificada (Pennington y Sarukhán, 2005). La especie decepciona en su fase inicial de crecimiento por su ramificación dicotómica que augura un tronco mal formado. Eventualmente el árbol llega a formar un excelente fuste sobre todo si hay sombra lateral de la misma especie o de un árbol nodriza. La corteza llega a tener un grosor de 16 a 30 mm. Presenta flores hermafroditas y los frutos contienen numerosas semillas aladas, delgadas de color blanquecinos de 2 a 3 cm de largo, (Holdridge, 1970).

2.2.2. Origen y Distribución

T. rosea, es una especie nativa en los bosques húmedos del sur de México, América Central y de la parte norte de Sudamérica (Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela), (Geilfus, 1989; CONABIO, 2001). Dentro del territorio mexicano, se encuentra distribuida en la vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas, norte de Puebla y Veracruz hasta el norte de Chiapas, y la península de Yucatán. En la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa, Nayarit hasta Chiapas, y en la porción baja de la Cuenca del Balsas. Crece en una variedad de hábitats, con tendencias a dominar en bosques húmedos bajo, bosque de galería y áreas con inundaciones estacionales. También ocurre en bosques secos tropicales, bosque de montaña y tierra agrícolas abandonadas. Alcanza sus mayores desarrollos en Tabasco, Campeche y Chiapas, (Pennington y Sarukhán 2005; CONABIO, 2001). Por otro lado Webb *et al.*, (1984), reportan que esta especie se desarrolla en un intervalo altitudinal de los 100 a 1,000 msnm.

2.2.3. Suelos

Geilfus (1989) y Pennington y Sarukhán (2005), mencionan que *T rosea*, se desarrolla en suelos de origen calizo, ígneo o aluvial; en suelos pobres, ácidos también en sitios planos con suelos vertisoles pélicos y vertisoles gleycos (CONABIO, 2001). Presenta buenos crecimientos en suelos profundos, moderadamente profundos, con buen drenaje a inundable. Según Martínez (1997), se desarrolla bien en los suelos de textura arenosa y franca arcillosa. El pH en el suelo en el que se desarrolla puede ser ácido, neutro o alcalino.

2.2.4. Servicios Ambientales y Principales Usos

Es una especie que brinda muchos servicios al hombre, es recomendado para reforestar áreas urbanas y zonas rurales como planta de ornato. Se emplea en la elaboración de instrumentos musicales, cuenta con una madera de excelente calidad, se utiliza para fabricar muebles y gabinetes, postes, decoración de interiores. Así mismo es utilizada como planta de sombra de cultivos en las zonas bajas de la región tropical (Niembro, 1986; Miranda 1999). Los productores describen la calidad de la madera como: buena, dura, resistente y fácil de trabajar. La madera puede ser aprovechable o utilizada desde que tiene 8 años de edad con 10 m de altura; otros cuando tiene 20 años y otros más a los 30 y 40 años de edad dependiendo del uso que se le vaya a dar. (Saldaña, 2013; Cordero *et al.*, 2003).

Record y Hess (1940) consideran a la madera de estas especies de las más fuertes, resistentes y durables de todas las especies de árboles neotropicales. (Burelo *et al.*, 2008), mencionan que las especies que se utilizan en el estado de Tabasco con fines maderables pertenecen al género *T. donnell-smithii*, y *rosea*. Aparte de las características físicas antes

mencionadas es notable la belleza de la madera de *T. rosea*, la cual es apreciada por los carpinteros de la zona de los ríos del estado de Tabasco. (Record, 1940)

2.3. Descripción Botánica de *Tabebuia donnell-smithii* (Rose) Miranda

2.3.1. Taxonomía

Para la primavera, el nombre científico con el que más se reconoce por los botánicos es *Tabebuia donnell-smithii* (Rose) Miranda, las sinonimias son *Cybistax donnell smithii* (Rose) Seibert y *Tabebuia donnell-smithii* (Rose).

Pertenece al Reino Plantae, Filo Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Scrophulariales, Familia Bignonaceae, Género *Tabebuia* y Especie *donnell-smithii*. (Pennington y Sarukhán, 1998).

Esta especie es comúnmente conocida como Primavera en la mayor parte de las regiones donde se localiza, este nombre se le da en los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Nayarit. En Sinaloa, Colima y Chiapas se le conoce como Amapa amarilla (Martínez, 1979).

2.3.2. Origen y Distribución

El área de distribución natural de la *T. donnell-smithii* en México se encuentra en el vertiente del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas y, en la vertiente del Golfo, en Tabasco y la parte sur de Veracruz (SEDAP, 1998). En Centroamérica se encuentra en Guatemala, El Salvador y el área central de Honduras. Fuera de su área de distribución natural, la Primavera se ha sometido a prueba como un árbol maderero en Costa Rica (Camacho., 1981 y Combe, 1979; citados por García , 2001), Hawaii (Nelson, 1976 citado por García,

2001) y Puerto Rico (Marrero, 1965 citado por García, 2001). Siendo una especie ampliamente plantada como ornato en muchas áreas alrededor del mundo. Es una especie que se encuentra preferentemente en comunidades secundarias, alcanzando su mayor desarrollo en Campeche, abunda en la vegetación secundaria de tierra caliente y en los potreros (García, 2001). La primavera crece en elevaciones de cerca del nivel del mar hasta alrededor de 1-000 m (Gentry, 1982 citado por García, 2001).

2.3.3. Suelos

Esta especie crece en un ámbito amplio de suelos de orígenes volcánicos y metamórficos, resiste inundación parcial por algún tiempo. En América Central se le ha cultivado en varios órdenes de suelos. Crece en un rango amplio de precipitación desde los 750 hasta 3 000 mm (Holdridge y Poveda, 1975 citado por Musálem, 1991). En México se ha cultivado en suelos de tipo Feozem Háptico, planos con resultados intermedios, en comparación con los obtenidos en Huehuetán, Chiapas en Vertisoles de ladera, con pendientes de 10 a 30 grados (Musálem, 2004.)

En su área de distribución natural crece sobre suelos aluviales y suelos derivados de cenizas volcánicas, roca metamórfica y piedra caliza (Glesinger, 1960 citado por García, 2001). Las texturas de suelo adecuadas van de margas arenosas hasta franco arcillosas, con unos valores de pH de entre 5.5 y 7.5. Soporta suelos pobres, compactados y arcillosos como el Vertisol. Los suelos bien drenados son los mejores, aunque los suelos excesivamente drenados y moderadamente bien drenados (sin subsuelos impermeables) pueden también producir buenos ejemplares (Chable, 1967 citado por García, 2001).

2.3.4. Servicios Ambientales o Principales Usos

Francis (1989), menciona que los principales usos, debido a que la madera es de muy buena calidad para la fabricación de muebles. Por otro lado es utilizado para chapa, leña y es recomendado para reforestar áreas urbanas y zonas rurales como plantas de ornato, debido a su impresionante despliegue de flores amarillas (Navarrete, 1997).

La primavera fuera de su distribución natural, genera beneficios intangibles, ya que se desarrolla en suelos que sean semejantes a su hábitat natural, lo cual permite la recuperación de tierras degradadas disminuyendo la erosión de suelos y creando hábitats para la fauna. Aunado a lo anterior esto ha ocasionado que el precio de esta especie se eleve. (FIRA, 1992).

2.4. Descripción Botánica de *Haematoxylum campechianum* L.

2.4.1. Taxonomía

H. campechianum L. es el nombre científico para el “palo tinto” (conocido de esta manera en la región de Villahermosa). Esta especie, pertenece al Reino Plantae, Filo Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Fabales, Familia *Leguminosae*, Género *Haematoxylum*, Especie *campechianum* (UNIBIO, 2008). *H. campechianum*, es un árbol espinoso que llega a medir 6 metros de altura. Las hojas de 3-6 cm de largo son alternas, perennes, crasas y obtusas por su base. Es un árbol que presenta flores amarillas en racimos, florece de septiembre a abril y los frutos maduran de marzo a mayo. Presenta semillas transversalmente oblicua y aplanada de 10 a 12 mm de largo y 3,8 a 3,9 mm de ancho. (Little *et al.*, 1988; Pennington y Sarukhán, 1968; Standley y Steyermark 1946; Niembro, 1986)

2.4.2. Origen y Distribución

La selva baja espinosa de *H. campechianum* es una vegetación endémica del sureste mexicano, extendiéndose desde el sur de Veracruz pasando por Tabasco hasta Campeche, Guatemala y Belice. (UNIBIO, 2008; Santiago, 2003).

2.4.3. Suelos

Este tipo de vegetación se encuentra comúnmente sobre sedimentos aluviales y coaluviales (Ascencio y Maldonado, 2002). En las zonas ribereñas se encuentran en fila al borde del río con árboles dispersos. Pertenece a la vegetación de selvas bajas inundables. Tun-Dzul, (2007), menciona que el tinto se desarrollan en “bajos” u hondonadas de suelos profundos e inundables y la describe como selva baja subdecidua.

2.4.4. Servicios Ambientales y Principales Usos

Desde tiempo de los mayas, el palo de tinte, era usado como colorante con el nombre de ek'. Martínez (2001), menciona que las áreas cubiertas por el palo tinto, son conocidas como bajos y permanecen inundadas de dos a cuatro meses cada año. La conservación de la selva baja inundable es importante ya que sirve de banco de germoplasma florístico (Balán, 2002; Tun-Dzul *et al.*, 2008) Actualmente el tinto es un tipo de vegetación, del que quedan muy pocos relictos en el estado de Tabasco (Bueno *et al.*, 2007).

En Campeche es utilizado como árboles ornamentales, se cultiva en los jardines por su follaje delicado y flores fragantes. En la India y Asia el palo tinto se cultiva como planta de

cobertura. A veces se utiliza para muebles y artículos de lujo, ya que tiene buen pulido. Su riqueza industrial radica en el alto contenido de hematoxina, de gran importancia para la industria textil. De la madera se obtiene una serie de tintes oscuros, gris, azul y negro, colorantes de una alta calidad ya que estos permanecen por un largo tiempo en telas, tales como seda, lana, algodón y algunas veces en telas sintéticas como nylon y rayón. Así mismo, se puede utilizar para teñir cuero, pieles, plumas, papel y huesos. (Orwa *et al.*, 2009).

2.5. Conceptos Generales de la Micorriza

A la micorriza se le conoce como la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo. (Blanco *et al.*, 1997; Schubler *et al.*, 2001). Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales.

La micorriza es un factor biológico de mucho interés en la estructura y funcionamiento de los suelos, e incide en las características ecológicas, productivas y de composición en las comunidades naturales, cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Los hongos representan uno de los grupos más diversos de organismo vivos, son más de 47.000 especies conocidas (McNeely *et al.*, 1990), se puede deducir la existencia de una gran riqueza de hongos no conocidas (Vásquez, 2001).

Esta asociación simbiótica entre el hongo y la planta, actúa como un complemento de la raíz de la planta en la toma de nutrientes especialmente en la absorción de P, aumento de tolerancia a condiciones de estrés abiótico, mejoramiento de la calidad del suelo, fijación de

nitrógeno atmosférico y aumento en la diversidad y productividad de las plantas en un ecosistema determinado.

La asociación micorrízica se ha registrado en el 90% de las plantas terrestres y ha sido clasificada de acuerdo al grado de penetración de los hongos dentro de las raíces en tres tipos: ectomicorriza, endomicorriza y ectendomicorriza (Harley y Smith 1983; Guadarrama *et al.*, 2004; Tedersoo *et al.*, 2006). En los trópicos las endomicorrizas ocurren en el 97% de las plantas fanerógamas, donde se incluye las especies forestales, agrícolas. En la evolución de las micorrizas parece ser que las ectomicorrizas se establecieron en las zonas templadas, por la abundante presencia en estas áreas, mientras que las micorrizas arbusculares se han desarrollado en los trópicos asociados a la alta diversidad de especies vegetales incluyendo las arbóreas. (Vásquez, 2001).

2.5.1. Micorriza Vesículo Arbuscular (MVA)

Los hongos que dan lugar a este tipo de micorrizas son Zigomicetos microscópicos del orden Glomales, de los cuales se han descrito 150 especies provenientes de los géneros: *Gigasporay Scutelospora* (*Gigasporaceae*), *Glomus* y *Sclerocystis* (*Glomaceae*), *Acaulosporay Entrophora* (*Acaulosporaceae*). Se caracterizan por formar filamentos llamados hifas, en cuyo interior viajan muchos núcleos por un citoplasma común, debido a que no hay paredes celulares. Así mismo durante su ciclo de vida estos hongos producen esporas, las cuales al germinar forman un micelio vegetativo (Morton y Benny, 1990; Reyes, 2002).

Las MVA forman esporas relativamente grandes que van de 30 a 900 μm de diámetro, se pueden observar solitarias o en grupos sobre el suelo. Debido a su tamaño y ubicación,

estas esporas no pueden ser diseminados por el viento como la mayoría de las pequeñas esporas de los hongos ectomicorrízicos por ello su desplazamiento es principalmente mediante procesos de movimiento del suelo; pequeños insectos y animales que también pueden comérselas diseminando las esporas a través de sus heces (Castellano y Molina, 1989; Salas, 2000).

Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding, 1991), al igual que la mayoría de las plantas silvestres y cultivadas. Actualmente es bien conocido que aquellas plantas que poseen micorrizas, pueden absorber nutrientes de su ambiente con más eficiencia que las que no las poseen. Esta mejora se debe a la mayor superficie que proporciona el micelio. La micorriza MVA presenta unas estructuras en forma de balón conocidas como vesículas, usualmente compuestas de lípidos que almacena energía. Así mismo presentan otras estructuras conocidas como arbusculos. Estas estructuras se encuentran finamente ramificadas, son intracelulares, de vida corta debido a que se desintegran en el suelo cuando muere la raíz los cuales sirven para el intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta huésped, (Castellano y Molina, 1989; Selosse *et al.*, 2006). El proceso de formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas en el suelo, cuando las condiciones ambientales de temperatura y humedad son favorables. Los hongos formadores de micorrizas arbuscular producen, normalmente, esporas a partir del micelio externo, y también en algunos casos, se forman en el interior de la raíz a partir de micelio interno. Las esporas de resistencia pueden permanecer inalteradas en el suelo por mucho tiempo, mientras que las hifas del hongo se colapsan tras una permanencia en suelo de 2 a 4 semanas si no encuentran una raíz hospedadora, (Bolan *et al.*, 1984).

Los hongos MVA no se ven a simple vista, se requiere realizar observaciones en el microscopio con raíces previamente teñidas donde se pueden observar los diferentes tipos de estructura que caracterizan a la MVA, como son: esporas, hifas, arbuscúlos y vesículas. Sin embargo hay otros géneros de micorrizas, que no producen vesículas, en lugar de ellas forman células auxiliares, como es el caso de los géneros *Gigasporas* y *Scutellospora* (Barker, 1998).

2.5.2. Uso de los Hongos Micorrízicos Vesículo Arbúscular (HMVA) en Especies Forestales

El uso de hongos micorrízico ha sido ampliamente usado a nivel experimental con diversos tipos de cultivos y algunos con especies forestales donde se ha evaluado el potencial que tienen los HMVA. La mayoría de estos trabajos de investigación se han realizado en condiciones de vivero o invernadero y en menor grado directamente en campo.

Rodríguez *et al.*, 2008) menciona la importancia que tiene la presencia de la micorriza en las especies forestales, ya que estando inoculadas presentan una mayor tolerancia al estrés como puede ser sequía y enfermedades. También la inoculación tiene beneficio en el enraizamiento de estacas y la generación de raíces. Estas diferencias o ventajas sobre plantas no inoculadas se deben a que los hongos micorrízicos están adaptados a formar esta simbiosis bajos niveles de nutrición del suelo limitantes.

Es importante entonces realizar inoculación micorrízica controlada de especies forestales en el vivero, esto puede facilitar el establecimiento en los programas de reforestación o restauración. Por ello, la práctica de inoculación micorrízica en vivero ha sido importante en los programas de reforestación en distintos países y condiciones ecológicas, siendo

ampliamente estudiados (Castellón *et al.*, 1989; Marx *et al.*, 1989; Kropp y Langlás, 1990; Castellano, 1996).

Algunas de las especies forestales donde se ha evaluado el efecto de los HMVA bajo condiciones de estrés hídrico han sido algunas especies de Eucalipto (Pereira, 2001 y Plascencia, 1997). Existen numerosos trabajos acerca de los beneficios que proporcionan las micorrizas estudiadas o probadas en algunas especies forestales de zonas templadas, sin embargo, se encuentra poca información disponible acerca de los efectos de estos simbiontes en especies de árboles tropicales.

En el caso de especies tropicales forestales se pueden encontrar los trabajos realizados por Gadea (2004) quién evaluó el efecto de EcoMic (inoculante comercial HMVA), en condiciones de vivero en *Calophyllum brasiliense*, *Hyeronima alchomeoides*, *Pentaclethra maculosa* y una especie exótica *Tectona grandis* en el crecimiento en altura, diámetro y número de hojas. Dentro de los resultados se pudo observar que *Calophyllum* y *Pentaclethra* no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas, por lo tanto el testigo fue el que presentó valores superiores. Para *Hyeronima* y *Tectona* los tratamientos con EcoMic mostraron incrementos en el número de hojas en comparación con el testigo.

El efecto positivo de los HMVA en la producción de biomasa (en área foliar, altura, número de hojas y peso seco) fue demostrado de en el trabajo realizado por Cuervo (1997). La investigación fue a nivel de vivero, donde dos especies forestales (*Cordia alliodora* y *T. rosea*) fueron inoculadas con HMVA y rizobacterias, se observó que cuando se aplicó MVA (*Glomus occultum*), se encontraron diferencias significativas mostrando un mejor

crecimiento en ambas especies cuando estaban micorrizadas. Especies forestales tropicales estudiadas por Zulueta *et al.*, (2000). Para conocer el efecto de la inoculación de una mezcla de MVA sobre el crecimiento, fueron cedro (*Cedrela odorata* L.) y primavera (*T. donell-smithii*) en etapa de vivero, mostraron un porcentaje de colonización similar para ambas especies (94.3% en primavera y 91.0% en cedro). Sin embargo, la cantidad de esporas difirió considerablemente (3,959 para la primavera y de 944 en el cedro). En relación al crecimiento (altura y diámetro del tallo) y producción de biomasa (radical y aérea) obtenido en plantas micorrizadas y no micorrizadas, se aprecia claramente que estos fueron mayores en las plantas micorrizadas, el efecto fue más notorio en la primavera.

Otro trabajo enfocado a analizar las diferentes implicaciones del manejo de HMVA en la producción de especies tropicales forestales fue el realizado por Rodríguez (2011). En este trabajo se evaluaron principalmente especies de Meliáceas nativas de Latinoamérica, dentro de las que se incluyeron el cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* K), especies altamente valoradas por la calidad de su madera, las cuales no han tenido un establecimiento exitoso en plantaciones comerciales y de reforestación. Se demostró que la inoculación con HMVA es un factor fundamental a considerar en la producción y establecimiento de estas especies. Esto es apoyado por lo mencionado por Serrada (2000); la planta forestal producida en vivero debe estar micorrizadas para asegurar su establecimiento, un buen desarrollo inicial y conseguir estabilidad en la masa creada. Dado que las micorrizas son simbiosis, la estrategia más adecuada consistirá en lograr que la micorrización se produzca en vivero, para introducirlas en el bosque con mayores probabilidades de supervivencia.

Salamanca (2005), realizó un trabajo de investigación bajo condiciones de vivero, en las que utilizaron dos mezclas de HMVA (nativa e introducida) y tres tipos de sustratos en cinco especies perenes. Los tratamientos evaluados fueron micorriza introducida en el sustrato suelo-arena-compost (MISAcomp.), micorriza nativa suelo-arena (MNSA), micorriza introducida y el sustrato suelo-arena-cascarilla (MISAcas) y micorriza introducida Suelo-arena (MISA). Las evaluaciones de los parámetros que realizaron fueron: crecimiento de planta, altura, diámetro del tallo, volumen de la raíz y biomasa, así como, la absorción de nutrientes. Los resultados obtenidos después de 4 meses de haberse plantado, en el caso particular de la especie forestal, *Anadenanthera peregrina*, los mayores incrementos se observaron con los tratamientos MISAcomp con respecto a MNSA y en altura (38%), diámetro del tallo (45%) y peso seco parte aérea (92%). En cuanto a la colonización de raíces no se presentaron diferencias significativas sin embargo los mayores valores se presentaron en MISAcas y MISA, por lo tanto se puede observar que las micorrizas, tienen diferentes efectos en cada una de las variables evaluadas.

Es importante mencionar que existen numerosos trabajos acerca de los beneficios que proporciona las micorrizas en diferentes especies forestales, sin embargo la mayoría de estos estudios se han enfocado a especies de zonas templadas y muy en particular coníferas, prácticamente el género *Pinus*. En lo que se refiere a las especies forestales tropicales, la información es escasa y se enfocan únicamente a especies que tienen un valor económico importante.

Otra de las características importantes que favorecen a las plantas cuando son inoculadas con HMVA es el efecto exitoso de éstos contra varios patógenos, incluyendo hongos, bacterias y nematodos, por ejemplo, varias especies de HMVA del género *Glomus*

inoculadas en almácigo, son capaces de suprimir el ataque combinado de *Fusarium*, *Phythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*, el nematodo del género *Pseudomonas* (Alarcón *et al.*, 2004), de igual manera *Phytophthora capsici* y *P parasítica* han sido eficazmente biocontrolados por los HMVA (Azcón y Barea, 1996) .

Toda esta información nos demuestra la importancia de los HMVA, el potencial que estos representan para diferentes objetivos en el campo forestal, en particular en la producción de especies forestales en vivero, la calidad de la planta producida y sus efectos en el establecimiento y crecimiento en campo y su eficaz control sobre algunos patógenos de vivero o campo. Todo esto de suma importancia en los programas de reforestación o en los trabajos de restauración de zonas degradadas, zonas prioritarias a recuperar en nuestro país y en el mundo.

2.6. Especies Arbóreas Tolerantes a Inundaciones

La inundación tiene un efecto negativo sobre la mayoría de plantas terrestres debido a que reduce su crecimiento e induce a los cambios entre los elementos los sistemas u organismo (CEPAL, 2002).

A nivel mundial las inundaciones se presentan principalmente en las zonas tropicales algunas de las causas de estas inundaciones son en primer lugar por la saturación del suelo por las lluvias y con igual importancia el desborde y rebalse de los niveles del complejo sistema de cuencas y problemas sistemáticos en el control hidráulico, los derrumbes o deslaves de los sedimentos de los ríos. Otra causa es la que ocurre en el Estado de Tabasco, su ubicación geográfica en una planicie de inundación, lo que provoca inundaciones continuas (Zapata, 2011).

Por otro lado los bosques inundables son de importancia vital en la biogeoquímica del planeta, epicentro de diversidad biológica y soporte económico de muchas actividades humanas y de bienestar. Allí la inundación resulta en profundos cambios físico-químicos en los suelos, el más significativo en una reducción inmediata de la disponibilidad de oxígeno (hipoxia). La hipoxia incluye adversamente en la fisiología y crecimiento de la planta causando: disminución en la absorción de nutrientes, reducción de la proporción de raíces a tallos, desbalance hormonal, cierre de los estomas y, por ende limitaciones fotosintéticas, clorosis foliar senescencia y muerte, (López, 2008). Sin embargo existen especies que pueden vivir y desarrollarse bajo estas condiciones de hipoxia, este es el caso de la vegetación de selvas (Condit *et al.*; 1993, Grasuel y Kursar, 1999; Rodríguez- Chang *et al.*, 2006). Balán *et al.*; (2002) hace hincapié que la selva inundable, ha sido uno de los tipos de vegetación más afectada y fragmentada en la región de Tabasco, producto de las prácticas antropocéntricas. Dentro de estas zonas podemos encontrar, áreas cubiertas por *H. campechianum*, las cuales son conocidas como bajos, permaneciendo inundadas de dos a cuatro meses (Martínez, 2001). Varios autores que han trabajado en las selvas bajas inundables (Lundell, 1934, Miranda, 1958), denominan estas zonas con el nombre de tinal y la describen como selva baja subdecidua caracterizada por el dominio del palo de tinte (*H. campechianum*).

Así mismo *Brosimum alicastrum* Swartz, es una especie que puede encontrarse en sitios donde las condiciones edáficas presentan una mayor disponibilidad de agua para las plantas a lo largo del año o en sitios con alta humedad ambiental, sin embargo no prospera en suelos inundables (Muñoz, 2011).

Herrera (2008) realizó un estudio con el fin de determinar cómo las inundaciones afectan el flujo de savia y la conductividad hidráulica de *Campsiandra laurifolia*, una especie conocida como tolerante a las inundaciones. Los resultados sugieren que las inundaciones tempranas inhibe la absorción de aguas por las raíces y que la inhibición fue superada más tarde a través de un proceso de aclimatación donde implicó la mejora de aireación interna en las raíces adventicias.

Una especie arbórea importante para la agroforestería, que se distribuye de manera natural en diferentes estados principalmente en las zonas costeras de la República Mexicana (Baja California, Sonora y Sinaloa a Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Veracruz) es *Crescentia alata* Kunth. Esta especie se puede encontrar en huertos familiares solo con fines artesanales a pequeña escala en el Estado de Tabasco. Una de sus características es que es una especie que también es tolerante a inundaciones y suelos con mal drenaje (Salaya, 2003), la cual puede ser una opción para trabajos de reforestación o restauración de este tipo de condiciones, donde otro tipo de especies no prosperan.

El cedro (*Cedrela odorata* L.), también es una especie con potencial para ser usada en reforestación en suelos inundados o con mal drenaje, ya que esta especie llega a tolerar estas circunstancias por cierto periodo de tiempo, sin embargo las investigaciones realizadas con esta especie ha sido principalmente relacionadas con su establecimiento y el control de plagas y enfermedades (Salaya, 2003; Juárez 1990).

López (2008), menciona que *Carapa guianensis* Aubl. es una especie que se desarrolla en áreas inundadas. *Carapa*, es una leguminosa que se encuentra principalmente a lo largo de los ríos y en lugares inundados periódicamente o pantanosas, pero también en tierras altas y

bajas colinas. En América del Sur, los silvicultores reconocen dos tipos de maderas de *C. guianensis* el rojo y blanco, el primero se dice que es superior y se obtiene de los árboles que crecen en tierras más altas, mientras que los blancos se derivan de los árboles en lugares pantanosos (Orwa *et al.*, 2009).

Kabrick *et al.*, (2012), realizó un experimento en un laboratorio al aire libre simulando las condiciones naturales del suelo que ocurre en las llanuras inundables de Missouri. Los tratamientos de inundación fueron) inundación parcial de (15-20 cm) con flujo, durante las temporadas de crecimiento por un periodo de 5 semanas, b) inundación estancada (en reposo) durante 5 semanas, c) inundación con flujo durante 3 semanas de inundación y d) testigo. Estas condiciones de inundación se evaluaron en 6 especies de madera dura que presentan una amplia gama en tolerancia de inundación, siendo estas; *Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh., *Quercus palustris* Muenchh., *Quercus bicolor* d., *Quercus macrocarpa* Michx., *Juglans nigra* L. y *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. Se llevó a cabo un monitoreo del vigor, supervivencia y crecimiento (diámetro y altura), de las 6 especies evaluadas solo cinco de ellas presentaron una probabilidad de supervivencia importante, *Populus deltoides* (0.62), para las otra especies mayor de 0.77 (excepto *Juglans nigra*). Se observó que en *P. deltoides* y *Q. bicolor*, mantuvieron un crecimiento positivo y follajes verdes y sanos aún bajo estas condiciones de inundación comparadas con *Q. macrocarpa* y *Q. bicolor*, especies que sufrieron pérdidas en el crecimiento del tallo y presentando un follaje clorótico. Los resultados de este experimento muestran que algunas especies son tolerantes a las inundaciones teniendo diferentes respuestas dependiendo del tipo de inundación y las características propias de la especie vegetal.

2.6.1. La micorriza (VA) Bajo Condiciones de Inundación en Especies Arbóreas

Existen numerosos trabajos acerca de los beneficios que proporcionan las micorrizas estudiadas o probadas en diferentes especies vegetales agrícolas y forestales, sin embargo, se encuentra poca información disponible acerca de los efectos de estos simbioses en especies tropicales y en condiciones de inundación o suelos saturados. Algunos de los pocos trabajos realizados para analizar el efecto de la micorriza VA en condiciones de suelos inundados es el realizado por Keeley (1980), donde estudió plántulas de Tupelo, (*Nyssa sylvatica*) crecidas durante un año bajo condiciones de inundación, las cuales fueron inoculadas con *G. musseae*. Para llevar a cabo este experimento realizó una colecta de semillas de árboles que crecen en sitios bien drenados (tierras altas) y árboles que crecen en sitios inundados (tierras bajas). Planteándose las siguientes preguntas, ¿Las plántulas establecen asociación micorrízica bajo condiciones inundadas continuas?, ¿Las micorrizas influirán en el crecimiento de las plántulas? y ¿Existen diferencias en las respuestas de los ecotipos entre tierras altas y tierras bajas? Las respuestas encontradas fueron que en las raíces de tierras bajas los hongos micorrízicos tienden a ser más abundantes cerca de las raíces principales y menos abundantes en las raíces más distantes, al cuantificar las raíces secundarias se encontró un alto nivel de infección en comparación a las distantes. El coeficiente de correlación mostró significancia obteniendo una correlación positiva entre la frecuencia de células infectadas y la proximidad de los ejes principales del sistema radical. Al final del estudio se encontró que las raíces de Tupelo si establecen asociaciones micorrízicas *G. musseae* bajo condiciones de inundación continua, presentando efectos significativos en crecimiento en los ecotipos de tierras bajas, donde presenta un crecimiento mayor en biomasa aérea y una relación menor en raíz en las plantas micorrizadas.

Osundina (1999), llevo a cabo un experimento para observar la influencia de las micorrizas en plántulas de *Casuarina equisetifolia*, bajo condición de inundación inoculadas con *G. s clarum*. Los resultados obtenidos fueron que las plantas micorrizadas tuvieron una mejor adaptación a la inundación en comparación con las plantas no micorrizadas, esto se logró por el mayor desarrollo de la raíces adventicias, lo cual aumento la disponibilidad de oxígeno y por lo tanto hubo un aumento de la colonización de HMVA en la zona superior del suelo. Otras características observadas por efecto de la presencia de la micorriza VA en condiciones de inundación fue la supresión de acumulación de productos tóxicos de la respiración anaeróbica, tales como el etanol, y de igual manera la micorriza impidió la supresión total de la nodulación en las plántulas inundadas. La nodulación se observó principalmente en la parte superior del suelo lo que hizo posible la fijación de nitrógeno. Sugiriendo que la infección de micorriza es esencial para la nodulación de *Casuarina* en suelos inundados por lo tanto está relacionada con la mayor acumulación de nitrógeno de *Casuarina* en condiciones inundables.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Selección de las Especies Forestales Tropicales

Para llevar a cabo el presente estudio, se seleccionaron tres especies forestales del estado de Tabasco, que tuvieran la característica de crecer y desarrollarse bajo condiciones de mal drenaje del suelo o tolerante a inundaciones temporales. Para su adquisición, se visitaron varios viveros aledaños a la Cd. de Villahermosa, consiguiéndose las plantas en el vivero “Las Lilas”, ubicado en la carretera Villahermosa-Teapa del estado de Tabasco. Las especies con las que se trabajaron fueron *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*

3.1.1. Características Morfológicas de las Especies Seleccionadas en Vivero.

Las plantas se seleccionaron en base a las siguientes características: libre de plagas y enfermedades, con un color verdoso, altura no mayor de 20 cm y con un diámetro aproximado de 2 a 3 mm a la base del cuello. Cabe señalar que las plantas tenían dos meses de edad, por lo que al seleccionar las plantas se procuró tener una medida homogénea para todo el material vegetativo a utilizar

3.1.2. Características del Vivero Forestal donde se Produjeron las Plántulas de las Especies Utilizadas.

Las “Lilas”, es uno de los 4 viveros que se encarga de producir plantas con fines de reforestación en Tabasco. Anualmente el Gobierno del Estado a través de la Comisión Estatal Forestal (COMESFOR), produce cerca de cuatro millones de plantas, con fines comerciales y ornamentales, las especies más producidas son: melina (*Gmelina arborea*), teca (*Tectona grandis*), tinto (*H. campechianum*), cocoite (*Gliricidia sepium*), eucalipto

(*Eucalyptus sp*), cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), Macuilís (*T. rosea*) entre otras (CONAFOR, 2007).

Las plantas seleccionadas fueron producidas, en un sustrato compuesto de una mezcla de agrolita y peatmoss, en charolas de 54 cavidades. En este vivero el tipo de producción es tecnificado para el llenado de los envases o charolas, así como para la fertilización y el riego.

3.2. Traslado del Material Vegetativo

El material vegetativo se trasladó de la, Cd. de Villahermosa al vivero del Postgrado Forestal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. de México. El vehículo utilizado se acondiciono de manera tal, que las plantas no sufrieran mucho estrés por el viaje; para ello, se acomodaron en paquetes de 12 plantas las cuales se envolvieron en plástico vitafilm para evitar la destrucción de las cepas y el rompimiento de la raíz. Antes de iniciar el traslado se le aplicó un riego para evitar la deshidratación de las plantas.

3.3. Acondicionamiento del Vivero del Postgrado Forestal-Colegio de Postgraduados Previo al Establecimiento del Experimento

El invernadero en el cuál se estableció el experimento se localiza en las instalaciones del Postgrado Forestal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Antes del establecimiento del experimento éste fue acondicionado para permitir que las plántulas se recuperaran del estrés por el traslado. Las plántulas fueron acomodadas sobre el suelo donde por las tardes se cubrían con un plástico para que las plantas no sufrieran daños por heladas y fríos típicos de la temporada en la zona del Colegio de Postgraduados. Las

plántulas se regaban por la tarde y después se cubrieron con el plástico. Este acondicionamiento tuvo una duración de un mes y medio previo al establecimiento de los tratamientos.

3.4. Evaluación de Presencia de HMVA en las Plantas, antes del Trasplante

Debido a que las plantas fueron producidas en vivero en Villahermosa, Tabasco, se realizaron algunas pruebas para asegurarse de que el material vegetativo no vinieran micorrizadas. Para ello, se aplicó la técnica de clareo y tinción de raíces propuesta por Phillips y Hayman (1970), para posteriormente hacer la observación al microscopio. De igual manera se pesó 50 g de sustrato el cual fue analizado al microscopio para identificar la presencia de esporas o micelio HMVA.

Para el caso particular de las raíces, se seleccionaron dos plantas de cada especie. Se separaron las raíces del sustrato y de la planta, colocándose una bolsa de plástico, una vez separada la raíz se procedió a lavarla con agua común, esto se repitió varias veces, para evitar presencia de residuos de suelo. Teniendo las raíces limpias y libres de suelo, se cortaron con la ayuda de una pinza y se colocaron sobre la cápsula esterilizada. La tinción de las raíces se realizó en dos plantas por especie (seis muestras en total). Las muestras dentro de las cápsulas se colocaron en un vaso de precipitado, al que se le agregó KOH al 10% lo suficiente para cubrirlas. Los vasos conteniendo las cápsulas se colocaron dentro de una olla de presión, al momento que la olla de presión alcanzó una presión de 10 libras, se tomó el tiempo de clareo por 10 minutos (siempre bajo la misma presión). Pasado 10 minutos la olla se dejó enfriar y el KOH fue retirado. Las cápsulas con las raíces fueron enjuagadas con agua, y una vez lavadas se le agregó H_2O_2 al 10% y se volvieron a poner en

la olla de presión nuevamente por 10 minutos, pasado los 10 minutos se retiró el HCL al 10%. Posteriormente se procedió a la tinción, utilizando azul de tripano, dejando las cápsulas cubiertas con esta solución durante una semana. Después de este periodo, se realizó el montaje de las raíces en portaobjetos, donde se colocaron 20 segmentos de raíces. Estas preparaciones son las que se observaron bajo el microscopio para determinar la presencia de la colonización micorrízica (arbusculos, vesículas y esporas) (Phillips y Hayman, 1970)

Para estudiar el sustrato donde crecieron y se desarrollaron las plantas en vivero, se aplicó la técnica de tamizado y decantación en húmedo (Gerdermann y Nicolson, 1963), la selección de las muestras se realizó al azar tomándose 2 ejemplares por especie con un total de seis muestras de suelos. Esta técnica consistió en colocar 50 g de suelo seco de cada muestra en un vaso de precipitado de 1L, al cual se le agregó agua directamente de la llave y se agitó vigorosamente con una espátula de 3 a 5 minutos, Después se dejó reposar por aproximadamente 3 minutos, con la finalidad de eliminar partículas grandes por sedimentación. Esta suspensión se pasó a través de una serie de tamices de empalmados donde el de mayor abertura se posó en la parte superior y el de menor abertura de la malla en la parte más inferior (325 μm , 100 μm , 35 μm y 20 μm). Este paso se repitió dos veces. Posteriormente se recogió el contenido de cada tamiz con la ayuda de una pizeta con agua destilada, colocándose en cajas Petri, donde se le agregó agua para evitar que las esporas colectadas se desecaran, finalmente fueron observadas bajo un microscopio estereoscópico (modelo MD2000, marca Leica).

3.5. Establecimiento del Experimento

El estudio se estableció en uno de los invernaderos del Postgrado Forestal del Colegio de Postgraduados en el Campus Montecillo, Edo. de México. Este experimento se realizó en dos etapas. En la primera se evaluó el crecimiento de tres especies forestales tropicales *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, inoculadas con dos cepas de HMVA. Y en la segunda etapa se evaluó el efecto de dos condiciones de suelo (inundación y no inundación) en dos de las especies de la etapa uno, *T. rosea* y *H. campechianum*, inoculadas de igual manera con dos cepas de HMVA

3.6. Fase Uno

3.6.1. Material Biológico

En la primera etapa del experimento se evaluaron tres especies forestales tropicales *T. rosea*, *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*. Las cepas de HM VA utilizadas, fueron dos, *G. intraradices* con un mínimo de 1100 esporas en 50 g de inóculo y la segunda cepa fue Zac-19, (está compuesta de una mezcla de diferentes esporas entre ellas, *G. albidum*, *G. claroideum* y *G. diaphanum*), el cual contenía un mínimo de 700 esporas en 50 g de inóculo. Estas dos cepas fueron cultivadas y donadas por la Sección de Microbiología del Postgrado de Edafología del Colegio de Postgraduados.

3.6.2. Sustrato y Envases

El sustrato utilizado consistió en una mezcla compuesta por 40% de Peat moss, 30% de Agrolita y 30% de Vermiculita. Debido a que el sustrato se hizo con material inerte, este no fue fumigado o esterilizado por ningún método, dando por hecho que dichos materiales no

contenían ningún tipo de hongo micorrízico. Los envases utilizados en el experimento fueron bolsas de polietileno negro de una capacidad de 2 L. Una vez que la mezcla quedó preparada se procedió al llenado de las bolsas de forma manual.

3.6.3. Evaluación de la Calidad del Inóculo

Previo a la inoculación se realizó la evaluación de la calidad del inóculo de las dos cepas utilizadas en el experimento. El método utilizado fue el de tamizado y decantación. (Gerdemann y Nicolson, 1963).

En una balanza analítica (modelo Navigator, marca OHAUS) se pesó 50 g de cada inoculante, y se colocaron en un vaso de precipitado de 1L al cual se le agregó agua de la llave y se agitó con una espátula vigorosamente de 3 a 5 minutos. Se dejó reposar por tres minutos para permitir la sedimentación de las partículas, seguidamente se procedió a pasar tres veces la suspensión una serie de tamices de (325 μm , 100 μm , 35 μm y 20 μm).

Finalmente se recogió el contenido de cada tamiz con la ayuda de una pizeta con agua destilada las cuales fueron colocadas en cajas petri. Se les agregó agua para evitar su deshidratación y facilitar la observación la cual se realizó bajo un microscopio estereoscópico (modelo MD2000, marca Leica).

3.6.4. Inoculación y Trasplante

Para llevar a cabo la inoculación de las especies arbóreas en estudio con las dos cepas de HMA, se procedió a pesar 8 g de inóculo para cada planta. De acuerdo a la evaluación previa de la calidad del inóculo se determinó que por cada 8 g de inóculo de la cepa de *G. intraradices*, éste contenía en promedio 176 esporas y para el caso de la cepas de Zac-19,

un promedio 112 esporas. Hecho esto se procedió a realizar el trasplante, se efectuó la inoculación micorrízica, la cual consistió en aplicar los 8 g del inóculo directamente en el cepellón de la planta de tal manera que la aplicación fuera homogénea para cada parte de la raíz. Una vez que el cepellón de la planta fue cubierta por el inóculo se colocó dentro de cada envase, el cual estaba previamente llenado hasta cierto nivel y cuando se colocó la plántula inoculada se llenó en su totalidad, dejando unos 3cm de espacio para el riego.

3.6.4.1. Mantenimiento y Labores Culturales

Durante el periodo que duró el experimento se realizaron riegos cada 2 días por la tarde, los riegos fueron individuales (planta por planta), esto con la finalidad de evitar la contaminación entre los hongos micorrízicos al momento del riego. Antes de cada riego se medía el pH del agua a utilizar a utilizar, encontrándose un pH de 9.5, por lo que se procedió a reducirlo, agregando 15 ml de ácido sulfúrico, por cada 120 litros de agua, se dejaba reposar 20 minutos hasta que alcanzaba en promedio un pH de 6.2, posteriormente a ello se procedía a realizar el riego.

3.7. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un arreglo en bloques completamente al azar, (3 especies X 2 hongos micorrízicos y 1 Testigo X 3 bloques). Los tratamientos fueron los siguientes: T1= *T. rosea*/sin micorriza (testigo), T2= *T. rosea* micorriza/*G. intraradices*, T3= *T. rosea*/Zac-19; T4= *H. campechianum*/sin micorriza (testigo), T5= *H. campechianum*/*G. intraradices* T6= *H. campechianum*/Zac-19 T7= *T. donnell-smithii*/sin micorriza (testigo) T8= *T. donnell-smithii*/*G. intraradices* y T9= *T. donnell-smithii*/Zac-19).

Hubo 10 plantas por parcela experimental, dando un total de 90 plantas por cada bloque, con un total de 270 plantas en todo el experimento.

3.8. Variables Evaluadas

3.8.1. Variables de Crecimiento y Acumulación de Biomasa

Las mediciones de las variables de crecimiento y acumulación de biomasa se realizaron en cinco plantas seleccionadas al azar por parcela experimental (5 de 10). Estas se marcaron permanentemente para realizar las mediciones siempre en las mismas plántulas. La primera medición de las variables de crecimiento se tomó un mes después de iniciados los tratamientos respectivos, las siguientes mediciones se realizaron a intervalos de 30 días hasta que concluyó la fase uno de experimento (tres meses). Al final de la fase uno, las cinco plantas seleccionadas inicialmente fueron las que se cosecharon para determinar la producción de biomasa. En el caso de las variables de acumulación de biomasa se evaluó al final del experimento de cada fase.

3.8.1.1. Altura de la Planta

La altura de la planta, se midió de la base del tallo al ápice de esta, utilizando una regla graduada con aproximación a mm. Con esta información, se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de crecimiento absoluto (TCA) con las siguientes ecuaciones (Escalante, 1993)

$$\text{TCR} = \frac{\log_e AL_2 - \log_e AL_1}{t_2 - t_1}$$

Dónde:

TCR= Tasa de crecimiento relativo

$\text{Log}_e AL_1$ = Logaritmo natural de la altura ó diámetro en el tiempo uno

$\text{Log}_e AL_2$ = Logaritmo natural de la altura ó diámetro en el tiempo dos

t_1 = Tiempo uno

t_2 = Tiempo dos

La fórmula utilizada para su determinación de Tasa media de crecimiento absoluto (TCA)

es:

$$\text{TCA} = \frac{AL_2 - AL_1}{t_2 - t_1}$$

Dónde:

TCA= Tasa de crecimiento absoluto

AL_1 = altura ó diámetro en el tiempo uno

AL_2 = altura ó diámetro en el tiempo dos

t_1 = Tiempo uno

t_2 = Tiempo dos

3.8.1.2. Diámetro del Tallo

El diámetro se tomó en el cuello de la planta, utilizando un vernier digital graduado en milímetro (mm) marca Truper. Con los datos se obtuvo la de igual manera la TCR y TCA aplicando las ecuaciones mencionadas por Escalante (1993).

3.8.1.3. Biomasa Aérea y Biomasa Radical.

Al final de la etapa uno (tres meses después de establecidos los tratamientos) se procedió a la cosecha de las plantas para conocer la producción de biomasa aérea, radical y la relación parte aérea/parte radical. Las plantas se extrajeron de las bolsas con sumo cuidado para no perder raíz durante la extracción, después de esto se procedió al lavado cuidadosamente, con el objetivo de eliminar el sustrato adherido a las raíces. Una vez lavadas las plantas se separaron en parte aérea y radical y fueron colocadas en bolsas de papel, todo esto con su respectiva etiqueta de identificación. Finalmente, se procedió al secado en una estufa a una temperatura de 70°C por 72 horas, hasta obtener un peso constante. Transcurrido ese periodo las muestras fueron pesadas en una balanza analítica (modelo Navigator, marca=OHAUS) con precisión al miligramo. Para calcular la relación parte aérea/raíz (PA/PR) se utilizó la siguiente ecuación (Capó, 2001).

$$PA/PR = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}$$

3.8.2. Índices de Calidad de Planta

3.8.2.1. Índice de Esbeltez (IE)

Al final de la fase uno se aplicaron dos diferentes índices de calidad de planta a cada tratamiento, el primero de ellos fue el Índice de Esbeltez (IE), el cual se calculó mediante el coeficiente de altura y el diámetro del tallo utilizando la siguiente ecuación (Toral, 1977).

$$IE = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

3.8.2.2. Índice de Calidad de Dickson (ICD)

El segundo índice de calidad medido fue el de Dickson (ICD), donde se integran los valores de peso seco total, índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz, calculándose de la siguiente manera (Dickson *et al*, 1960):

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}}$$

3.8.3. Colonización Micorrízica

Para la determinación de la presencia HMVA en las raíces de las especies de *T. rosea* *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, se seleccionaron cinco plantas por tratamiento, y se aplicó el métodos de clareo y tinción (Phillips y Hayman, 1970), realizando el mismo procedimiento descrito en el apartado 3.3. Una vez que se llevó a cabo el proceso de

tinción, se procedió al montaje de las raíces en un portaobjeto (uno por cada planta) para poder ser observadas al microscopio, los fragmentos de las raíces fueron de aproximadamente 1 cm, con un total de 25 fragmentos de raíces por portaobjeto, en ellas se realizó el conteo para obtener el porcentaje de la colonización micorrízica incluyendo, vesículas, arbusculos, hifas y esporas presentes en los fragmentos de raíces.

Para obtener el porcentaje de colonización se utilizó la siguiente fórmula (Marsh, 1971).

$$\text{Porcentaje de colonización} = \frac{\text{numero de segmentos colonizados (raíces)}}{\text{numero de segmentos observados}} \times 100$$

3.8.4. Análisis de Estadístico

A todas las variables se realizó un análisis de varianza, para ello se utilizó el procedimiento PROC GLM, y se compararon las medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) empleando el Programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute, 1999).

Análisis de varianza para el modelo $y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Observación de la variable respuesta obtenida del tratamiento i-ésimo dentro del bloque j-ésimo

μ_i = Media general

T_j = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ϵ_i = Error asociado al tratamiento i en el bloque j

3.9. Fase Dos

3.9.1. Simulación de la Inundación Temporal

Después de finalizar la fase uno del experimento, el cual tuvo una duración de 3 meses, se procedió a establecer el experimento la fase dos, con el fin de evaluar el efecto de la inundación temporal en especies tropicales forestales micorrizadas y no micorrizadas. Para la fase dos solo se utilizaron las especies de *T. rosea* y *H. campechianum*, debido a que el número de plántulas necesarias para la segunda etapa no fueron suficientes para el caso de *T. donnell-smithii*.

Para simular la inundación una vez que los tratamientos fueron establecidos de acuerdo a un diseño completamente al azar, en un recipiente de plástico de 50 L de capacidad se colocaron tres plantas por tratamiento por repetición. Estando las plantas dentro del recipiente, se procedió a llenarlo con agua, hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta. Así se mantuvieron por un periodo de 30 días, se verificaba diariamente que el nivel del agua se mantuviera siempre en esas condiciones y en caso necesario se aplicaba más agua para que las plantas siempre estuvieran a 5 cm de inundación. Cuando las plantas cumplieron un periodo de 30 días bajo estas condiciones, se realizó la primera medición en altura, diámetro y porcentaje de colonización micorrízica. Posterior a ello, se permitió que el nivel del agua bajara paulatinamente hasta el día 45 (Figura 1), transcurrido este tiempo, se observó que el nivel del agua había bajado hasta la base del recipiente de plástico considerándose que las plantas ya no estaban bajo inundación. Después de este tiempo se realizó nuevamente la medición de las variables antes mencionadas. Para la

medición de la biomasa y los índices de calidad, se cosecharon cinco plantas por tratamiento.

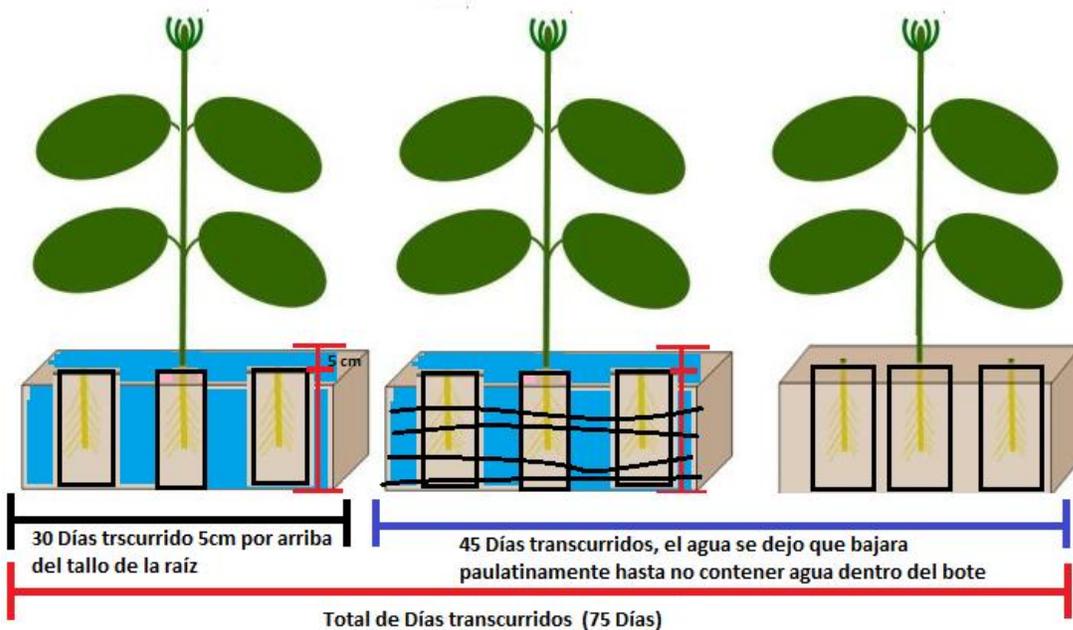


Figura 1. Simulación de inundación en vivero

En el caso de los tratamientos en condiciones de no inundación, se realizaron riegos diarios por la tarde, si se observaba la humedad óptima de las plantas, no se realizaban el riego y se hacía cada dos días, esto fue para que en el transcurso de la tarde las plantas aprovecharan el riego que se les estaba aplicando. Así mismo, se monitorearon las plantas para detectar cualquier ataque de plagas o presencia de alguna enfermedad. Las mediciones de las variables se realizaron en las mismas fechas de los tratamientos bajo inundación.

3.10. Diseño Experimental

Se utilizó para esta fase un diseño completamente al azar (2 especies X 3 cepas incluyendo el testigo X 3 repeticiones), este diseño fue para las condiciones bajo de inundación y no

inundación, analizado como dos experimentos independientes. Cada uno de las combinaciones o tratamientos descritos fueron evaluados bajo las dos condiciones de inundación y no inundación: T1= *T. rosea* sin micorriza (testigo), T2= *T. rosea*/G. *intraradices*, T3= *T. rosea*/Zac-19, T4= *H. campechianum*/sin micorriza (testigo), T5= *H. campechianum*/G. *intraradices* y T6= *H. campechianum*/Zac-19. Cada tratamiento estuvo compuesto por 3 plantas por repeticiones, teniendo un total de 54 plantas para cada una de las condiciones estudiadas. Posteriormente, se seleccionaron y evaluaron 3 plantas por repeticiones por especie y se etiquetaron para su identificación en la toma de datos.

3.11. Variables Evaluadas para la Fase Dos del Experimento

La evaluación de las siguientes variables, se realizó bajo el mismo procedimiento utilizado en la fase uno.

3.11.1. Variables de Crecimiento, Acumulación de Biomasa e Índices de Calidad de Planta

La primera medición de las variables de crecimiento (TCR y TCA en altura y diámetro) se realizaron después de 30 días de haberse iniciado la inundación. La segunda y última evaluación fue después de 45 días a partir de que el nivel de la inundación fue disminuyendo (Figura. 1). En el caso de las variables de acumulación de biomasa se evaluó al final del experimento de la fase dos (75 día en total) Para cada caso se seleccionaron 3 plantas por tratamiento (3 de 3), estas se identificaron permanentemente para realizar las mediciones en las mismas plántulas y al final ser utilizadas para las mediciones finales del experimento. De igual manera que en la fase uno, los índices de calidad fueron

determinados utilizando la información de producción de biomasa, haciendo uso de las ecuaciones mencionadas para la fase uno.

3.12. Porcentaje de Colonización

Para obtener el porcentaje de colonización se siguió el mismo protocolo realizado en la fase uno. En este caso particular se realizaron dos evaluaciones, la primera a los 30 días después estar bajo inundación y la segunda a los 75 días, cuando finalizó el experimento.

3.13. Análisis de Varianza

A todas las variables se les realizó un análisis de varianza, para ello se utilizó el procedimiento PROC GLM, y se compararon las medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), empleando el Programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute, 1999).

Análisis de varianza para el modelo $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase Uno

4.1.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en Altura y Diámetro

A las tres especies estudiadas se les realizaron tres mediciones de TCR en altura (Cuadro 1). Los resultado del análisis de varianza para *T. rosea* en TCR-Altura, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, en las fechas de evaluación (1, 2 y 3 meses). Lo mismo ocurrió para *T. rosea*, en estudios realizados por Castro (2006), donde los tratamientos inoculados con *Glomus*, presentaron diferencias significativas en la variable altura. Para *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas en altura, para ninguna de las fechas de evaluación. Esto indica que los tratamientos de micorrización tuvieron diferentes efectos en cada una de las especies arbóreas evaluadas. Dicho de otra manera las especies arbóreas pueden estar asociadas a diferentes tipos de micorrizas y por lo tanto su respuesta en crecimiento (en este caso TCR) es diferente. Los resultados de la TCR en diámetro, para *T. rosea*, no presentó diferencias significativas entre tratamiento, sin embargo en el caso de *H. campechianum* se puede notar que al primer y al tercer mes de evaluación si existieron diferencias estadísticamente diferentes (Cuadro1). En el caso de *T. rosea* y *T. donnell-smithii* tuvieron un comportamiento similar al tratamiento testigo de cada una de las especies. Por lo tanto se puede decir que las micorrizas no influyeron en ninguno de los tratamientos de estas dos especies en diámetro. Sin embargo estudios realizados por Zulueta (2000) si reporta diferencias significativas, en crecimiento en altura y diámetro en *T. donnell-smithii*, comparado con el testigo, esta diferencia quizá se deba a las diferentes

cepas micorrízicas utilizado en su estudios, las cual fue un complejo micorrízico MTZ-1, diferente a las utilizadas en el presente estudio.

Cuadro 1. Análisis de varianza de las variables morfológicas de las especies, *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en tres periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>			
	(Meses)	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamientos
TCR-A	1	0.01*	0.01*	0.01*	0.67	0.70	0.44	0.35	0.26	0.40
	2	0.01*	0.01*	0.01*	0.87	0.74	0.73	0.01*	0.01*	0.09
	3	0.01*	0.01*	0.01*	0.57	0.47	0.49	0.01*	0.01*	0.15
TCR-D	1	0.08	0.07	0.20	0.09	0.48	0.03*	0.07	0.14	0.08
	2	0.27	0.16	0.44	0.16	0.87	0.04	0.23	0.08	0.73
	3	0.14	0.04*	0.65	0.07	0.56	0.02*	0.13	0.33	0.08
TCA-A	1	0.01*	0.15	0.01*	0.041	0.08	0.08	0.04*	0.21	0.03*
	2	0.02*	0.05*	0.05	0.54	0.73	0.29	0.01*	0.13	0.01*
	3	0.04	0.13	0.059	0.21	0.38	0.13	0.01*	0.10	0.01*
TCA-D	1	0.01*	0.01*	0.10	0.01*	0.01*	0.01*	0.51	0.28	0.69
	2	0.30	0.20	0.44	0.24	0.48	0.13	0.02*	0.06	0.05*
	3	0.63	0.06	0.58	0.12	0.42	0.06	0.03*	0.24	0.02

Tasa de crecimiento relativo (TCR), en altura, Tasa de crecimiento relativo (TCR) en diámetro, Tasa de crecimiento absoluto (TCA) en altura y Tasa de crecimiento absoluto (TCA) en diámetro. Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5%.

La Figura 2, muestra las TCR en altura para *T. rosea*, durante el periodo de estudio. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos en las tres fechas de mediciones. Se observa que el T2 (*G. intraradices*), presentó una TRC en altura significativamente mayor, pero fue más visible en la primera fecha de medición (0.75 cm d^{-1}), comparada con los T1 y T3. El crecimiento de *T. rosea* inoculada con Zac-19 (T3) y tratamiento testigo (T1), presentaron TRC en altura muy similar. Esto indica que la cepa *G. intraradices*, favorece en particular el crecimiento en altura de esta especie, aún cuando para el segundo y tercer mes de evaluación la TCR en altura disminuyó su crecimiento estadísticamente fue mayor al resto de los tratamientos. Esto concuerda con lo encontrado por varios autores, Flores *et al.*, (2000) reporta que *Leucaena leucocephala* inoculada con *G. intraradices*, favoreció el crecimiento en altura de planta, donde alcanzó una altura de 30 cm, en menor tiempo comparada con el testigo. De igual forma, Cuervo (1997), evaluó *T. rosea* inoculado con *G. ossultum*, encontró que los tratamientos inoculados, presentan mejores resultados en crecimiento en altura y diámetro.

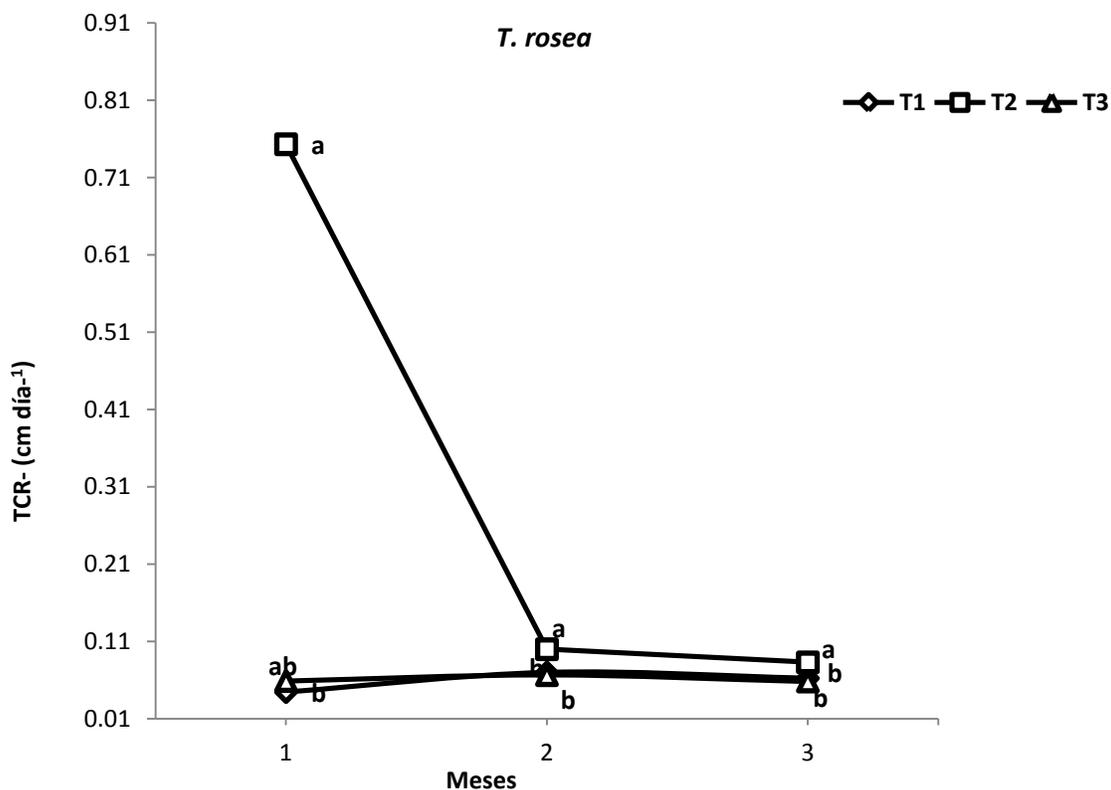


Figura 2. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *T. rosea* en los tres periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

Los resultados para *H. campechianum*, demuestran que no presentó diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos en las fechas de medición. Sin embargo se observa que al igual que en *T. rosea* la cepa *G. intraradices* (T2), en las fechas 2 y 3 meses presentó una mayor TCR en altura comparado con los otros tratamientos, aún cuando estadísticamente no son significativos (Figura 3).

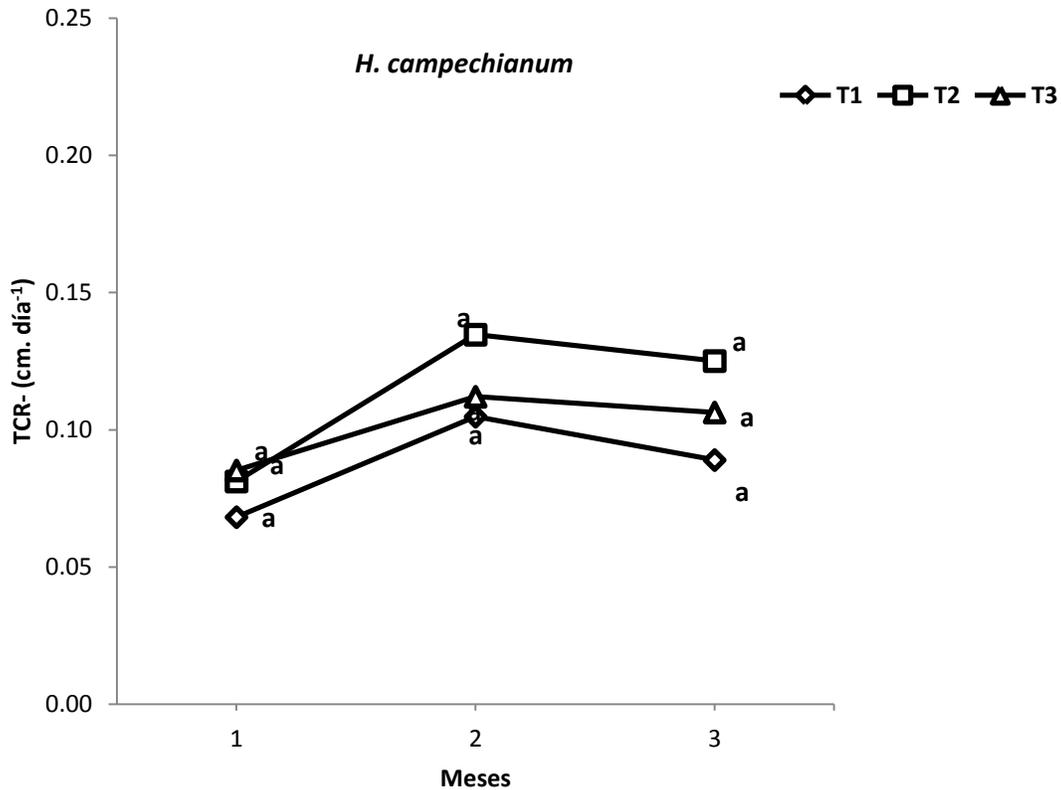


Figura 3. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El análisis de varianza para *T. donnell-smithii* no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las fechas de evaluación es importante mencionar que la cepa Zac-19 (T3), presentó una TCR en altura ligeramente mayor en comparación con los T1 y T2 (Figura 4). Algo diferente a lo observado en el caso de *T. rosea* y *H. campechianum* donde la cepa *G. intraradices* mostró un efecto importante en la TCR en altura comparado con el testigo (T1 sin micorriza) y con el T3. Indicando que las asociaciones micorrízicas son diferentes y sus efectos son distintos en cada especie vegetal. Por ejemplo en un estudio realizado en *Cedrela odorata* y *T. donnell-smithii*, para conocer

el efecto de la inoculación sobre el crecimiento de las especies, donde se utilizó una mezcla de HMVA, Zulueta *et al.*, (2000), reporta que *T. donnell-smithii* es la que presentó un crecimiento mayor en las plantas micorrizadas en comparación con el testigo. Lo que indica que una misma especie puede responder de diferente manera en su crecimiento dependiendo de la cepa micorrizica utilizada, por lo tanto se observa que tienen diferente comportamiento aun siendo de la misma especie.

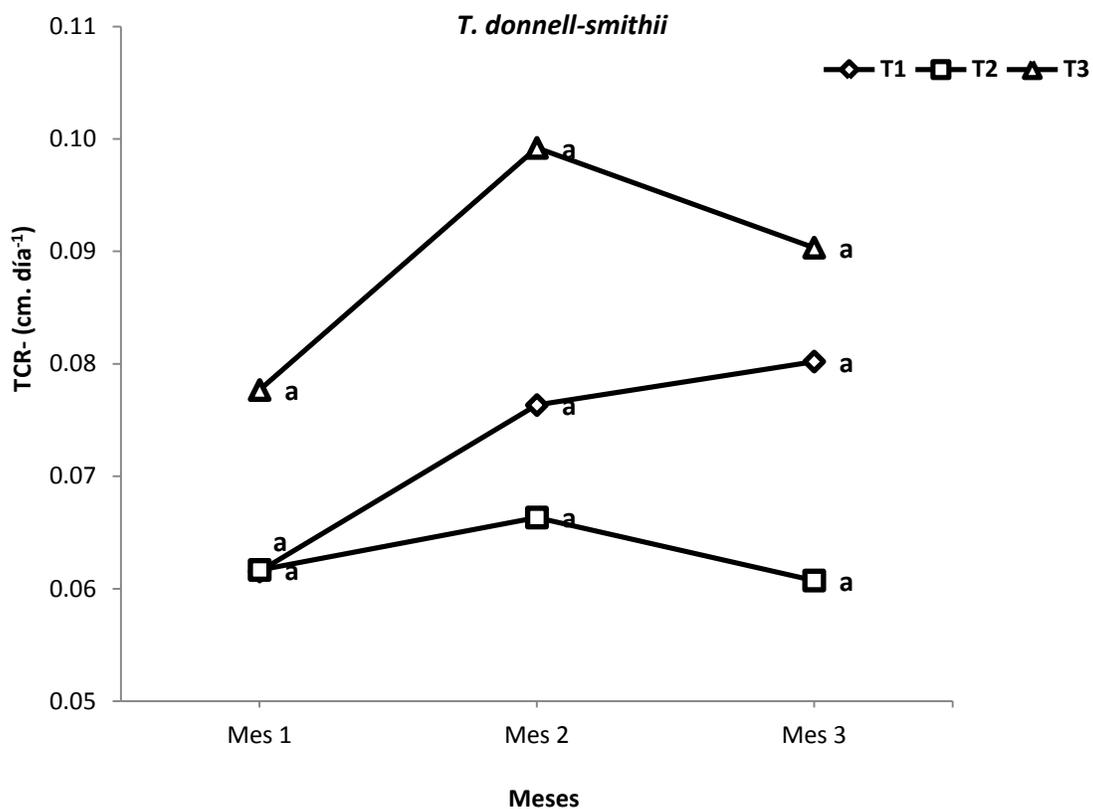


Figura 4. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El comportamiento de la TRC en diámetro para la *T. rosea* fue muy similar entre tratamientos y en cada una de las tres fechas evaluadas (Figura 5). Lo cual indica un efecto nulo de la presencia micorrízica para esta especie. Muy similar fue lo observado en *T. donnel-smithii* (Figura 7), sin embargo en *H. campechianum* (Figura 6), existió diferencias significativas entre tratamiento, donde, se puede observar, que *G. intraradices* (T2), es el tratamiento que obtuvo una mayor crecimiento en TCR en diámetro para las tres fechas, en comparación con el T1 y T3. Por lo tanto los inóculos tienen diferentes efectos en cada una de las especies estudiadas. Gardezi *et al.*, (1988), estudiaron en *Acacia saligna* el efecto de inoculación con *Rhizobium* y cepas del género *Glomus* sp. y los resultados reportan que los tratamientos con *Glomus* sp. alcanzó un alto incremento en altura y diámetro, respectivamente, por el efecto de la inoculación con la cepa antes mencionada.

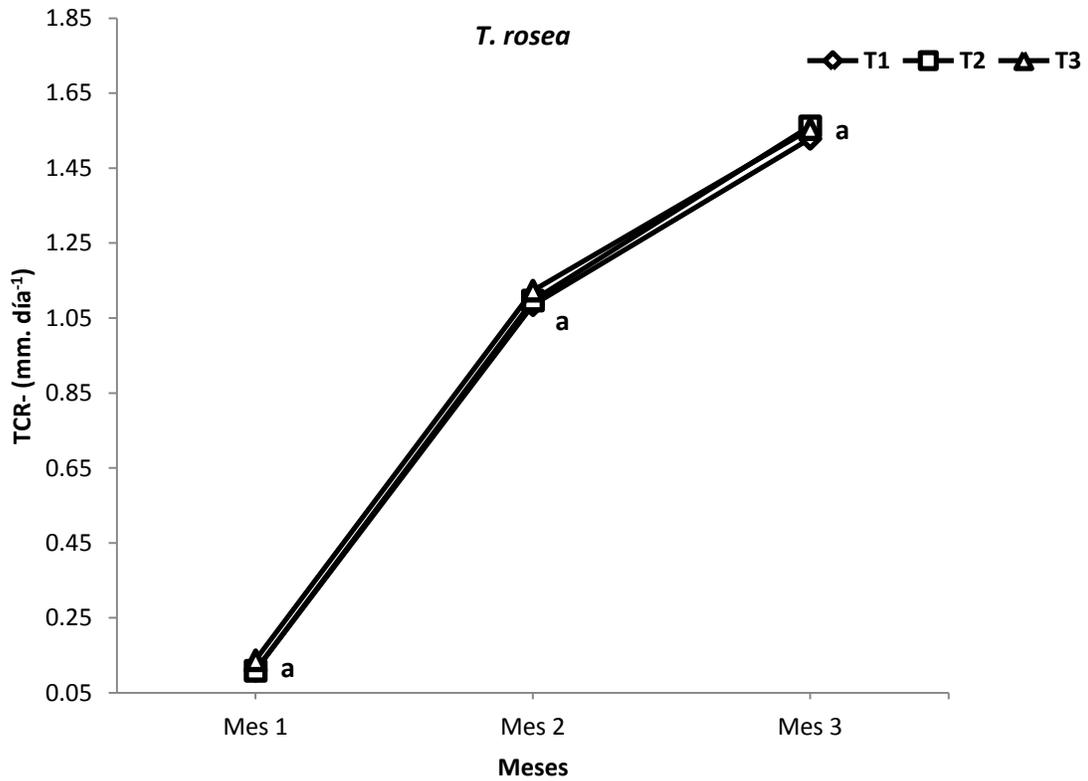


Figura 5. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *T. rosea* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

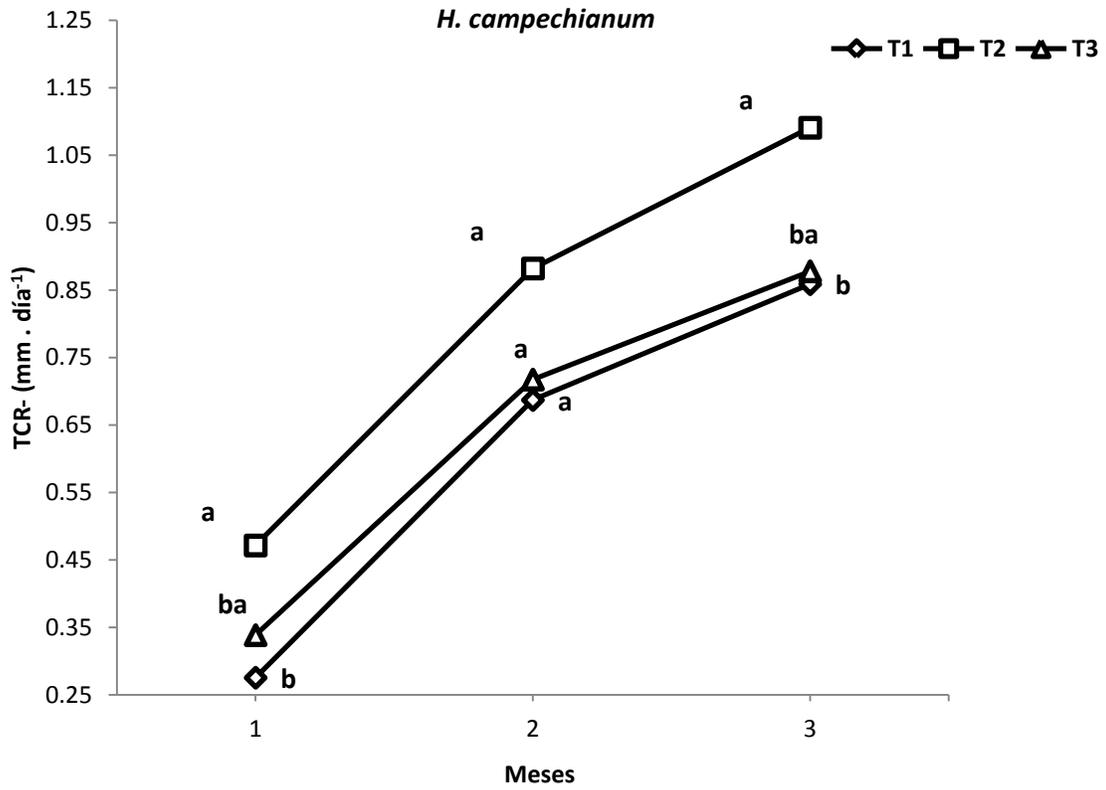


Figura 6. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

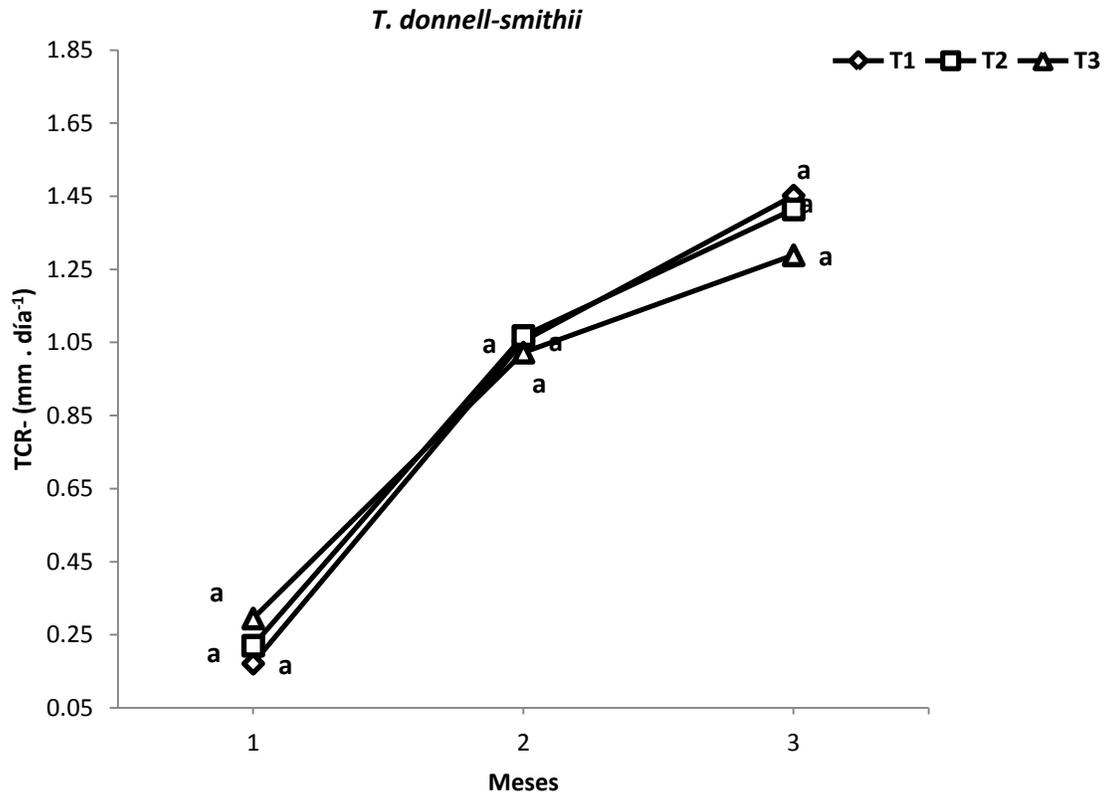


Figura 7. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

4.1.2. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en Altura y Diámetro.

El análisis de varianza para TCA en altura (Cuadro 1) para la especie *T. rosea* e presentó diferencias significativas entre tratamientos en la primera fecha de evaluación (1 mes), en comparación con las otras dos fechas de mediciones, por lo que se puede observar que el efecto de la micorriza con el transcurso del tiempo fue disminuyendo. Para la especie de *H. campechianum*, en el análisis de varianza (Cuadro 1), los resultados confirman que no existen diferencias significativas entre tratamientos (T1, T2 y T3) en ninguna de las fechas, los tratamientos tuvieron el mismo comportamiento que la planta testigo (T1). Lo anterior concuerda con lo encontrado en los resultados obtenidos por Ríos (1994), donde plantas de *Acacia schaffneri* fueron inoculadas con *Glomus* sp. (Zac-1), no se observó que la presencia del HMVA haya favorecido el crecimiento en altura y diámetro, ya que los resultados fueron similares a la planta testigo. Lo cual demuestra que no siempre la presencia de la micorriza favorece a la planta hospedante. *T. donnell-smithii*, fue la especie que presentó diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 1), entre tratamiento en las tres fechas de medición. Esto muestra que la asociación micorrízica tiene un efecto distinto en cada una de las especies evaluadas viéndose reflejado en su crecimiento.

No se encontraron diferencias significativas en la especie *T. rosea* entre tratamientos (T1, T2 y T3), para el caso de TCA en diámetro, el comportamiento de los tratamientos fueron similares. *H. campechianum*, solo presentó diferencia significativas entre tratamiento en la primera fecha (1 mes). En *T. donnell-smithii*, los resultados demuestran (Cuadro.1), que solo existe diferencia significativa entre tratamientos en las dos últimas fechas de evaluación, (2 y 3 meses).

En *T. rosea*, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable TCA en altura, en la primera fecha de evaluación (1 mes), donde *G. intraradices* (T2), presentó un crecimiento mayor (1.89 cm) en comparación al T1 (1.17 cm) y T3 (1.65 cm) (Figura 8). Al parecer *G. intraradices* favorece el crecimiento en TCA en altura, aun cuando en el segundo y tercer mes de evaluación T2 no presenta valores significativos. Lo cual concuerda con lo encontrado en la TCR en altura donde *G. intraradices* favorece a esta especie. Al final de la etapa de evaluación se observa el efecto que tiene *G. intraradices* (T2) en *T. rosea* donde se observa una TCA en altura total de las tres mediciones, de 6.64 cm comparada con 4.77 cm (T1) y 5.46 cm (T3) aun cuando estadísticamente no son significativamente diferente. Los resultados obtenidos concuerda con lo encontrados por Cuervo (1997), donde reporta que *T. rosea* presenta mejores resultados en crecimiento en altura y en diámetro cuando están micorrizados que cuando las plantas no se micorrizan, aún cuando no es la misma especie de hongo micorrízico pero si el mismo género (*Glomus*).

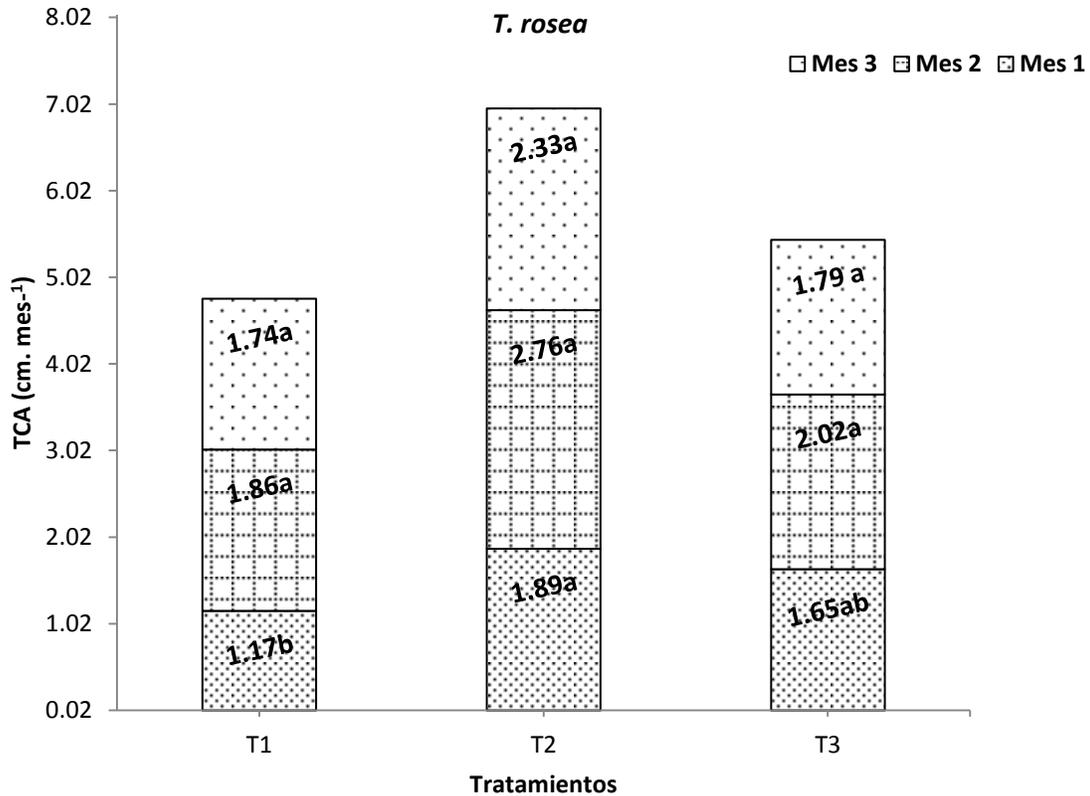


Figura 8. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) en altura, para *T. rosea*, en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

H. campechianum campechianum se ve mayormente favorecido por la presencia de *G. intraradices* (T2) con una TCA de 7.26 cm después de tres meses de crecimiento, comparado con 4.39 cm (T1) y 5.13 cm (T3), sin embargo, a pesar de estas diferencias, los tratamientos no son estadísticamente significativos en ninguna de las fechas de evaluación. Estadísticamente presentaron el mismo comportamiento en cada una de las fechas de evaluación. (Figura 9). Esto se asemeja a lo encontrado por Gadea (2004), donde se inocularon varias especies forestales tropicales (*Calophyllum brasiliense*, *Hyeronima alchorneoides*, *Pentacletha macroloba* y *Tectona grandis*) con micorriza arbuscular

comercial (EcoMic®) la cual funciona como un biofertilizante y contiene esporas de HMVA con un alto grado de pureza y estabilidad biológica tales como el *G. fasciculatum* y *G. clarum*. Al final del experimento no hubo un efecto en crecimiento de las plantas micorrizadas. Con base a lo anterior existen especies que no se benefician en el crecimiento por la presencia de los HMVA y que su comportamiento es similar a los testigos.

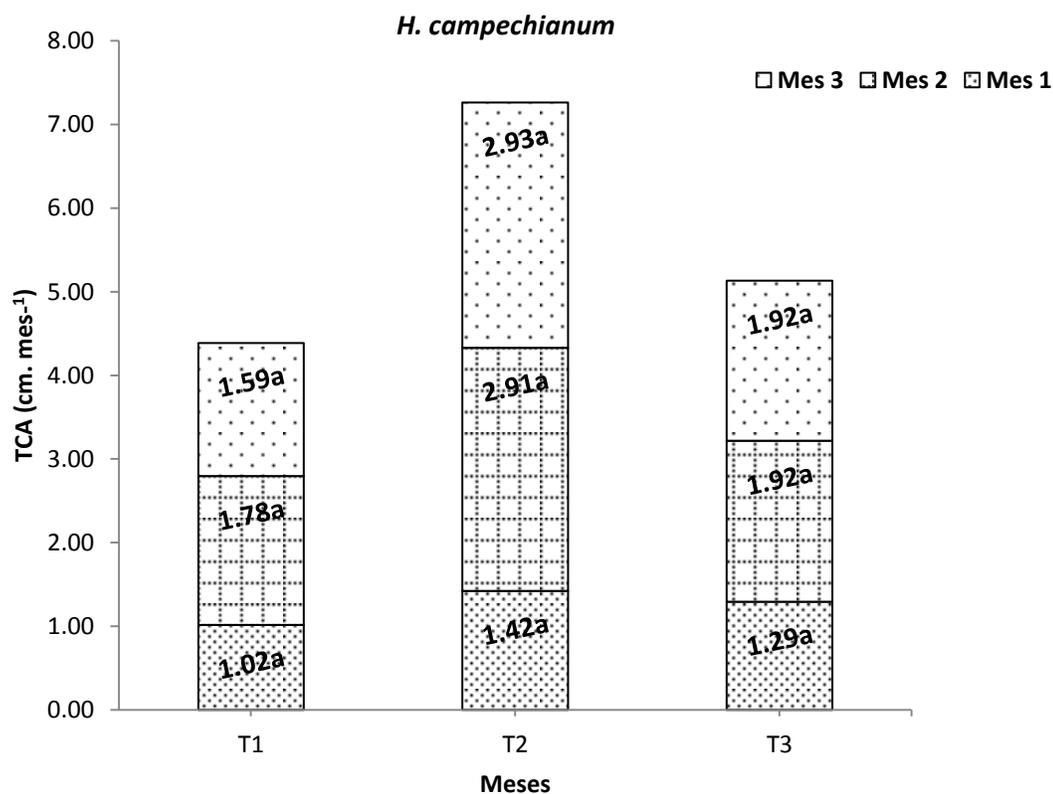


Figura 9. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

Es interesante observar que para el caso de *T. donnell-smithii*, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en todas las fechas de mediciones (Figura

10), sin embargo las mayores TCA en altura se obtuvieron en el testigo (T1) presentando un crecimiento de 5.26 cm en comparación con los tratamientos micorrizados T2 (3.4 cm) y T3 (3.82 cm) respectivamente. Indicando que no hubo ningún efecto positivo en la TCA en altura por efecto de las cepas micorrízicas. Pareciera que en lugar de un efecto positivo fue negativo ya que entre el T1 y el T2 hay una diferencia en TCA en altura de 1.86 cm y entre T1 y T3 fue de 1.44 cm, lo cual fue suficiente para presentar diferencias estadísticamente significativas. Algo similar reportó Gadea (2004) donde las plantas inoculadas se comportaron igual que las plantas testigos, mencionado anteriormente. Sin embargo Zulueta *et al.*, (2000). Reportaron que las plantas micorrizadas con una mezcla MVA, presentaron, un mejor comportamiento en el crecimiento en altura, en comparación a las no micorrizadas.

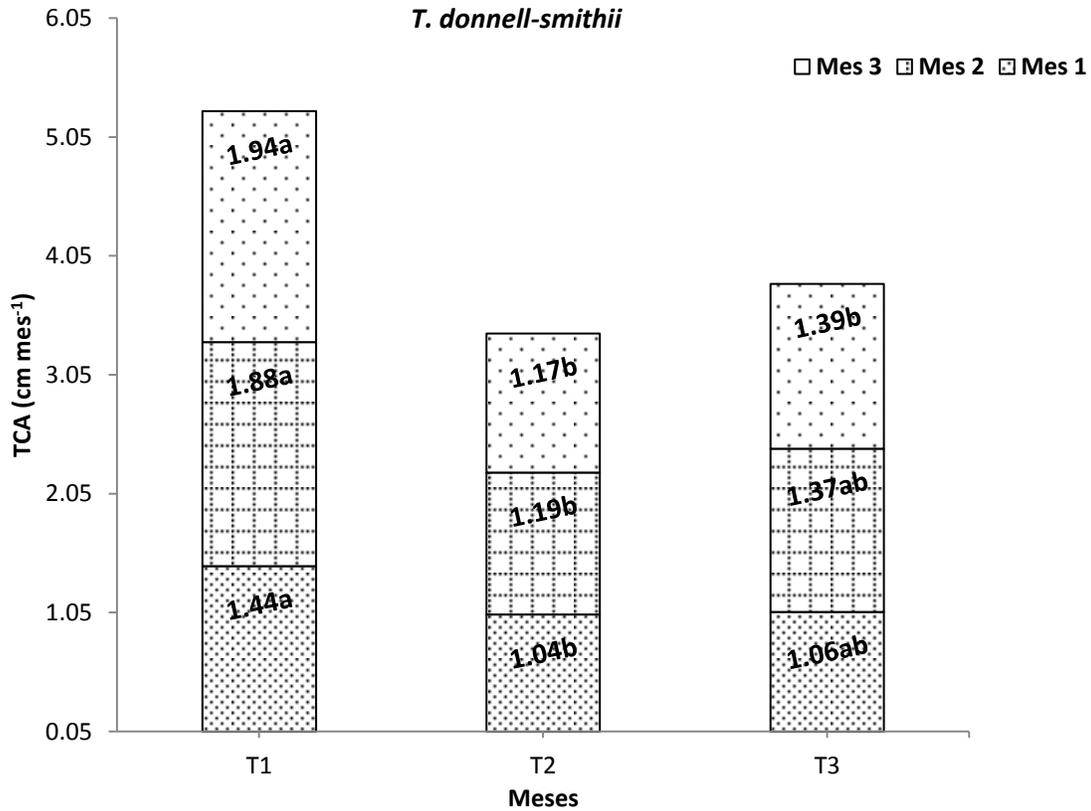


Figura 10. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

La TCA en diámetro fue variable esto fue dependiendo del tipo de especie arbórea, la cepa micorrízica y la fecha de medición. Como se observa en el Cuadro 1, para el caso de *T. rosea*, no existen diferencias significativas, entre tratamiento en ninguna de las fechas evaluadas. Al final todos los tratamientos tuvieron un efecto similar entre tratamiento: (T1- 11.31 mm, T2-11.95 mm y T3- 12.11 mm respectivamente) (Figura 11). Se puede que observar que los valores de TCA inicialmente incrementaron poco y al transcurso del tiempo estos valores incrementaron a mas de 6 mm por mes. Sin embargo los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes.

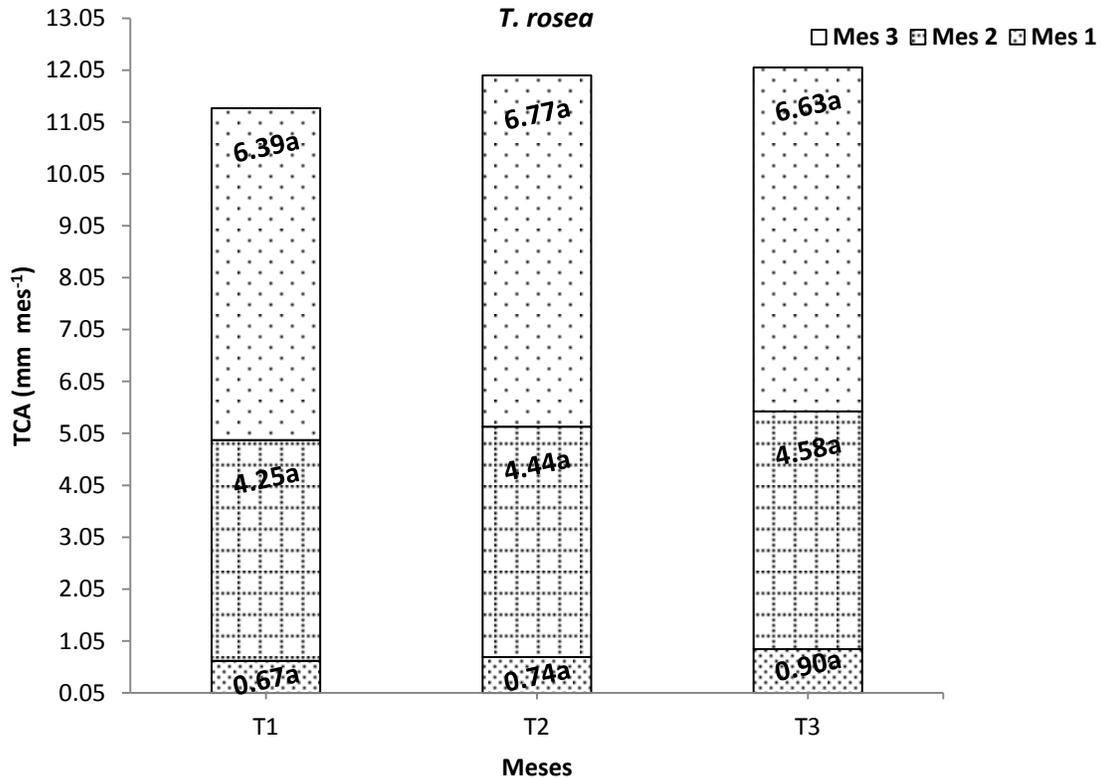


Figura 11. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro. para *T. rosea* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

H. campechianum solo presenta diferencia significativa entre tratamientos, en la primera fecha de evaluación (1 mes), *G. intraradices* (T2), fue la cepa donde se observó una mayor TCA en diámetro (0.80 mm) en comparación del T1 (0.53 mm) y T3 (0.57 mm), en la primera fecha de evaluación. Para las dos siguientes fechas de medición (2 y 3 meses) los valores de los tratamientos, no fueron estadísticamente significativa. El T2 fue el que presentó un mayor TCA en diámetro con un valor promedio total de (6.02 mm) a los 3 meses. Aunque estadísticamente no son significativos fue el tratamiento que presentó un mayor crecimiento a los dos y tres meses de evaluación (Figura 12).

T. donnell-smithii presentó diferencias significativas entre tratamientos en dos fechas de medición (2 y 3 meses) (Figura 13), al igual que en *T. rosea* el tratamiento que presentó la mayor TCA en diámetro fue el tratamiento testigo (T1), en comparación de los tratamientos micorrizados (T2 y T3), sin embargo entre T1 y T2 en la última fecha de medición estadísticamente fueron iguales (10.93 mm y 9.96 mm respectivamente), lo cual no sucedió con el T3 donde la TCA a los tres meses fue de tan solo 4.62 m, por lo tanto *T. donnell-smithii* no se vio favorecida con la presencia de las cepas micorrízicas en TCA.

Lo contrario a lo anterior reportaron, Gardezi *et al.*, (1990), en un estudio donde evaluaron en crecimiento de *Acacia farnesiana*, en tres tipos de suelo y asociada con seis cepas de hongos micorrízicos, dentro de estas seis cepas, se encontró Zac-19, encontrando que todos los tratamientos inoculados con Zac-19, incrementaron la altura de la planta y diámetro de tallo. En la mayoría de los estudios realizados con especies forestales inoculadas con hongos micorrízicos se observa un efecto positivo en el crecimiento comparada con los testigos como lo demuestran estudios realizados en *A. farnesiana* con *G. intraradices* y Zac-19 (Hernández, 2003), *Eucalyptus* sp. (García, 2001; Plascencia *et al.*, 1997), *Eucalyptus* sp. (García, 2001; Plascencia *et al.*, 1997), *Leucaena* sp. (Flores *et al.*, 2000).

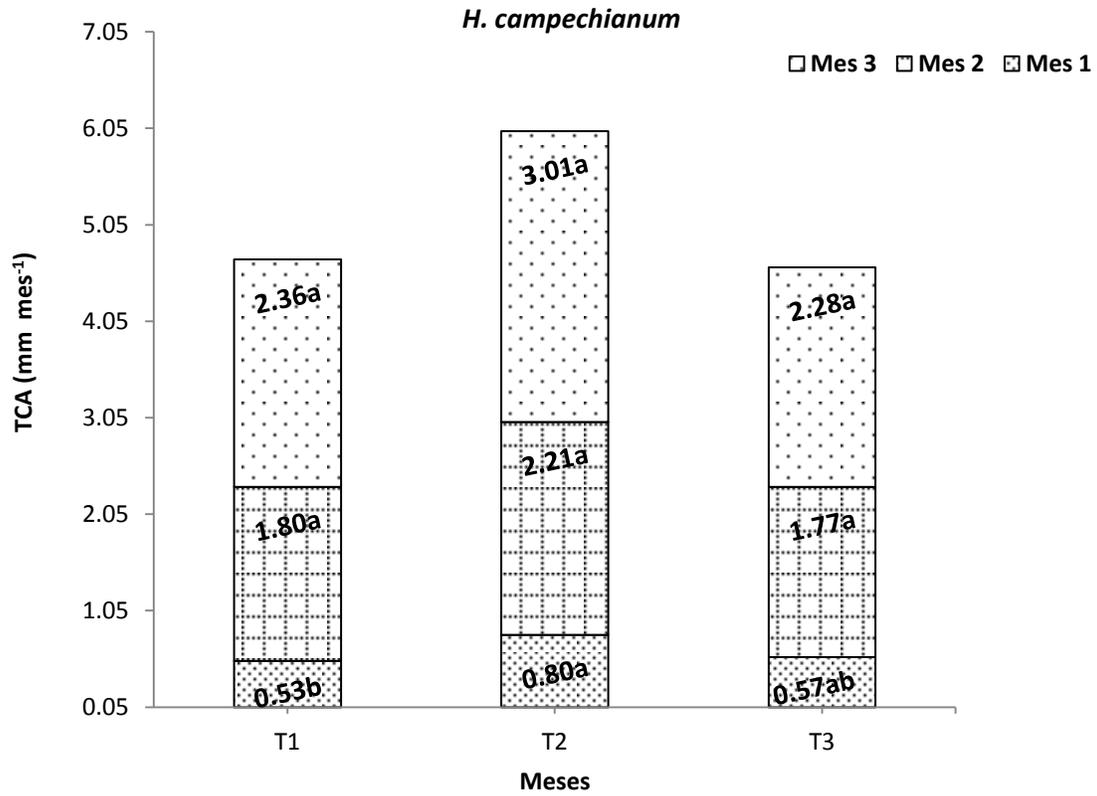


Figura 12. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro, para *H. campechianum* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

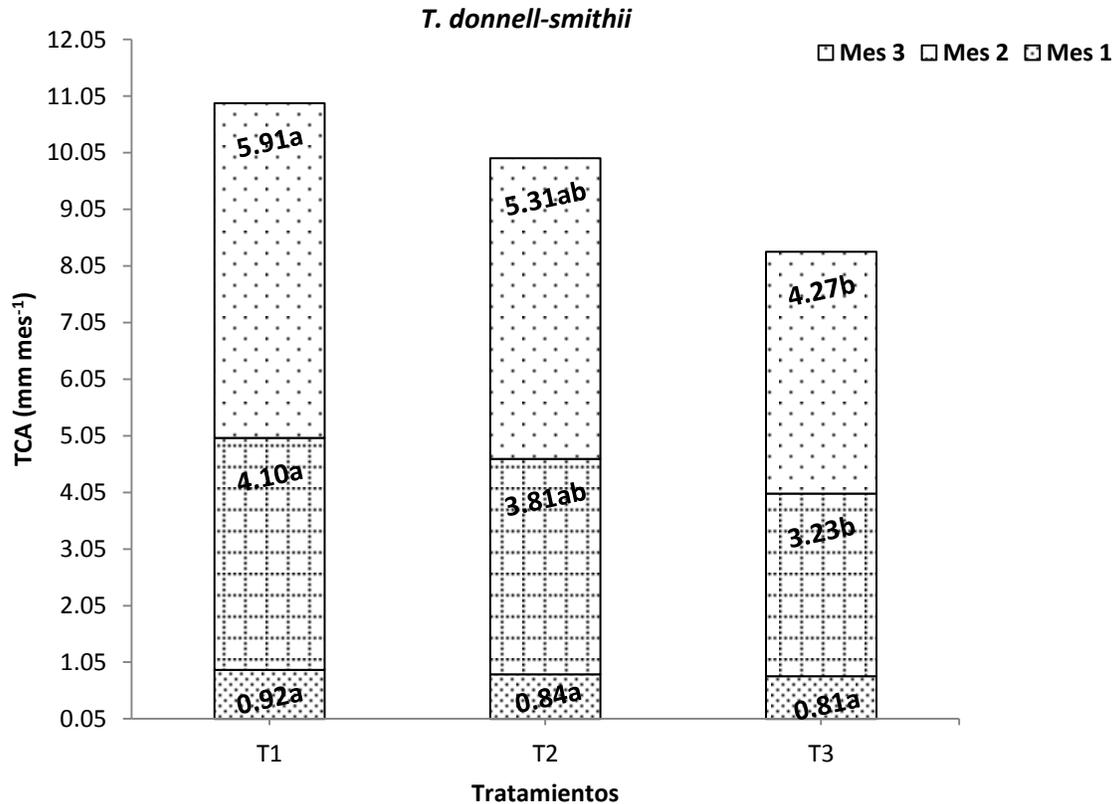


Figura 13. Tasa Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro, para *T. donnell-smithii* en los tres periodos de medición, después de ser inoculado con dos cepas micorrízicas, en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

4.1.3. Biomasa Aérea, Biomasa Radical y Relación Biomasa Aérea/Raíz

Al final del de la fase uno, se realizó un análisis destructivo para las mediciones biomasa aérea (PA), biomasa radical (PR) y la relación parte aérea/raíz (PA/PR) para las tres especies estudiadas. posteriormente se realizó el análisis de varianza (Cuadro 2). *T. rosea* y *H. campechianum*, no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Lo contrario reportaron Gardezi *et al.*, (1990), aunque no fueron las mismas especies arbóreas pero si los mismos inóculos (*G. intraradices* y Zac-19), las plantas inoculadas con *G.*

intraradices, fueron los que presentaron mejor incremento en PA y PR. Por lo tanto podemos observar que los inóculos tienen diferentes efectos de acuerdo a la planta hospedante.

La única especie donde se observaron diferencias significativas entre tratamientos para las variables PA y PR fue *T. donnell-smithii*, pero no para la relación PA/PR, donde la respuesta de los tratamientos inoculados fue similar al T1 (Cuadro 2). Algo similar reportaron Zulueta *et al.*, (2000) donde *T. donnell-smithii* se inoculó con diferente cepa micorrízica, se observó que esta especie si le favorece la presencia de HMVA en las variables mencionadas. Plascencia *et al.*, (1997) mencionan en un estudio realizado en *Eucalyptus* sp. la mayoría de las variables evaluadas con la Zac-19, superaron a las no inoculadas.

Cuadro 2. Análisis de varianza de biomasa aérea (PA), biomasa raíz (PR) y relación biomasa aérea/raíz (PA/PR), para las especies *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, después de tres meses de su inoculación con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>		
	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento
PA	0.83	0.65	0.75	0.16	0.29	0.12	0.006*	0.09	0.006*
PR	0.46	0.54	0.31	0.18	0.22	0.19	0.004*	0.11	0.003*
PA/PR	0.17	0.44	0.09	0.16	0.04*	0.82	0.344	0.38	0.28

Parte aérea (PA), Parte raíz (PR) y Relación Parte aérea y parte raíz (PA/PR). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5%.

Después de analizar los resultados de *T. rosea*, y *H. campechianum*, se observó que no existen diferencias significativas entre tratamientos en PA, PR y relación PA/PR, por lo tanto todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en cada una de las especies mencionadas, es decir, las cepa *G. intraradices* y Zac-19 no promovieron ningún cambio significativo en la producción de biomasa de estas dos especies (Cuadro 3). Sin embargo, para *T. donnell-smithii*, se encontró diferencias significativas entre tratamientos, para las variables PA y PR. Los valores de PA para el T1 fue de 3.84 g y de 2.71 g para T2, estadísticamente diferentes a el T3 con solo 1.87 g. Para el caso de PR T1 y T2 superaron al T3, siendo el T1 quien presentó un mejor resultado (5.95). Aun cuando si hubo diferencias significativas en ambas variables para *T. donnell-smithii*, al momento de calcular la relación PA/PR, se puede observar en los tres tratamientos que no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 3). Por lo que se puede notar que los mayores crecimientos en PA y PR los obtuvo el testigo lo cual no se ha observado en diferentes estudios con diferentes especies forestales como es el caso de *Acacia* sp. (Gardezi, 1988, 1990), *Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus*, (Plascencia *et al.*, 1997), en estos casos, los autores observaron que *Glomus* sp. (Zac.2 y Zac-19), promovieron un incremento del 51% del peso seco del tallo y 33% del peso seco del follaje, para el caso de *Acacia* sp. y para el caso de *Eucalyptus*, los incrementos fueron de 38 y 18%, respectivamente. Para el caso de la PA/PR Plascencia *et al.*, (1997) reportan que las plantas micorrizadas obtuvieron en promedio 35% en esta variable con respecto a la planta testigo. Lunderman y Hendrix (1982) mencionan que la diferencia en los resultados puede deberse a factores como el pH y contenido de la materia orgánica los cuales pueden tener un efecto en la falta de respuesta en crecimiento de las plantas inoculadas.

Cuadro 3. Prueba de medias de: biomasa aérea (PA), biomasa raíz (PR) y relación biomasa aérea/raíz (PA/PR) para las tres especies después de tres meses después de la inoculación con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
PA	7.13a	6.77a	6.45a	0.87a	1.54a	0.77a	3.84a	2.71ab	1.87b
PR	3.51a	4.48a	4.08a	0.44a	0.77a	0.42a	5.95a	4.10ab	2.56b
PA/PR	2.28a	1.57a	1.72a	2.42a	2.26a	2.28a	0.76a	0.67a	0.87a

Parte aérea (PA), Parte raíz (PR) y Relación Parte aérea y parte raíz (PA/PR). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores dentro de cada especie seguida por la misma letra no son significativamente diferentes comparandolo con un valor de (Tukey 0.05).

4.1.4. Índices de Calidad de Planta: Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD)

En el presente experimento se realizó la evaluación de dos índices de calidad de planta en las tres especies estudiadas, índices comúnmente utilizados en los viveros forestales, estos fueron Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Dickson (ICD). Para el IE se realizaron tres mediciones a través del estudio (1, 2 y 3 meses) y para el caso de el ICD se realizó al final de experimento de la fase uno (3 meses). En el Cuadro 4 para el caso del IE, muestra que *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre tratamientos en las fechas evaluadas (1, 2 y 3 meses). La evaluación del ICD en *T. rosea* y *H. campechianum*, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos al final de la evaluación. Sin embargo *T. donnell-smithii*, si presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre tratamientos. Por lo tanto, los tratamientos micorrizados tuvieron diferentes efectos en cada una de las especies evaluadas.

Como se mencionó en el Cuadro 4, para *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, no presentan diferencias significativas entre tratamientos en IE. Por lo tanto, el comportamiento de los tratamientos entre especies fueron similares, sin embargo se puede observar (Cuadro5) que para *T. rosea*, *G. intraradices* (T2), presentó un mejor resultado los cuáles fluctuaron de 3.56 a 3.66. En *H. campechianum* el tratamiento testigo (T1), fue el que un mejor resultado en IE. Para *T. donnell-smithii*, *G. intraradices* (T2) fue mejor en comparación con los demás tratamiento aún cuando no se encontraron diferencias estadísticas.

En ICD, *T. rosea* y *H. campechianum*, no presentan diferencias entre tratamientos, sin embargo se puede observar en el Cuadro 5 que el mejor resultado para las dos especies los presenta el T2 y en el caso de *T. donnell-smithii*, donde T1 (2.18) fue el que un mejor resultado, en comparación con los tratamientos micorrizados. Esto indica que el T1 presentó un mejor ICD, de acuerdo a Duryea, (1985) y Capó, (2001) un valor alto de ICD indica una mejor calidad de planta, es decir existe un balance entre la parte aérea y la parte radical. Sin embargo una planta de calidad, es aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir satisfactoriamnte en las condiciones ambientales del lugar donde serán plantadas.

Cuadro 4. Análisis de varianza de los Índices de calidad de planta; Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para las especies, *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en los diferentes periodos de evaluación después de ser inoculados con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>			
	Fecha (meses)	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento
IE	1	0.23	0.88	0.07	0.06	0.03*	0.34	0.52	0.52	0.39
	2	0.72	0.70	0.51	0.20	0.11	0.43	0.40	0.18	0.73
	3	0.64	0.87	0.33	0.07	0.03*	0.51	0.24	0.18	0.34
ICD	3	0.41	0.43	0.32	0.20	0.31	0.15	0.004*	0.21	0.01*

Índice de Esbeltez (IE), Índice de Calidad de Dickson (ICD). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5%.

Cuadro 5. Prueba de medias de los Índices de calidad de planta para *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, en los diferentes periodos de evaluación después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>			
	Fecha (meses)	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
IE										
	1	4.18a	3.66a	4.20a	7.65a	9.00a	8.01a	3.83a	4.33a	4.43a
	2	4.15a	3.93a	4.19a	7.33a	8.07a	7.63a	4.00a	3.82a	3.88a
	3	3.77a	3.56a	3.86a	7.17a	7.75a	7.65a	3.92a	3.57a	3.83a
ICD										
	3	1.82a	2.28a	1.95a	0.14a	0.24a	0.12a	2.18a	1.57ab	0.94b

Índice de Esbeltez (IE), Índice de Calidad de Dickson (ICD). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores dentro de cada especie seguida por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

4.1.5. Colonización Micorrízica

La evaluación de la colonización micorrízica en las especies estudiadas presentó diferencias estadísticas en cada uno de las características medidas (vesículas, arbusculos, esporas y colonización total). *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, (Cuadro 6), el porcentaje de colonización en vesículas, esporas y colonización total, presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), sin embargo para el porcentaje de arbusculos la única especie donde se observó diferencias significativas entre tratamiento fue *T. rosea*. Estos mismos resultados se han obtenidos en *T. donnell-smithii* y *Cedrela* (Zulueta *et al.*, 2000), donde reportan diferencias estadísticas en la colonización total y en el porcentaje de esporas. De acuerdo con Miranda (1982) el número de esporas en el suelo y el porcentaje de colonización de la raíz puede ser considerado como un indicativo del establecimiento de los hongos en el suelo, más que un indicativo de la efectividad en el crecimiento de las plantas.

Cuadro 6. Análisis de varianza del porcentaje de micorrización, para las especies *T. rosea*, *H. campechianum* y *T. donnell-smithii*, después de tres meses de haberse inoculado con dos cepas de micorrízicas en condiciones de vivero.

Variables	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. donnell-smithii</i>		
	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamiento	Modelo	Bloques	Tratamientos
Vesículas	0.0001**	0.71	0.0001**	0.0001**	0.0111*	0.0001**	0.0001*	0.1160	0.0001**
Arbúsculos	0.0096*	0.06	0.0139*	0.0308	0.0628	0.0628	0.1197	0.1565	0.1525
Esporas	0.0002*	0.79	0.0001**	0.0001**	0.0158*	0.0001**	0.0023*	0.1066	0.0016*
Colonización total	0.0001**	0.021*	0.0001**	0.0001**	0.0059*	0.0001**	0.0005*	0.5768	0.0001**

Porcentaje de micorrización a los 3 meses, Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5% y** altamente significativo al 1%.

T. rosea presentó un mayor porcentaje de colonización total en los tratamientos con *G. intraradices* (T2) (30.09%), comparada con el testigo (T1) (1.07%) y la cepa Zac. 19 (T3) (17.53%). (Figura 14). Se puede decir que esta especie fue una mejor hospedera para T2 *G. intraradices*, así mismo se puede observar que el T2 sigue siendo el que presenta mayor porcentaje sobre la presencia de vesículas, arbuscúlos y esporas, en comparación con el tratamientos testigo (T1) y el tratamiento inoculado con la cepa Zac-19 (T3). En el trabajo realizado por Cuervo (2007), donde estudio el uso de los HMVA en especies tropicales, entre ellas *T. rosea*, demostraron que ésta es una buena hospedera para este tipo de hongos. Sin embargo los porcentajes de colonización fueron superiores para el caso de *Glomus* sp. (60%) inferiores cuando se inocularon con *Gigaspora* sp. (20 %) comparados con lo encontrado en el presente trabajo. La posible respuesta a estas diferencias entre el presente trabajo y el de Cuervo es el uso de diferentes cepas de HMVA lo cual demuestra que la respuesta en el porcentajes de colonización puede variar dependiendo de esto. Amador (2010), reporta en un experimento con *Cedrela odorata*, utilizando diferentes métodos de inoculación con la cepa *G. intraradices*, que si existen diferencias altamente significativas, afirmando que existe un 95% de confiabilidad en infección de las raíces de las plantas. Se puede observar entonces que una misma cepa de HMVA puede tener diferentes árboles hospedantes y que los resultados en el porcentaje de colonización no son siempre idénticas.

Al analizar *H. campechianum* (Figura 14) se observó que el tratamiento con un mayor porcentaje de colonización total, es el tratamiento con Zac-19 (T3) (32.62%), comparado con *G. intraradices* (T2) (24.28) y testigo (T1) (1.70%). El porcentaje en arbuscúlos, para, *H. campechianum* no presentó diferencias significativas entre tratamientos. *T. donnell-smithii*, inoculada con la cepa Zac-19 (T3) (Figura 14), presentó un alto porcentajes de

colonización total, vesículas y esporas, siendo estadísticamente diferentes en los tres casos. La presencia de arbuscúlos la cepa *G. intraradices* (T2) y Zac-19 (T3), no tuvieron un mayor efecto en esta estructura micorrizica, por lo tanto no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. De igual forma Gardezi *et al.*, (2006) en un estudio donde evaluaron la asociación de *Glomus* sp. y *Rhizobium* en suelos contaminados, encontraron que *Glomus* en *Leucaena*, mostrando mayores valores que sin la presencia de *Glomus*. Entre las diferentes cepas estudiadas, el efecto de (Zac-19) fue mejor en comparación con *G. intraradices* en todas las características evaluadas. Estos autores atribuyen estas respuestas a los porcentajes de colonización observadas en las diferentes cepas evaluadas. El porcentaje total promedio observada en (Zac-19) fue de 47.3 % y para *G. intraradices* 42.3 %. Zulueta *et al.*, (2000) reportan resultados diferentes, donde *T. donnell-smithii* inóculado con una mezcla de HMVA, presentó una alta colonización total y en el porcentaje de esporas. Aunque no se especifica la especie de hongos micorrízicos utilizado, los resultados encontrados demuestran que *T. donnell-smithii* se ve beneficiada de la presencia de HMVA.

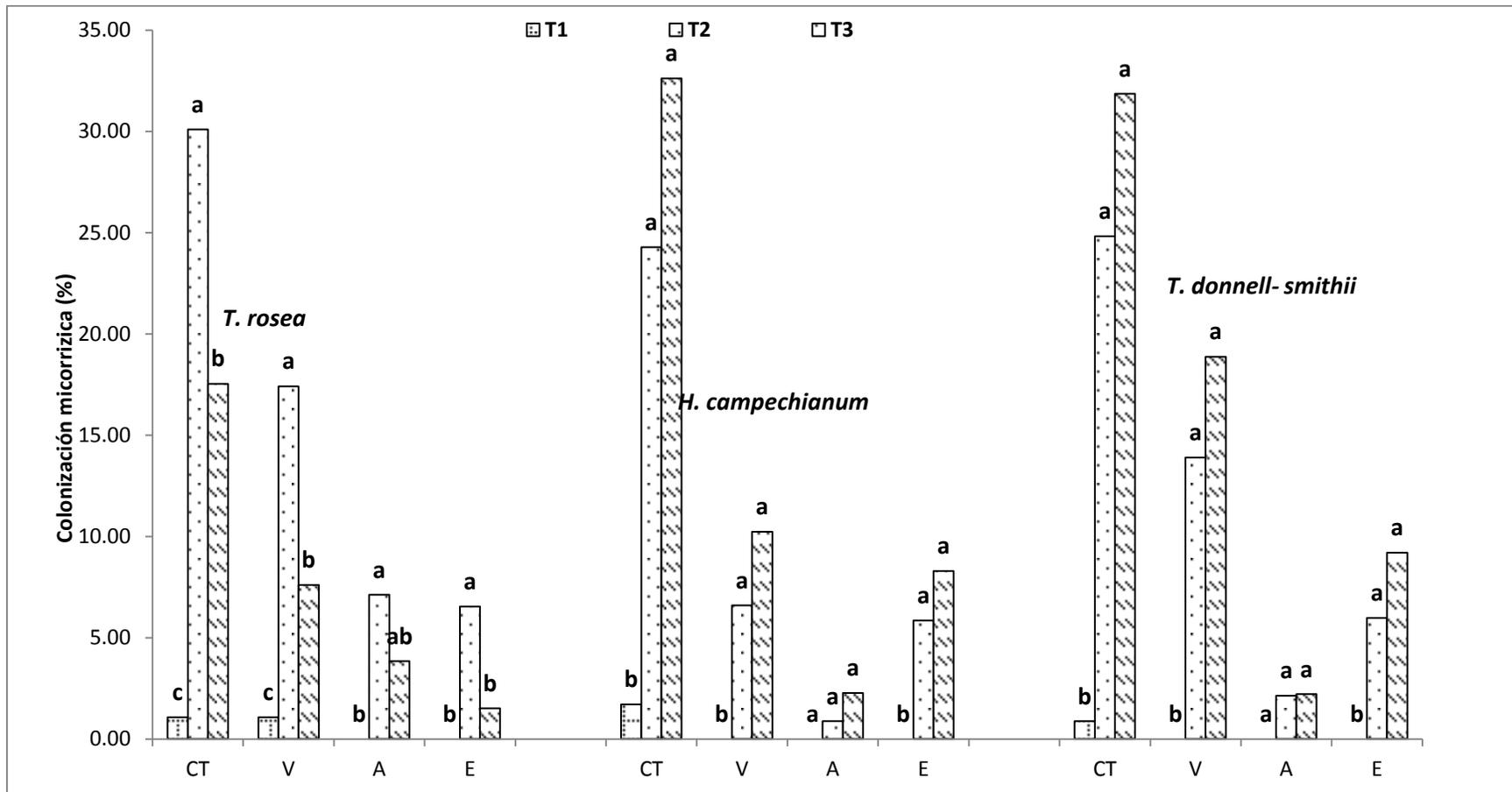


Figura 14. Porcentajes de colonización micorrizica. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E), para las tres especies estudiadas después de tres meses de haberse inoculado con dos cepas micorrizicas en condiciones de vivero. T1= testigo, T2= *G.intraradices* y T3= Zac-19. Valores dentro de cada especie seguida por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

4.2.Fase Dos

4.2.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en Altura y Diámetro para las Plantas Sometidas a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación en Vivero

Durante la inundación se realizaron dos mediciones de las variables TCR y TCA en altura y en diámetro; a 30 días después de iniciado la primera condición de inundación (el agua siempre a un nivel de 5 cm arriba del cuello del tallo-raíz) y la segunda a los 45 días después de la primera medición (después de que el agua drenó de manera normal) (Cuadro 7), en el mismo periodo, se realizaron las mediciones, para las plantas bajo no inundación.

El análisis de varianza para *T. rosea*, en condiciones de inundación no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, en ambas fechas de evaluación en ninguna de las variables evaluadas. Lo mismo se observó para las plantas creciendo bajo condiciones de no inundación, por lo tanto el comportamiento de los tratamientos micorrizados (T2 y T3), fueron similar al tratamiento testigo (T1) en ambas condiciones (Cuadro 7). Para *H. campechianum*, bajo inundación, las variables TCR en altura y diámetro y TCA en diámetro, no se presentan diferencias significativas entre tratamientos en las dos fechas de evaluación, en comparación con la variable TCA en altura en la segunda fecha de medición (45 días), donde los tratamientos si presentan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.0072$), por lo que podemos observar que la inundación no inhibió el crecimiento en TCA en altura particularmente en esta especie (Cuadro 7)

Cuadro 7. Análisis de varianza de las variables morfológicas para las especies *T. rosea* y *H. campechianum*, después de haberse inoculado con dos cepas de micorrízicas y ser sometidos a dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.

VARIABLES	CON INUNDACIÓN			SIN INUNDACIÓN	
		<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>
	(Días)	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
TCR-A	30	0.56	0.43	0.89	0.57
	45	0.65	0.07	0.71	0.31
TCR-D	30	0.45	0.85	0.26	0.01*
	45	0.82	0.21	0.19	0.01*
TCA-A	30	0.58	0.24	0.96	0.29
	45	0.64	0.01*	0.95	0.31
TCA-D	30	0.57	0.92	0.28	0.02*
	45	0.69	0.29	0.22	0.03*

Tasa de crecimiento relativo en altura (TCR-A), Tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCR-D). Tasa de crecimiento absoluto en altura (TCA-A), Tasa de crecimiento absoluto en diámetro (TCA-D). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5%

Aunque no realizaron comparaciones estadísticas entre especies, ni entre condiciones de inundación y no inundación, se puede observar que para *H. campechianum*, en condiciones de no inundación no presenta diferencias significativas en las variables TCR y TCA en altura en ninguna de las fechas de evaluación, sin embargo cuando se hizo la comparación de la TCR y TCA en diámetro, estas variables presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las dos fechas de medición. Se cuenta con muy poca información sobre especies forestales inoculadas con HMVA y su efecto en condiciones de inundación. Los pocos estudios encontrados han evaluado variables como sobrevivencia, la tolerancia a la

inundación, estudios sobre savia, conductividad hidráulica y algunas mediciones morfológicas de la planta como altura y diámetro, Kabrick *et al.*, (2012), realizaron un experimento en laboratorio, simulando las condiciones naturales de suelos inundables, utilizando 6 especies maderables, donde evaluaron altura y diámetro. Cuatro de las seis especies tuvieron un crecimiento positivo en las variables evaluadas en comparación de las otras 2 especies, las cuales sufrieron pérdidas en el crecimiento del tallo por efecto de la inundación. López (2009) realizó un trabajo sobre fisiología y ecología de comunidades arbóreas en hábitats inundables, reportando que las especies dominantes en esa zona alcanzan una altura de 0.60 m antes del periodo de inundación lo que les favorece en el periodo de inundación debido a que pueden mantener sus hojas. Esto apoya lo mencionado por Huenneke y Sharitz (1986) donde las plantas bajo inundación deben de tener una altura por arriba del nivel de inundación, para que puedan sobrevivir a esas condiciones. Además de lo mencionado anteriormente Kabrick *et al.*, (2012) sostiene que algunas especies tolerantes a las inundaciones tienen diferentes respuestas dependiendo del tipo de inundación y las características propias de la especie vegetal.

Los tratamientos no se compararon entre condiciones de inundación (con inundación vs sin inundación), en las figuras 14, 15, 16 y 17, se puede observar que en los tratamientos con inundación como los sin inundación, *T. rosea* y *H. campechianum*, no presentan diferencias estadísticamente significativas, para las fechas de evaluación (30 y 45 días). Sin embargo aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, se puede observar en la Figura 15, que *T. rosea* en la primera fecha de medición (30 días), el tratamiento testigo (T1) presenta una mayor TCR en altura, la siguiente medición fue a los 45 días en para las dos condiciones, el tratamientos *G. intraradices* (T2), fue el que mejor TCR en altura. La

Figura 16, se observa que el comportamiento de *T. rosea* sin inundación fue similar, al comportamiento de la condición con inundación. El T1 siempre fue el mejor en ambas fechas de medición. Podríamos decir que *T. rosea* fue afectada por la inundación durante los primeros 30 días, donde fue una inundación constante pero que a los 45 días después de que la inundación fue bajando paulatinamente, el T2 con *G. intraradices* le dio cierta ventaja en TCR en altura comparada con el T1 y T3. Lo cual no sucedió en cuando ésta especie estuvo bajo condiciones sin inundación. Chable (2007), llevó a cabo un estudio con *Cedrela odorata*, inoculada con *G. intraradices*, en combinación con diferentes porcentaje de vermicomposta, los resultados fueron que se presentó un mayor porcentaje en las estructuras micorrízicas, favoreciendo el incremento de las variables evaluadas. Por otro lado estudios realizados por Cuervo (1997) aunque el experimento no fue en condiciones de inundación pero si con micorriza en la misma especie, reporta que *T. rosea*, inoculada con HMVA (*Glomus*), presenta mejores crecimientos que las no micorrizadas.

H. campechianum, con inundación en ambas evaluaciones (30 y 45 días) presentó una TCR en altura mayor con *G. intraradices* T2 (Figura 17), superando al T3 y al T1, aun cuando las diferencia no fueron estadísticamente significativas. Se puede observar que en la primera evaluación (a los 30 días) el T2 presentó una TCR en altura de 0.16 cm d^{-1} a diferencia del T3 (0.11 cm d^{-1}) y T1 (0.09 cm d^{-1}). El efecto de la micorriza *G. intraradices* (T2) fue aún más notoria al final de la inundación (45 días), donde la TCR en altura superó al T1 (0.18 cm d^{-1} vs 0.10 cm d^{-1}), lo cual no sucedió en la condición de no inundación (Figura 18). En este último caso, el testigo superó a los otros dos tratamientos (T2 y T3). Lo que parece indicar que en particular esta especie obtiene un beneficio mayor por efecto de la inoculación micorrízica bajo condiciones de inundación, lo cual puede ser una

importante característica para esta especie en los programas de reforestación o restauración en condiciones de inundación. También podemos mencionar que las especies vegetales tanto *T. rosea* como *H. campechinum* responden diferente en esta característica de TCR en altura de manera muy diferente. Aunque los resultados obtenidos en este estudio no fueron significativos, se puede observar que si existe una colonización micorrízica aun cuando las plantas estuvieron bajo una inundación simulada. Algo similar reportó Keeley (1980), donde estudió plántulas de Tupelo, (*Nyssa sylvatica*), crecidas durante un año bajo condiciones de inundación, las cuales fueron inoculadas con *Glomus musseae*, los resultados que presentó al final del experimento encontró que las raíces de Tupelo si establecen asociaciones micorrízicas del género *Glomus*, bajo condiciones de inundación continua. Por lo tanto se puede confirmar que la el género *Glomus* soporta o se desarrolla en zonas con problemas fluviales.

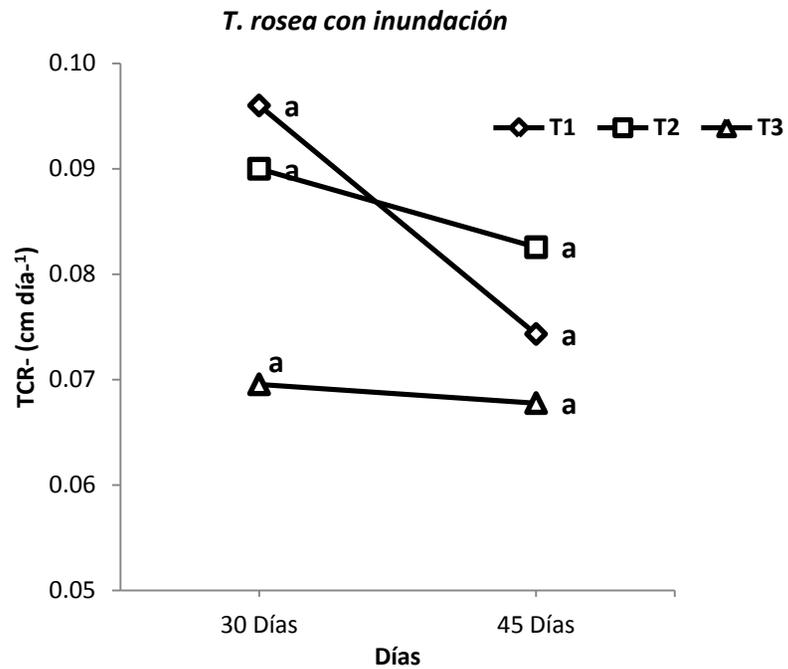


Figura 15. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

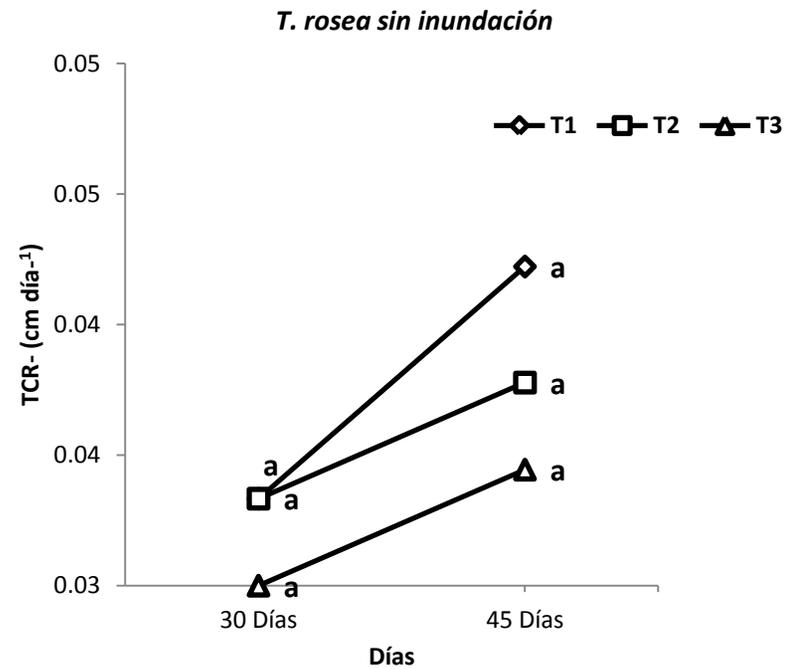


Figura 16. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

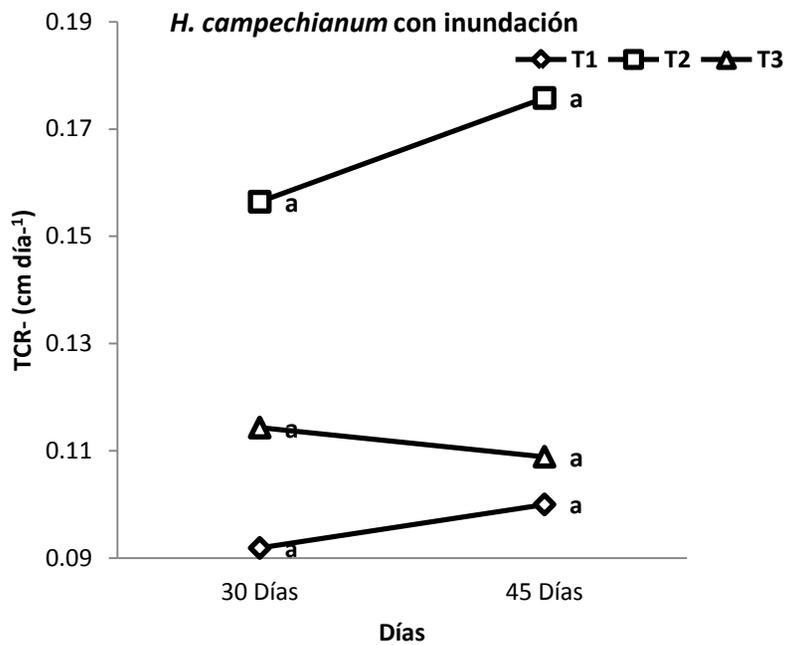


Figura 17. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

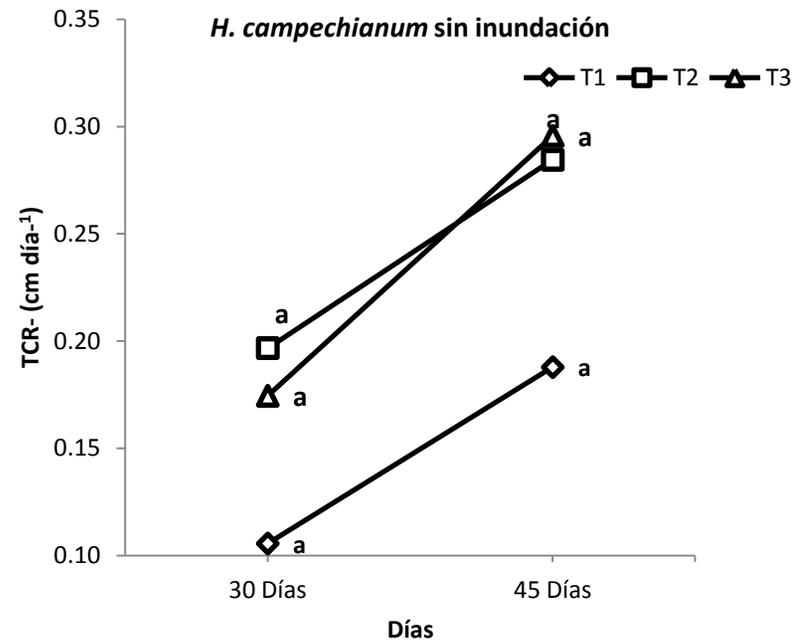


Figura 18. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

Los resultados para la TCR en diámetro se muestran en la Figura 19 y 20, se observa que los tratamientos para ambas condiciones de estudio (con inundación y sin inundación), no presentan diferencias estadísticamente significativas. En la Figura 19 se puede notar que la TCR en diámetro los resultados fueron muy similar entre los tres tratamientos, incluso el T1 (testigo) fue ligeramente mayor que el resto de los tratamientos para *T. rosea*. Lo mismo ocurrió para la condición sin inundación. Aunque estadísticamente los datos no fueron significativos, se puede observar en la Figura 20, que el tratamiento testigo (T1), fue el que un mejor resultado para esta variable en ambas fechas de evaluación (30 y 45 días). En otras especies como *T. donnell-smithii* inoculadas con *Glomus*, se han reportado diferencias significativas en el incremento en diámetro para las plantas micorrizadas en comparación a las no micorrizadas (Zulueta *et al.*, 2000). De igual manera con especies como *Acacia farnesiana* y *Pinus glandulosa* Hernández (2003), reporta un incremento en diámetro en las plantas micorrizadas a diferencia de las no micorrizadas, donde obtuvo valores del 4.3 mm y 3.3 mm en diámetro después de 126 días de haberse inoculado. Los resultados reportados por estos autores se han realizado bajo condiciones normales, es decir sin estar bajo condiciones de ningún tipo de inundación.

En la condición sin inundación el tratamiento Zac-19 (T3), presentó un mejor resultados después de los primeros 30 días de evaluación, sin embargo en la segunda medición (45 días) esta ventaja no se observó, siendo de nueva cuenta el tratamiento T1 el que presentó mejor resultado para la variable antes mencionada. En el caso del *G. intraradices* (T2) fue el que presentó durante todo el periodo de estudio los mejores valores, comparados con los otros dos tratamientos (T1 y T3). Es interesante notar que la presencia de *G. intraradices* (T2) en el caso de TCR en diámetro es menos notoria que el efecto que se tiene sobre la

variable altura, es decir el crecimiento en altura es más beneficiado por la inoculación micorrízica. Algo similar reportó Hernández (2003), ya que tanto para *A. farnesiana* y *P. glandulosa*, asociados con Zac-19, presenta un diámetro de 3.96 mm comparado con el testigo que obtuvo al final del experimento un diámetro de 2.26 mm.

Para la especie *H. campechianum*, en la condición con inundación (Figura 21), los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales al tratamiento testigo (T1), por lo que no se observó diferencias significativas, sin embargo observó que el tratamiento que menor TCR en diámetro presentó fue el T3 (Zac-19). En el caso del T2 (*G. intraradices*) en la primera fecha de evaluación en condiciones de inundación, la TCR en diámetro estuvo por debajo de la del T1, y en la segunda evaluación (45 días) las TCR en diámetro entre el T2 y el T1 se igualaron (0.09 mm d^{-1}), lo cual no sucedió en el caso del T3. La mayoría de los estudios realizados para evaluar el efecto de la presencia de los HMVA en especies forestales en condiciones de no inundación han encontrado que las plantas inoculadas superan a los testigos principales en altura y diámetro como lo demuestran los trabajos realizados por Cardona y Ocampo (1985) y Gardezi (1991). Sin embargo en el presente trabajo estas ventajas en el crecimiento por el efecto de la inoculación no se observaron ya que estadísticamente no fueron significativas. Sería importante probar otras cepas de HMVA para conocer su efecto en estas variables de crecimiento.

En los tratamientos de la condición de no inundación los resultados fueron estadísticamente significativos en las dos fechas de evaluación (30 y 45 días). La Figura 22, muestra que el tratamiento que mejores resultados fue *G. intraradices* (T2) en TCR en diámetro en comparación con el T1 y T3, por lo tanto en la primera fecha de evaluación, el T2 valores 0.17 mm d^{-1} en comparación con T1 y T3 de 0.08 mm d^{-1} . Esta diferencia fue aún más

notoria en la segunda fecha de evaluación (45 días) del experimento donde la TCR en diámetro en T2 para esta especie fue casi el doble que la TCR en diámetro para los tratamientos T1 y T3 (0.21 vs 0.12 mm d⁻¹). Por lo tanto, las especies inoculadas con diferentes hongos micorrízicos presentan diferentes respuestas en cada una de las variables evaluadas. Observándose que *H. campechianum* se beneficia más de la presencia de los hongos micorrízicos y en particular con la cepa *G. intraradices* (T2) tanto en TRC en altura como en diámetro. Esto coincide con lo mencionado por Flores *et al.*, (2000) donde *G. intraradices* y *G. etunicatum*, presentaron incrementos en diámetro de tallo, así como el acortamiento del tiempo para alcanzar la altura óptima de trasplante. Por lo tanto *G. intraradices*, tiene buena asociación a diferentes especies arbóreas.

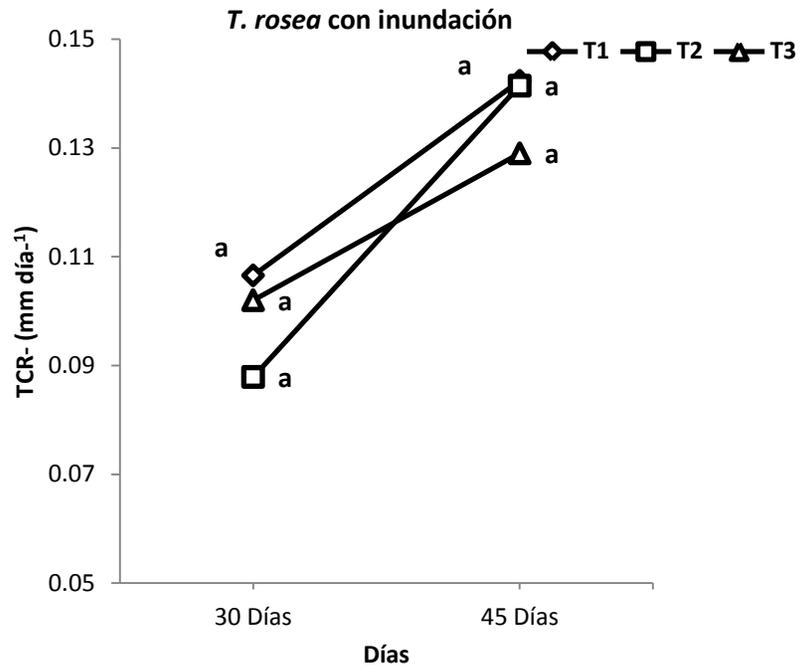


Figura 19. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

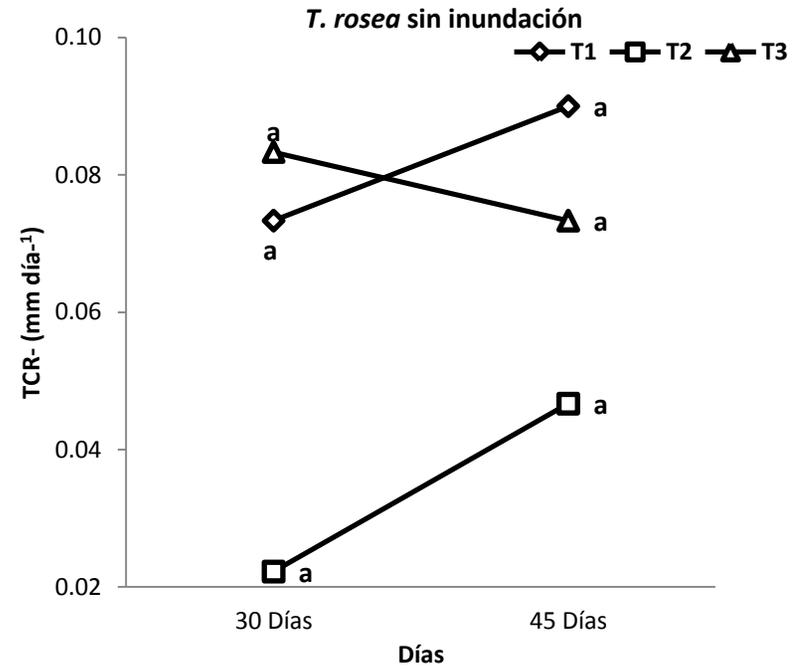


Figura 20. Tasa de Crecimiento Relativo TCR en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

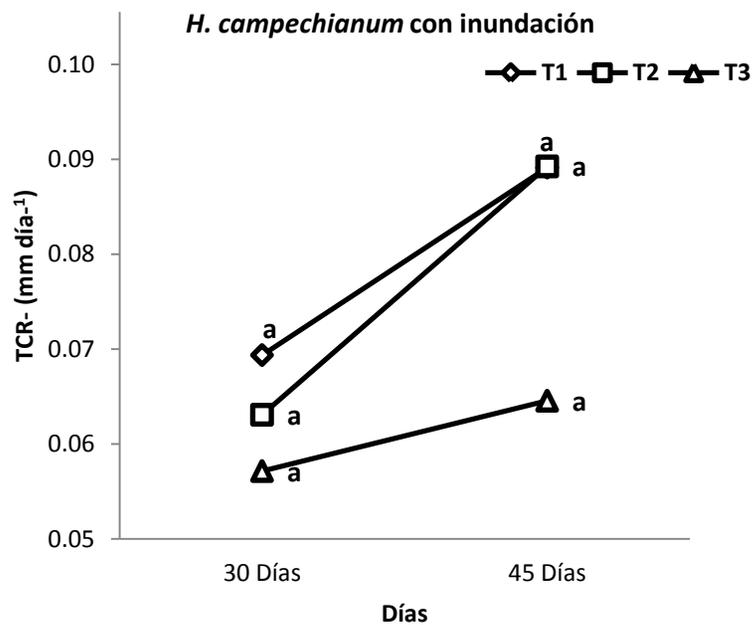


Figura 21. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

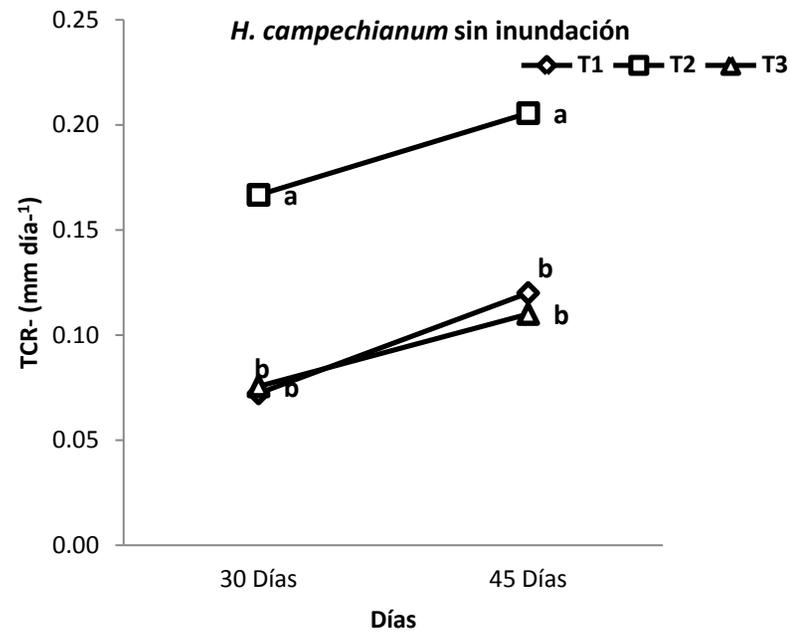


Figura 22. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

4.2.2. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en Altura y Diámetro Sometidos a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación en Vivero.

Para la variable TCA en altura de *T. rosea*, con inundación y sin inundación los tratamientos inoculados se comportaron similares al tratamiento testigo, como se observa en el análisis de varianza (Cuadro 7), los resultados de los tratamientos no fueron estadísticamente significativos en ninguna de las condiciones evaluadas. A pesar que los resultados de los tratamientos con inundación no fueron significativos, se puede observar que el tratamiento testigo (T1) y el tratamiento *G. intraradices* (T2), tuvieron un mejor comportamiento en comparación Zac-19 (T3). Al final de la evaluación T1 y T2 presentaron TCA de 7.02 y 7.23 cm comparado con el T3 que presentó una TCA de solo 5.73 cm. (Figura 23).

Así mismo, para las condiciones sin inundación (Figura 24) los resultados de los tratamientos no fueron estadísticamente significativos, se puede observar que los tratamientos tuvieron un comportamiento similar entre ellos, ya que se puede observar que los tres tratamientos presentan TCA al final del experimento de 2.69 cm (T1), 2.65cm (T2) y 2.51 cm (T3) respectivamente.

Si se comparan ambas Figuras (9 y 10) se observa que *T. rosea* con inundación presentó TCA superiores a las TCA en condiciones de no inundación, por ejemplo T1 en condiciones de inundación al final del periodo de evaluación presentó una TCA de 7.02 cm y en condiciones de no inundación de 2.69 cm. De igual manera fue para T2 con 7.23 cm vs 2.65 cm y T3 5.73 vs 2.51. Lo cual parece indicar que las condiciones de inundación

favorecen el crecimiento de esta especie independientemente de la presencia del hongo micorrízico.

Para el caso de *H. campechianum*, con inundación (Figura. 25), no existen diferencias significativas entre tratamiento en la primera fecha de evaluación (30 días), por lo que el tratamiento *G. intraradices* (T2) y Zac-19 (T3), fueron similar al tratamiento testigo (T1). Sin embargo en la segunda fecha de medición (45 días) los tratamientos presentaron diferencias significativas. Donde *G. intraradices* (T2) presentó un resultado mayor en TCA en altura de 8.95 cm en contraste con T1 con una TCA de 4.36 cm y T3 con 6.20 cm. Para la condición de sin inundación (Figura 26), no se presentó diferencia significativa entre tratamiento en las dos fechas de medición. Sin embargo se puede observar que el tratamiento Zac-19, (T3), fue el tratamiento que la mayor TCA en altura (7.93 cm) al final del experimento, en comparación con el *G. intraradices*, (T2) con una TCA de 6.73 cm y el tratamiento testigo (T1) con 4.22 cm. Es importante notar que dependiendo del tipo de hongo micorrízico y de las condiciones con inundación o sin inundación, la respuesta en TCR o TCA de las especies vegetales será variable y por lo tanto es importante determinar cuál es la mejor asociación micorrízica dependiendo de las condiciones en las cuales las plantas producidas en vivero se establecerán en campo. Resultados presentados por Thatoi *et al.*, (1993), encontró diferencias en el crecimiento de *L. leucocephala* al ser inoculada con *Glomus* en tres diferentes tipos de suelos, los hongos micorrízico que promovieron un mejor crecimiento en altura, fue *G. mosseae*. Esto apoya lo reportado por otros autores como (Aziz y y Sylvia (1991) y Huang *et al.*, (1985) quienes encontraron resultados similares aunque los estudios no se hayan realizado en condiciones de inundación, sin embargo si con la inoculación micorrízica.

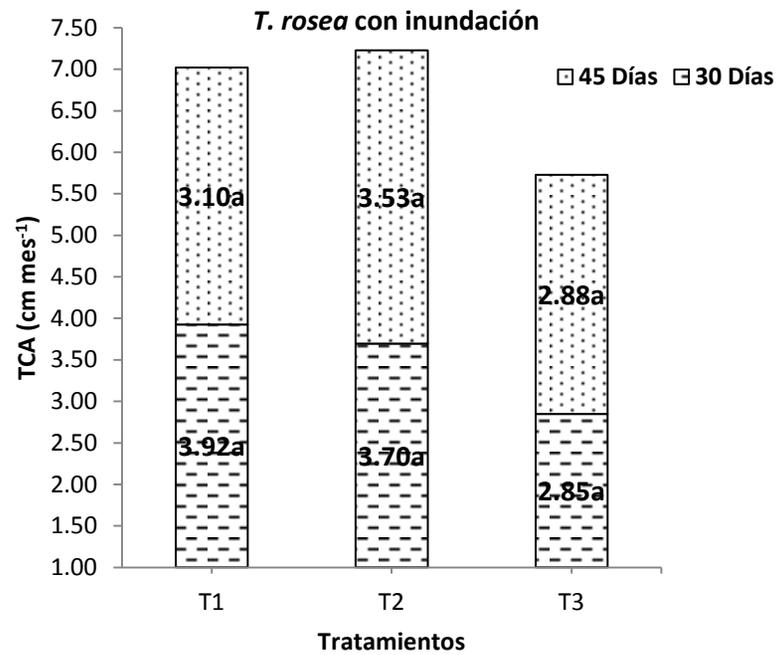


Figura 23. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

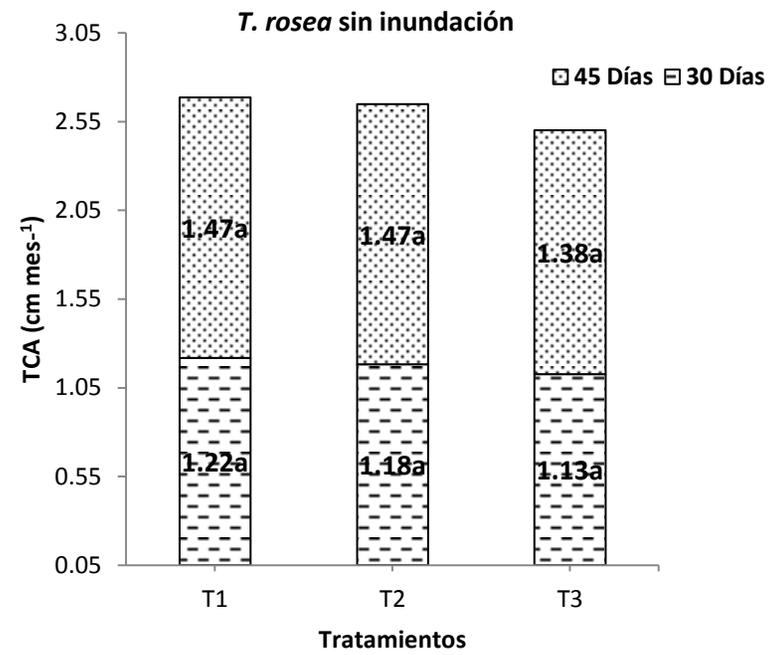


Figura 24. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en altura evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

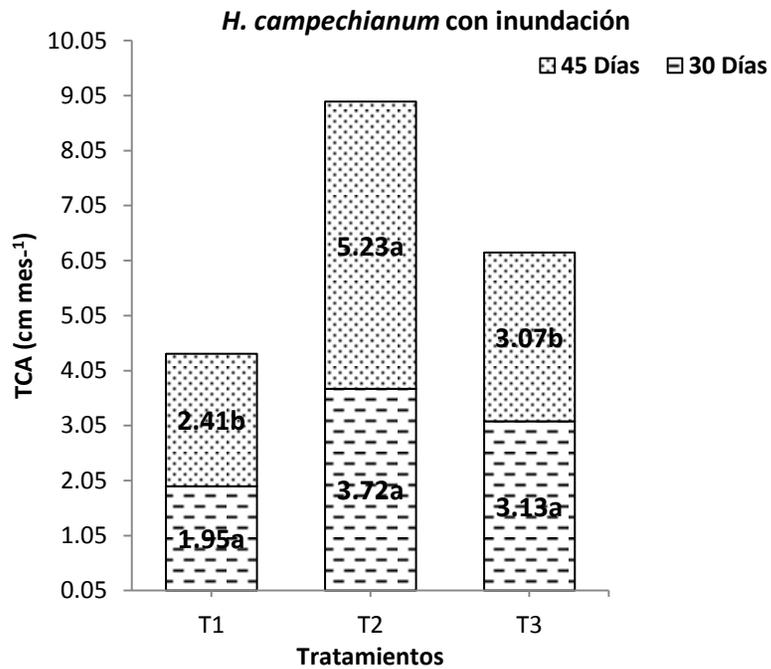


Figura 25. Tasa de Crecimiento Absoluto TCA en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum*, inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

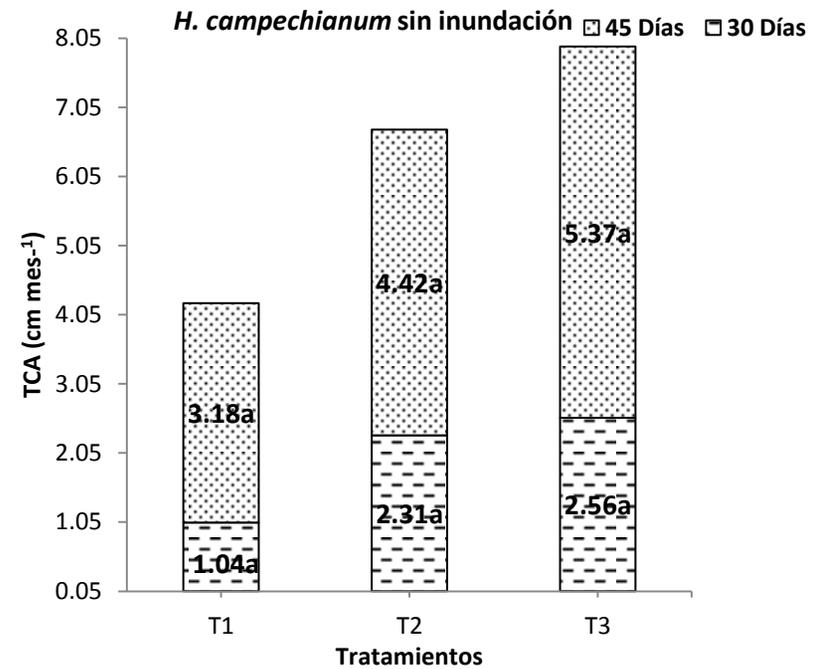


Figura 26. Tasa de Crecimiento absoluto TCA en altura evaluada en dos periodos para *H. campechianum*, inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

Con respecto a la TCA en diámetro *T. rosea*, los resultados no presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las fechas evaluadas tanto en condiciones con inundación como en sin inundación. Aún bajo cuando no presenta diferencias, en la condición de inundación el que una TCA en diámetro mayor fue el testigo (T1 con 2.96 mm al final del experimento, a diferencia de la condición de sin inundación, donde el tratamiento que obtuvo un mayor crecimiento en la variable mencionada fue T3 con una TCA en diámetro de 1.68 (Figura 27 y 28). *T. rosea* presentó mayores resultados de TCA en condiciones con inundación similar a lo observado en esta misma especie cuando se evaluó la TCA en altura (Figura 23). Lo cual pareciera estar favoreciendo a la planta el crecer bajo saturación del suelo. Para *H. campechianum* (Figura 29), en la condición con inundación no presentó diferencias significativas entre tratamientos en las fechas de evaluación, para esta variable. Lo mismo ocurre para la condición de sin inundación (Figura. 30), sin embargo, el tratamiento *G. intraradices*, (T2), fue el que presentó un mayor crecimiento en TCA en diámetro en ambos periodos de evaluación obteniendo un TCA promedio total de 1.14 mm al final de la evaluación, en comparación con T1 con una TCA de 0.50 mm y con 0.60 mm en el T3. Ríos (1994) señala un estudio realizado con *Acacia Schaffneri* inoculado con *Glomus* sp. (Zac-1) donde las plantas no se vieron favorecidas en el crecimiento en altura y diámetro y al final del experimento, estas obtuvieron crecimientos similares al testigo. En cambio Hernández (2003), reporta diferencia en el incremento de las variables morfológicas de plantas, inoculadas con *G. intraradices* y Zac-19, indicando que la cepa Zac-19 proporcionan mayores beneficios a la planta hospedera. Estos autores muestran la importancia que tiene el tipo o la cepa de HMVA utilizado en asociación con la especie arbórea y que cada especie arbórea responderá de diferente manera. Por lo que es importante experimentar con diferentes

HMVA e identificar cuál de ellos tiene la mejor asociación con el árbol al verse reflejada en las variables de interés evaluadas.

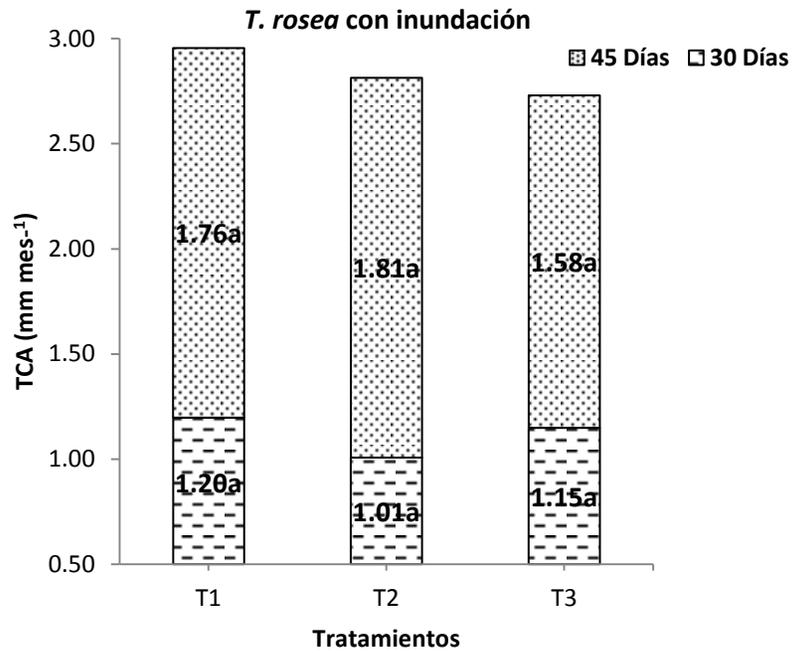


Figura 27.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

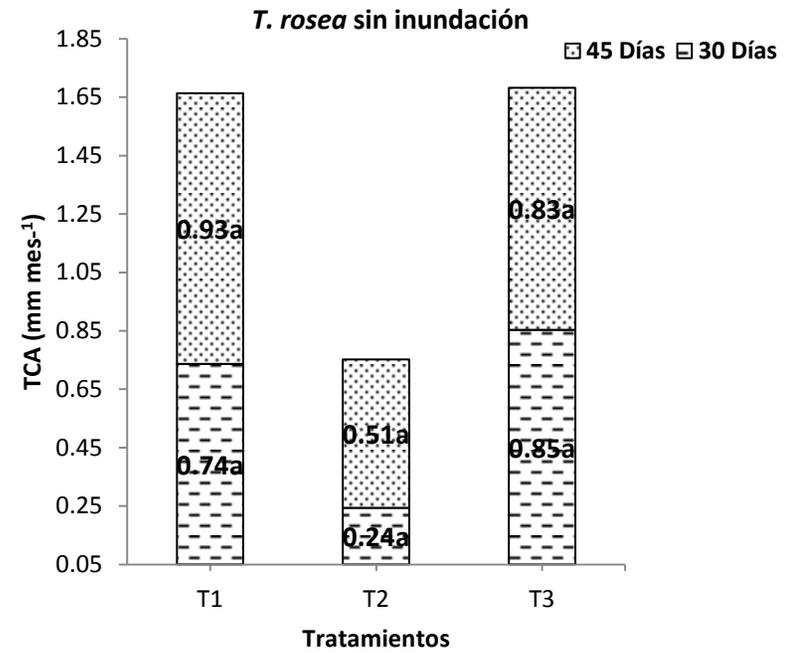


Figura 28.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) en diámetro evaluada en dos periodos para *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

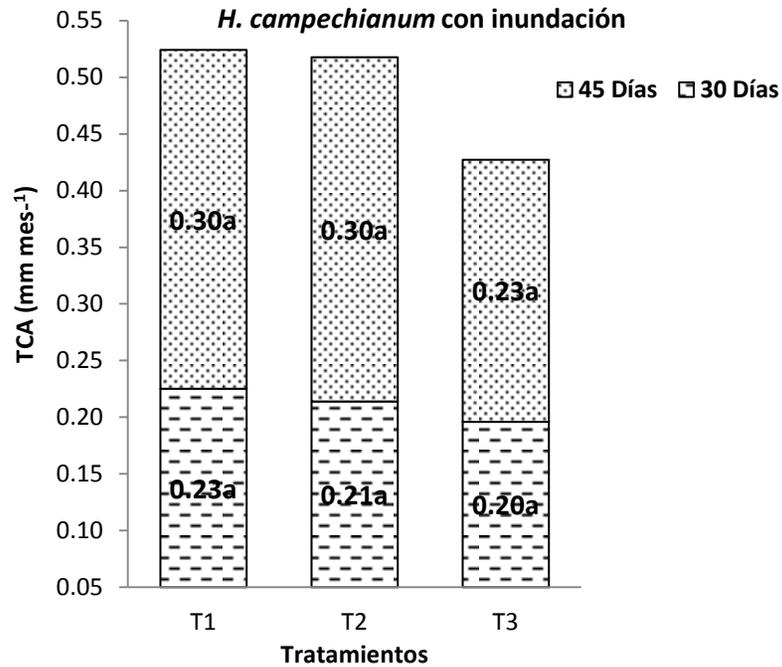


Figura 29.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas con inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

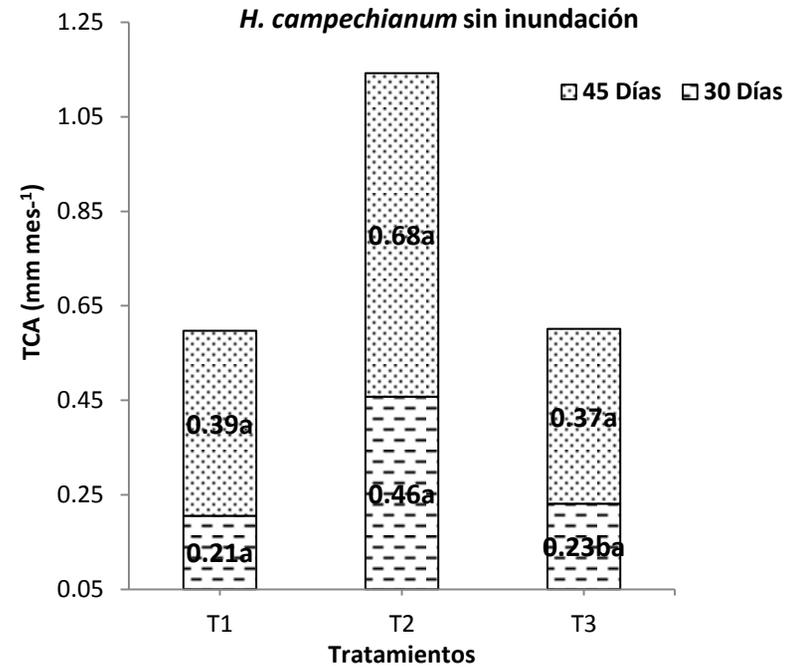


Figura 30.Tasa de Crecimiento Absoluto (TCR) en diámetro evaluada en dos periodos para *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas sin inundación. T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

4.2.3. Biomasa Aérea, Biomasa Radical y Relación Biomasa Aérea/raíz, Sometidos a Dos Condiciones; con Inundación y sin Inundación

Al final del experimento en ambas condiciones, se midió la biomasa aérea (PA), la biomasa radical (PR) y la relación parte aérea/raíz (PA/PR) (Cuadro 8). Los resultados del análisis de varianza para *T. rosea*, no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), en ninguna de las tres variables y condiciones evaluadas. Para *H. campechianum* tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas para PA y PR en ninguno de los tratamientos y en ninguna de las fechas evaluadas en cada una de las condiciones de inundación y no inundación, sin embargo para la relación PA/PR en esta especie en particular si se observaron diferencia estadísticamente significativa en la condición con inundación.

Cuadro 8. Análisis de varianza de biomasa aérea (PA), biomasa radical (PR) y relación parte aérea/raíz para las especies, *T. rosea* y *H. campechianum* inoculadas con dos cepas micorrizicas bajo dos condiciones (con inundación y sin inundación) en condiciones de vivero.

VARIABLES	CON INUNDACIÓN		SIN INUNDACIÓN	
	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>
	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
PA	0.63	0.60	0.32	0.45
PR	0.62	0.92	0.22	0.75
PA/PR	0.99	0.01*	0.76	0.75

Parte aérea (PA), Parte raíz (PR) y Relación Parte aérea y parte raíz (PA/PR). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativos, (Tukey 0.05).

Como se menciono anteriormente *T. rosea* no presenta diferencias significativas entre tratamientos, en ninguna de las dos condiciones evaluadas, por lo que se puede observar, que todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar entre ellos dentro de cada condición (Cuadro 8) y al observar la prueba de medias los valores en las tres variables son muy similares entre tratamientos (Cuadro 9). *H. campechianum*, solo presenta diferencia significativa entre tratamientos, en la condición de inundación (Cuadro 9), donde T2 (*G. intraradices*), es el que presenta un mayor relación PA/PR (3.12) en comparación con los dos tratamientos restantes.

Keeley (1980) obtuvo resultados favorables en plantas inoculadas con *Glomus musseae* bajo condiciones de inundación continua. Las plantas inoculadas con esta cepas obtuvieron un crecimiento mayor en biomasa aérea y una relación menor en raíz en las plantas micorrizadas bajo inundación. En comparación con el estudio realizado en este ensayo, se observa que las especies tienen diferente comportamiento a las variables evaluadas, aun cuando se trate del mismo género de hongo micorrízico. Por otro lado Huang *et al.*, (1985), quienes inocularon plántulas de *L. leucocephala* con *Glomus fasciculatum*, en dicho estudio se reportó que las plantas micorrizadas tuvieron mayor incremento en peso seco de tallo y raíz y PA/PR, bajo condiciones sin inundación. De igual forma, Osonubi *et al.*, (1991), observaron un incremento del área foliar en *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* cuando fueron inoculadas con HMVA y ectomicorrízicos.

Cuadro 9. Prueba de medias de biomasa aérea (PA), biomasa radical (PR), relación parte aérea/raíz (PA/PR) para las especies, *T. rosea* y *H. campechianum*, con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.

VARIABLES	CON INUNDACIÓN						SIN INUNDACIÓN					
	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
PA (g)	16.62a	17.34a	15.24a	1.89a	2.28a	1.62a	10.24a	12.13a	12.01a	1.96a	1.33a	1.96a
PR (g)	11.03a	11.49a	9.68a	0.69a	0.76a	0.79a	7.72a	9.11a	9.53a	1.02a	0.78a	0.99a
PA/PR	1.62a	1.61a	1.60a	2.76ab	3.12a	2.10b	1.33a	1.36a	1.27a	2.09a	2.08a	2.32a

Parte aérea (PA), Parte raíz (PR) y Relación Parte aérea y Parte raíz (PA/PR). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= tratamiento Zac-19. Valores dentro de cada especie seguida por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 0.05).

4.2.4. Índices de Calidad de Planta: Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD).

En las dos especies estudiadas, al final del experimento se realizaron las mediciones de IE e ICD (Cuadro 10), los resultados del análisis de varianza para *T. rosea*, no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, en las condiciones de estudio (con inundación y sin inundación). Para el caso de *H. campechianum*, solo se presentó diferencias significativas para IE en la condición con inundación. En la condición de sin inundación no hubo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro. 10). En relación al efecto de los HMA (*Glomus* y Zac-19), en la calidad de planta, Hernández *et al.*, (2000) reporta, que los tratamientos con presencia de los micobiontes fueron ligeramente superiores a los tratamientos sin inocular no encontrándose diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 10. Análisis de varianza de Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para *T. rosea* y *H. campechianum*, inoculadas con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.

VARIABLES	CON INUNDACIÓN		SIN INUNDACIÓN	
	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>
	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
IE	0.83	0.03*	0.94	0.39
ICD	0.56	0.98	0.35	0.78

Índice de Esbeltez (IE), Índice de Calidad de Dickson (ICD). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativos al 5%.

En el Cuadro 11, se observa que *H. campechianum*, es la única especie que presenta diferencias significativas entre tratamientos para el IE en condiciones con inundación, donde el T1 (7.42) fue el que un mejor resultado en IE, ya que entre menor sea el valor de este índice, de mejor calidad será la planta en comparación con los demás tratamientos (T2= 9.81 y T3= 8.08 respectivamente), es decir la planta es más “robusta” lo cual le puede proporcionar ventajas a la planta en su establecimiento y desempeño en campo, (Santiago *et al.*, 2007). En la condición sin inundación *T. rosea* y *H. campechianum*, los tratamientos T2 y T3 tuvieron un comportamiento similar a T1 testigo, en ambas variables medidas (IE e ICD). Orozco (2010), realizó un estudio en diagnóstico de calidad de planta en vivero con, *Tabebuia* sp., donde presentó un mayor IE en comparación con las otras especies estudiadas en este ensayo, de 10.83 respectivamente. La relación altura/diámetro (IE) es una característica en el vigor de las plantas por lo que a menores valores de esta relación, mejor será el IE (planta más robusta) (Santiago *et al.*, 2007). Así que en el caso particular del presente estudio los resultados muestran que las plantas inoculadas no presentan una ventaja en el IE comparadas con el testigo. De hecho en el caso de *H. campechianum*, el testigo superó en estas características a las plantas inoculadas.

Cuadro 11. Prueba de medias para Índice de Esbeltez (IE) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) para *T. rosea* y *H. campechianum*, inoculadas con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en condiciones de vivero.

VARIABLES	CON INUNDACIÓN						SIN INUNDACIÓN					
	<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>			<i>T. rosea</i>			<i>H. campechianum</i>		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
IE	3.07a	3.11a	3.18a	7.42b	9.81a	8.03ba	3.26a	3.25a	3.30a	6.18a	5.52a	6.94a
ICD	6.16a	6.33a	5.26a	0.24a	0.25a	0.24a	3.96a	4.63a	4.73a	0.35a	0.29a	0.37a

Índice de Esbeltez (IE), Índice de Calidad de Dickson (ICD). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores que presentan (*) son estadísticamente significativos al 5%.

4.2.5. Colonización Micorrízica

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 12), los porcentajes de colonización total, vesícula, arbuscúlos y esporas, en *T. rosea* y *H.campechianum* en las tres mediciones, fueron estadísticamente significativas en ambas condiciones (con y sin inundación). Para la condición con inundación, en *T. rosea* se observa claramente que presentan diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos. *G. intraradices* (T2), mostró el mayor porcentaje de colonización total. Al inicio de la condición con inundación el porcentaje total de colonización fue del 30.1% fecha uno (F1) después de 30 días bajo inundación el valor fue de 30.6% (fecha dos (F2) y al final del experimento (fecha tres (F3) el porcentaje aumento a un 40.8% (Figura 31) lo mismo ocurrió con las estructuras mencionadas anteriormente, dichos porcentajes superaron a los del T1 y todas las fechas de medición (Figura 31). Para *H. campechianum*, solo presenta diferencias significativas en colonización total, ya que en las otras estructuras no se reportó diferencias significativas. En este caso Zac-19 (T3) fue el que presentó un mayor porcentaje de colonización total en particular en la F2 (35.4%), para las otras dos fechas el porcentaje total fue menor particularmente en la última fecha de medición (F3= 25.3). Para *G. intraradices* (T2), con *H. campechianum* se obtuvo un mayor porcentaje de colonización total al final del experimento (F3= 25.3%) (Figura 33). En algunas especies arbóreas como *Casuarina equisetifolia* y *Nyssa sylvatica* la estrategia que estas encontraron fue la generación de raíces adventicias con el propósito de aumentar la disponibilidad de oxígeno. En estas raíces adventicias es donde se localizó la mayor presencia de estructuras de HMVA promoviendo que las plantas tuvieran una mejor adaptación a la inundación en comparación con las no micorrizadas (Keeley,1980; Osundina, 1999). En el presente estudio no se

identificaron raíces adventicias, sin embargo es importante notar que los porcentajes de colonización fueron variables a través del tiempo y en cada especie arbórea, este porcentaje fue mayor en la F3., después de haber pasado por una inundación total de (30 días) y haber disminuido la inundación paulatinamente. Indicando que la presencia de la micorriza puede mantenerse o disminuir durante el periodo de inundación, pero que al momento que la planta vuelve a condiciones de no inundación esta incrementa. Por lo que las plantas pueden beneficiarse de su presencia pasado el estrés de saturación de agua.

En la condición de no inundación, los tratamientos de *T. rosea* presentan diferencias significativas únicamente para colonización total y vesículas, siendo el T2, el que presentó un mayor porcentaje de colonización micorrízica donde para la F1 fue de 30.1%, F2=38.9% y F3 de 24.7 % (Figura 32) Así mismo se puede observar que en la F2 el porcentaje de colonización total tuvo un incremento favorable y a la F3 el porcentaje de colonización disminuyó. *H. campechianum*, (Figura 34), presenta diferencias significativas entre tratamientos, en porcentaje de colonización total y esporas, Zac-19 en la F1 presentó un porcentaje mayor (32.6%) en comparación a los demás tratamientos, para la F2 el que presentó un mayor porcentaje fue *G.intraradices* (T2) (35.4%), pero para la F3 el T2 tuvo una disminución hasta un (15.4%) en colonización total, lo mismo sucedió con el T3, que para la F3 su porcentaje de colonización bajo hasta un 26.3%. En general los porcentajes de colonización micorrízica en este estudio en ambas condiciones; con inundación y sin inundación fueron inferiores a los reportados por otros autores como Chable (2007), quién señala un 46% en colonización total y porcentaje de 46% y 41.15% esporas en *Cedrela odorata*, inoculado con *G. intraradices*. De igual manera Amador (2010), realizó un experimento con muy similar al de Chable (2007) utilizando *Cedrela odorata* y *Glomus*

intraradices, pero usando diferentes métodos de inoculación, Los resultados vuelven a superar a los valores obtenidos en el presente experimento de 51.95% para vesículas, 46.79% en arbusculos y un porcentaje total de 53.55%.

Cuadro 12. Análisis del varianza de porcentaje de micorrización, para las especies *T. rosea* y *H. campechianum*, en diferentes periodos de medición después de haberse inoculado con dos cepas micorrízicas bajo dos condiciones; con inundación y sin inundación en vivero

VARIABLES	CON INUNDACIÓN			SIN INUNDACIÓN	
	Días	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>	<i>T. rosea</i>	<i>H. campechianum</i>
		Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
Colonización total (%)	0	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
	30	0.05*	0.01*	0.02*	0.02*
	45	0.01**	0.03	0.01*	0.02*
Vesículas (%)	0	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
	30	0.02	0.28	0.38	0.10
	45	0.01**	0.58	0.01	0.42
Arbusculos (%)	0	0.02*	0.06	0.02*	0.06
	30	0.18	-----	0.32	-----
	45	0.03	0.42	0.63	-----
Esporas (%)	0	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
	30	0.028	0.32	0.22	-----
	45	0.01**	0.59	0.61	0.09

Porcentaje de micorrización en los diferentes periodos de inundación (F1= inicio de la inundación, F2= 30 días bajo inundación y F3= despuésde 45 dias que el nivel del agua bajo). Valores que presentan (*) son estadísticamente significativas al 5%., (**) altamente significativo (1%).

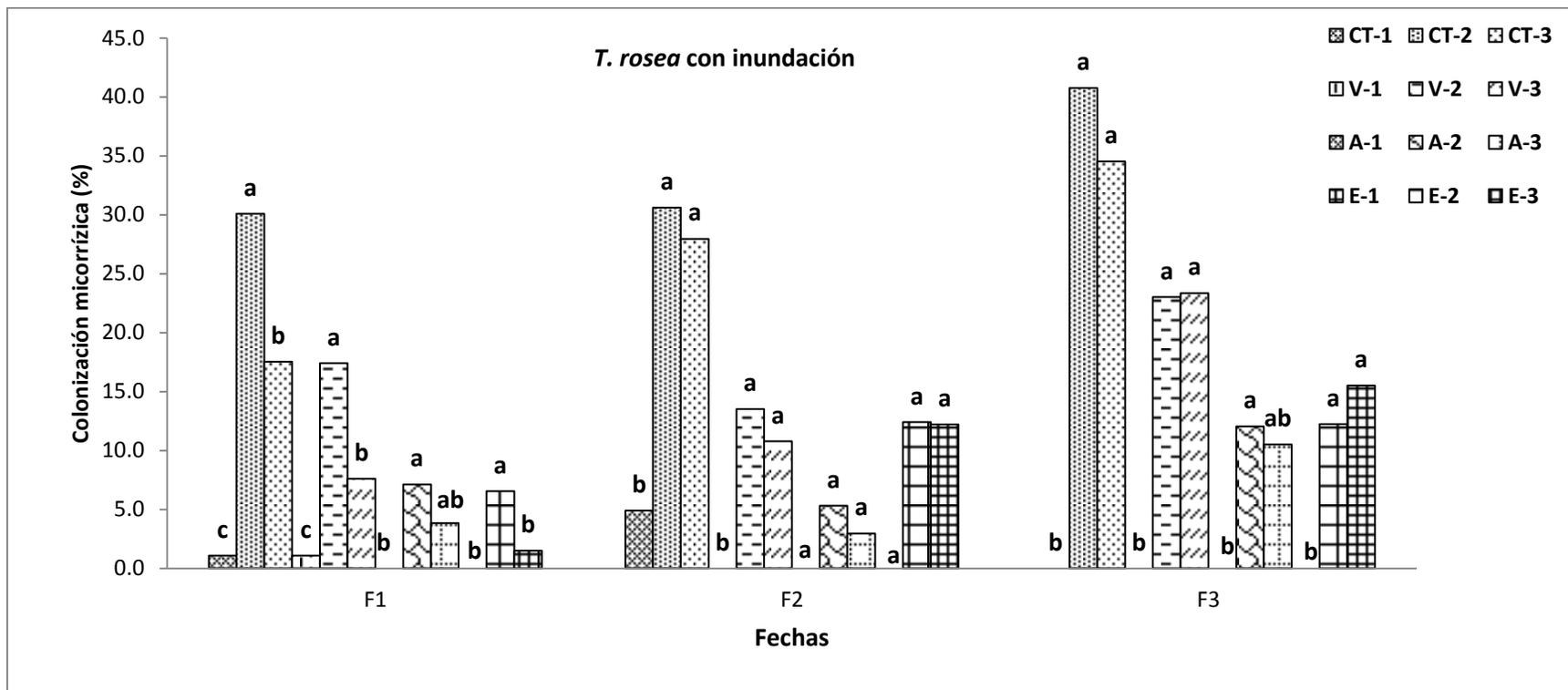


Figura 31. Colonización micorrízica en *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo con inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbuscúlos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

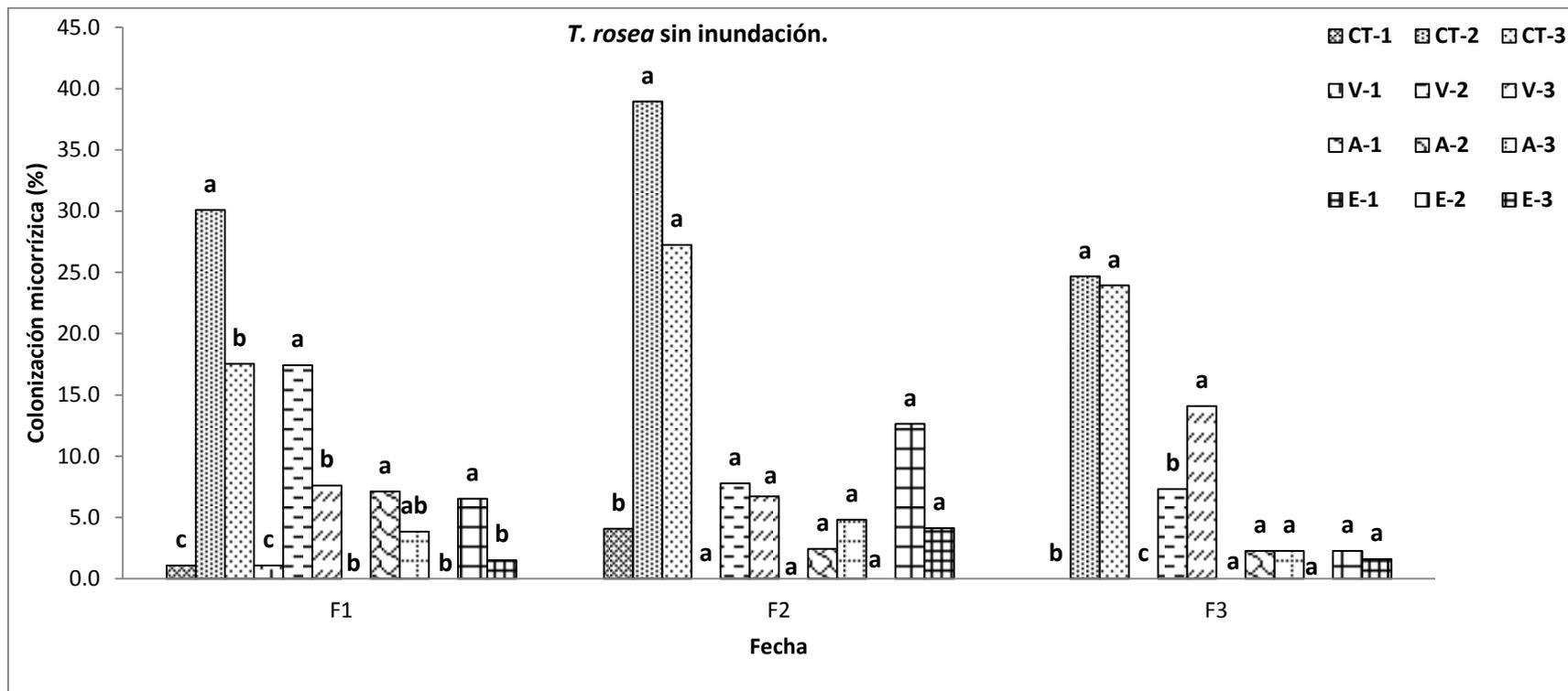


Figura 32. Colonización micorrízica en *T. rosea* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo sin inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= Zac-19. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

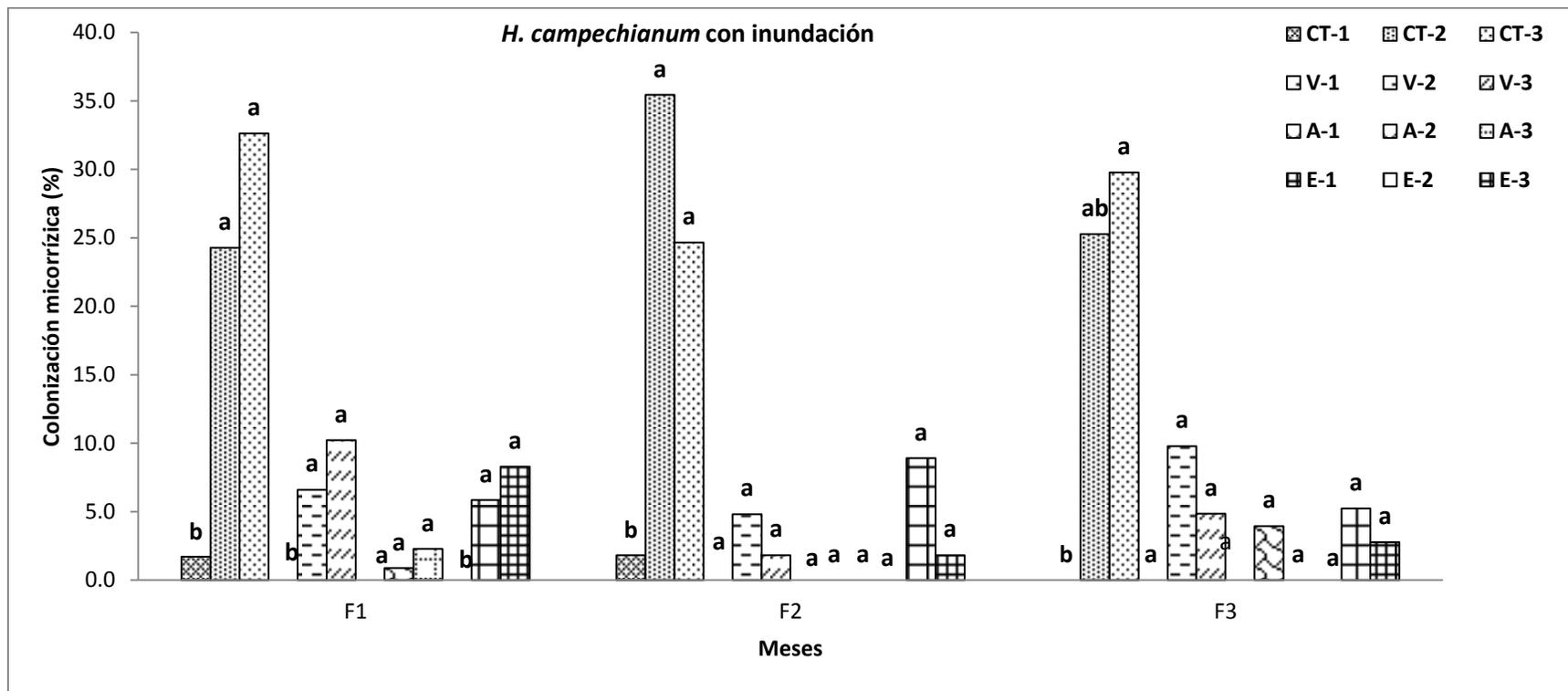


Figura 33. Colonización micorrízica en *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo con inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

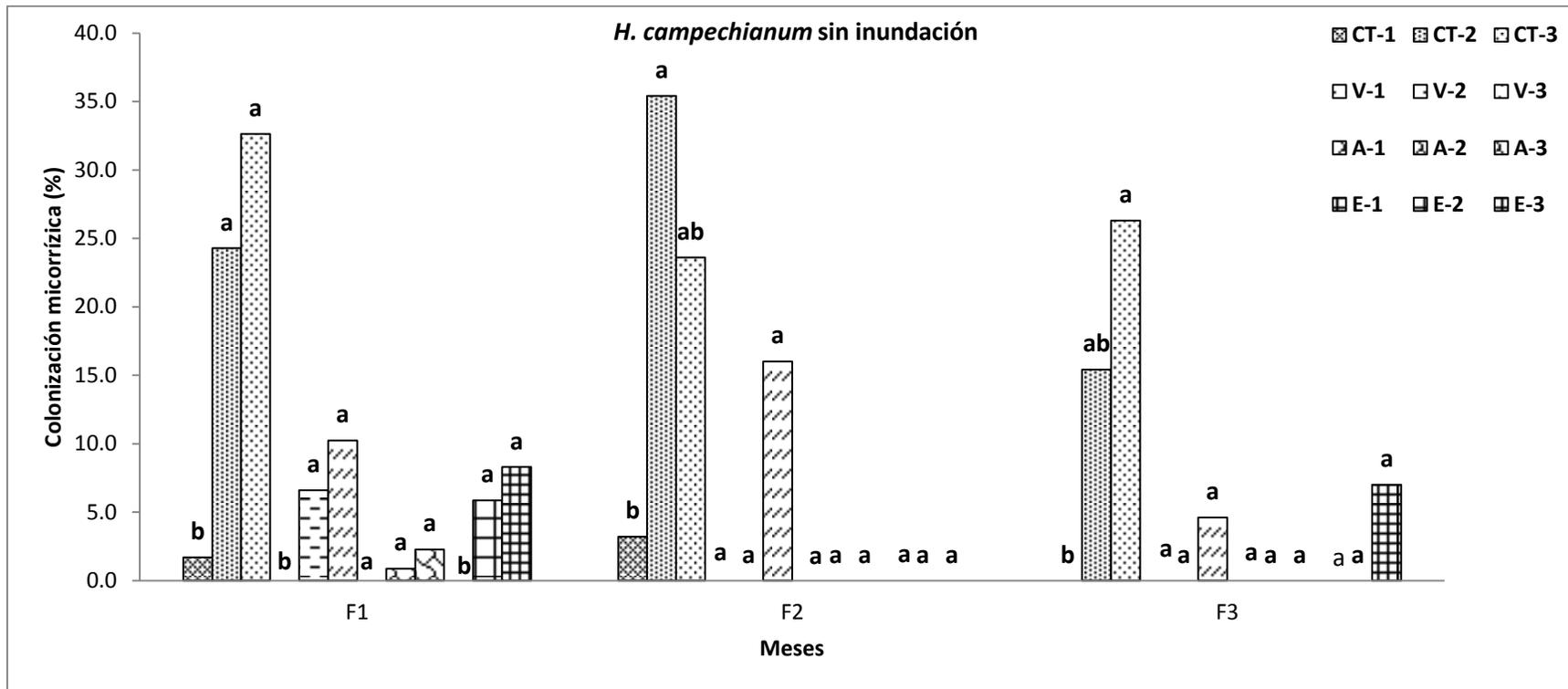


Figura 34. Colonización micorrízica en *H. campechianum* inoculada con dos cepas micorrízicas, creciendo sin inundación en condiciones de vivero. Colonización total (CT), vesículas (V), arbusculos (A) y esporas (E). F1= colonización micorrízica al inicio de la condición con inundación, F2= colonización micorrízica después de 30 días bajo inundación total (hasta un nivel 5 cm. por arriba del cuello del tallo de la planta) y F3= colonización micorrízica (después de 45 días de que el nivel del agua bajó). T1= testigo, T2= *G. intraradices* y T3= *Zac-19*. Valores con letras iguales en la misma fecha y estructuras micorrízicas no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

V. CONCLUSIÓN

La presencia de los hongos micorrízicos en *T. rosea*, tuvo influencia en la TRC en altura, ya que presentaron mejores resultados en comparación con el testigo, siendo *G. intraradices* el de mejor asociación que Zac. 19. Lo contrario se observa en TRC en diámetro, las plantas no se vieron favorecidas por la presencia de HMVA. En *T. donnell-smithii* y *H. campechianum*, la presencia de los hongos no le favorecieron para la obtención de TRC en altura, sin embargo en la variable TRC en diámetro la única especie que se vio favorecida por la presencia de hongos fue *H. campechianum*. Por lo tanto se observó que las presencia de los HMVA tienen diferentes respuestas o comportamientos en cada una de las especies estudiadas.

T. donnell-smithii fue la única especie que se vio favorecida por la presencia de HMVA, en la obtención de biomasa PA y PR. Lo contrario se presentó *T. rosea* y *H. campechianum*, ya que para estas dos especies, la presencia de HMVA no le favorecieron a las plantas para la obtención de biomasa, presentando resultados iguales estadísticamente al testigo.

En índices de calidad de planta, la presencia de los hongos micorrízicos (*G. intraradices* y Zac-19), no favoreció el Índice de Esbeltez en ninguna de las tres especies evaluadas. Algo diferente se presentó en ICD, ya que la presencia de Zac-19 en *T. donnell-smithii* le favoreció en la de esta variable.

H. campechianum y *T. donnell-smithii* fueron las dos especies que presentaron un mayor porcentaje de colonización micorrizica inoculadas con Zac-19. Siendo similares para en las estructuras, arbusculos, vesículas y esporas. *T. rosea* es un mejor hospedante para *G. intraradices* ya que presentó un mayor porcentaje de colonización.

A pesar de que en las especies estudiadas se observó la presencia de HMVA, obteniéndose porcentajes de colonización total máximo de 40% su presencia no se vio reflejado de una manera tan notoria en las respuestas de las variables evaluadas en las condiciones con inundación y sin inundación. La presencia de HMVA en las condiciones con inundación no favorecieron a las plantas de *T. rosea* y *H. campechianum* en la obtención de TCA y TCR en altura y diámetro. Algo similar sucedió para *T. rosea* en la condición de no inundación, ya que los HMVA no reflejaron mejores resultados en TCA y TCR en altura y diámetro. Por otro lado *H. campechianum* solo presentó mejores resultados en TCA y TCR en diámetro, así mismo cabe mencionar que los HMVA tuvieron un mínimo efecto en el incremento en diámetro.

Para los parámetros de calidad de planta sucedió lo mismo ya que la presencia de las micorrizas no favorecieron a las especies para la obtención de los índices, aún en los casos donde la colonización micorrízica fue mayor

Aunado a lo anterior se observó que la presencia de hongos micorrízicos tuvieron diferentes comportamientos en cada una de las variables estudiadas, es posible que se deba al tipo de HMVA y al periodo de duración del experimento. Por lo tanto es recomendable repetir el experimento comparando más HMVA, por un periodo más prolongado de tiempo y probar diferentes niveles o periodos de inundación en condiciones de laboratorio y de campo, además de ampliar el estudio a un mayor número de especies arbóreas tropicales adaptadas a inundaciones.

VI. LITERATURA CITADA

Alarcón, A., J. J. Almaraz S., R. Ferrera C., C. González Ch., M. E. Lara H., M. J. Manjarrez M., R. Quintero L., y S. Santamaría R. 2004. Manual Tecnología de hongos micorrízicos en la producción de especies forestales. Colegio de Postgraduados, Montecillo. SEMARNAT-PRONARE. México. 98 p.

Ascencio, R. J. y F. Maldonado. 2002. El jardín botánico universitario “José Narciso Roviroso” un esfuerzo para la conservación de la flora tabasqueña. *Kuxulkab* Revista de Divulgación 7:34-47.

Aziz, T. y D. Sylvia M. 1991. The symbiotic association between vesicular-arbúscular mycorrhizal fungi and *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports* 12:3-18.

Azcón, A. C. y J. Barea M. 1996. Arbuscular mycorrhizal and biological control of soil-borne plant pathogens. An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6:457-464.

Balán, M .O. C. 2002. Importancia de la conservación de un fragmento de la selva baja inundable (Tintal), en la DACBiol, de la UJAT. *Kuxulkab* Revista de Divulgación 8:39-46.

Barker S.J., D. Tagu, y G. Delp. 1998. Regulation of root and fungal and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. *Plant Physiology* 116:1201-1207.

Bolan, N. S., A. D. Robson, y N. J. Barrow. 1984. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbúscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 16:419-420.

Bueno, J., F. Álvarez, y S. Santiago (2007). Biodiversidad del Estado de Tabasco. CONABIO. Instituto de Biología, UNAM. 270 p.

Burelo, R. C. M. y F Lorea H. 2008. “Sistemática y Filogenia de la Subtribu Pithecocteniinae (Bignoniaceae, Bignoniaceae)” Tesis de Doctorado en Ciencias. Instituto de Ecología, A. C., Relaciones genéricas de la tribu Bignoniaceae (Bignoniaceae). Instituto de Ecología. Xalapa Veracruz. 114 p.

Burelo, C. y F. Lorea H. 2009. Survey of subtribe Pithecocteniinae (Bignoniaceae, Bignoniaceae). Botanical Journal of the Linnean Society. 159: 155-162.

Blanco., F. A. y E. Salas A. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense 21:55-67.

Campoverde, M. y J. Orlando. 2007. Efecto del Sustrato y la Fertilización en el Crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. en Vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo Forestal. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 113 p.

Capó, A. M. A. 2001. Establecimiento de Plantaciones Forestales: Los Ingredientes del Éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. Dirección de Investigación. 207 p.

Castro., M. S. M. 2006. Bacterias endófitas de *Cordia alliodora* Oken y *Tabebuia rosea* Bertold D. C. Potencial como Promotora de Crecimiento Vegetal en la Programación de su Hospedero Tesis de Licenciatura en Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogota D.C. 187 p.

Castellano, M. A. y R. Molina. 1989. Micorriza. *In*: Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonal y J. P. Barnett. Manual de vivero para la producción de especies forestales en contenedor. Volumen 5. El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero. Department of Agricultura, Forest Service. pp. 96-149.

Castellano M.A., 1996. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. *In*: Mukerji K. G. (ed.). Concepts in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands 19:223-301.

Cardona, L. F. y J. Ocampo A. 1985. Estudio de la posible utilización de micorriza VA como fertilizantes biológicos en dos suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología* 44:453-462.

CEPAL, 2002. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Elementos Conceptuales para la Prevención y Reducción de Daños originados por Amenazas Socionaturales. 133p. www.eclac.org/publicaciones/xml/1/23711/lcg2272e.pdf. (Fecha de consulta: Julio, 2012).

CONABIO. 2001. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 263 p.

CONABIO, 2009. Catálogo taxonómico de especies de México, Versión 1.0. *In*: Conocimiento y uso de la biodiversidad. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/conocimientoActual.html>. (Fecha de consulta: Enero 2013).

Evaluación de Plantaciones Forestales Comerciales de *Tabebuia rosea* en el Estado de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (inifap). Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. 69 p.

CONAFOR. 2005. Evaluación del Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales. PROCOREF 2004. 770 p.

CONAFOR y COMESFOR. 2007. Tabasco: Características e Impacto Socioeconómico de las Inundaciones Provocadas a Finales de Octubre y Comienzos de Noviembre de 2007 por el Frente Frío Número 4. Capítulo VI. Pérdida en los sectores económicos, Comisión Nacional Forestal. Agricultura, Ganadería y Pesca. pp 125-145.

CONAFOR, 2007. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/administrador/sistemas/archivoslasdemas/1295030069_ANUARIO_2007.pdf (Fecha de consulta: Noviembre 2012).

Cordero, J. y D. Boshier. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para Extensionistas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Oxford Forestry Institute, Great Britain. Forestry Research Programme. 1079 p.

Cuervo, J. L. 1997. Efecto de Endomicorrizas y Rizobacterias en Plántulas de dos Especies Forestales. Tesis de Maestría en Ciencias. CATIE. Programa de Educación en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Turrialba, Costa Rica. 128 p.

Cuervo, A., L. Jairo., P. Rivas, y G. Gonzalo. 2007. Cuantificación de hongos micorrízicos en muestras de suelos en plantaciones de *Tabebuia rosea* y *Cordia alliodora*. Universidad

Nacional de Colombia. Coordinador Grupo Agroecología del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. NOVA 5:38-41.

Chable, C. C. 2007. Inoculación micorrízica arbúscular y uso de vermicomposta en la producción de plántulas de Cedro (*Cedrela odorata* L.) en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. San Francisco de Campeche Campeche. México. 79 p.

Dickson, A., A. Leaf L. y J. Hosner F. 1960. Seedling quality-soil fertility relationships of White Spruce and Red and White Pine in nurseries. The *Forestry Chronicle* 36:237-241.

Duryea, M. L. 1985. Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, Oregon, U.S.A. 143 p.

FAO, 2007. Características del Sector Forestal. INFORME NACIONAL MEXICO-FAO. Disponible: www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s06.htm. (Fecha de revisión: Julio del 2012).

FIRA. 1992. Establecimiento de Plantaciones Forestales. Banco de México-FIRA. Subdirección Técnica de Evaluación y Asistencia. México, D. F. 50 p.

Flores, B. R., S. Aguilar, R. García, y A. Zamora. 2000. Respuesta de crecimiento en plántulas de *Leucaena* a la micorriza arbúscular en condiciones de vivero. In: A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato (eds). Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbúscular. Mundi Prensa. México. pp 156-161.

Francis, K. J. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose, New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.

García. S. y F. Abraham. 2001. Monografía de *Roseodendron donnel-smithii* (Rose) Miranda. In Musalem, M. A. Curso de Agroforestería. División. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 6-15.

García, N. M. C. 2001. Calidad de Planta de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Bajo dos Tipos de Manejo en Vivero: Poda Aérea y Micorriza Arbúscular. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 81 p.

Gardezi, A. K., C. Ferrera, y V. Lara F. 1988. Effect of the double inoculation of *Rhizobium* sp. and V-A endomycorrhizae on *Acacia cianophylla* andosol in Mexico. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 6:31-33.

Gardezi, A. K., J. Contreras D, P. Guzmán R. A. y C. Ferrera. 1990. Growth of *A. farnesiana* associated with mycorrhizal fungi in three types of mexican soils. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 8:99-102.

Gardezi, A., Q. Barcelo, D. Icela, V. M. Cetina A, B. Laure, N. Pérez J. S. Borja S. y A. Manuel. 2006. Absorción de cobre y características de *Leucaena leucocephala* asociada con *Glomus* sp. y *Rhizobium* en suelo contaminado del Río Lerma, México. *Terra Latinoamericana* 24:347-354.

Geilfus, F. 1989. El árbol al Servicio del Agricultor; Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural. Vol. 2: Guía de Especies. Santo Domingo. Enda-Caribe y CATIE. 377 p.

Gentry, A. H. 1982. Flora de Veracruz: Bignoniaceae. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 222 p.

Gerdemann, J. W. y T. Nicolson H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46:235-244.

Guadarrama, P., G. I. Sánchez., S. J. Álvarez, y Z.J. Ramos. 2004. Hongos y plantas, beneficios a diferentes escalas en micorriza arbusculares. Ciencias 73:38.45.

Harley, J. L. y Smith, S. E. (1983). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, Toronto. 483 p.

Hernández, A. E., R. Ferrera C., L. Fernández L. y R. Rodríguez V. 2000. Ocurrencia de la micorriza arbuscular y bacterias fijadoras de N atmosférico en un suelo contaminado por hidrocarburo. *In*: A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato (eds). Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Mundi Prensa. México. pp. 213-220.

Hernández, M. M. 2003. Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas, establecidas en tres tipos de suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 80 p.

Herrera, A., W. Tezara, E. Rengifo, y S. Flores. 2008. Changes with seasonal flooding in sap flow of the tropical flood-tolerant tree species, *Campsiandra laurifolia*. Trees 22:551-558.

Holdridge, L.R. 1970. Manual Dendrológico para 1 000 Especies Arbóreas en la República de Panamá. Inventarización y Demostraciones Forestales. Informe Técnico No.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Panamá, Panamá. 5 p.

Huenneke, L. F. y R. Sharitz R. 1986. Microsite abundance and distribution of woody seedling in a South Carolina Cypress-Tupelo swamp. *American Midland Naturalist* 115:328-335.

Huang, R. S., W. Smith K. y R. Yost S. 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, eater relations, and leaf orientation in *Leucaena leucocephalla* (Lam.) de Wit. *New Phytologist* 99:229-243.

INIFAP, 2006. Guía silvicultural maculís *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 23 p.

Keeley, J. E. 1980. Endomycorrhizae influence growth of blackgum seedlings in flooded soils. *American Journal of Botany* 67:6-9.

Kabrick, M. J., D. Dey C. y J. W. Van S. 2012. Quantifying flooding effects on hardwood seedling survival growth for bottomland restoration. *New Forest* 43:695-710.

Kropp B.R. y G. Langlois C. 1990. Ectomycorrhizae in reforestation. *Canadian Journal of Forest Research*. 20:438-451.

Linderman, R. G. y J. Hendrix W. 1982. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. A. Host variables. *In*: Schenck, N. C. *Methods and*

Principles of Mycorrhizal Research. The Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minnesota. U.S.A. 76 p.

Little, E. L., O. Woodbury R. y H. Wadsworth F. 1988. Árboles de Puerto Rico y las Islas Virgenes. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC. 1120 p.

López, R. O. 2009. Fisiología y ecología de comunidades arbóreas en hábitats inundables. Acta Biológica Panamensis 1:68-86.

Magaña, T. O., M. Venegas L., M. Castillo C., P. Lozano C., C. Hernández G. y B. Gamaz Z. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales. Disponible en: http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5. Fecha de revisión: Enero de 2013).

Martínez, D. M. 1997. Monografía de *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. In: M. Musalem A. Apuntes del Curso de Árboles y Arbustos de Uso Múltiple. Programa de Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 5-18.

Martínez, D. M. 1997. Guía silvicultural de *Tabebuia rosea* (Bertol) (Rosa Morada): Especie de árbol de uso múltiple en México. In: M. Musálem, M. A. (ed.). Guía Silvicultural de Especies de Árboles de Uso Múltiple de México. Programa de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Notas para el curso de Maestría. Primavera de 1997. Chapingo, México. pp 10-45.

Martínez, E. y L. Galindo C. 2001. La vegetación de Calakmul, Campeche, México. Clasificación, Descripción y Distribución. Boletín Botánica de México. Sociedad Botánica de México 71:7-32.

Martínez, S. E., M. Sousa S. y C. H. Ramos Á. 2001. Listados Florísticos de México. Región de Calakmul, Campeche. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 55 p.

Marx D. H. y L. Ruehle J. 1989. Ectomycorrhizae as biological tools in reclamation and revegetation of waste lands. *In*: Mahadevan A., N. Raman. y K. Natarajan (eds.). Mycorrhizae for Green Asia. Proceedings: First Asian Conference on Mycorrhizae. Madras, India. pp. 336-344.

Miranda, J. 1982. Influencia de hongos micorrizógenos inoculados en el campo, cultivo de sorgo y soja en un solo sobcerrado. Brasileira de Ciencia do Solo. 6:19-23.

Miranda, F. 1999. Fichas Técnicas de Especies Forestales Estratégicas. No. 3-7. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal, SEMARNAP-PRONARE. México, D.F. 6 p.

Morton, J. B. 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. Mycologia 83:192-207.

Morton, J. B. y G. Benny L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of *Glomaceae*. Mycotaxon. 37:471-491.

Musálem, M. A. 1991. Primavera (*Roseodendron donnel-smithii*) (Rose) Miranda. Árbol de importancia comercial en México y América Central. Informe de Consultoría al Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura y Fideicomiso Agrícola del Banco de México. Chapingo, México. 47 p.

McNeely, J. A., K. R. Miller, W. V. Reid, R. A. Mittermeier. y T. B. Werner, 1990, Conserving the world 's Biological Diversity, IUCN, Gland. 193 p.

Navarrete, N. T. y M. A. Orellana. 1997. Species Descriptions, *Tabebuia donnell-smithii* Rose. USDA Forest Service, (Department of Biology, New Mexico State University), Facultad de Agronomía, Universidad de El Salvador. 38 p.

Niembro, R. A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México: Naturales Introducidos. Editorial Limusa. México, D.F. 206 p.

Orwa, C., A. Mutua, R. Kindt ., R. Jamnadass, y A. Simons. 2009. Agroforestry Database: A tree species reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. 5 p.

Orwa, C., A. Mutua, R. Kindt., R. Jamnadass. y A. Simons. 2009. *Carapa guianensis*, Aublet Meliaceae, Agroforestry Database 4.0. World Agroforestry, Centre, Kenya. 5 p.

Orozco, G. G., H. J. Muñoz F., F. Villaseñor R., A. Rueda S., J. A. Sigala R., y J. A. Prieto R. 2010. Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. INIFAP. CIRPAC Campo Experimental Uruapan. Folleto técnico Núm. 1. Michoacán, México. 47 p

Osundina, M. A. 1998. Nodulation and growth of *mycorrhizal Casuarina equisetifolia* J. R. and G. First in response to flooding. *Biological Fertility of Soils* 26:95-99.

Osonubi, O., K. Mulongoy, O. Awotiyw O., M. Atañese O. y D. U. Okali O. 1991. Effects of ectomycorrhizal and vesícula-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. *Plant and Soil* 136:131-143.

Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1989. Árboles Tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 2da Edición. México, D.F. 238 p.

Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. Universidad Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. 3ra. Edición. México D. F. 523 p.

Pereira, G., M. Sánchez, D. Ríos, y M. A. Herrera. 2001. Micorrización vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Bosques* 22:39-44

Phillips, J. M. y D. Hayman S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Mycological Society* 55:158-161.

Plascencia-Escalante, F. O., J. J. Vargas H., R. Ferrera C.y V. A. González H. 1997. "Efecto de la micorriza vesículo-arbúscular sobre el crecimiento y distribución de biomasa en plántulas de eucalipto". *Terra* 1:8-14.

Ramos, Z. J. y P. Guadarrama. 2004. Los hongos micorrizógenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. *Universidad y Ciencia* 1:59-65

Record, S. J. y W. Hess R. 1940. American timbers of the family Bignoniaceae. Tropical Woods 63:9-37.

Rodríguez P. B., R. A. Olivares, y M. Zamora M. 2008. Guía de reconocimiento de micorrizas. 88 Disponible en: <http://hidalgoproduce.org.mx/PDFARCHIVOS/GUIATECNICA.pdf>. (Fecha de consulta: agosto 2012).

Salamanca, S. C. R. y C. A. Cano S. 2005. Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de vivero, en el municipio de Restrepo-Meta, Colombia. Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo “Materia Orgánica y microorganismo en la agricultura Colombiana Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín. 8 p.

Salaya, D. J. M., U. López N. y J. A. Díaz G. 2003. Preservación de Especies Forestales Usadas en las Construcciones de Viviendas Campesinas del Estado de Tabasco. En Resúmenes del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. pp. 363-365.

Salas, A. E. 2002. Las micorrizas y su importancia para el manejo y conservación de los árboles del trópico. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica. 11p.

Saldaña, H. M. I., R- Gómez, J. Pat M, J. Álvarez S., J. Pérez, y C. Ortiz F. 2013. The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. Ciencia e Investigación Agraria 40:5-15.

Santiago, O., T. Sánchez., V. Monsalvo., C. Monroy R. y G. García S. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto técnico Núm. 44. Veracruz, México. 73 p.

Santiago., A. D. 2003. Avifauna de dos comunidades de selva baja espinosa de tinto (*Haematoxylon campechianum*) de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. The Neotropical Ornitología Society 14:515-530.

Sandoval, M., N. N. Okuhama., F. M. Angeles., V. V. Melchor., L. A. Condezo., J. Lao., M. J. S. Miller. 2000. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). Food Chemistry 79:207-213.

Selosse M. A., R. Franck., X. He, y S. Simard W. 2006. Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses?. Trends in Ecology and Evolution 21:621-628.

SEMARNAT, 2005. Informe de la Situación del Medio Ambiente de México. SEMARNAT. ap1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/ (Fecha de revisión Marzo de 2011).

Serrada, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. Capítulo I: Conceptos y Elección de Especies. In: Madrigal, A. (ed). 1999. Ciencias y Técnicas Forestales: Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSIM, FUCOVASA. Madrid. pp 2-6.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems. Schriftenreihe der GTZ No. 224. Technical Cooperation. Eschborn, Federal Republic of Germany. 372 p.

Sondergaard, M. y S. Laegaard. 1977. Vesicular arbuscular mycorrhizae in some aquatic vascular plants. *Nature* 268:232-233.

SchüBler, A., D. Schwarzott, y C. Walker. 2001 A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution *Mycological Research* 105:1413-1421.

Smith, S. E. y D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. Hortcourt Brace and Publishers. Academic. 2^a Ed. London. 589 p.

SNIDRUS, 2007. Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Mapa de aptitudes de suelo para plantaciones forestales comerciales. Estado de Tabasco. Pagina web. www.sedafop.gob.mx, www.oeidrustab.gob.mx. (Fecha de consulta: agosto 2011).

Standley, P. C. y A. Steyermark J. 1946. Meliaceae. *Flora de Guatemala. Fieldiana Botany* 24:444-468.

Tedersoo, L K. Hansen, B. A. Perry, y R. Kjølner. 2006. Molecular and morphological diversity of pezizalean ectomycorrhiza. *New Phytologist* 170:581-596.

Tedersoo, L., P. Pellet, U. Koljalg, y M. A. Selosse. 2007. Parallel evolutionary paths to mycheterotrophy in understorey Ericaceae and Orchidaceae: Ecological evidence for mixotrophy in Pyroleae. *Ecophysiology* 151:206-217.

Trópicos, 2011. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/> (Fecha de consulta: Noviembre 2011).

Thatoi, H. N., S. Sahu, A. Misra K. y G. Padhi S. 1993. Comparative effect of VAM inoculation on growth, nodulation and *Rhizobium* population of subabul (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit). Grown in iron mine waste soil. *The Indian Forester* 119:481-489.

Reyes., J. I. 2002. Asociaciones biológicas en el suelo: la micorriza arbúscular (MA). *ContactoS* 44:5-6.

Ríos, G. S. 1994. Manejo de la endomicorriza VA en planta arbóreas para la rehabilitación de tepetate. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 111 p.

Tun, D. F.J. 1996. Producción de Hojarasca, su Aporte Mineral y la Estructura de la Vegetación Dos Petenes del Estado de Campeche. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. 75 p.

Tun, D. F. J. 2007. La Estación de la Selva Baja Inundable: Su Análisis Mediante Percepción Remota. Tesis de Maestría en Ciencias de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur). 96 p.

Tun-Dzul, F. J., H. Vester, R. Durán- García y B. Schmook. 2008. Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los “bajos inundables” de la península de Yucatán, México. *Polibotánica* 25:69-90.

UNIBIO, 2008. *Haematoxylum campechianum* L., *IBUNAM 1753:MEXU:PA1012848*"
UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2008-10-13 Universidad Nacional Autónoma de México.

Disponible

en:<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PA1012848>.

(Consultada de consulta:Julio 2013).

Vásquez, V. A. 2001. Manual de Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia. Universidad del Tolima Facultad de Ingenieros Forestal. 304 p.

Zapata, R., M. Urzúa, y R. Hernández. 2011. Tabasco: Características e Impacto Socioeconómico de las Lluvias Extremas de 2008. Comisión Nacional para América Latina y el Caribe (CEPAL). Sede Subregión en México. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D.F. 150 p.

Zulueta, R., M. Alejandro, M. Escalona, D. Trejo y L. Lara. 2000. Respuesta de dos especies forestales tropicales a la inoculación micorrízica *In*: Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato (eds). Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbúscular. IRENAT-Colegio de Posgraduados. Montecillo, Mundiprensa. México. pp 184-193.

Webb, D. B., J. Wood P., P. Smith J. y S. Henman, G.1984. A Guide to Species Selection For Tropical and Sub-tropical Plantations. Unit of Tropical Silviculture. Commonwealth Forestry Intitute University of Oxford. (England). 215 p.