

308283



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"RESTAURACION DE LA SELVA BAJA
CADUCIFOLIA EN LA RESERVA DE BIOSFERA
CHAMELA-CUIXMALA, JALISCO: UN ENFOQUE
EXPERIMENTAL USANDO COMUNIDADES
SINTETICAS."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

GERMAN GONZALEZ DIAZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. EMMANUEL RINCON SAUCEDO



2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: de tesis

Restauración de la Selva Baja Caducifolia en la Reserva de la Biosfera
Chamela-Cuixmala, Jalisco: Un enfoque experimental usando comunidades
sintéticas.

realizado por Germán González Díaz

con número de cuenta 9025429-9 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Emmanuel Rincón Saucedo

Propietario Dra. Ma. Del Pilar Huante Pérez

Propietario Dr. Victor Luis Barradas Miranda

Suplente Dra. Alma Orozco Segovia

Suplente M. en C. Ma. Guadalupe Barajas Guzmán

Consejo Departamental de Biología

Dra. Patricia Ramos Morales

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

CONTENIDO

I.	Agradecimientos.	i
II.	Resumen.	ii
III.	Introducción.	1
	III.1. Selva Baja Caducifolia.	1
	III.2. Perturbación.	3
	III.2.1. Causas de la perturbación.	3
	III.2.2. Consecuencias de la perturbación.	5
	III.3. Restauración Ecológica.	8
	III.4. Grupos funcionales y plasticidad.	12
	III.5. Comunidad.	13
	III.6. Diversidad.	15
	III.7. Justificación.	15
	III.8. Objetivos.	17
	III.9. Hipótesis.	18
IV.	Material y método.	19
	IV.1. Área de estudio.	19
	IV.2. Área de trabajo.	22
	IV.3. Diseño experimental.	23
	IV.4. Análisis de datos.	29
V.	Resultados.	31
VI.	Discusión.	74

VII. Conclusiones.	83
VIII. Literatura citada.	85
IX. Apéndices.	

I. Agradecimientos.

Agradezco al Dr. Emmanuel Rincón mi director de tesis, por todo su apoyo, su insistencia y su paciencia durante la realización de este trabajo, además por todos sus consejos y amistad, a los miembros del comité Dr. Víctor Barradas, Dra. Alma Orozco, M. En C. Guadalupe Barajas por sus consejos y críticas que han ayudado y enriquecido este trabajo y en especial a la Dra. Pilar Huante, por la paciencia y orientación durante el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros y excompañeros del Laboratorio de Ecofisiología del Crecimiento (Miguel, Suraya, Mariana, Flor, Merle, Vania, Yani, Yvonne, Inti, Rocío, Aide y Casandra) que me ayudaron en el trabajo de campo, y con gran aprecio a Irma y Tere por todos sus consejos y sobre todo esos momentos de risa.

Agradezco en especial a Gustavo Verduzco y Bernardo con los que trabajé arduamente para poder realizar este trabajo, así como a todo el personal de la Estación de Biología en Chamela, especialmente a Doña Eva y Elena por su deliciosa comida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias y al Instituto de Ecología parte muy importante en mi formación y en la realización de este trabajo. Este trabajo contó con el apoyo de los proyectos: CONACYT G0011-N9607; NSF 9981607; DGAPA IN205399; Y CONACYT 25828-N.

A mis padres Raúl González Y Jobita Díaz por todo su cariño y confianza que me han tenido en todos estos años y mis hermanas Mariana y Ninoshka porque son ejemplo de entusiasmo.

A toda mi familia Mama (abuela Ana), tía Pita, tía Malú, Luis Enrique, tía Mel, tía Gudelia, tío Germán, en fin a todos con quien siempre he pasado momentos felices, en especial a Val y Ricky gracias por su amistad y compañía, y desde luego a los que ya no están aquí pero sí en mi corazón Papa Pedro, Abuela Elena y Abuelo Polo.

A mis amigos con los que pasado ratos inolvidables Bernardo, Pablo, Julieta, Edmundo, Árbol, Bárbara, Ofelia, Alejandra, Marcela, Gabriel (dr. Caos y gabo) Krivsova, Henry, Erika, Ivalú, Angela, Omar, Giovanni, Carolina, Carmina, Gelisa, Adrián, Ceci, Lily y Alex mis nuevas amigas y muchos más....sin olvidar a Alejandro (gato y guardia), Héctor, Agustín, David, Alberto, Francisco, nuevamente Pablo, Carlos, Hugo y Luis.

II. Resumen

En el presente trabajo se evaluó el establecimiento y desarrollo de 39 especies arbóreas nativas de la selva baja caducifolia, agrupadas en tres comunidades sintéticas (19 spp de lento crecimiento, comunidad sintética lenta; 20 spp de rápido crecimiento, comunidad sintética rápida; 10 spp de lento y 10 spp de rápido crecimiento, comunidad sintética mixta. Con cinco replicas por spp), con cuatro replicas de cada una distribuidas en cuadrantes de 12x12 metros en una zona perturbada (pastizal) de aproximadamente una ha., ubicada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Las especies fueron seleccionadas de acuerdo a su tasa relativa de crecimiento y las plántulas de aproximadamente un mes de edad fueron transplantadas en el pastizal.

La evaluación de las plantas se hizo mediante las siguientes variables: altura, cobertura, volumen de la copa y diámetro del tallo, además de mediciones fisiológicas (conductividad estomática y transpiración, con las que se calculó el índice de la eficiencia del uso del agua) que solo se realizaron en algunas especies seleccionadas de tres comunidades sintéticas.

Los resultados muestran que la comunidad sintética lenta, a pesar de ser la comunidad que más alta mortandad presentó en el experimento, la mayoría de los individuos de las diferentes especies se establecieron y se desarrollaron exitosamente, pero debido a sus mecanismos, estas especies son muy lentas para restaurar una zona perturbada; en cuanto a la comunidad sintética rápida, la mortandad fue menor, y por lo tanto el desarrollo y establecimiento exitoso, sin embargo, estas especies a pesar de ser las que mejor se adaptaron al sitio perturbado, la principal desventaja es que pronto empiezan a competir, sobre todo por espacio e incluso una de ellas (*A. farnesiana*) parcialmente se comportó como una especie dominante; en cuanto a la comunidad sintética mixta, el comportamiento de las diferentes especies fue similar al que presentan las mismas en las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, con la particularidad de que esta comunidad solo con algunas modificaciones es la ideal para restaurar un sitio perturbado, además de que si bien no se restituye completamente la diversidad de especies por lo complejo que suele ser la selva baja caducifolia, la combinación de éstas favorece que no haya fenómenos de dominancia por una o algunas especies. En tanto los resultados fisiológicos presentaron una heterogeneidad en la conductividad estomática así como en la transpiración, lo cual se interpreta como los cambios y mecanismos de los cuales se vale la planta para evitar la pérdida de agua reflejado en el buen índice de eficiencia del uso del agua.

III. INTRODUCCIÓN.

III.1 SELVA BAJA CADUCIFOLIA.

Las selvas bajas caducifolias son asociaciones vegetales de zonas cálido-húmedas (Awo(x')i, (de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García 1964), y se caracterizan por presentar una estación seca bien definida, la temperatura promedio anual es superior a los 20 °C (Rzendowski, 1978), con una precipitación anual de 1200 mm como máximo y se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1700 msnm. Estos ecosistemas experimentan una estación seca que puede durar de siete a ocho meses, dicha temporalidad da como resultado un ecosistema altamente complejo y diverso (Lott, 1993; Bullock *et al.* 1995). La estacionalidad de las precipitaciones es uno de los factores dominantes en los patrones de la actividad biológica, tales como, el crecimiento y la reproducción, los cuales se sincronizan con la disponibilidad de agua en el medio (Murphy y Lugo, 1986).

Una de las características más sobresalientes de la selva baja caducifolia es su carácter caducifolio ya que la mayoría de las especies vegetales pierden sus hojas durante casi todo el periodo seco de cinco a siete meses, lo cual origina un contraste fisionómico muy marcado entre la temporada seca y la de lluvias (Pennington y Sarukhán, 1998).

En este tipo de ecosistemas la altura promedio de los árboles varía entre los 5 y 15 m (Rzendowski, 1978), en el cual básicamente se encuentran dos estratos arbóreos uno integrado por especies de 7 a 8 m de altura y un DAP (diámetro a la altura del pecho) de hasta 15 cm y el otro integrado por especies de 7 a 15 m de altura y un DAP mayor de 15 cm y solo en época de lluvias se encuentra un estrato herbáceo (Barajas-Morales y León 1989). Las formas de vida suculentas son frecuentes y fácilmente se encuentran los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Lemaireocereus*, *Pachycereus*, *Cephalocereus*, entre otros, los bejucos son también abundantes y las epífitas se reducen a pequeñas Bromelias y Orquídeas (Lott, 1993). En general la composición de la selva baja caducifolia es altamente

diversa lo cual se deben a diferentes aspectos como: tipo de suelo, profundidad, exposición, temperatura, humedad, etc. (Lott *et al.*, 1987).

Estas selvas se desarrollan preferentemente en terrenos de ladera, pedregosos, con suelos bastante someros arenosos o arcillosos con un fuerte drenaje superficial (Solís, 1993; Pennington y Sarukhán, 1998).

En México la distribución de la selva baja caducifolia ocupa extensiones considerables en la vertiente del Pacífico, en la Cuenca del río Balsas y en las laderas de la Sierra Madre Occidental, desde Colima hasta Sonora y desde Baja California hasta Chiapas y siguiendo hasta Centro América. Asimismo en la vertiente del Golfo de México el área de la selva baja caducifolia se localiza en los estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí (región conocida como la Huasteca), así como, en la parte central de Veracruz y finalmente hay una región descrita en la Península de Yucatán (Pennington y Sarukhán, 1998; Dirzo, 1996; Rzedowski, 1978; Janzen, 1986) (Fig. 1).

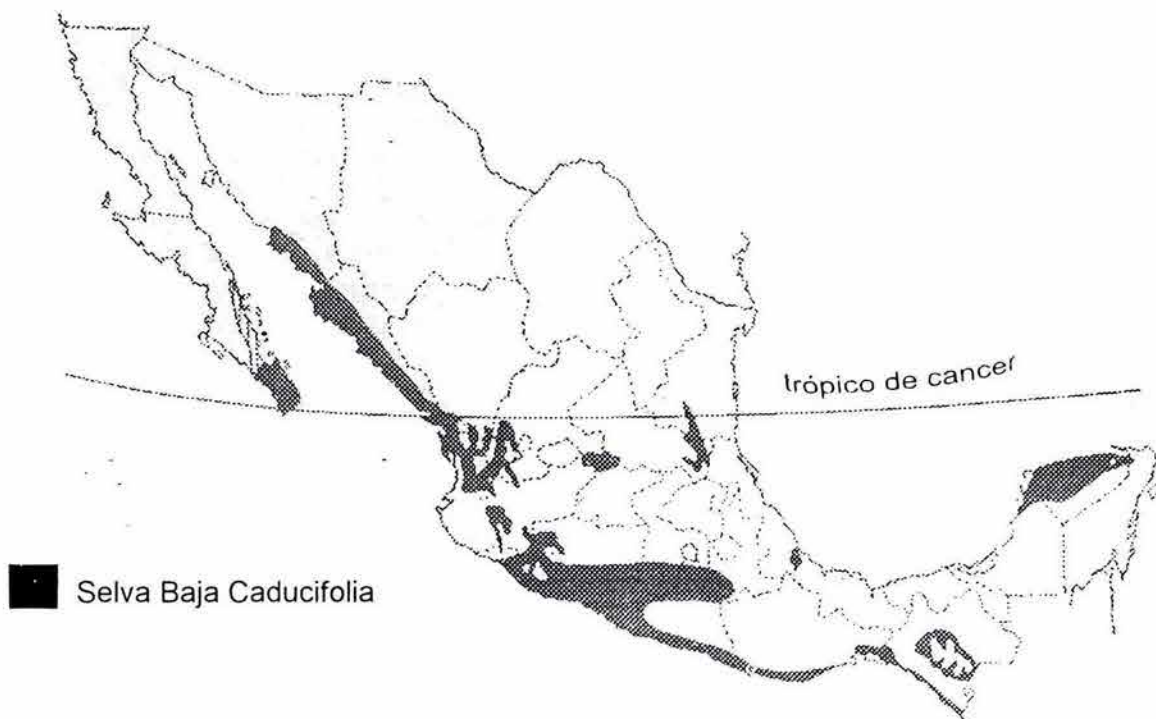


Figura 1. Área de distribución de la selva baja caducifolia en la Republica Mexicana, según Pennington y Sarukhán (1998).

No obstante la gran distribución de la selva baja caducifolia en México y a pesar de que a nivel mundial representan el 44 % de los ecosistemas tropicales, ésta ha sido poco estudiada en comparación a la selva húmeda (Murphy y Lugo, 1986), y se consideran como uno de los ecosistemas nativos más amenazados, del cual tan solo hay un remanente pequeño sin alterar y sin perturbación grave del 10% y menos del 1% son reservas naturales protegidas (Janzen, 1988).

III.2. PERTURBACIÓN.

III.2.1. *Causas de la perturbación.*

La cobertura vegetal es usualmente más baja en densidad en el trópico seco estacional que en las áreas húmedas, por tanto son áreas menos productivas y asimismo son las más intensamente perturbadas (Martínez-Yrizar, 1995).

Antes y después de la aparición del hombre han ocurrido fuegos naturales causados por tormentas eléctricas o por agentes más improbables como erupciones volcánicas; para que en una comunidad exista la posibilidad de que se presenten fuegos deben reunirse factores diversos tales como una clara alternancia entre la estación húmeda y la seca; que durante la época de crecimiento se genere suficiente material orgánico, combustible, etc., además es necesario que exista un agente que provoque la ignición que de origen al fuego. En México hay incendios frecuentes en grandes extensiones y son fáciles de apreciar principalmente en la temporada seca. Estos incendios en condiciones naturales son muy improbables, asimismo los agricultores y pastores han utilizado el fuego con varios propósitos: en la limpieza de los terrenos recién desmontados para la agricultura, la eliminación de residuos agrícolas, la eliminación de la vegetación con fines de destrucción de la maleza, plagas y animales peligrosos, la quema de los pastizales para favorecer el desarrollo de renuevos verdes, y en algunos casos la cacería (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989).

Houghton *et al.* (1991) mencionan que la selva tropical caducifolia representa el 47% del total de los bosques en América Latina en donde hay una

alta tasa de conversión a pastizales y campos agrícolas, y se estima que alrededor del 78% de su área original ha sido alterada.

De hecho la selva baja caducifolia de las costas Mesoamericanas del Pacífico ha reducido su extensión en un 98 % desde la llegada de los españoles (Janzen, 1988). Tan solo en México la selva baja caducifolia ha sido alterada en diversas formas: el 58% se debe a la ganadería extensiva y agricultura, el 21% a la extracción de maderas y el 7% a incendios forestales (INE-SEDESOL, 1993). Flores y Gerez (1994) estimaron que en 1981 la cobertura de la selva baja caducifolia en México era del 12.36% del que solo el 8.92% no presentaba una perturbación grave, mientras que en 1990 la cubierta vegetal sin alterar disminuyó a 6.98%.

Por otra parte, los asentamientos humanos, así como los complejos industriales y mineros suelen provocar severos daños, principalmente por la remoción de las comunidades naturales, además de la producción de contaminantes.

Vázquez-Yanes y Orozco (1989) mencionan que el efecto de los contaminantes sobre las comunidades naturales es difícil de evaluar en la mayoría de los casos y de todas las sustancias contaminantes que entran en contacto con la flora y fauna, las más peligrosas son aquellas que se degradan lentamente y que tienden a acumularse en el ambiente. También el uso exagerado de fertilizantes en los campos de cultivo tienen severas consecuencias sobre todo en aquellas comunidades donde suelen acumularse, ya que favorecen la proliferación de plantas dañinas, entre otros organismos, los cuales pueden afectar a las comunidades naturales y de esta manera modificar el ambiente.

La eliminación total o parcial de la cubierta vegetal es una de las prácticas fundamentales en la acción colonizadora del hombre, y la desaparición de la vegetación arbórea es la que resulta más fácil de apreciar y evaluar como forma de deterioro de las comunidades naturales. Sin embargo, y debido a la facilidad con la que ahora se puede desplazar el hombre, ha podido llevar consigo en muchos casos plantas y animales exóticos, los cuales se pueden adaptar exitosamente a las nuevas condiciones e incluso llegan a desplazar a las plantas y

animales nativos (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989; Berger, 1993), además de que la invasión biológica por especies exóticas interactúa estrechamente con la perturbación, ya que muchas invasiones son facilitadas por eventos simples de perturbación (Freifelder *et al.* 1998).

Sin embargo, no toda la perturbación de los ecosistemas naturales es provocada por las comunidades humanas, también los fenómenos naturales tales como huracanes y tormentas tropicales constituyen una causa importante en la pérdida de la cubierta vegetal, así como, de la diversidad de especies, los cuales han provocado pérdidas invaluable (Rincón *et al.* 1999). Por otra parte, se han presentado modificaciones principalmente en la intensidad, cantidad, duración, etc., de los fenómenos naturales, las cuales se deben principalmente al cambio climático global, el cual es producto del excesivo uso de energéticos como carbón mineral, petróleo, entre otros, que liberan a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono, y que en México se ha acentuado por la deforestación y quema de las selvas tropicales (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

III.2.2. Consecuencias de la perturbación.

Hay diferentes grados de alteración en un ecosistema, que van desde la simple explotación de algunos de sus recursos vegetales y animales que conducen a cambios hasta la destrucción radical de las comunidades y del suelo en las que estas se desarrollan (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989).

Las consecuencias de la pérdida de la cubierta vegetal son severas, ya que no solo implican la pérdida del recurso económico potencial, sino que causa graves daños en el medio ambiente al provocar la transformación de estos y consecuentemente la pérdida de hábitats y de la diversidad (Cervantes, 1996).

El fuego se ha convertido en un instrumento útil en la colonización del hombre, pero esto ha tenido serias consecuencias. Los fuegos afectan a las comunidades naturales, algunas selvas y bosques se ven afectadas por el fuego que escapa del control de los agricultores y ganaderos de tal forma que este ha

contribuido de manera directa a la disminución radical de las selvas y bosques del país (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989).

La invasión de pastos puede ser observada cuando hay un incremento en la frecuencia de incendios, principalmente en aquellos ecosistemas en los cuales los incendios por acción natural son improbables, tal como sucede en la selva baja caducifolia. En casos severos el cambio en la frecuencia de incendios con la competencia entre los pastos y especies arbóreas nativas, provocan una inhibición en el restablecimiento del ecosistema, y sustancialmente las áreas pertenecientes a selva tropical caducifolia pueden ser convertidas en sabanas por la acción del fuego (Freilfelder *et al.*, 1998).

Para que la agricultura sea sustentable es indispensable el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Sin embargo, los cultivos continuos y las cosechas tienden a agotar la fertilidad del suelo. Debido a la reducción en el suministro de nutrimentos de la materia orgánica, que deteriora la estructura del suelo y provoca una baja actividad biológica y frecuentemente incrementa la erosión del suelo (Dalal *et al.* 1991).

Por otra parte, el desarrollo de la ganadería ha implicado en México la desaparición extensiva de comunidades naturales, en la actualidad la ganadería ha cobrado una gran importancia como actividad económica y se ha acelerado su impacto sobre todo en regiones cálidas de baja altitud. El efecto del pastoreo sobre la vegetación y el suelo depende de varios factores, como el tipo de ganado la densidad de los hatos y las características de la comunidad vegetal y del suelo (Vázquez-Yanes y Orozco, 1989).

Lugo (1986) y Toledo (1988) afirman que con el desarrollo de la agricultura y el pastoreo se reduce en gran medida la diversidad de especies en los trópicos, ya que la selva entera es removida totalmente perdiendo de un 90 a un 95% de su totalidad (Janzen, 1986). Además la pérdida de la biodiversidad y la función específica de los organismos en el ecosistema puede tener un impacto devastador tanto a escala local como global (Allen *et al.* 1999).

Después de la roza, tumba y quema el contenido de materia orgánica en el suelo se incrementa y se mantiene en campos agrícolas y pastizales hasta por

más de 3 años, -sin embargo su uso continuo hace decrecer la materia orgánica del suelo perdiendo hasta un 71% (García-Oliva *et al.* 1994; Maass, 1995). Freifelder *et al.* (1998) mencionan que en la conversión de selva baja caducifolia a pastizal, el microclima del pastizal es más cálido y menos húmedo que el de las zonas sin alteración, lo que puede acelerar procesos tales como el de la erosión el cual también depende de diversos factores como la lluvia, el tipo de sedimentación, la pendiente, entre otros y la pérdida de los recursos, tales como los nutrientes y microorganismos (Morgan 1979 y Hudson, 1981).

La deforestación es una de las principales consecuencia de la disminución en la diversidad de muchos procesos como el ciclo de nutrientes, desarrollo de la materia orgánica, es decir, de procesos de los cuales depende el funcionamiento del ecosistema. Tales como el de las micorrizas a las que se les atribuye una importante asociación simbiótica en la selva baja caducifolia. Muchas especies de plantas cuentan con las micorrizas como una forma de tomar los nutrientes y agua de esta asociación, de la que muchas plantas tropicales son obligadas (Johnson y Wedin, 1997). Janos (1980 en Johnson y Wedin, 1997) hipotetiza que la perturbación en las selvas tropicales reduce las poblaciones de hongos micorrizicos e inhiben la regeneración de la selva. Asimismo, la alteración disrumpe la composición de los hongos en el suelo por la remoción de las plantas y el rompimiento del micelio hifal, lo que provoca la reducción de la densidad de inóculo para el nuevo establecimiento de las plántulas, además de provocar un cambio radical en la composición de especies de hongos micorrizicos (Allen *et al.* 1998).

Actualmente la conversión de la selva baja caducifolia a campos agrícolas y pastizales, es la causa más importante de la reducción de la diversidad en los trópicos (Lugo, 1986; Toledo, 1988; Janzen, 1986). De acuerdo con Murphy y Lugo (1986) de 1 a 3 ha en la selva baja caducifolia contienen entre 35 y 90 especies de árboles, en cambio en los pastizales en la misma extensión ocasionalmente se encuentran de 1 a 5 especies de árboles, que en la mayoría de los casos se conservan para su futuro uso en la construcción (De Ita-Martínez, 1983).

Por otra parte, el agua es el factor primario limitante en la selva baja caducifolia, y la conversión altera seriamente el balance hídrico cambiando el flujo en el ecosistema (Maass, 1995). La evaporación del agua en el suelo usualmente se incrementa por la roza, tumba y quema, esto es resultado de las altas temperaturas que alcanza el suelo, además la eliminación de la cobertura vegetal disminuye la protección del suelo al impacto de las gotas de lluvia y promueve la dureza de este reduciendo significativamente la capacidad de infiltración (Greenland y Lat, 1979).

No obstante, el mayor riesgo de erosión ocurre durante e inmediatamente después del cultivo, particularmente con el fuego usado en la preparación del campo para la plantación, que se acostumbra realizar durante las primeras lluvias de la temporada, sufriendo un gran impacto lo que provoca una severa erosión del suelo. Los pastos proveen de mejor cobertura al suelo que muchos cultivos seguidos, sin embargo, el excesivo uso del ganado puede revertir la situación por la compactación del suelo, lo que reduce la cobertura e incrementa sustancialmente la erosión (Maass, 1995). La compactación del suelo reduce el volumen y destruye los poros, de esta manera se disminuye el movimiento del agua y del aire, así como la elongación de las raíces (Hillel, 1980, en Maass, 1995).

Debido a la perturbación, gran parte de la cubierta vegetal de la Tierra ya ha sufrido procesos de degradación o ha desaparecido en muchos sitios, además buena parte de los suelos que han sido utilizados con fines agrícolas y pecuarios se han erosionado y degradado hasta volverse improductivos, esta y otras formas de explotación ocupan grandes extensiones de regiones tropicales lo que acelera los procesos de desertificación y ocasiona la pérdida de los medios de subsistencia de la población rural (Linding y Vázquez-Yanes, 1997).

III.3. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.

En 1935 Aldo Leopold, pionero de la restauración ecológica como disciplina, señala que la restauración tiene como finalidad restablecer las comunidades

vegetales y animales de un área en particular (Jordan III *et al.*, 1993). La restauración es la regeneración o aproximación de un ecosistema a sus condiciones previas a la perturbación (National Research Council, 1991, en Berger, 1993), esto es la recuperación natural de un ecosistema autosustentable en el que los procesos naturales pueden operar sin una continua intervención del hombre (Berger, 1993 y Aronson *et al.*, 1993). La restauración tiene la finalidad de revertir el deterioro ambiental y mejorar las condiciones de vida de las especies (Vázquez-Yanes y Batis, 1996). Asimismo, se busca con ello reproducir con la mayor fidelidad posible la composición biótica y los procesos ecológicos y biológicos originales del sitio.

Específicamente los programas de restauración permiten disminuir la degradación de los recursos forestales, aminorar la erosión del suelo, coadyuvar al desarrollo silvícola, energético, agrícola y pecuario, así como preservar el estado estable de los ecosistemas. La restauración ecológica requiere de los siguientes procesos: la reconstrucción física, el restablecimiento de las condiciones hídricas y modificaciones químicas (Rincón *et al.* 1999).

Berger (1993) menciona que la restauración puede ocurrir naturalmente sin la intervención del hombre (regeneración natural), pero este es un proceso extremadamente lento para el hombre, por lo cual es necesario recurrir a las técnicas que permitan acelerar la sucesión y con ello la reconstrucción del ecosistema.

A largo plazo la viabilidad y credibilidad de estas prácticas dependen del entendimiento de las bases biológicas y de los procesos ecológicos que operan en el sitio, antes, durante y después de la restauración (Montalvo, *et al.* 1997).

La restauración debe contemplar la combinación de múltiples conocimientos científicos sobre la ecofisiología de las especies vegetales, las características del suelo, la historia natural de la localidad, el uso de suelo tradicional, el impacto de la transformación del sistema por las comunidades humanas que lo aprovechan, y la importancia económica, social y potencial de las especies nativas, entre otros, a fin de generar como resultado un sistema altamente diverso y similar, en cuanto a composición y estructura al original. Este sistema debe ser además

autosustentable no solo en términos ecológicos sino también sociales, al constituir una fuente de recursos económicos para las comunidades aledañas, al ser explotado por éstas de manera racional garantizando así su conservación (Rincón *et al.* 1999).

Por lo tanto, restaurar la cubierta vegetal se ha convertido en una necesidad inaplazable que debe estar sustentada en un conocimiento adecuado, de la flora nativa de las región y de la biología de las plantas (Vázquez-Yanes *et al.* 1997).

En general existen diversos métodos para restaurar las zonas tropicales perturbadas con base en la regeneración natural de los ecosistemas, los cuales se engloban en los siguientes tipos:

- 1) La utilización y enriquecimiento del banco de semillas,
- 2) La regeneración con base en estructuras de reproducción vegetativa, y
- 3) La introducción directa de especies nativas.

En donde la integración de diversos métodos en los programas de restauración es una de las mejores opciones (Linding y Vázquez-Yanes, 1997; Vázquez-Yanes *et al.* 1997; Rincón *et al.* 1999), ya que de esta manera se complementan y se disminuyen las desventajas de cada método.

De acuerdo con Vázquez-Yanes y Batis (1996) y Berger (1993), las especies vegetales utilizadas en la restauración, idealmente deben ser de fácil propagación, resistentes a condiciones limitantes, como baja fertilidad del suelo, suelos compactos, salinidad, entre otros. Un rápido crecimiento de las especies ayudaría a la producción rápida de materia orgánica y de hojarasca, aunque deben evitarse aquellas que presenten tendencias a adquirir una propagación invasora e incontrolable. Particularmente, resulta importante que las especies vegetales favorezcan el establecimiento de especies nativas tanto de flora como de fauna, proporcionando hábitat y alimento, y asimismo y de ser posible deben de ser benéficas para las comunidades aledañas.

Sin embargo, las características ideales de las especies de plantas utilizadas para la restauración mencionadas anteriormente difícilmente se encuentran en una misma especie, por lo cual es necesario buscar la combinación

de especies que reúnan todas las características, que permitan la rápida sucesión y regeneración de las zonas perturbadas (Rincón *et al.*, 1999).

Jansen y Hallwachs (1992) proponen los pasos fundamentales para restaurar un área silvestre tropical:

- Determinar que áreas silvestres deben ser restauradas, muchos de estos sitios deben contener una porción de área silvestre poco perturbada, sin embargo se pueden seleccionar áreas que no cumplan esta condición pero deberán estar ubicadas donde puedan proteger una mayor cantidad de diversidad.
- Determinar la función principal de cada área silvestre protegida respecto a la gente, uso de suelo y a la economía financiera e intelectual de la zona, es decir, cada área debe ser diferente en cuanto a productos y beneficios locales y nacionales.
- Identificar en cada área silvestre protegida, los principales procesos de degradación que deben ser disminuidos, desviados o detenidos para que el proceso de restauración pueda realizarse y acelerarse naturalmente. Estos procesos de degradación son: incendios, contaminación, pastoreo, deforestación, cacería, etc.
- Obtener apoyo para la realización de programas en los cuales se debe incluir la formación y capacitación de personal, así como en el establecimiento de la legislación que permita el funcionamiento del sistema.

La restauración ecológica permite revertir el daño causado a los ecosistemas naturales y establecer sistemas productivos de tipo silvícolas, agrícolas, forestales y pecuarios en zonas deforestadas o con altos niveles de erosión (Linding y Vázquez-Yanes, 1997).

Los programas de restauración y reforestación en México, han presentado una gran cantidad de problemas que en muchas ocasiones conducen al abandono de los mismos. Los problemas más comunes están relacionados con la pequeña superficie que se asigna a las áreas por restaurar, con un acervo de especies inadecuado que en ocasiones incluye especies exóticas y que por tanto, puede llegar a presentar un alto índice de mortalidad. Además, con una falta de evaluación y seguimiento de los individuos y su impacto en el mejoramiento del

suelo y con una planeación al margen de las necesidades y los intereses de las comunidades locales. Otro gran problema es la escasez de información sobre el tipo de especies que puedan establecerse y que favorezcan el mejoramiento del suelo permitiendo así la llegada de especies nativas, lo que impide la selección de especies adecuadas para la restauración y la reforestación (Cervantes *et al.* 1996).

En México la integración de las áreas silvestres protegidas a la sociedad implica un gran esfuerzo de restauración biológica y biocultural, ya que existe suficiente diversidad para recuperar las zonas silvestres, y es fácil predecir que si el 5% del territorio fuese manejado adecuadamente podría generar mucho más capital financiero e intelectual que si ese mismo territorio fuera empleado para fines agrícolas, silvícolas o pecuarios (Jansen y Hallwachs, 1992).

III.4 GRUPOS FUNCIONALES Y PLASTICIDAD.

Debido a la diversidad vegetal, ha sido necesario agrupar a las plantas, a fin de denotar características funcionales y estructurales de respuesta al ambiente, así como principios generales de sucesión y recuperación de ecosistemas. Grime (1977 en Bazzaz, 1996) propuso una combinación de estrategias en la evolución de vida de las plantas. Uno de los principales usos de la teoría de Grime de los mecanismos vegetales, es proveer una base para predecir cual de los tipos básicos de respuesta, la morfología o la fisiología será más probable en especies, poblaciones o situaciones determinadas (Grime, 1989).

El establecimiento y sobrevivencia de las especies vegetales se debe principalmente a la plasticidad, la cual se expresa como el intervalo de características morfológicas y/o fisiológicas que un fenotipo puede llegar a expresar como respuesta a las variaciones ambientales (Bradshaw, 1965; West-Eberhard, 1989). Estas modificaciones presentan un costo para la planta, por lo que si la planta se encuentra ante la deficiencia de algún recurso, su respuesta plástica dependerá del compromiso entre el beneficio de la captura del recurso limitante y el costo de estas modificaciones. Las respuestas en las plantas

pueden considerarse como una parte integral de los mecanismos que favorecen la captura de nutrientes (Grime *et al.* 1986).

Las especies con altas tasas de crecimiento tienen la capacidad plástica para continuamente buscar, localizar y explotar parches ricos en recursos (Grime *et al.* 1986). En ambientes donde la distribución de nutrientes en el suelo es heterogénea, la tendencia parece indicar que a mayor tasa de crecimiento y mayor capacidad de forrajeo en parches ricos en nutrientes. Las especies de lento crecimiento, en contraste, son incapaces de localizar y explotar parches ricos en nutrientes (Huante *et al.* 1998 a y b).

Chapin (1988) menciona que en general la adaptación de las especies con tasas relativas de crecimiento lento, consiste en restringir el crecimiento a la cantidad promedio de recursos disponibles en el medio y en producir la menor cantidad posible de tejidos, de tal manera que no se llegue a una disfunción metabólica de los mismos. En si las plantas responden a la baja disponibilidad de nutrientes con tasas de asimilación reducidas, bajas concentraciones tisulares de nutrientes, crecimiento reducido o lento y con una retranslocación efectiva de nutrientes de las hojas senescentes. Por otra parte las especies con tasas relativas de crecimiento altas, muestran síntomas de deficiencia evidentes cuando crecen con bajas disponibilidades de nutrientes.

III.5. COMUNIDAD.

La comunidad es un ensamblaje de poblaciones de especies la cual ocurre en un lugar y en un tiempo dado, esta es la parte biológica del ecosistema. La comunidad es interesante y con propiedades complejas, las cuales se presentan en las interacciones entre las especies, la competencia, la depredación, el parasitismo y el mutualismo que ocurre entre individuos de diferentes especies, lo que es parte de la organización de la comunidad, ésta también puede ser vista en términos de diversidad de especies y distribución, alimento (flujo de energía) y las interacciones entre gremios de especies similares (Mackenzie *et al.* 1998; Begon *et al.* 1986; Harper, 1977; Samuels y Drake, 1997).

Una comunidad puede caracterizarse por su diversidad la cual está dada en función del número de especies diferentes que la conforman, en contenido y abundancia. Las comunidades en las que las especies son más o menos iguales de abundantes exhiben una uniformidad, y las comunidades con una especie o con poca abundancia de especies exhiben una dominancia (Mackenzie *et al.* 1998; Begon *et al.* 1986). La composición de las comunidades es controlada durante la primera fase de su desarrollo por la invasión y la rapidez de multiplicación de las especies colonistas (Harper, 1977).

La complejidad de la comunidad está en función del número de interacciones entre los elementos de la misma, la complejidad se incrementa con el número de interacciones entre especies. Las interacciones pueden ser horizontales: semejantes a las interacciones competitivas con tendencias a ocurrir entre especies en el mismo lugar trófico o bien vertical: como las interacciones tróficas semejantes a planta-herbívoro, presa-predador, hospedero-parásito, los cuales envuelven especies de diferentes niveles tróficos dentro de la comunidad (Mackenzie *et al.*, 1998).

El análisis de la complejidad se enfatiza en la estructura trófica de la comunidad, y el incremento de la complejidad adelanta la inestabilidad de la misma. La estabilidad de la comunidad envuelve dos componentes: la resiliencia que es la habilidad de la comunidad para retornar rápidamente a su estado original; y la resistencia que es la capacidad para evitar el desplazamiento (Mackenzie *et al.*, 1998).

Begon *et al.* (1986) mencionan que la estructura en la red alimenticia pueden influir en la resiliencia (velocidad de regreso al equilibrio) en respuesta a la perturbación de energía y captura de nutrimentos.

La teoría de comunidades ecológicas es extremadamente relevante en la restauración ecológica, porque los esfuerzos de restauración se enfocan en el ensamblaje de diversas especies, además de que las interacciones mutualistas juegan un rol importante en establecimiento, reproducción, migración y desarrollo de la comunidad (Montalvo *et al.* 1997).

Las comunidades sintéticas por tanto, en este caso es una composición de grupos de plantas nativas de la selva baja caducifolia, que presentan una distribución y organización, prácticamente constante con la finalidad de poder observar su desarrollo, es decir, es una comunidad de organización artificial introducida en una zona perturbada (en este caso un pastizal) para fomentar el desarrollo con su entorno, y de esta forma acelerar la recuperación del ecosistema.

III.6. DIVERSIDAD.

La diversidad depende de la riqueza en el número de especies, las cuales deben estar en una abundancia equilibrada (Mackenzie *et al.*, 1998; Simberloff, 1999). Por otra parte, desde una perspectiva de conservación el endemismo suele ser muy importante en la diversidad de especies de un sitio (Gentry, 1988).

Según Gentry (1988), la riqueza de especies en la selva baja caducifolia varía de 50 a 75 especies en 0.1 ha con un promedio de 64.9 especies en un muestreo de 23 sitios distintos en selvas tropicales caducifolias neotropicales.

La diversidad de formas de vida en las selvas tropicales contribuyen en una alta eficiencia para la explotación de los recursos con esto se pueden desarrollar modelos para el uso sustentable del sistema (Haggar y Ewel, 1997).

III.7. JUSTIFICACIÓN.

A pesar de que la selva baja caducifolia es uno de los ecosistemas tropicales de mayor distribución en México y en el mundo, el conocimiento que se tiene de éste es muy pobre en comparación con otro tipo de ecosistemas tropicales. Asimismo, es uno de los más amenazados en la actualidad tanto por factores directos como indirectos. En este trabajo se pretende mediante la creación de comunidades vegetales, principalmente con el uso de especies arbóreas nativas, proponer un modelo que acelere la sucesión en la transformación del pastizal a selva baja caducifolia. Al respecto se encuentran

investigaciones principalmente de ciencia básica de la dinámica y estructura de la selva baja caducifolia los cuales indudablemente han aportan una enorme cantidad de información para el desarrollo de este trabajo. Entre éstas se cuentan las relacionadas a climatología (De Ita-Martínez y Barradas, 1986; Bullock 1986; 1988; Garcia-Oliva *et al.* 1991), a la composición florística (Lott *et al.* 1987; Lott, 1985; 1993), a la fenología de las especies vegetales (Bullock y Solís-Magallanes, 1990) a la composición faunística (Atkinson y Equihua, 1986; Arismendi *et al.* 1990; Ceballos y Miranda 1986; Ramírez-Bautista, 1994), a las características del suelo (Solís, 1993), a la dinámica de los nutrientes minerales en el suelo (Vitouseck *et al.* 1989; Jaramillo y Sanford, 1995), al impacto de la conversión en la materia orgánica del suelo (Martínez-Yrizar y Sarukhán 1990; García-Oliva *et al.* 1994), a la dinámica de la rizósfera y la fauna del suelo (Cuevas, 1995), y a los de ecofisiología de especies vegetales (Rincon y Huante 1993; 1994; Huante *et al.* 1992; 1993; 1995 a; b; 1998 a; b; Allen *et al.* 1995; 1998; Allen *et al.* 1993; 1999; Vasquez-Yanes y Batis, 1996; Vasquez-Yanes y Orozco, 1984; Cervantes, 1996; Barradas, 1991), entre otros.

III.8. OBJETIVOS.

- Promover la restauración de la selva baja caducifolia creando comunidades sintéticas (Lenta, Rápida y Mixta), de especies arbóreas nativas con características fisiológicas conocidas.
- Determinar la combinación de especies arbóreas nativas que promueva la regeneración de la selva baja caducifolia, tomando en cuenta la ecofisiología de las especies así como su diversidad.
- Promover el establecimiento y desarrollo de la cobertura vegetal, lo cual conlleve a un cambio en el microclima y en la protección del suelo, evitando su pérdida por erosión, asimismo crear las condiciones que fomenten la dispersión vegetal natural.
- Generar información necesaria para la restauración de la selva baja caducifolia que pueda ser aplicada en diversas regiones donde el principal ecosistema lo constituya este tipo de vegetación.

III.9. HIPÓTESIS.

- ☑ Debido a las características de crecimiento de la comunidad sintética lenta se espera que el establecimiento sea favorable, aunque el desarrollo principalmente del dosel sea lento y por tanto la recuperación del sitio. Aunque se trate de especies que se caracterizan por una poca demanda de nutrimentos y una baja competencia.
- ☑ La comunidad sintética rápida se espera que sea la comunidad con mayor éxito, en cuanto al establecimiento y desarrollo de la cubierta vegetal, sin embargo, la dominancia juega un papel importante, ya que puede retrasar la recuperación principalmente en cuanto a diversidad.
- ☑ En tanto la comunidad sintética mixta por caracterizarse por presentar especies de lento y rápido crecimiento, se espera sea la comunidad más favorable para la recuperación de la cubierta vegetal, asimismo como de la diversidad.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

IV.1. ÁREA DE ESTUDIO.

Esta investigación se realizó en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, ubicada en la región neotropical al noroeste de la provincia fisiográfica denominada Planicie Costera Suroccidental y en la subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, que se encuentra en el municipio de la Huerta en el Estado de Jalisco. Las coordenadas extremas son 19° 22' y 19° 39' N, 104° 56' y 105° 10' W, siendo un área protegida de 13,142 hectáreas (Riverside, 2000).

La topografía de la región es muy irregular, y una gran parte de la zona se clasifica como lomeríos bajos (20-250 msnm) excepcionalmente se distinguen cerros altos mayores de 500 m (Solís, 1993).

La temperatura media anual del sitio (Estación de Biología Chamela) es de 24.9 °C. y esta fluctúa en un intervalo muy estrechos a lo largo del año. En enero se registra la temperatura media mensual más baja (20°C) y en agosto la más alta (27°C) (de Ita-Martínez y Barradas, 1986; Bullock, 1986; Solís, 1993). La precipitación media anual es de 748 mm en Chamela (de Ita-Martínez y Barradas, 1986; Bullock, 1986) y 782 mm en Cuixmala (Riverside, 2000) y el 80% de la precipitación se distribuye de julio a noviembre, además de que es altamente impredecible (de Ita-Martínez y Barradas, 1986; Bullock, 1986). El clima se ha clasificado como Tropical Subhúmedo, en el extremo seco del cálido-húmedo y con régimen de lluvias en verano. La dinámica de la precipitación delimita dos estaciones climáticas bien marcadas, la seca que transcurre de diciembre a junio y la húmeda de julio a octubre (Solís, 1993).

En la reserva se ha identificado una gran variación en las unidades edafológicas que forman un complejo de suelos entre los que destacan las siguientes unidades: regosol eútrico y luvisol crómico, que ocasionalmente se encuentra en pendientes que van de moderadas a fuertes, con mayor frecuencia en sitios planos o de pendiente suave. El relieve geológico del área es extremadamente complejo y determinado por procesos endógenos y exógenos, las unidades estratigráficas que afloran en la reserva están compuestas por rocas

sedimentarias, volcánicas, plutónicas y volcano-sedimentarias (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995).

La reserva protege ambientes acuáticos y terrestres, en los que se han identificado ocho tipos de vegetación (Ceballos y Miranda, 1986; Castillo y Gómez-Pompa, 1991; Ceballos, 1991; Ceballos *et al.* 1994). En la planicie costera del río Cuixmala, de aproximadamente 800 ha, se presentan numerosos tipos de vegetación como manglar, manzanillera, vegetación riparia, carrizal, vegetación acuática, vegetación de dunas costeras y pastizales. En los lomeríos domina la selva baja caducifolia, aunque existen otros tipos de vegetación más localizados, como es la selva mediana subcaducifolia, la flora de la región es muy diversa y se ha calculado alrededor de 1,200 especies (Lott, *et al.* 1987).

La selva baja caducifolia es el tipo de vegetación más abundante en la región, se caracteriza por la alta densidad de plantas en el sotobosque y dosel, y porque la mayoría de las plantas pierde las hojas durante la época seca y la altura promedio de los árboles es de 15 m (Rzendowski, 1978). La producción de hojas está determinada por la disponibilidad de agua y se concentra en junio y julio, al inicio de la época de lluvias. En las cañadas o barrancas por los bordes y costados y a lo largo de los ríos y arroyos o corrientes más o menos permanentes se distribuyen algunas variantes de la selva mediana, el bosque ripario que es un tipo de vegetación con una fisonomía muy heterogénea, pues su altura puede variar desde los 5 a los 40 m, se distribuye desde los 400 hasta los 2,000 msnm. Y la selva mediana subcaducifolia la cual se distribuye en manchones a lo largo del área de distribución de la selva baja caducifolia, generalmente en zonas con mayor disponibilidad de agua, esta se encuentra restringida a los cauces de los arroyos y su extensión es muy limitada, presenta dos estratos arbóreos bien definidos, uno de 15 m de altura y otro de 16 a 25 m (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995).

La presencia humana en la zona es relativamente reciente aunque ha tenido un gran impacto. La tendencia inicial fue agrícola, sin embargo, esta actividad se ve desplazada gradualmente por la introducción de ganado. La productividad de la región depende de la humedad y la topografía que presentan

las áreas perturbadas, en lugares escarpados domina la agricultura temporal y los pastizales, las pocas planicies que existen se destinan a la agricultura de riego principalmente de mango, papaya, coco de agua y maíz de subsistencia (De Ita, 1983 y Noguera, 1993). Las actividades forestales implican la extracción de maderas preciosas, principalmente de parota, primavera, rosa morada y barcino y la caza principalmente es de venados, jabalís, iguanas y armadillos (Noguera, 1993).

La selva se ha transformado en pastizales para uso ganadero por medio de la roza-tumba y quema (González, 1992): Los cultivos de maíz y de pasto exóticos como el guinea y estrella que son los más comunes. Este tipo de transformación de la selva ocasiona grandes pérdidas de suelo por erosión (Solís, 1993).

IV.2. ÁREA DE TRABAJO.

El área de trabajo corresponde a un pastizal ubicado, en el kilómetro 48 de la carretera federal 200 Barra de Navidad-Puerto Vallarta, junto al arroyo Cajones (Fig.2). Esta área se encuentra cercada y mide aproximadamente una hectárea de superficie, el uso inicial fue el de la agricultura principalmente el de cucurbitáceas y maíz, posteriormente se introdujeron pastos y por tanto ganado.

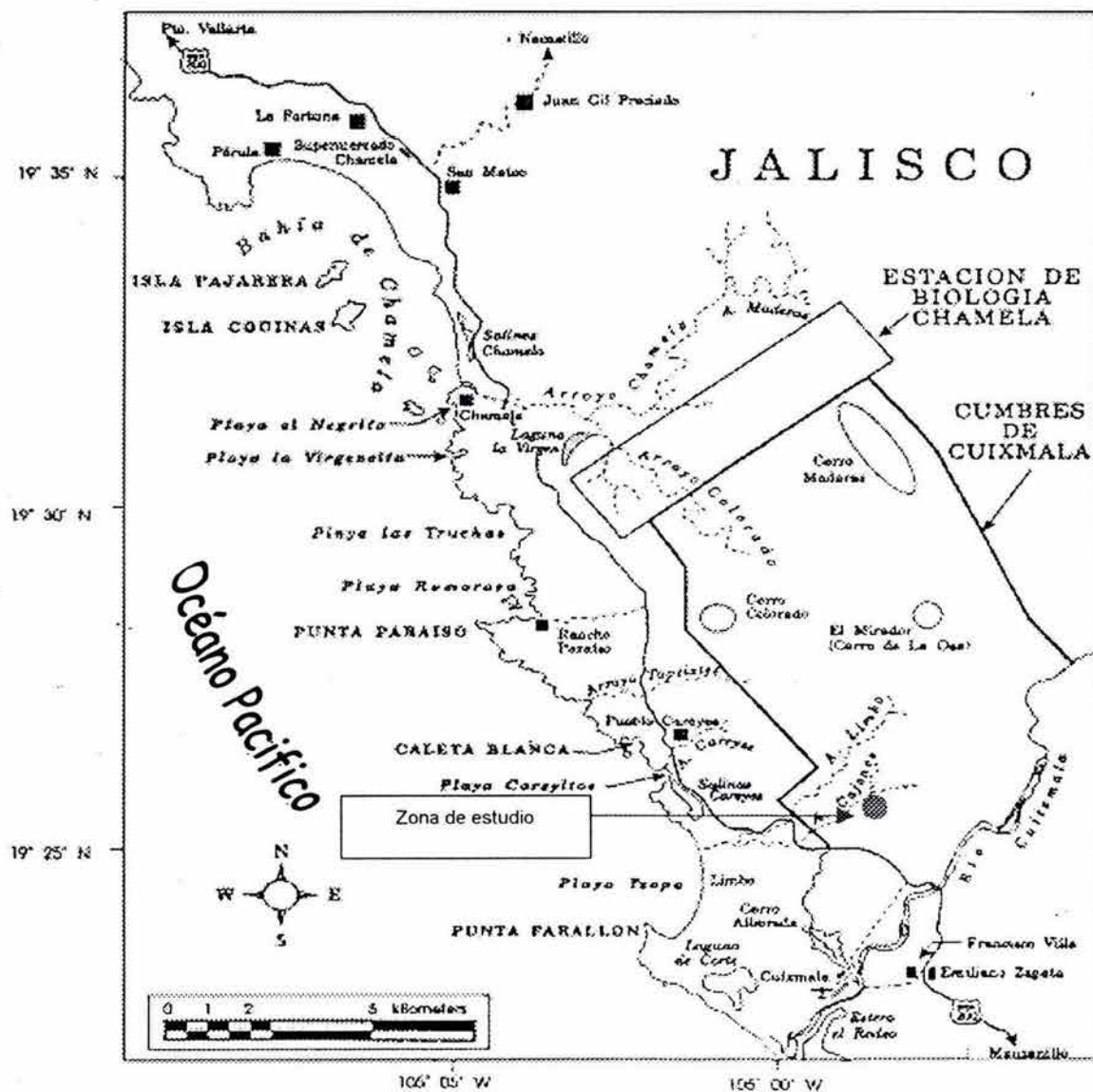


Figura 2. Mapa de Ubicación de la zona de estudio (Pastizal). Según Lott (1993).

IV.3. Diseño experimental.

En el área de trabajo se marcaron 28 cuadros de 12 x 12 m con pasillos de 2 m. Posteriormente se seleccionaron 20 cuadros en los cuales no hubiera árboles o fueran afectados por la sombra de estos. En los cuadros seleccionados se distribuyeron cinco tratamientos: comunidad sintética lenta (Len.), comunidad sintética rápida (Ráp.), comunidad sintética mixta (Mix.), sin pasto (S/Pas.) y con pasto (C/Pas.), con cuatro réplicas de cada uno, solo evitando que no quedaran cuadros con un mismo tratamiento juntos (Fig. 3).

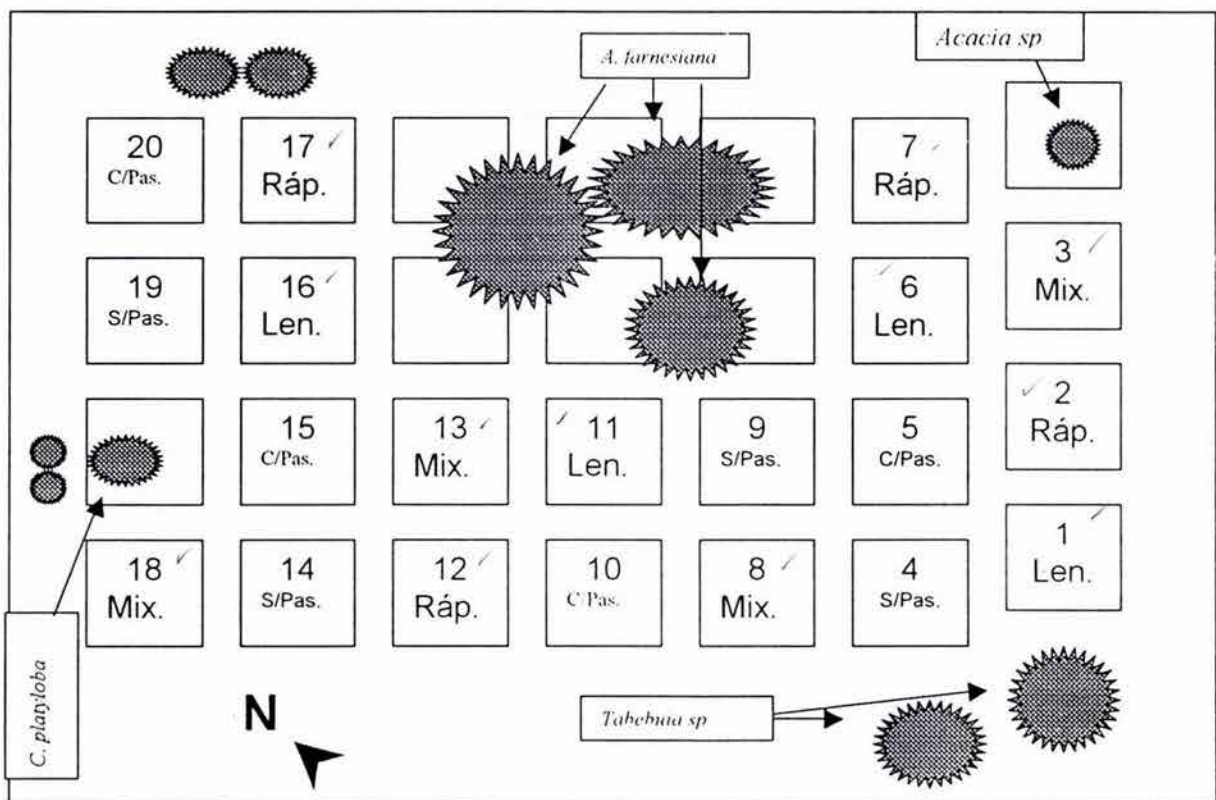


Figura 3. Distribución de las comunidades sintéticas en el área de trabajo.

Las plantas que se encontraron en el pastizal, fueron en su mayoría pasto (*Panicum maximun*), algunas Cucurbitáceas (como calabaza y pepino), plántulas (de *A. Farnesiana* y *C. platyloba*), e individuos adultos (de *A. farnesiana*, *Acacia sp.*, *C. Platyloba* y *Tabebuia sp*) que se dejan como sombra para el ganado.

En los 12 cuadros pertenecientes a las comunidades sintéticas lenta, rápida, mixta y 4 cuadros sin pasto y sus respectivas réplicas, fue necesario asperjar herbicida Roundup, con la finalidad de eliminar los pastos (Roundup es un herbicida sistémico sin actividad residual sobre el suelo, controla con alta efectividad las malezas, este producto se adhiere al suelo y de esta forma ya no está disponible para las plantas y debido a su gran afinidad por las partículas del suelo evitan la lixiviación, es decir, permanece hasta que es degradado biológicamente). En los 12 cuadros correspondientes a las comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta se hicieron 100 perforaciones por cuadro con un mototaladro, de aproximadamente 30 cm de profundidad, separadas un m entre perforación y perforación. En donde posteriormente se transplantaron 100 plántulas, las cuales corresponden a 20 especies diferentes dependiendo de la comunidad sintética, con cinco individuos de cada una por cuadro, excepto en los cuadros correspondientes a la comunidad sintética lenta donde solo se utilizaron 19 especies.

Por otra parte, para poder obtener las plántulas que fueron transplantadas en cada uno de los cuadros, fue necesario poner a germinar semillas de 39 especies, las cuales en algunos casos se tuvieron que escarificar y posteriormente hidratar. Las semillas sin escarificar solo se hidrataron, la hidratación de las semillas fue de aproximadamente 24 h., después de haber sido hidratadas se colocaron en charolas de arena de sílice estéril. Las semillas se consideraron germinadas una vez que emergió la radícula y después de cinco días se transplantaron en macetas de plástico con aproximadamente 2 kg de sustrato. Estas fueron previamente preparadas con una mezcla de suelo colectado en el pastizal y arena de río en una proporción 3:1, respectivamente. Las plántulas se crecieron por un mes en invernadero. El trabajo de germinación de las diferentes especies se realizó en las instalaciones de la Estación de Biología Chamela de la Universidad Nacional Autónoma de México, misma en donde se ubica el invernadero.

Cuando las plántulas alcanzaron un mes de edad se transplantaron, y se etiquetaron con etiquetas de aluminio de 3 x 5 cm, en donde se rotulo la especie

de la planta, la comunidad sintética del cuadro correspondiente (Len, Ráp, o Mix), el número del cuadro (1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17 o 18) y la replica de la plántula (1, 2, 3, 4 o 5).

Las especies fueron seleccionadas de acuerdo con su tasa relativa de crecimiento utilizando un total de 39 especies, de las cuales 19 se consideraron como especies de lento crecimiento, 20 como especies de rápido crecimiento y de las de lento crecimiento así como de las de rápido se seleccionaron 10 especies de cada uno para obtener la comunidad sintética mixta. (Tabla 1 y 2).

A las especies se les asigno un número, 1 al 19 para el caso de la comunidad sintética lenta y de 1 al 20 para las comunidades sintéticas rápida y mixta, para mantener orden al momento de ser transplantadas y monitoreadas (tabla 2).

La distribución de los individuos en los diferentes cuadros se realizó como se indica en la Fig. 4 se plantaron en hileras de diez de tal forma que por cada réplica se ocuparon dos hileras.

ESPECIES ESTUDIADAS.

ESPECIE	FAMILIA	FORMA DE CRECIMIENTO
<i>Lagrezia monosperma</i>	Amaranthaceae	Árbusto
<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	Árbol
<i>Plumeria rubra</i>	Apocynaceae	Árbol
<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	Árbol
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Bignoniaceae	Árbol
<i>Tabebuia rosae</i>	Bignoniaceae	Árbol
<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Árbol
<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	Árbol
<i>Cordia elaeagnoides</i>	Boraginaceae	Árbol
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochlospermaceae	Árbol
<i>Ipomoea wolcottiana</i>	Convolvulaceae	Árbol
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i>	Hernandiaceae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Amphipterygium adstringens</i>	Julianaceae	Árbol
<i>Acacia angustissima</i>	Leguminosae	Árbusto
<i>Acacia farnesiana</i>	Leguminosae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Acacia sp</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Albizia occidentalis</i>	Leguminosae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Apoplanesia paniculata</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Caesalpineia coriaria</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Caesalpineia platyloba</i>	Leguminosae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Caesalpineia sclerocarpa</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Chloroleucon mangense</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Lonchocarpus eriocarinalis</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Lysiloma microphyllum</i>	Leguminosae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae	Árbusto
<i>Pithecellobium dulce</i>	Leguminosae	Árbol
<i>Cedrela odorata</i>	Melianaceae	Árbol
<i>Swietenia humilis</i>	Melianaceae	Árbol
<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	Árbol
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Polygonaceae	Árbol
<i>Ruprechtia fusca</i>	Polygonaceae	Árbol
<i>Hintonia latiflora</i>	Rubiaceae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Recchia mexicana</i>	Simaroubaceae	Árbol
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	Árbusto o árbol pequeño
<i>Heliocarpus pallidus</i>	Tiliaceae	Árbol
<i>Luehea candida</i>	Tiliaceae	Árbol

Tabla 1. Lista de especies estudiadas, la nomenclatura de acuerdo con Lott (1985, 1993).

LENTO	RÁPIDO	MIXTO
1. <i>Swietenia humilis</i>	1. <i>Tabebuia rosae</i>	1. <i>Coccoloba barbadensis</i>
2. <i>Hintonia latiflora</i>	2. <i>Tabebuia donnell-smithii</i>	2. <i>Tabebuia rosae</i>
3. <i>Brosimum alicastrum</i>	3. <i>Acacia farnesiana</i>	3. <i>Crescentia alata</i>
4. <i>Cedrela odorata</i>	4. <i>Cochlospermum vitifolium</i>	4. <i>Lagrezia monosperma</i>
5. <i>Caesalpinia eriostachys</i>	5. <i>Guazuma ulmifolia</i>	5. <i>Hintonia latiflora</i>
6. <i>Luehea candida</i>	6. <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	6. <i>Guazuma ulmifolia</i>
7. <i>Caesalpinia platyloba</i>	7. <i>Cordia elaeagnoides</i>	7. <i>Cedrela odorata</i>
8. <i>Caesalpinia coriaria</i>	8. <i>Apoplanesia paniculata</i>	8. <i>Ipomoea wolcottiana</i>
9. <i>Crescentia alata</i>	9. <i>Ceiba pentandra</i>	9. <i>Caesalpinia sclerocarpa</i>
10. <i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	10. <i>Heliocarpus pallidus</i>	10. <i>Ceiba pentandra</i>
11. <i>Ruprechtia fusca</i>	11. <i>Amphipterygium adstringens</i>	11. <i>Lonchocarpus eriocarinalis</i>
12. <i>Recchia mexicana</i>	12. <i>Albizia occidentalis</i>	12. <i>Acacia farnesiana</i>
13. <i>Plumeria rubra</i>	13. <i>Spondias purpurea</i>	13. <i>Swietenia humilis</i>
14. <i>Coccoloba barbadensis</i>	14. <i>Acacia sp</i>	14. <i>Cochlospermum vitifolium</i>
15. <i>Haematoxylum brasiletto</i>	15. <i>Lysiloma microphyllum</i>	15. <i>Brosimum alicastrum</i>
16. <i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i>	16. <i>Ipomoea wolcottiana</i>	16. <i>Cordia elaeagnoides</i>
17. <i>Lonchocarpus eriocarinalis</i>	17. <i>Lagrezia monosperma</i>	17. <i>Albizia occidentalis</i>
18. <i>Cordia alliodora</i>	18. <i>Acacia angustissima</i>	18. <i>Ruprechtia fusca</i>
19. <i>Chloroleucon mangense</i>	19. <i>Mimosa tenuiflora</i>	19. <i>Spondias purpurea</i>
	20. <i>Pithecellobium dulce</i>	20. <i>Caesalpinia platyloba</i>

Tabla 2. Lista de especies seleccionadas de acuerdo a su tasa relativa de crecimiento de acuerdo con Huante *et al.* (1995).

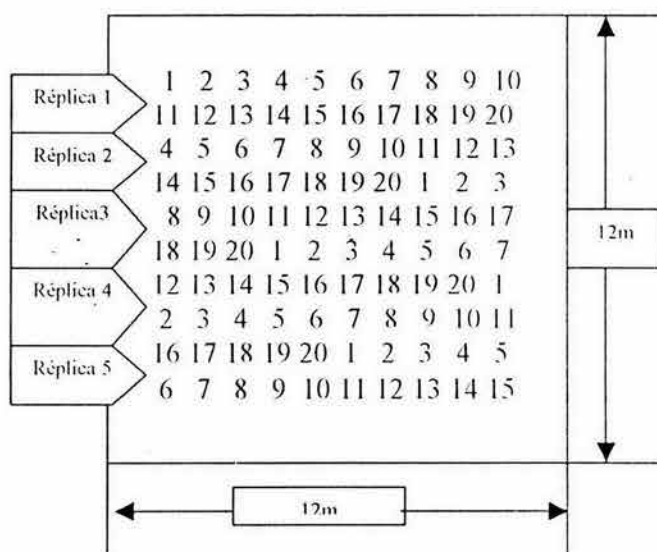


Figura 4. Distribución de las plántulas por número de especie y réplica.

Para determinar el desarrollo de las plántulas en el campo (área de trabajo) se tomaron las siguientes mediciones: altura, diámetros máximo y mínimo de la cobertura de la copa, altura de la copa (con flexómetro), y diámetro del tallo (con vernier).

- Altura. Se midió la altura del tallo principal, desde el suelo hasta la yema apical.
- Diámetro máximo (Dmax) y diámetro mínimo (Dmin). Se midieron los diámetros máximos y mínimos de la cobertura de las plantas, con los que y mediante la fórmula de la elipse, se calculó el área de la cobertura en donde:

$$a = (D. \max/2)(D. \min/2) \pi$$

- Copa. Se midió como la altura desde la primera rama hasta la yema apical en el tallo principal de la planta, y con esta y el área de la copa se calculó el volumen de la copa de la siguiente manera:

$$\text{Vol. Copa} = (\text{Altura Copa}) (\text{área de la cobertura})$$

En donde y de acuerdo a la forma de la copa se le multiplicó un factor, es decir, cuando la forma de la copa se considero cilíndrica el resultado de la fórmula se multiplicó por uno, cuando fue cónica la fórmula se multiplicó por 1/3, cuando se consideró media elipsoide el resultado de la fórmula se multiplicó por 2/3 y cuando se consideró elipsoide total se multiplicó por 4/3 (HemiView, 1999).

- Diámetro basal del tallo. Se midió entre los 3 y 5 cm de altura, se determinó esta altura debido al tamaño de las plantas, para que pudiera ser una variable comparable, debido a que las plantas incluso en el muestreo realizado a los 415 días no tenían la altura necesaria para tomarles el DAP.

Las mediciones se realizaron de la siguiente manera: 1) una inicial que se llevó a cabo inmediatamente después del transplante al pastizal en la última semana de Julio de 1999; 2) dos mediciones más en la temporada de crecimiento una en la tercera semana de septiembre y la otra en la tercera semana de noviembre de 1999; 3) otra en la segunda semana de febrero del 2000 correspondiente a la temporada de seca; y 4) por último se realizó una medición la segunda semana de

septiembre del 2000, es decir aproximadamente un año después del transplante inicial en el pastizal.

Adicionalmente se hicieron mediciones fisiológicas (conductividad estomática, transpiración, y con la relación entre estas se obtuvo el índice de la eficiencia en el uso de agua, suponiendo que la asimilación de CO₂, es directamente proporcional a la conductividad estomática) para lo cual se utilizó un porómetro (LI-COR LI-1600, USA). En los cuadros 11, 12 y 13 correspondientes a comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta respectivamente, se seleccionaron 3 especies con 3 réplicas de cada una por comunidad para la lenta y rápida y para la comunidad mixta se seleccionaron 4 especies igualmente con 3 réplicas de cada una, evitando los individuos ubicados en los bordes.

Las especies seleccionadas se listan a continuación:

- Comunidad sintética lenta. *Swietenia humilis*, *Lonchocarpus eriocarinalis* y *Brosimum alicastrum*.
- Comunidad sintética rápida. *Ceiba pentandra*, *Ipomoea wolcottiana* y *Cochlospermum vitifolium*.
- Comunidad sintética mixta. *Cochlospermum vitifolium*, *Lonchocarpus eriocarinalis*, *Ceiba pentandra* y *Brosimum alicastrum*.

Las mediciones se realizaron: 1) dos en la temporada de lluvia (periodo de crecimiento); y 2) una tercera en la temporada seca. Se realizó una corrida durante el día comenzando a las 9:30 horas, cada hora, terminando hasta las 18:30 horas. La hoja en la que se tomaron las mediciones, en los diferentes individuos, fue una de las de mayor expansión foliar, es decir, una hoja madura, con la misma orientación. Las especies se seleccionaron: i) por el tamaño de hoja; y ii) especies de crecimiento lento y rápido respectivamente, además de algunas presentes en las comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta.

IV.4. Análisis de datos.

Los datos obtenidos en las diferentes mediciones así como los obtenidos en las mediciones fisiológicas se capturaron y se organizaron en bases de datos en una hoja de trabajo excel de Microsoft Office 97. USA.

Se realizaron gráficos en un programa de computación Microsoft excel para las variables de altura , cobertura , volumen de la copa y diámetro basal del tallo y para determinar diferencias entre las comunidades se realizaron análisis de varianza de una vía (anova) utilizando un programa estadístico (STATISTICA, StatSoft USA), en donde se tomaron a la altura, cobertura, volumen de la copa y diámetro del tallo como variables dependientes en tanto la variable independiente fue la comunidad sintética.

Los valores de las mediciones fisiológicas (conductividad estomática, transpiración e índice de la eficiencia en el uso de agua) se ajustaron utilizando un programa de computación (table curve, Jandel USA). Posteriormente se realizaron graficas utilizando el programa Microsoft excel, asimismo se realizaron análisis de varianza (anova) de dos vías para determinar si presentan diferencias las diferentes especies mediante la utilización de un programa estadístico (STATISTICA, StatSoft USA), de la siguiente manera: se utilizaron las, conductancias estomáticas, transpiración y el índice WUE, mínimas y máximas por individuo respectivamente como variables dependientes y el tiempo y la comunidad sintética como variables independientes.

V. RESULTADOS.

Las plantas utilizadas en el presente trabajo corresponden a 39 especies de 18 familias (tabla 1 y 2).

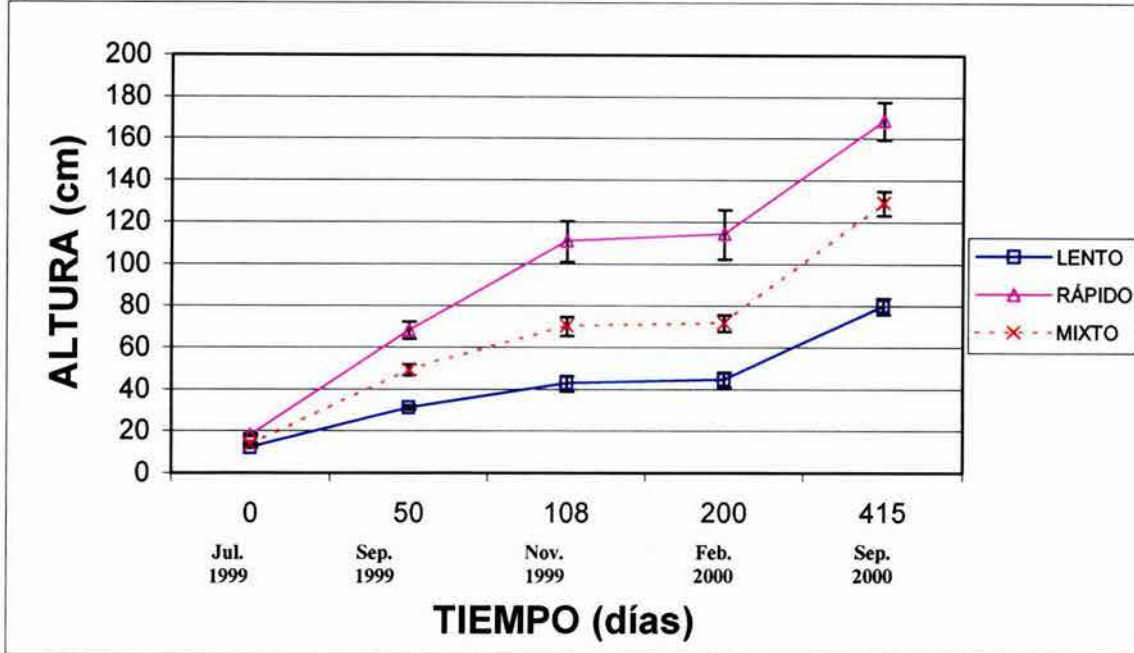
Altura.

La altura inicial de las plantas en promedio es muy homogénea no importando la comunidad sintética en la que se encontraban, sin embargo presentaron diferencia significativa entre comunidades ($P=0.00000$). En los siguientes muestreos se observaron cambios entre las comunidades sintéticas dándose la menor altura para la comunidad sintética lenta y la mayor para la comunidad sintética rápida y una altura intermedia para las especies de la comunidad sintética mixta, presentando diferencias significativas ($P\leq 0.0000$) en el resto de los muestreos (fig. 5a, apéndice 1).

Sin embargo la comunidad sintética mixta cuando es separada en mixta lenta y mixta rápida el comportamiento de las plantas es similar a las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, solo se promedian las especies que se comparten en las comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta. No presentaron diferencias significativas ($p\geq 0.0704$) entre la comunidad sintética lenta y las especies de lento crecimiento de la comunidad sintética mixta, y valores de $P\geq 0.0951$ para la comunidad sintética rápida y las especies de rápido crecimiento de la comunidad sintética mixta, y para esta última solo en la en el muestreo realizado a los 200 días se presentaron diferencias significativas ($P=0.049$) (Fig. 5b, apéndice 2 y 3).

La mayoría de las especies arbóreas utilizadas en este trabajo presentaron un incremento en altura importante desde la medición inicial hasta los 108 días de crecimiento, lo cual también pudo ser marcado como el periodo de crecimiento debido a la presencia de lluvias. Para la altura que presentaron las plantas a los 200 días el crecimiento disminuyó observando un tamaño apenas superior al registrado a los 108 días que pudo ser marcado como el inicio de la temporada seca, en donde las plantas empiezan a ser sometidas a la escasez de recursos, principalmente de agua provocando una desaceleración en su crecimiento, y aumentando nuevamente en el siguiente periodo de lluvias como se observa en el muestreo realizado a los 415 días de crecimiento (Fig. 5a y b).

a



b

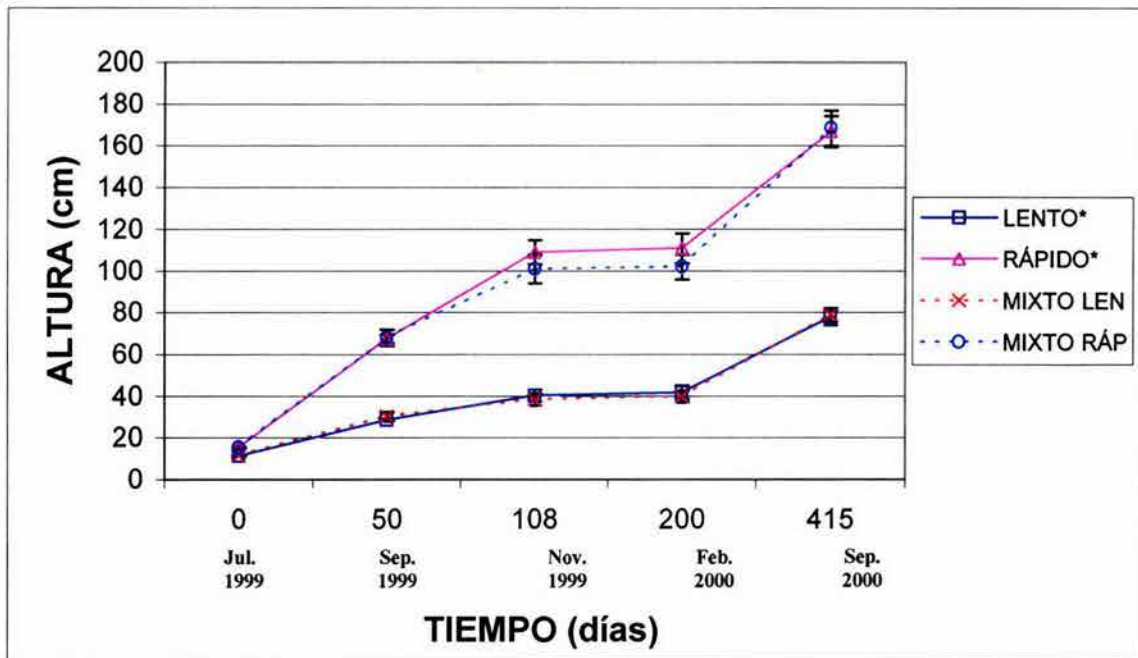


Figura 5. a; Promedio de alturas por comunidad sintética lenta, rápida y mixta y b; Promedio de alturas mixta lenta, mixta rápida y lenta* y rápida* solo las especies que comparten con la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 400 por comunidad sintética.

Por otra parte, las alturas por especie mostraron una variedad de alturas entre estas.

Para la comunidad sintética lenta las especies como se observó en la mayoría de ellas alcanzaron una altura por debajo de los 100 cm a los 415 días y solo 3 especies superaron esa altura *C. platyloba* que alcanzó una altura por arriba de los 140 cm y *L. candida* y *C. mangense* que situaron entre los 100 y 120 cm, sugiriendo con ello un comportamiento como especies de rápido crecimiento. En contraste, las especies con menor promedio de crecimiento fueron *C. barbadensis* y *H. Latiflora*, así como *B. Alicastrum* a los 415 días, y el resto de las especies presentaron un intervalo diferencial de incremento de 40 cm desde los 50 hasta los 415 días de crecimiento (Fig. 6).

En la comunidad sintética rápida la mayoría de las especies alcanzaron una altura por encima de los 120 cm a los 415 días de crecimiento, se observó como una clara continuación de las especies lentas, sin embargo, dos especies *T. rosae* y *T. donell-smithii* fueron las más pequeñas en dicha comunidad sintética, incluso se encontraron en un intervalo similar a la mayoría de las especies de la comunidad sintética lenta. También se observó la mayor altura para las especies *I. wolcottiana*, *A. angustisima* y *E. ciclocarpum* las que superaron los 210 cm de altura, y la mayoría de las especies se encuentra en un intervalo diferencial de incremento de 100 cm desde los 50 días hasta el último muestreo a los 415 días de crecimiento (Fig. 7).

Para la comunidad sintética mixta el comportamiento de las alturas por especie fue similar al que presentaron las especies en las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, haciendo notar el amplio intervalo de alturas entre especies (Fig. 8).

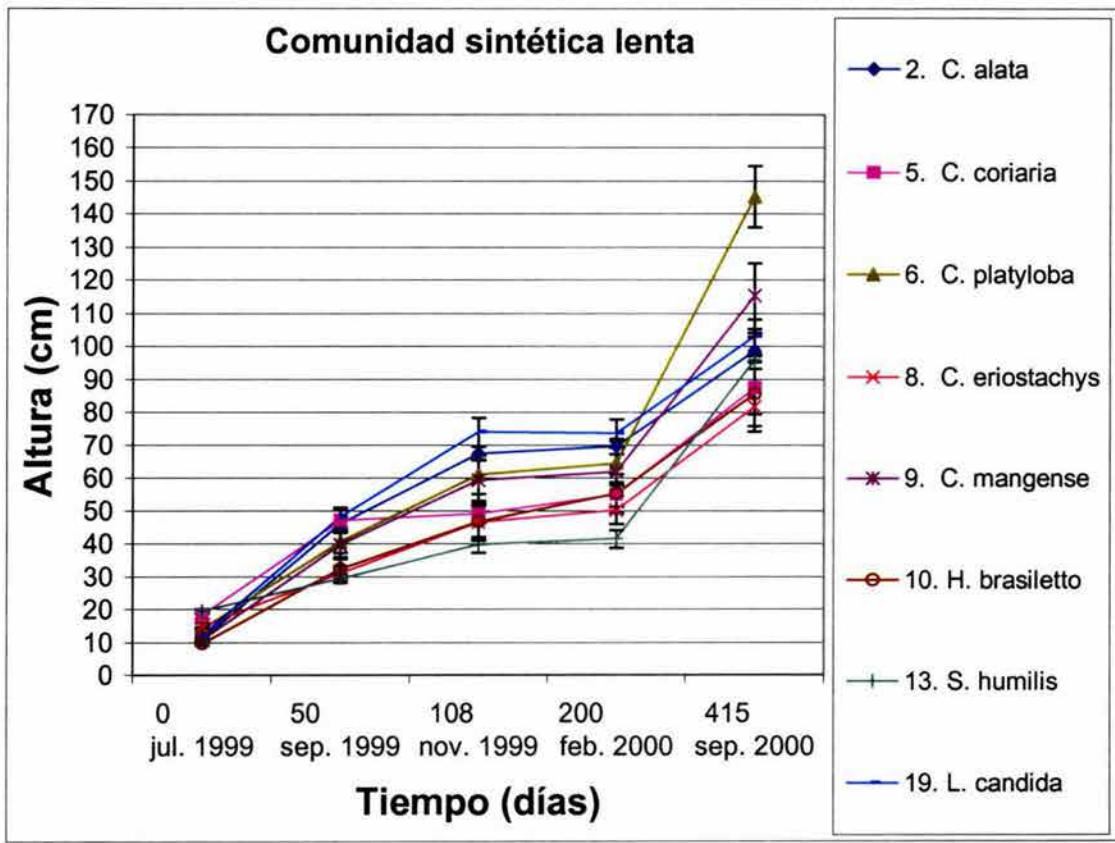
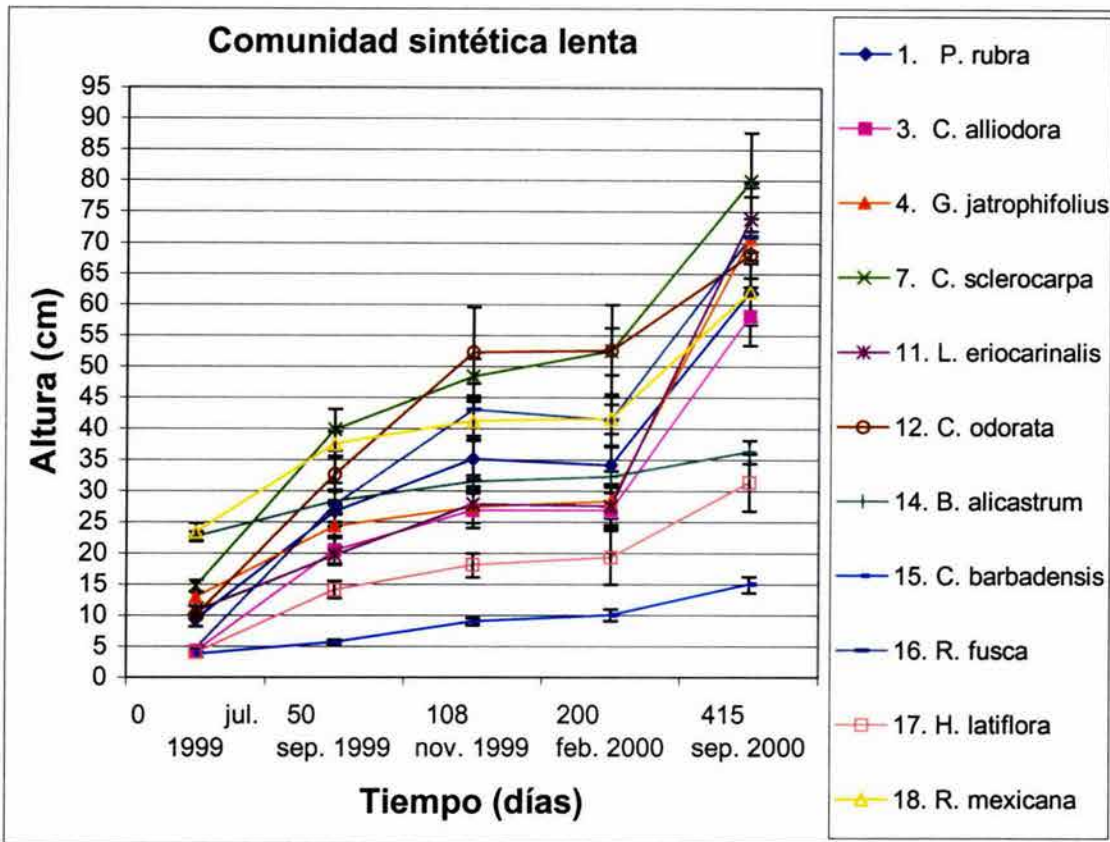


Figura 6. Promedio de alturas por especie, comunidad sintética lenta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar con una n inicial de 20.

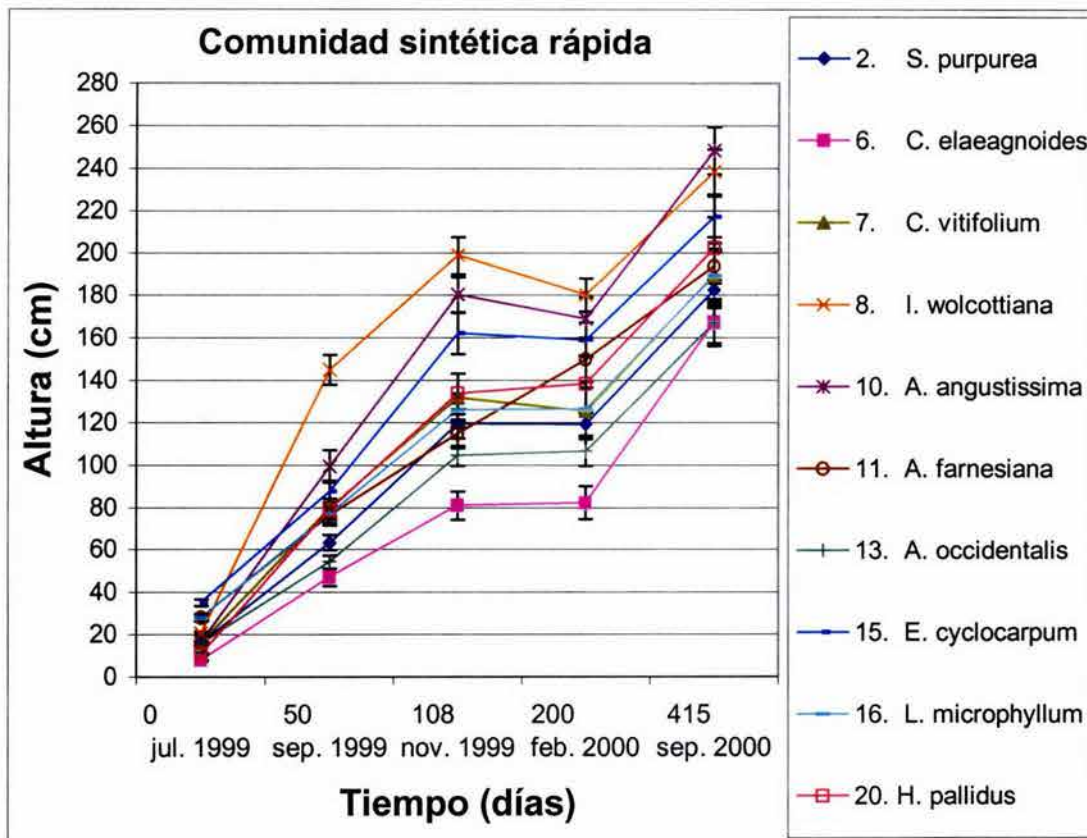
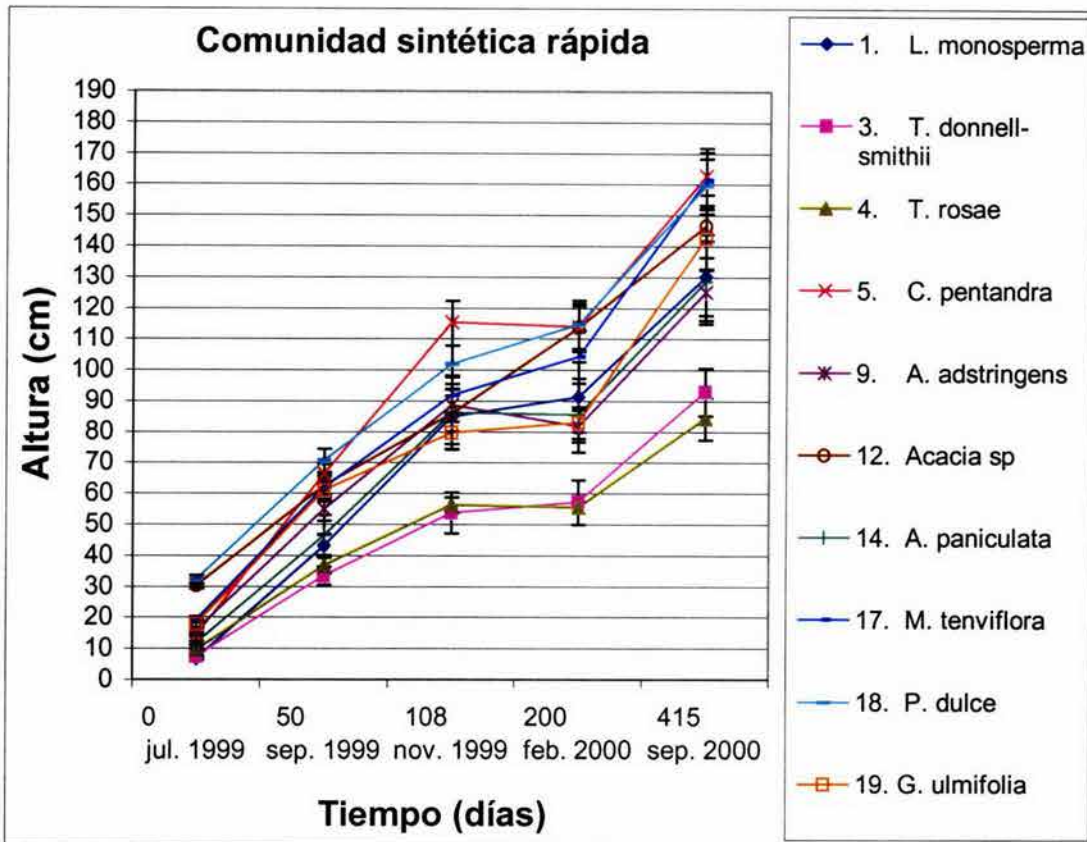


Figura 7. Promedios de alturas por especie, comunidad sintética rápida. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar con una n inicial de 20.

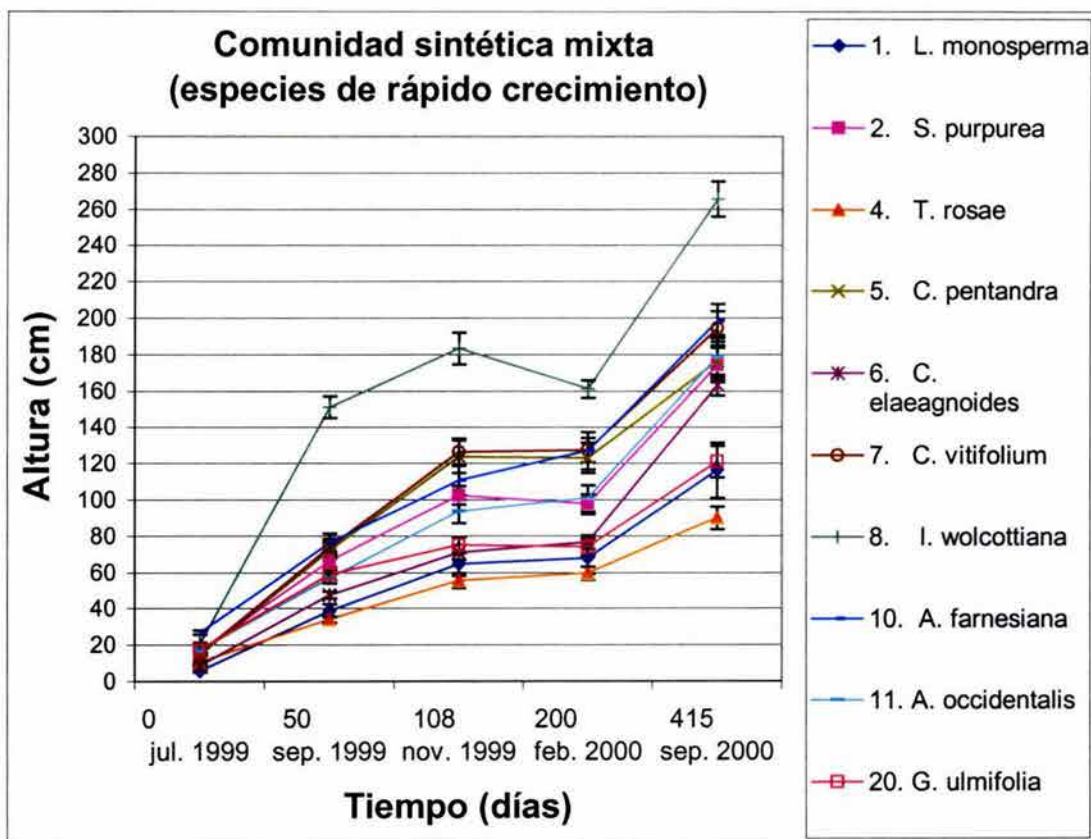
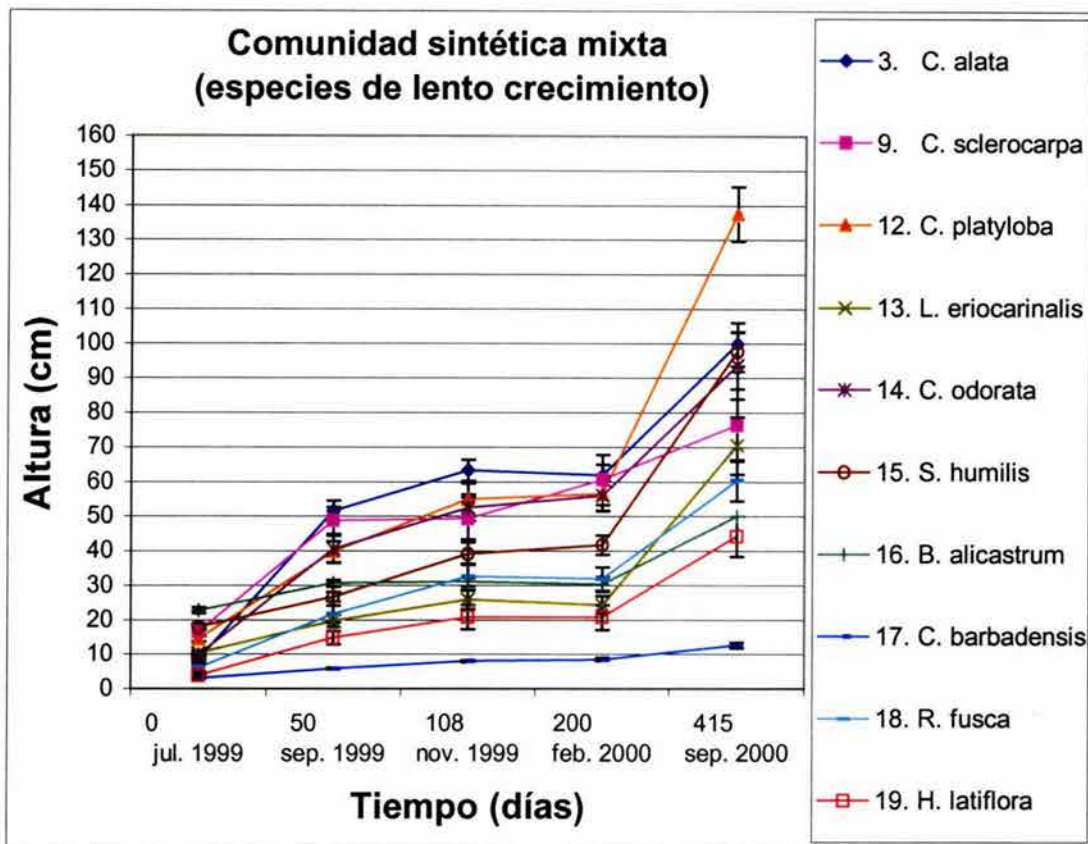


Figura 8. Promedio de alturas por especie, comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

Cobertura

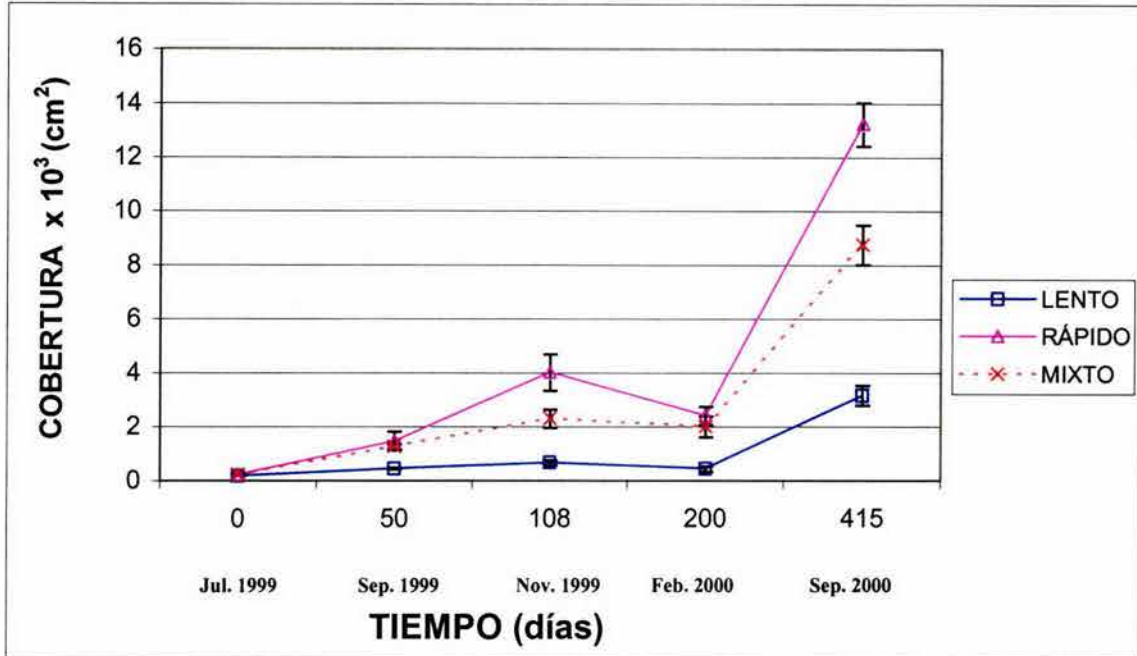
La cobertura inicial fue homogénea en las tres comunidades sintéticas lenta rápida y mixta, aunque son diferentes significativamente ($P=0.000005$), sin embargo, la prueba de Tukey indicó que las comunidades sintéticas rápida y mixta no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.989$). A los 50 días el área de cobertura de las comunidades sintéticas rápida y mixta fue similar y mayor que la comunidad sintética lenta ($P=0.00$) y por lo tanto significativamente son diferentes. A 108 días de crecimiento se observó la menor cobertura para la comunidad sintética lenta y la mayor para la comunidad sintética rápida, separándose de la comunidad sintética mixta la cual presentó una cobertura intermedia entre las comunidades sintéticas lenta y rápida, claramente con diferencias significativas ($P=0.00$). A los 200 días se observó una disminución en la cobertura en las tres comunidades sintéticas, observándose en la comunidad sintética rápida la mayor pérdida incluso se aproxima nuevamente a la comunidad sintética mixta, que presenta una pequeña pérdida en la cobertura al igual que la comunidad sintética lenta, con diferencias significativas ($P=0.00$), en tanto la prueba de Tukey indicó que no hay diferencias significativas entre las comunidades sintéticas rápida y mixta ($P=0.1819$). Y a los 415 días aumentó la cobertura, observándose la mayor cobertura para la comunidad sintética rápida, la menor para la comunidad sintética lenta e intermedia para la comunidad sintética mixta ($P=0.00$) y por lo tanto con diferencias significativas (Fig. 9a y apéndice 1).

Al separar la comunidad sintética mixta en mixta lenta y mixta rápida y compararlas con las especies que comparten con la comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente. Se observó para la comunidad sintética lenta y mixta lenta un comportamiento similar con una pequeña pérdida a los 200 días y un incremento considerable a los 415 días, y no hubo diferencias significativas ($P \geq 0.17$), y solo a los 50 días de crecimiento presentaron diferencias significativas ($P=0.04$) (Fig. 9b y apéndice 2).

Para la comunidad sintética rápida y mixta rápida aunque el comportamiento es similar, hay variaciones a los 108 días en donde las especies correspondientes a la comunidad sintética rápida presentan una mayor cobertura que las especies de la comunidad sintética mixta rápida, y

para los 200 días la pérdida en la cobertura es mayor para la comunidad sintética rápida que la que presenta la comunidad sintética mixta rápida, y a los 415 días tanto para la comunidad sintética rápida así como para la comunidad sintética mixta rápida, el área de cobertura fue nuevamente similar y solo hubo diferencias significativas a los 200 días ($P=0.032$), en tanto para los demás muestreos no hubo diferencias significativas ($P \geq 0.086$) (Fig. 9b y apéndice 3).

a



b

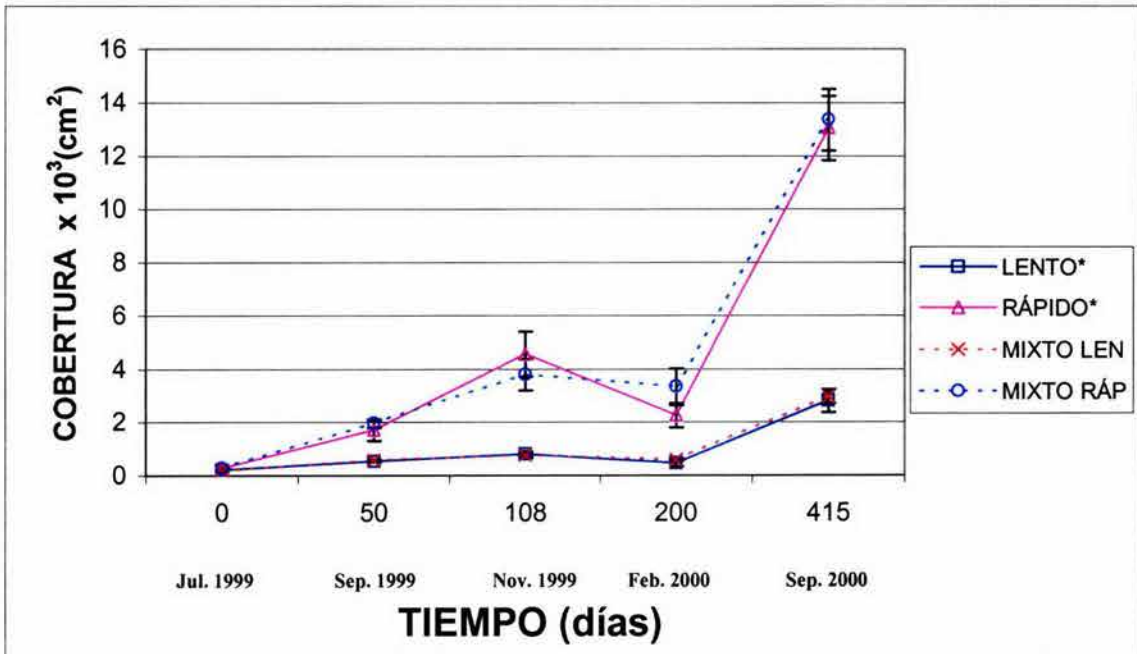


Figura 9. a; Promedio de área de cobertura por comunidad sintética. Y b; promedio de área de cobertura comunidad sintética mixta dividido en mixta lenta y mixta rápida y lenta* y rápida* solo especies que comparten con la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error con una n inicial de 400 por comunidad sintética.

En la comunidad sintética lenta se observó en la medición inicial una cobertura homogénea para todas las especies. A los 50 días la cobertura aumenta en todas las especies sobre todo *C. platyloba* y *S. humilis* que presentaron la mayor cobertura. A los 108 días se observaron variación en las diferentes especies principalmente en *C. platyloba*, *S. humilis*, *C. odorata* y *H. brasiletto*. A los 200 días, a principios de la temporada seca, la mayoría de las especies tienen una pérdida de follaje lo que se vió reflejado en la disminución de la cobertura, sin embargo *H. brasiletto* muestra nuevamente un aumento considerable. A los 415 días todas las especies presentaron un aumento en la cobertura, observándose un grupo de tres especies *H. latiflora*, *B. alicastrum* y *C. barbadensis* las cuales presentaron la menor cobertura de la comunidad sintética por debajo de 500 cm², también se pudo observar otro grupo de tres especies *R. Mexicana*, *C. alliodora* y *P. rubra* que presentaron una cobertura superior a los 1000 cm². La mayoría de las especies se encuentra entre los 2000 y los 5000 cm² y tres especies *H. brasiletto*, *C. platyloba* y *C. magense*, las cuales presentaron la mayor cobertura de la comunidad (Fig. 10).

En la comunidad sintética rápida se observó una cobertura homogénea en el muestreo inicial. A los 50 días todas las especies presentaron un aumento en su cobertura observándose la mayor en *I. Wolcottiana*. A los 108 días se observó un incremento en la cobertura de todas las plantas y la mayor cobertura la presentó nuevamente *I. wolcottiana* y *A. Farnesiana*. A los 200 días la mayoría de las especies tuvieron una pérdida en su cobertura debido al carácter caducifolio de las especies, aunque algunas especies tales como *Acacia sp*, *M. Tenviflora* y *A. farnesiana* presentaron un aumento en su cobertura. A los 415 días todas las especies tuvieron un aumento en su cobertura, observándose la mayor para *I. wolcottiana* y *A. farnesiana* la cual fue superior a 22,500 cm², la mayoría de las especies se encontraron entre los 6,000 y 18,000 cm² y se presentó la menor cobertura en *T. rosae* la cual se encontró en el promedio de cobertura de la mayoría de las especies de la comunidad sintética lenta (Fig. 11).

En la comunidad sintética mixta, la cobertura de las diferentes especies es similar al que presentan las mismas especies en las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, aunque cabe mencionar que para el muestreo realizado a los 200 días la pérdida de la cobertura principalmente de las

especies de la comunidad sintética mixta rápida es menor, que el que presentaron las mismas especies en la comunidad sintética rápida, observándose incluso en algunos casos aproximadamente la misma cobertura que el muestreo anterior, tal es el caso de especies como *I. wolcottiana* e incluso algunas de ellas presentaron un aumento como se observó en *A. farnesiana* y *G. ulmifolia* (Fig. 12).

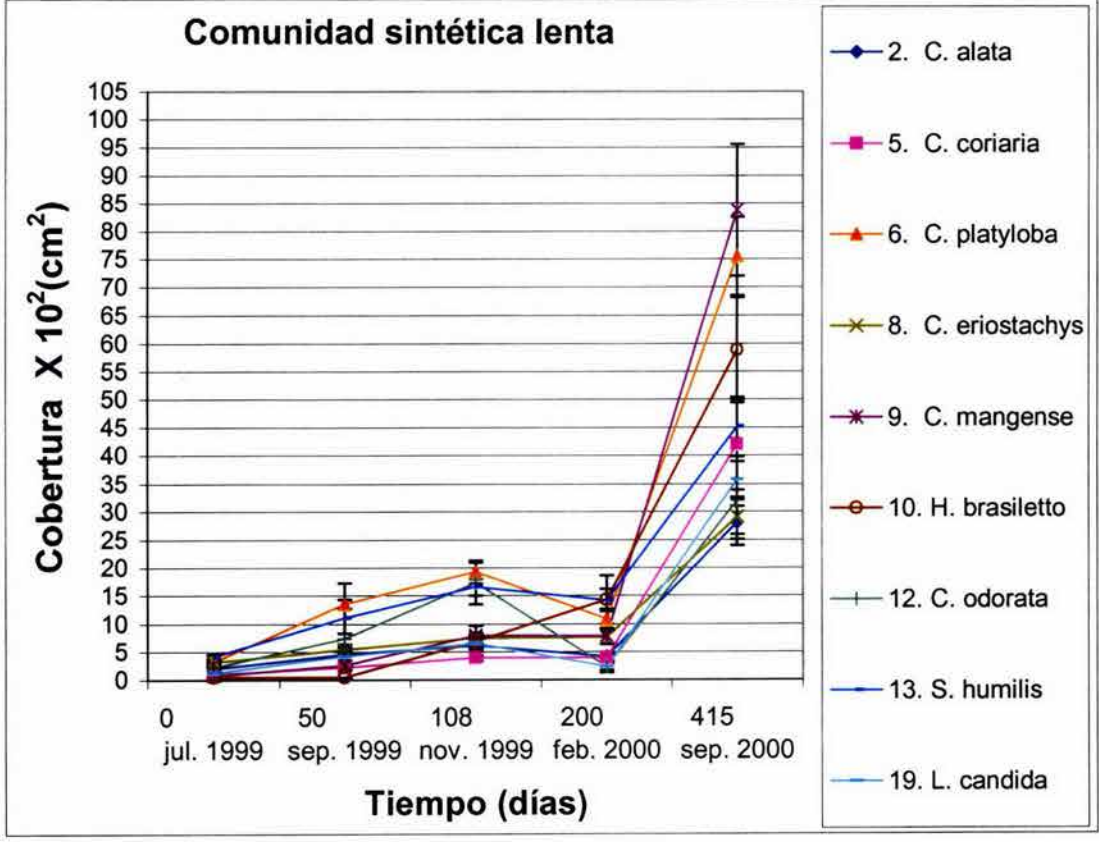
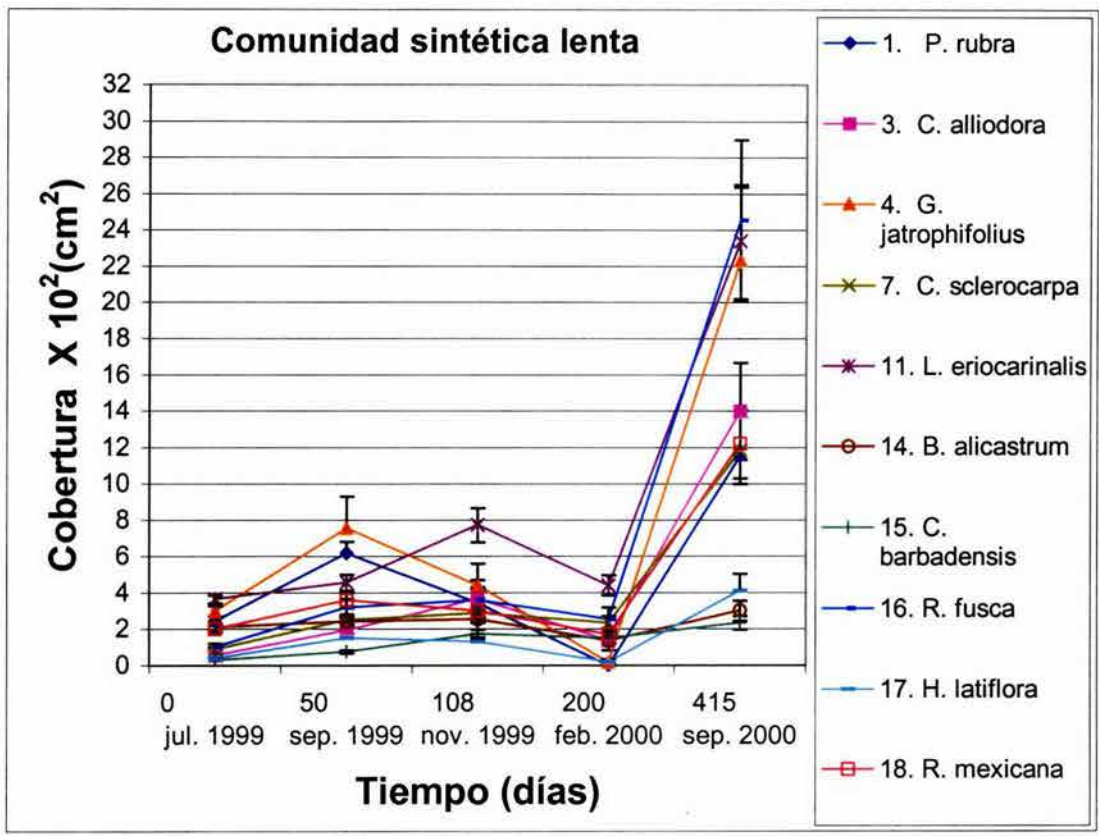


Figura 10. Promedio de cobertura por especie, en la comunidad sintética lenta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

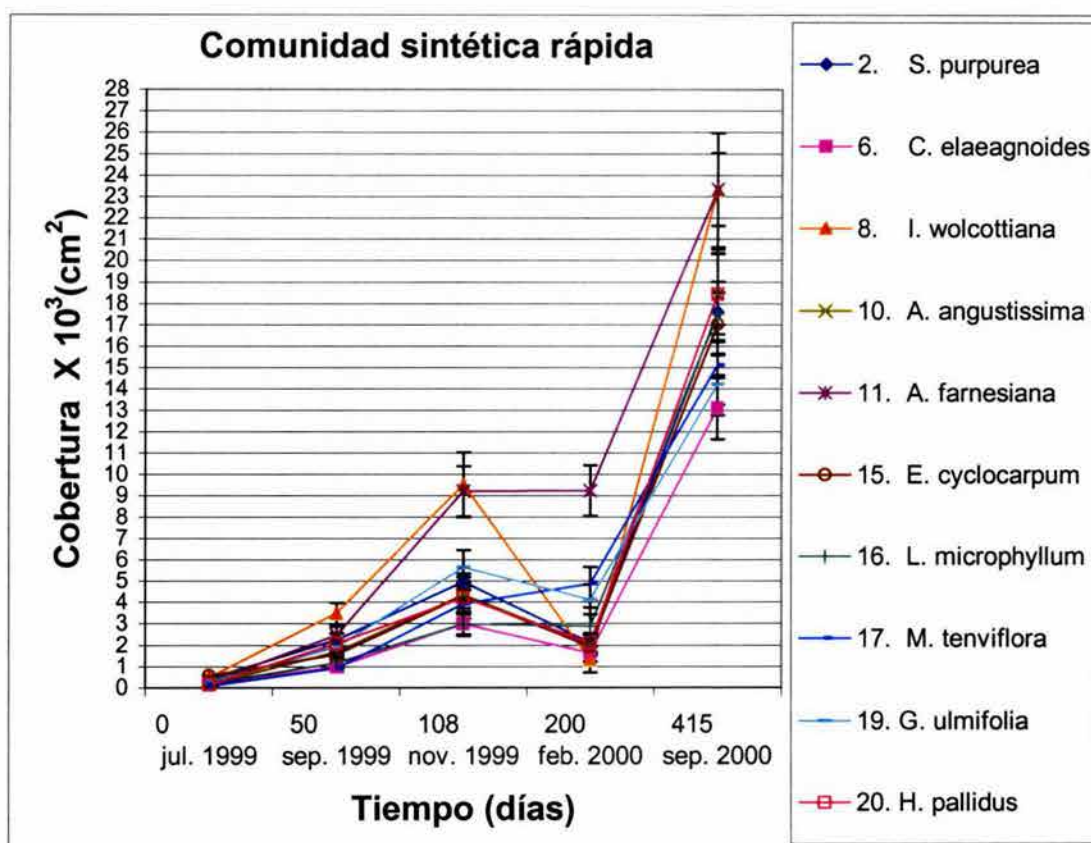
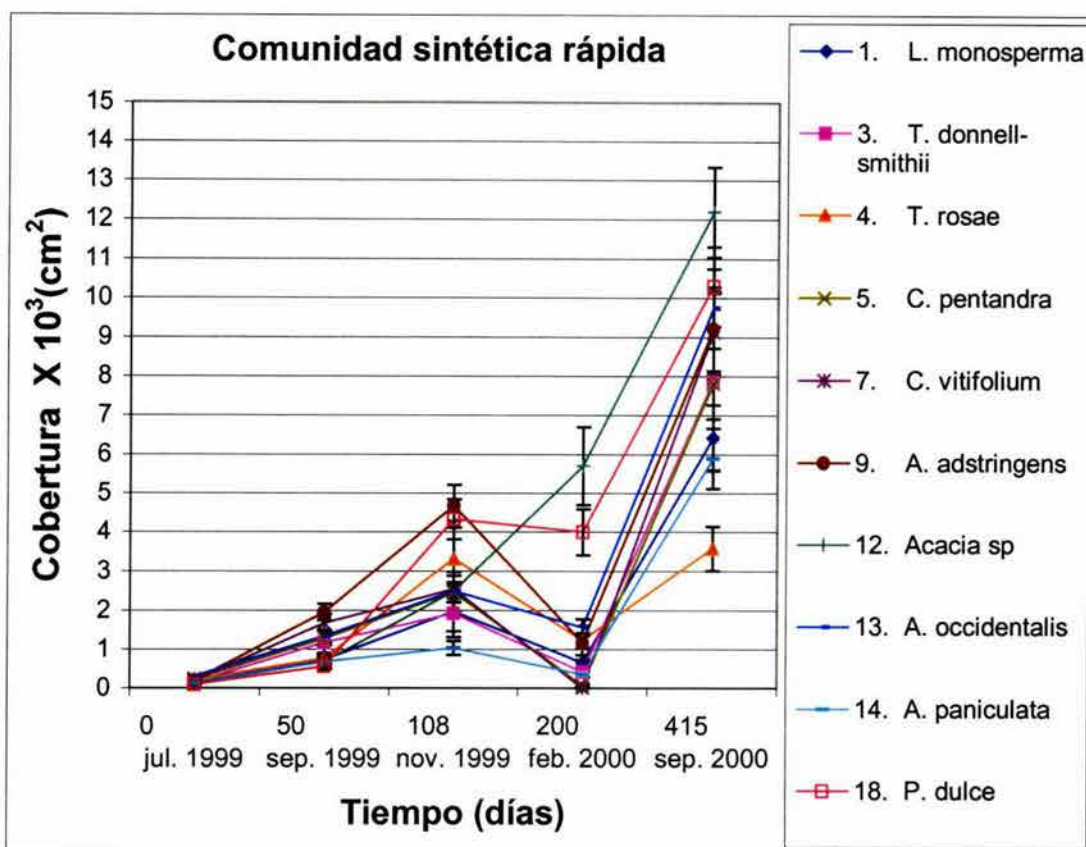


Figura 11. Promedio de la cobertura por especie, en la comunidad sintética rápida. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicia de 20.

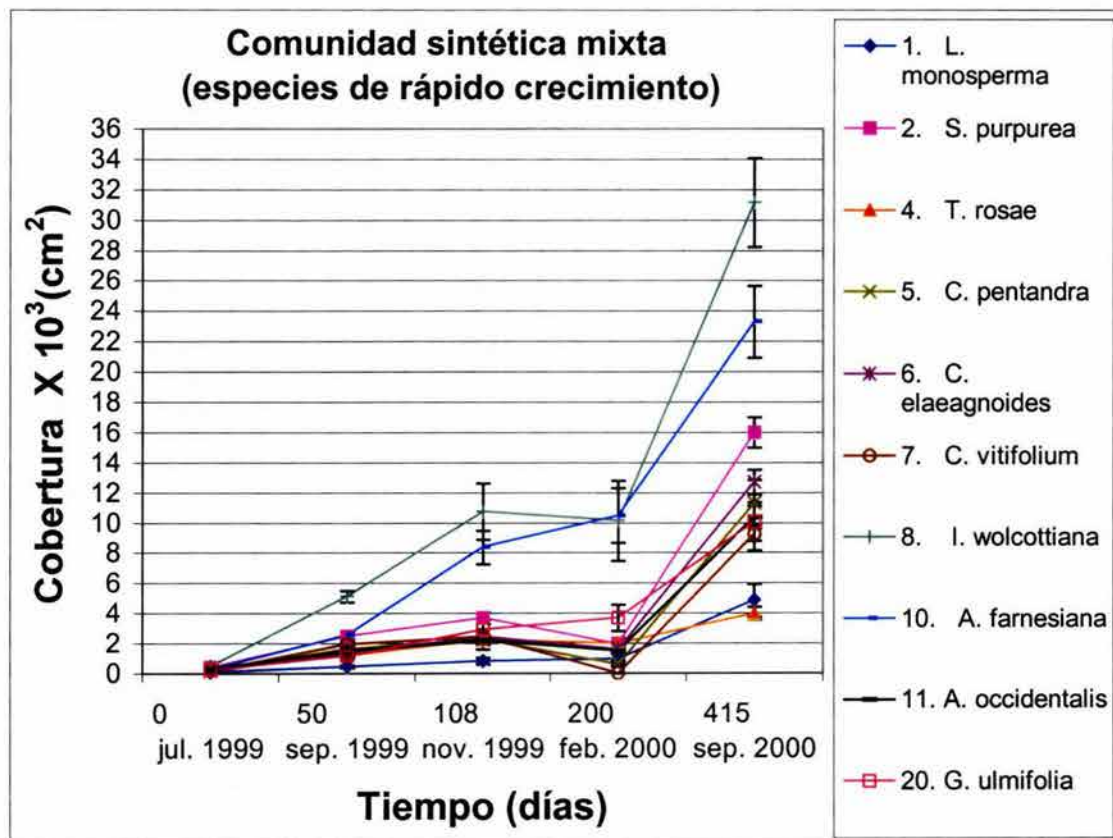
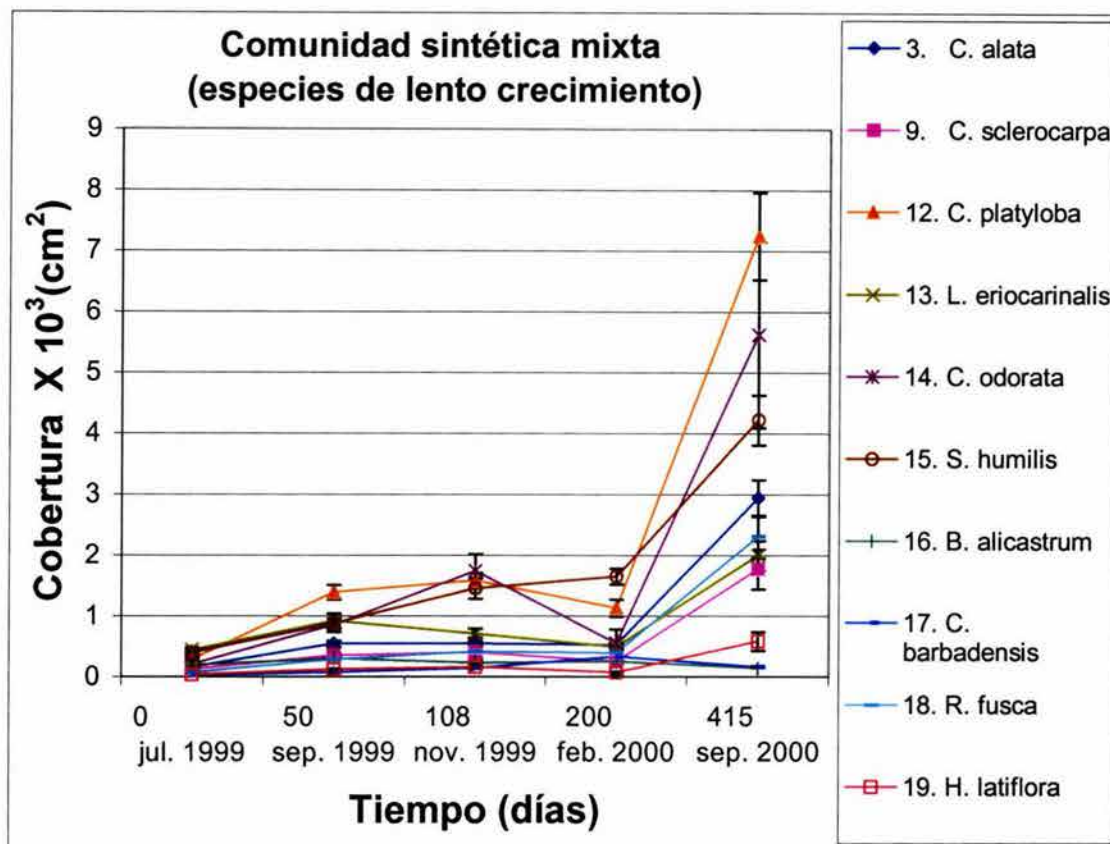


Figura 12. Promedio de la cobertura por especie, en la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

Volumen de la copa.

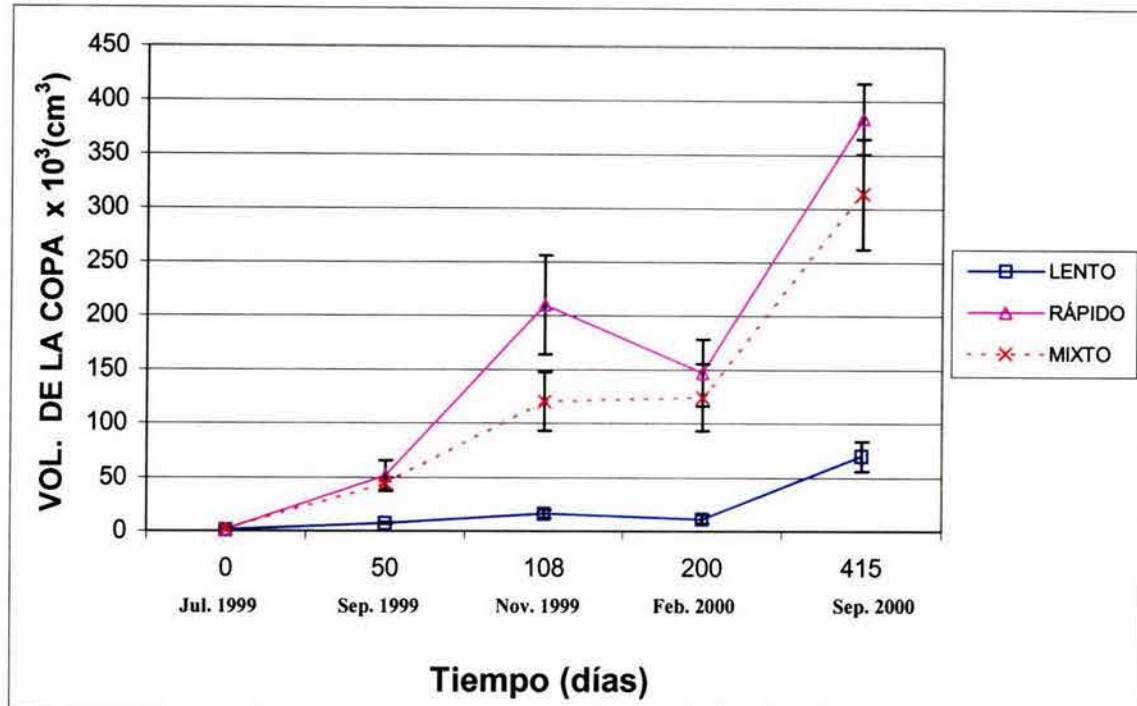
El comportamiento del volumen de la copa fue similar al que se presentó en la cobertura.

En el muestreo inicial el volumen en general fue muy homogéneo en las tres comunidades sintéticas, con diferencias significativas ($P=0.005$), pero la prueba de Tukey indicó que no hay diferencias significativas entre las comunidades sintéticas rápida y mixta ($P=0.99$). A los 50 días, se observó un pequeño aumento en la comunidad sintética lenta, en tanto las comunidades sintéticas rápida y mixta presentaron volúmenes similares, de igual manera que el muestreo inicial presentaron diferencias significativas ($P=0.0000$), y de acuerdo con la prueba de Tukey no hubo diferencias significativas entre las comunidades sintéticas rápida y mixta ($P=0.27$). A 108 días de crecimiento el volumen fue mayor en la comunidad sintética rápida, en cambio en la mixta aunque presentó un aumento en el volumen de la copa no alcanzó los niveles de la comunidad sintética rápida, y la comunidad sintética lenta presentó el menor volumen de copa con un pequeño incremento, con diferencias significativas ($P=0.0000$). A los 200 días, debido al efecto de la temporada seca, se observó una clara disminución en el promedio del volumen de la copa de la comunidad sintética rápida, en cambio las comunidades sintéticas lenta y mixta solo presentaron una pequeña pérdida, con diferencias significativas ($P=0.0000$), sin embargo, la prueba de Tukey entre las comunidades rápida y mixta no hubo diferencias significativas ($P=0.668$). A los 415 días de crecimiento, los tres tratamientos presentaron un claro aumento en el volumen de la copa, con diferencias significativas ($P=0.0000$), y de igual forma con la prueba de Tukey, entre las comunidades rápida y mixta no hubo diferencias significativas (Fig. 13a, apéndice 1).

Por otra parte, al separar la comunidad sintética mixta, en mixta lenta y mixta rápida y solo comparando y graficado con las especies que comparten con la comunidad sintética lenta y rápida respectivamente. Se observó que el volumen de la copa es similar entre la comunidad sintética lenta y mixta lenta, con una pequeña pérdida a los 200 días, sin diferencias significativas ($p \geq 0.054$) (Fig. 13b y apéndice 2).

Mientras que en la comunidad sintética rápida y mixta rápida, si bien el comportamiento es similar hasta los 50 días, a los 108 las especies de la comunidad sintética rápida presentaron un mayor volumen de la copa que las especies la comunidad sintética mixta rápida, a los 200 días la comunidad sintética rápida presentó una mayor pérdida en el volumen de la copa incluso quedando por debajo del nivel de las especies de la comunidad sintética mixta rápida, y a los 415 días presentaron un claro aumento, sin embargo, en ninguno de los muestreos presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.21$) (Fig. 13b y apéndice 3).

a



b

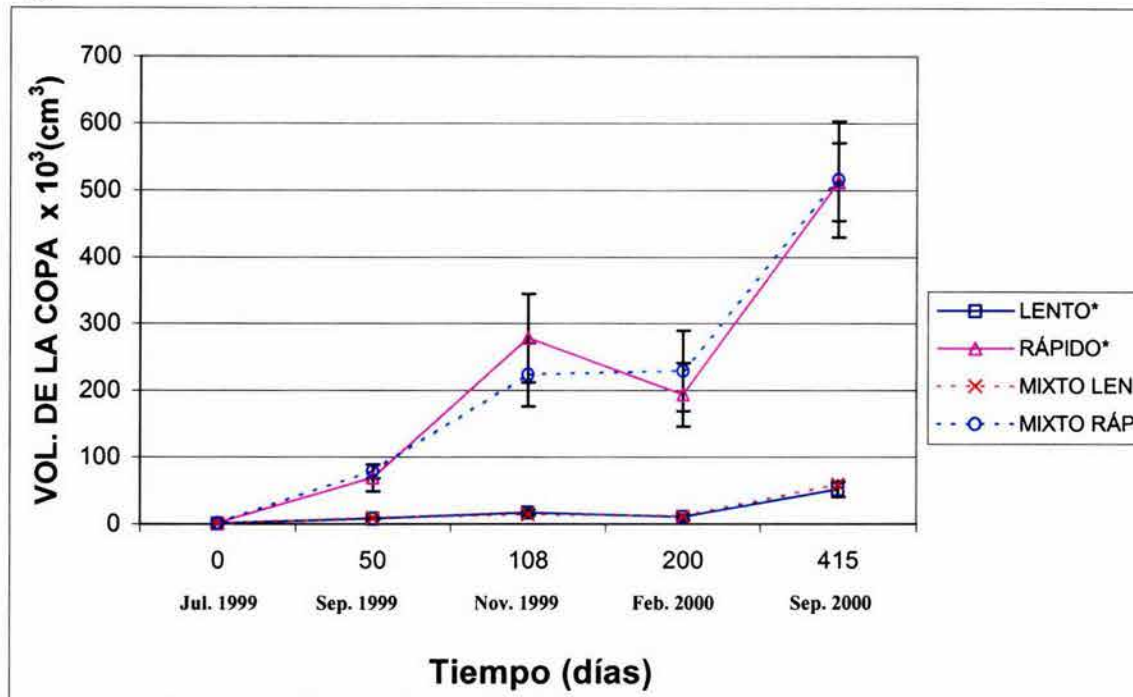


Figura 13. a. Promedio del volumen de la copa para las tres comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta; y b. Promedio del volumen de la copa, en la comunidad sintética mixta separada en mixta lenta y mixta rápida y lenta* y rápida* solo las especies que comparten con la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el valor promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 400 por comunidad sintética.

En tanto para el análisis del volumen de la copa por comunidad sintética se observó lo siguiente:

Para la comunidad sintética lenta en el muestreo inicial el volumen de la copa en general de todas las especies fue similar. A los 50 días se observó un aumento en el volumen de la copa, en donde el mayor volumen lo presentaron *C. platyloba* y *S. humilis*. A los 108 días la mayoría de las especies tuvieron un incremento, excepto *G. jatrophifolius* en la que incluso se observó una pérdida y *C. platyloba* así como *S. humilis* que nuevamente presentaron el mayor volumen de la copa, además se observó un aumento considerable en especies como *H. Brasiletto*, *C. eriostachys* y *C. manguéense*. A los 200 días casi todas las especies presentaron una pérdida en el volumen de la copa, excepto *C. coriaria* que mantuvo el volumen del muestreo anterior y *H. Brasiletto* que incluso aumento su volumen. No obstante, a los 415 días todas las especies incrementaron su volumen, la mayoría con valores entre los 1500 y los 3000 cm³ y algunas otras especies superaron considerablemente estos valores tal, fue el caso de *C. eriostachys*, *H. Brasiletto*, *C. coriaria*, *C. platyloba*, *S. humilis* y *C. mangense*, esta última incluso presentó el mayor volumen de la comunidad (Fig. 14).

La comunidad sintética rápida en el muestreo inicial presentó un volumen de la copa similar para las especies. A los 50 días todas las especies tuvieron un pequeño incremento. A 108 días de crecimiento, la mayoría de las especies presentaron nuevamente un aumento muy marcado, sobretodo en especies como *A. farnesiana*, *S. purpurea* e *I. Wolcottiana*. A los 200 días de crecimiento registraron una pérdida en su volumen, excepto especies como *Acacia* sp, *L. microphyllum*, *P. dulce*, *M. tenuiflora* y *A. farnesiana*, en las que aumentó el volumen de la copa. Mientras que a los 415 días la mayoría de las especies incrementó su volumen, y solo especies como *P. dulce* y *Acacia* sp se encontraron en el mismo nivel que el muestreo anterior, además se presentó el mayor volumen de la copa para *A. farnesiana* y *S. purpurea* (Fig. 15).

En la comunidad sintética mixta se observaron comportamientos similares en las mismas especies en los tratamientos lento y rápido, respectivamente, excepto a los 200 días, en donde la pérdida del volumen de la copa sobre todo para las especies de la comunidad sintética rápida fue mayor (Fig. 16).



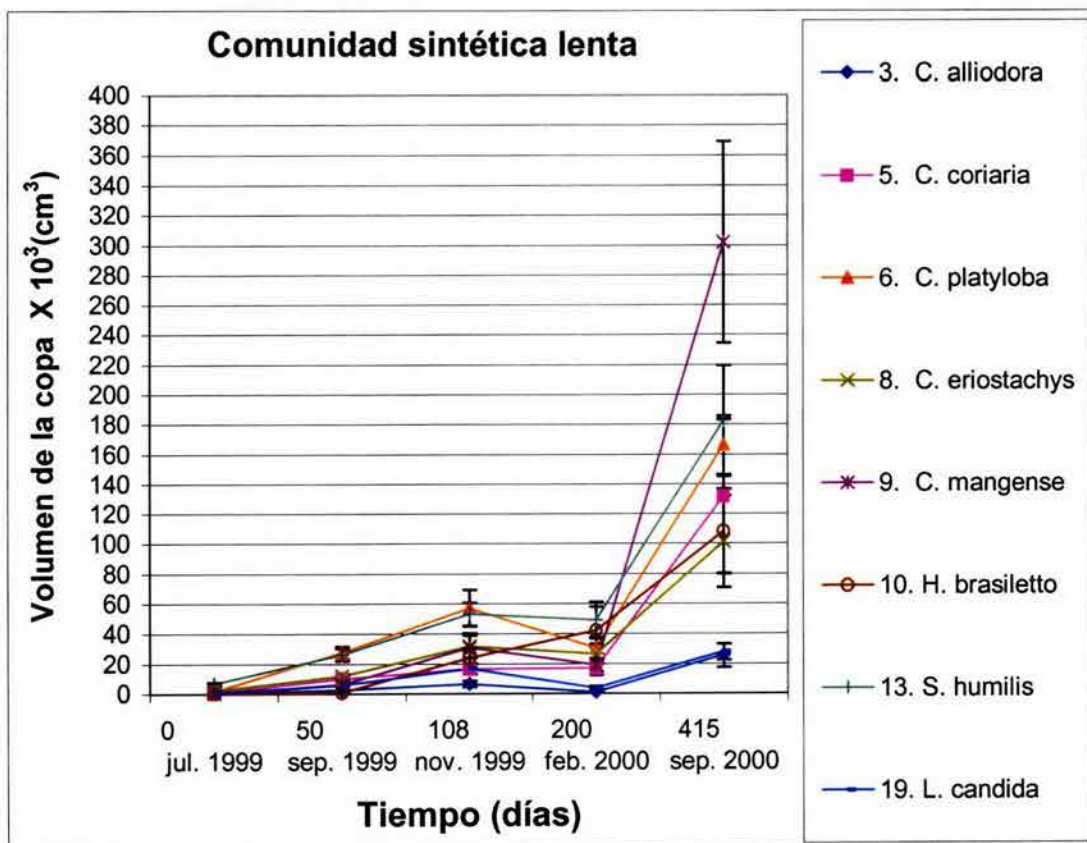
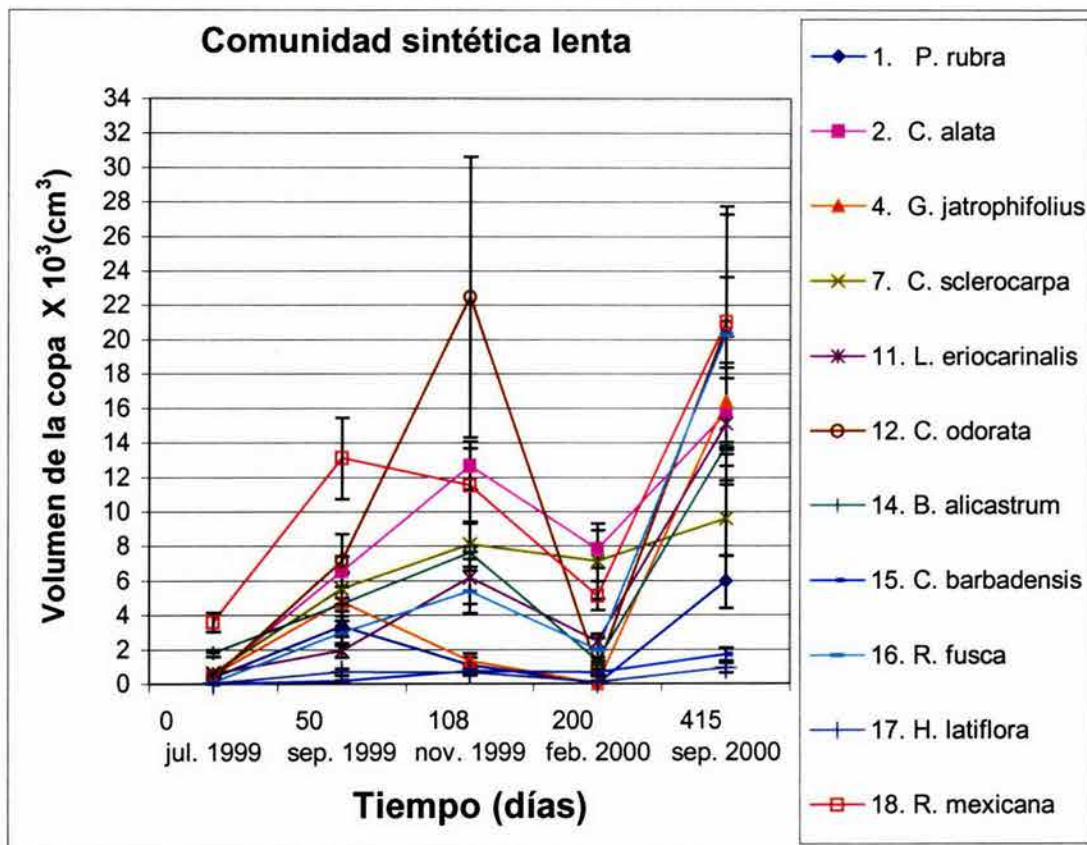


Figura 14. Promedio del volumen de la copa por especie, en la comunidad sintética lenta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

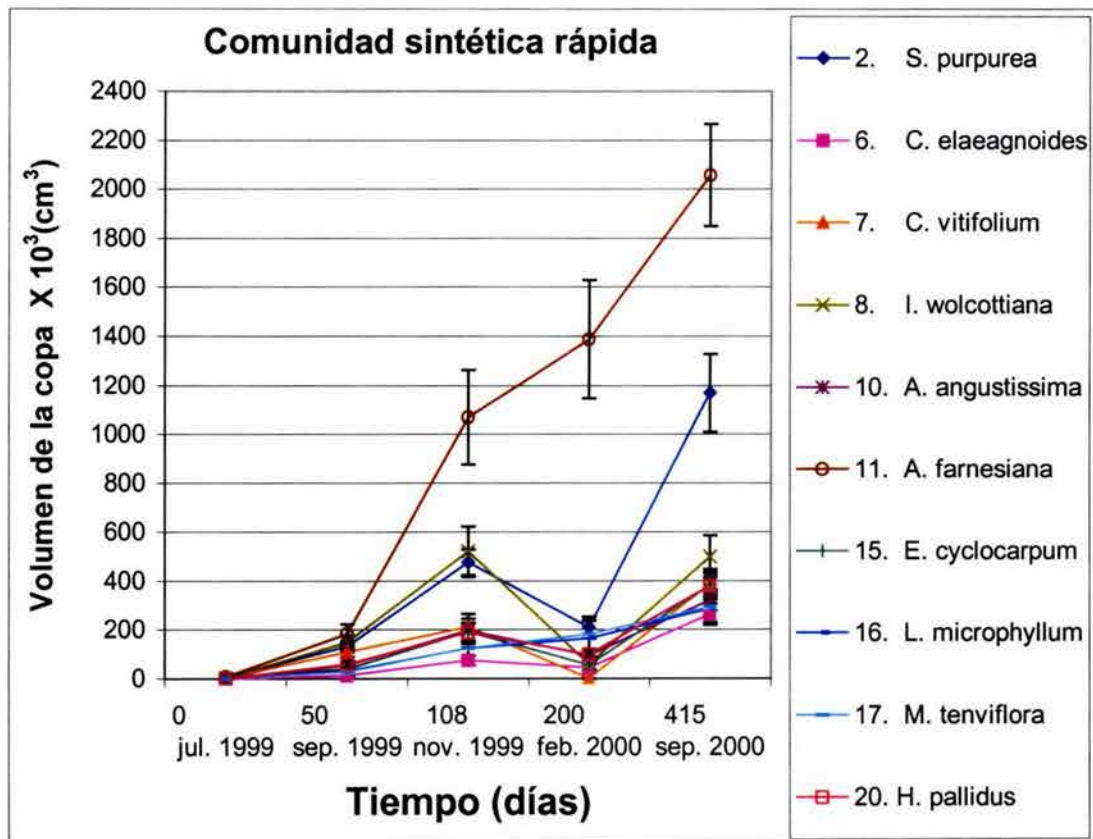
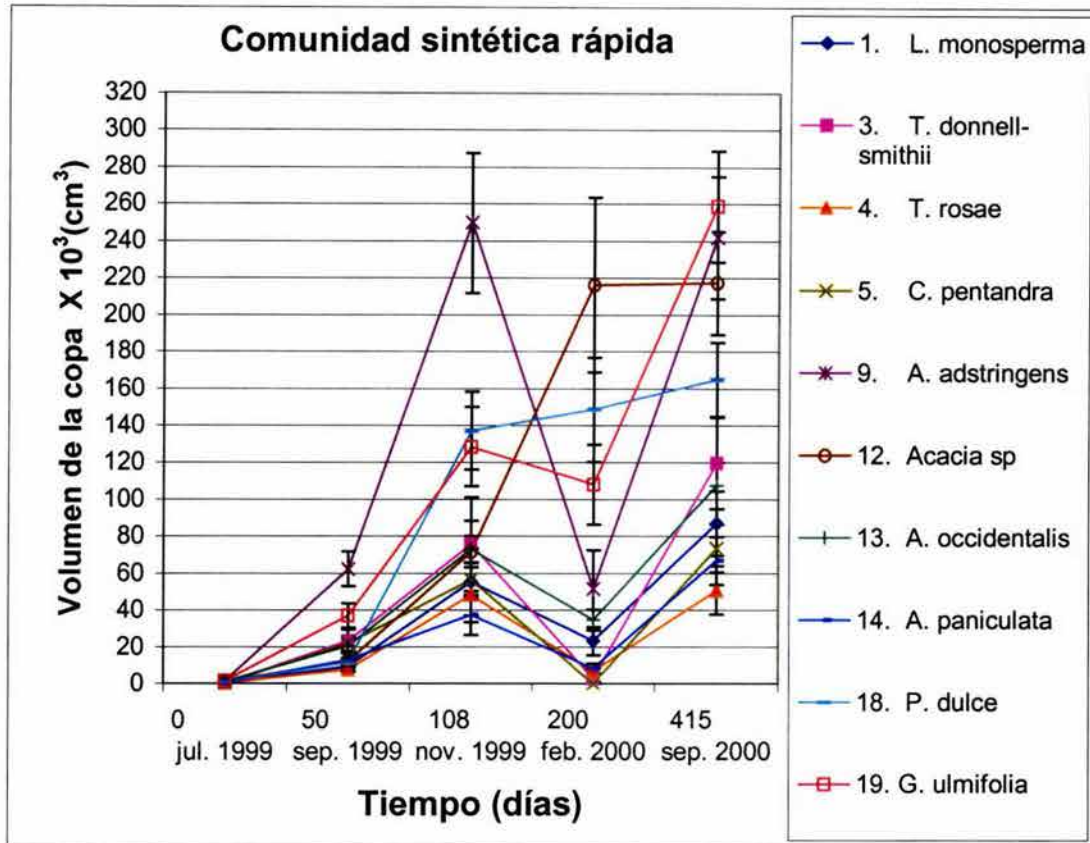


Figura 15. Promedio del volumen de la copa por especie, en la comunidad sintética rápida. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

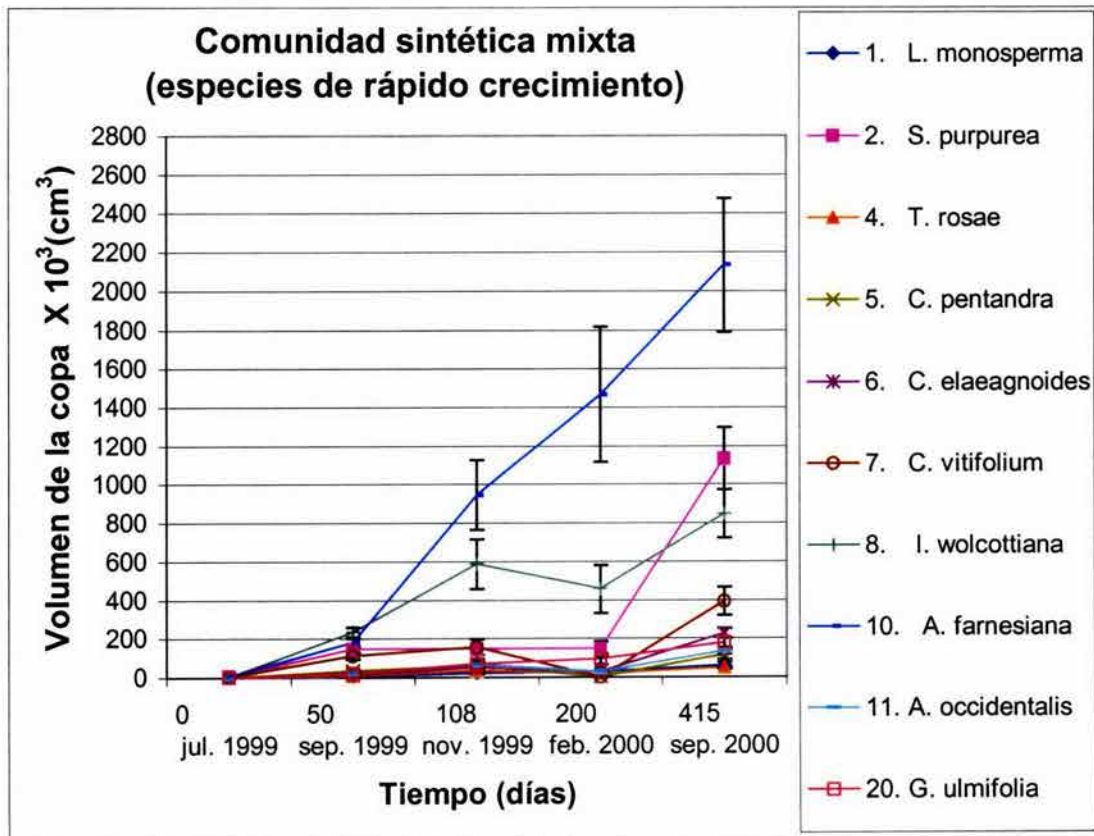
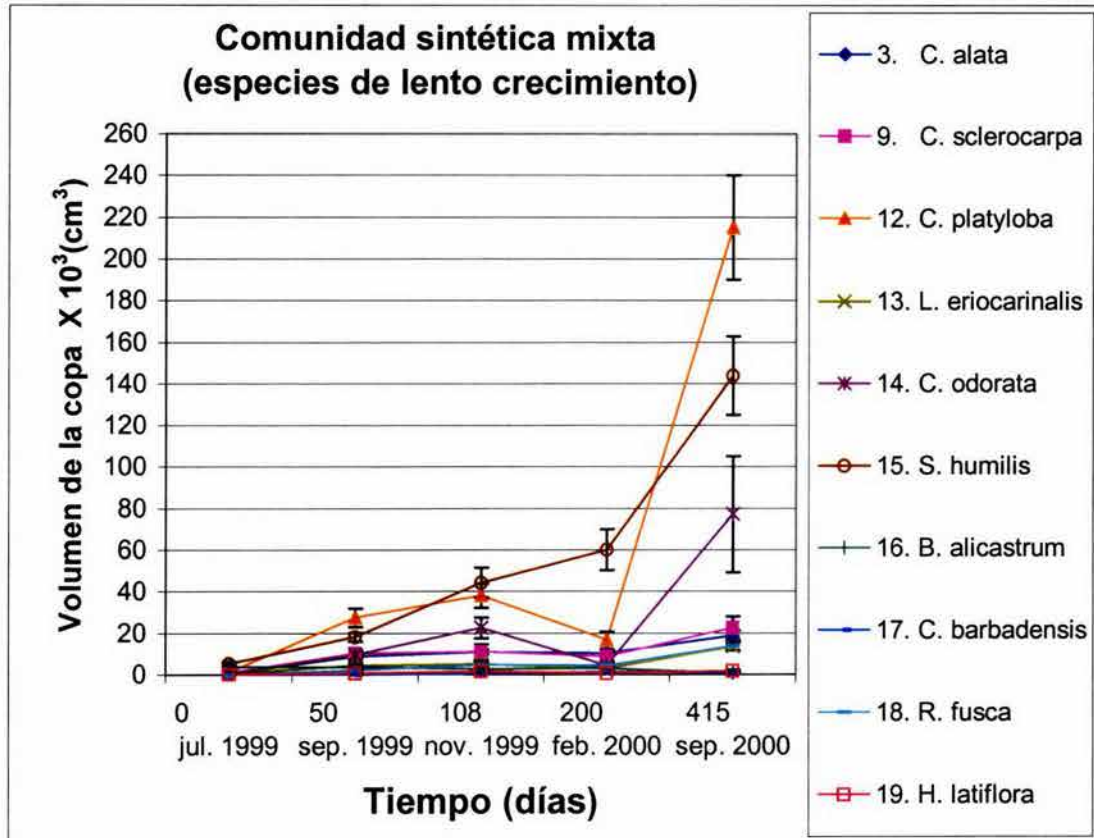


Figura 16. Promedio del volumen de la copa por especie, en la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

Diámetro del tallo

Por el tamaño de las plántulas el diámetro del tallo se midió a partir de los 50 días de haber sido transplantadas al campo.

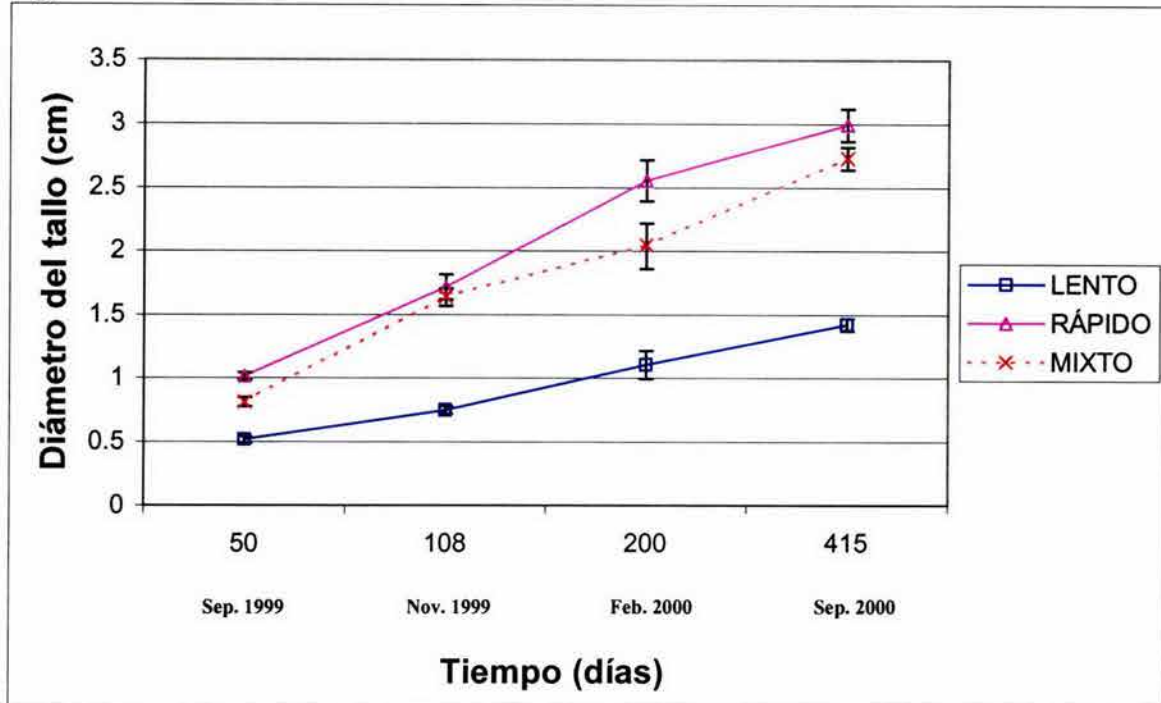
A los 50 días se observó en promedio un diámetro de 0.5 cm en la comunidad sintética lenta siendo este el menor. Para la comunidad sintética rápida el diámetro alcanzó 1 cm el mayor y para la comunidad sintética mixta este fue de 0.75 cm, el cual es intermedio entre las comunidades sintéticas lenta y rápida, con diferencias significativas ($P=0.00$). A los 108 días se presentó un aumento sobre todo en la comunidad sintética mixta que se aproximó al promedio de la comunidad sintética rápida, la cual siguió presentando el mayor diámetro y la comunidad sintética lenta aunque fue la que presentó el menor diámetro se observa un incremento de aproximadamente 0.25 cm, ($P=0.00$) por lo tanto con diferencias significativas. A los 200 días de crecimiento a diferencia de las variables (cobertura y volumen de la copa) en los que se observó una pérdida en este muestro, e incluso en la altura la cual se mantuvo aproximadamente a la misma altura del muestreo anterior, en este hubo un incremento importante. Para la comunidad sintética rápida el incremento fue de aproximadamente 1.25 cm y fue el mayor diámetro, para las comunidades sintéticas lenta y mixta el aumento fue menor de aproximadamente 0.5 cm, observándose el menor diámetro en la comunidad sintética lenta, con diferencias significativas entre comunidades ($P=0.00$). A los 415 días de crecimiento, se observó nuevamente un aumento dándose el mayor en la comunidad sintética mixta, sin embargo, el mayor diámetro lo presentó la comunidad sintética rápida y la lenta tuvo el menor, y de igual manera que en los muestreos anteriores se presentaron diferencias significativas ($P=0.00$) (Fig. 17a, apéndice 1).

Por otra parte, cuando la comunidad sintética mixta es separada en mixta lenta y mixta rápida y comparada con las especies que comparte las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, se observó que el crecimiento para las especies de la comunidad sintética mixta lenta y las de la comunidad sintética lenta fue similar, excepto a los 108 días en donde se presentó un mayor diámetro del tallo en las especies de la comunidad sintética mixta lenta, y solo en este muestreo se presentaron diferencias significativas

($P=0.012$), el resto con no presento diferencias ($P\geq 0.091$) (Fig. 17b, apéndice 2).

En tanto las especies de la comunidad sintética mixta rápida y la comunidad sintética rápida, hubo a los 108 días de crecimiento un diámetro mayor en las especies de la comunidad sintética mixta rápida, a los 200 días el aumento fue mayor en las especies de la comunidad rápida, incluso se observó que éstas superaron a las especies de la comunidad sintética mixta rápida y a los 415 días las especies de la comunidad sintética mixta rápida presentaron el mayor aumento, e incluso su diámetro fue mayor que el de las especies de la comunidad sintética rápida, no obstante, no se presentaron diferencias significativas ($P\geq 0.119$) (Fig. 17b, apéndice 3).

a



b

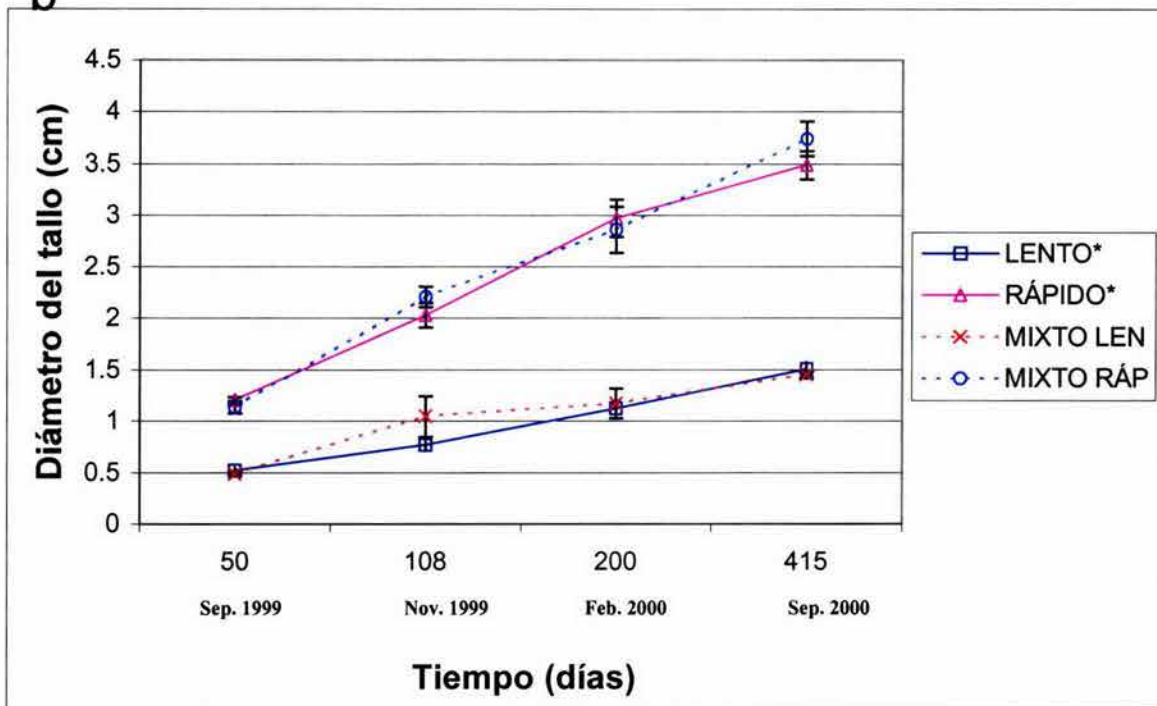


Figura 17. a. Promedio del diámetro del tallo para las tres comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta. b. Promedio del diámetro del tallo comunidad sintética mixta separado en mixta lenta y mixta rápida y lenta* y rápida* solo las especies que comparten con la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 400 por comunidad.

En la comunidad sintética lenta se observó a los 50 días una amplia diferencia de diámetros entre las especies, las cuales se encuentran entre los 0.2 y 0.8 cm y por encima de 1 cm se encontró una especie *P. Rubra*. A los 108 días todas las especies presentaron un aumento en el diámetro del tallo distinguiéndose dos grupos, uno que abarcó de los 0.25 cm a los 0.8 cm en el cual se encontraron la mayoría de las especies y otro mayor de 1.2 a 1.35 cm en el que se encontraron las siguientes especies: *P. rubra*, *C. alata*, *S. humilis* y *C. Odorata*. A los 200 días de crecimiento las diferentes especies tuvieron un aumento en el diámetro, conservándose los dos intervalos, el primero que abarcó 0.6 a 1.4 cm y el otro formado por las mismas especies *P. rubra*, *C. alata*, *S. humilis* y *C. odorata* que estuvieron de 1.65 a 2 cm. A los 415 días la mayoría de las especies presentaron un aumento en el diámetro, excepto la especie *B. allicastrum*, la cual junto con *C. barbadensis* registraron el menor diámetro alcanzando solo 0.7 cm. Por otra parte, *P. rubra* mantuvo el diámetro del muestreo anterior, la mayoría de las especies se encontraron entre los 0.85 y 1.70 cm y se observó un grupo de 5 especies *C. alata*, *P. rubra*, *C. platyloba*, *C. odorata* y *S. humilis* las que presentaron el mayor diámetro de la comunidad (Fig. 18).

En la comunidad sintética rápida a los 50 días casi todas las especies presentaron un diámetro entre los 0.5 y 1.5 cm, excepto *I. wolcottiana* que alcanzó los 2.5 cm. A los 108 días de crecimiento, hubo un incremento del diámetro en todas las especies, observándose el mayor diámetro en *I. wolcottiana* y el resto de las especies se encontraron entre los 0.8 y los 2.8 cm. A los 200 días el mayor diámetro del tallo lo presentó nuevamente *I. wolcottiana*, el menor *A. paniculata* y el resto de las especies tuvieron un diámetro entre 1.6 a 3.9 cm. A los 415 de crecimiento, nuevamente las diferentes especies tuvieron un aumento, aunque en *M. tenuiflora* y *L. microphyllum* el diámetro se mantuvo similar al muestreo anterior. El mayor diámetro lo siguió presentando *I. wolcottiana* y las especies restantes con diámetro entre 1.5 a 4.2 cm (Fig. 19).

En la comunidad sintética mixta se observó que el comportamiento de las especies fue similar al que presentaron las mismas especies en las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, observándose el mayor diámetro del tallo para *I. wolcottiana* en los diferentes muestreos, el

comportamiento de las especies es constante sobre todo en los primeros 3 muestreos (50, 108 y 200 días). A los 415 días se observaron 5 especies *C. berbadensis*, *H. Latiflora*, *B. alicastrum*, *R. fusca* y *L. ericarinalis* que tuvieron el menor diámetro, incluso *B. alicastrum* presentó una pérdida de acuerdo al muestreo anterior y la mayoría de las especies con un diámetro entre 1.9 a 4.3 cm (Fig. 20).

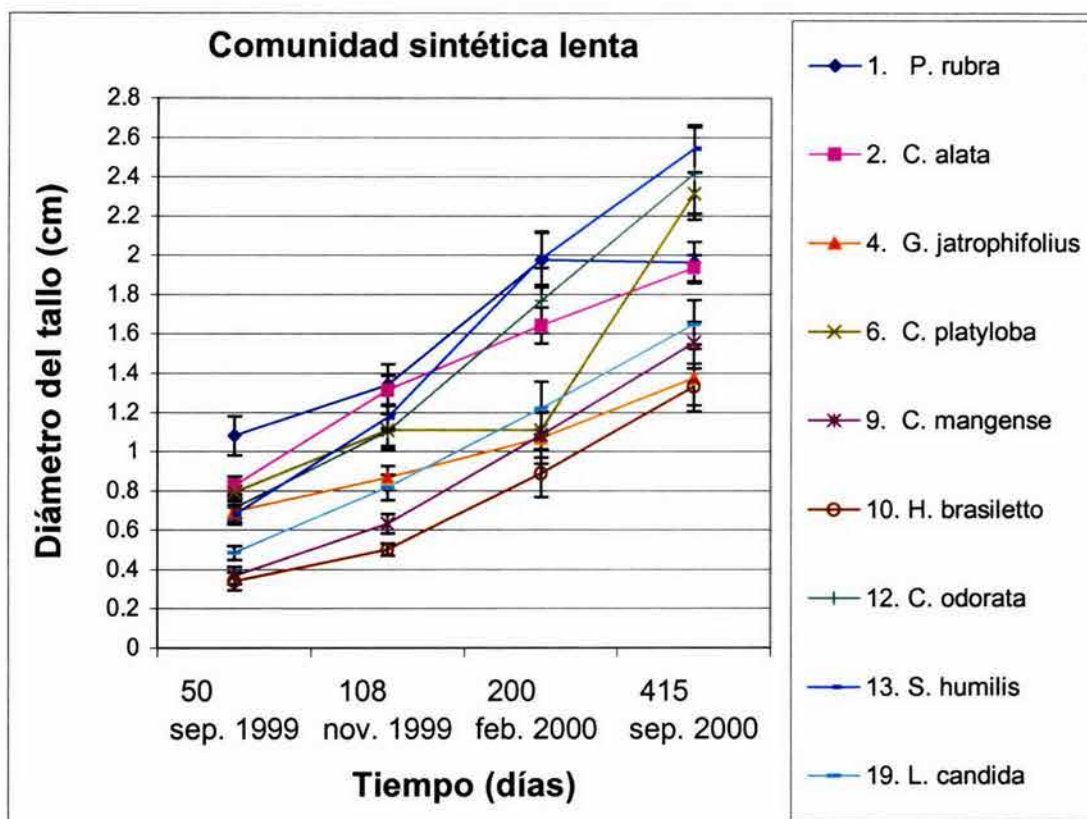
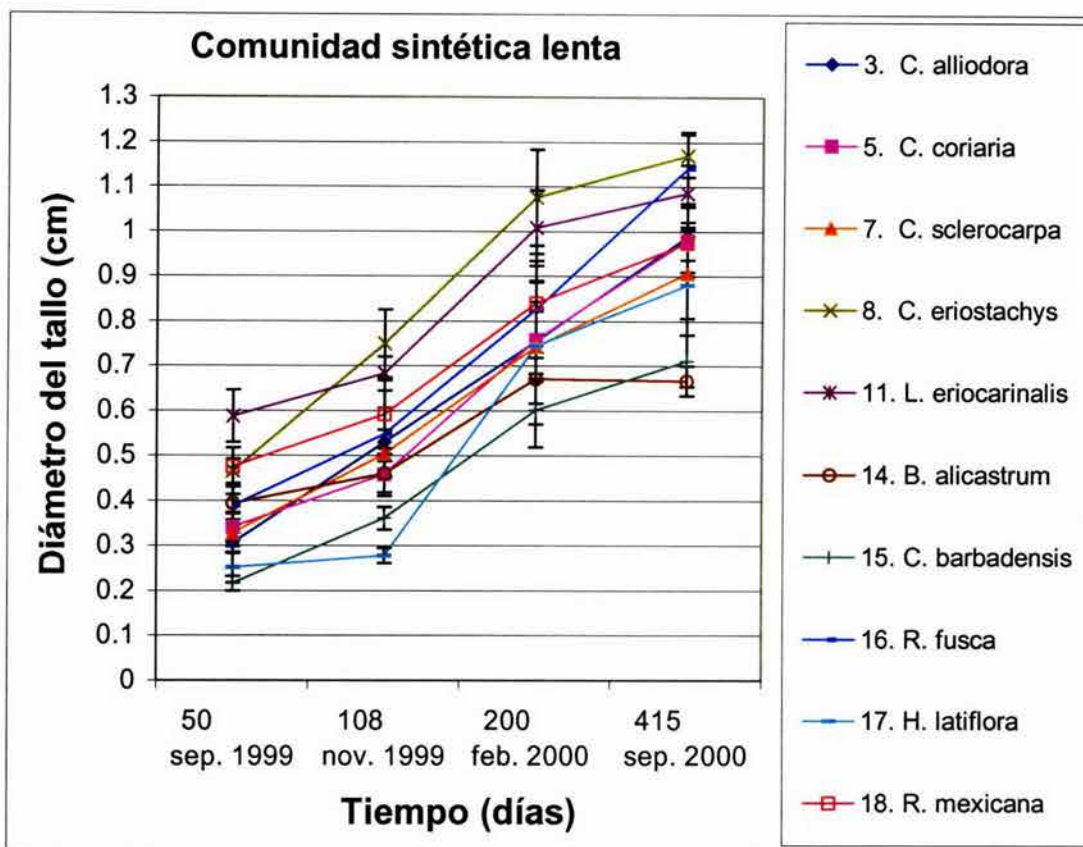


Figura 18. Promedio del diámetro del tallo por especie, en la comunidad sintética lenta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con n inicial de 20.

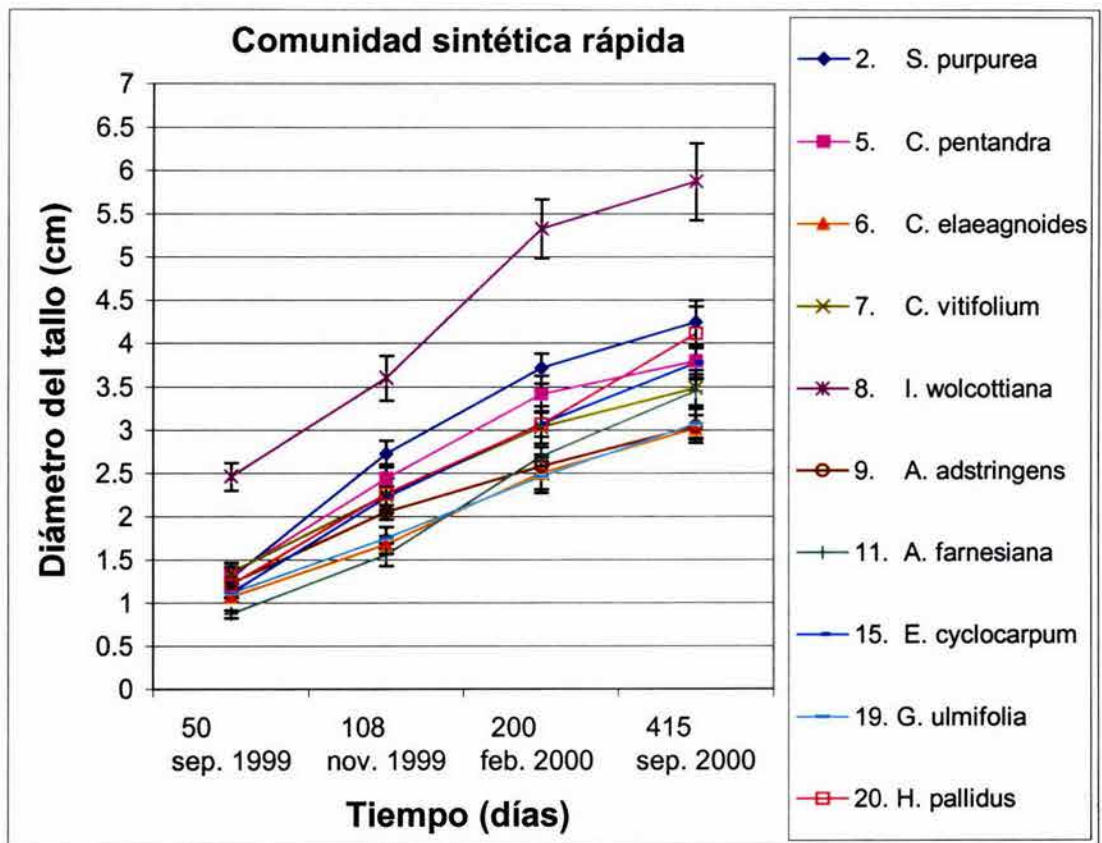
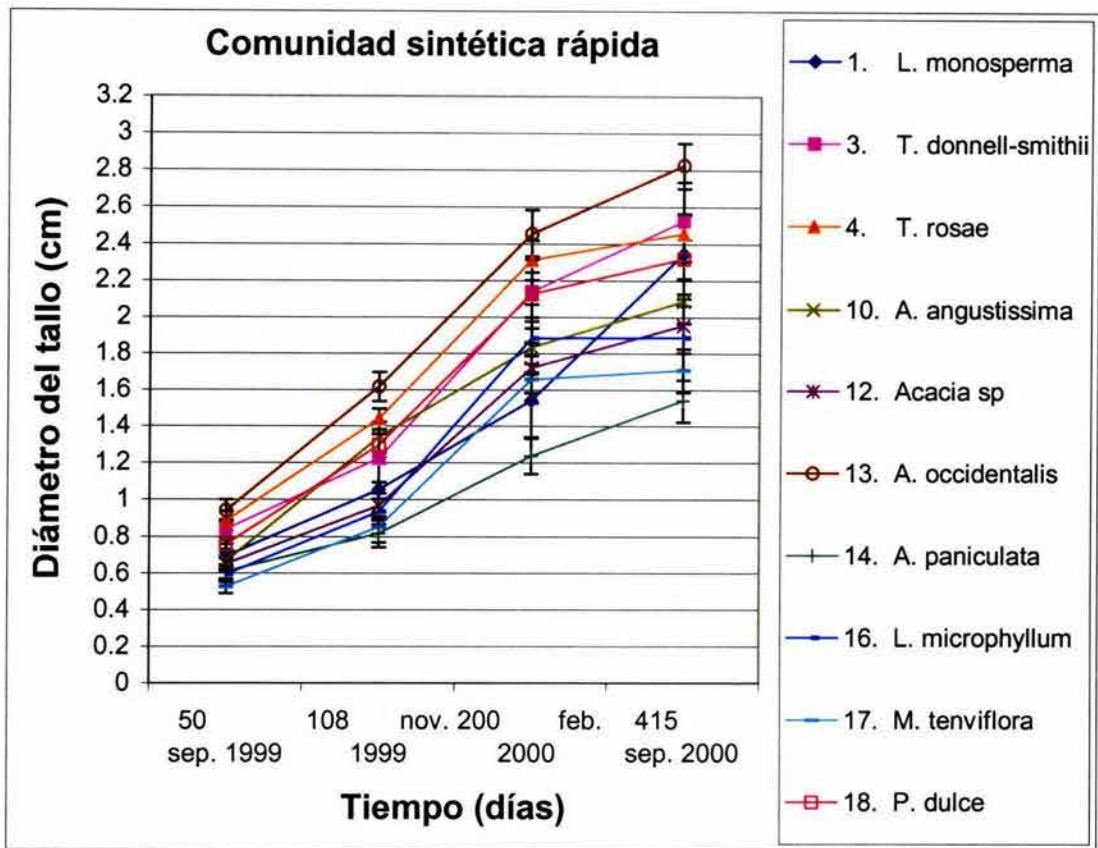


Figura 19. Promedio del diámetro del tallo por especie, en la comunidad sintética rápida. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20.

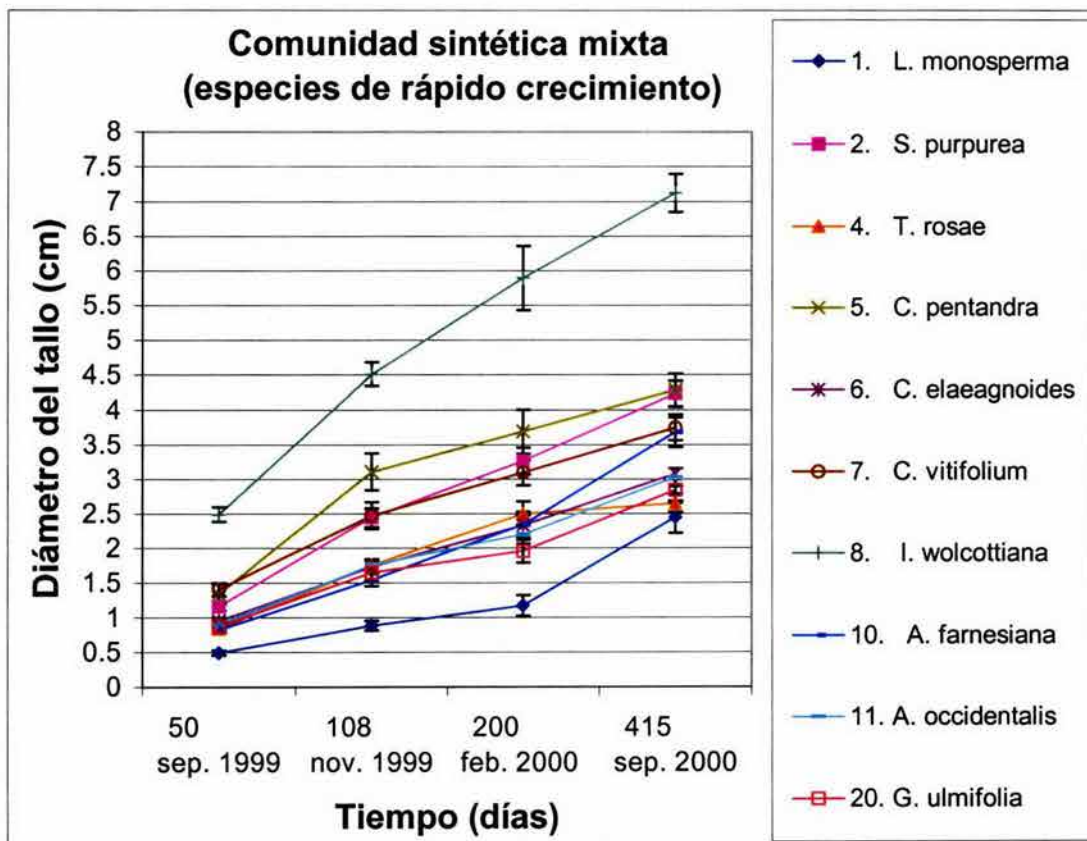
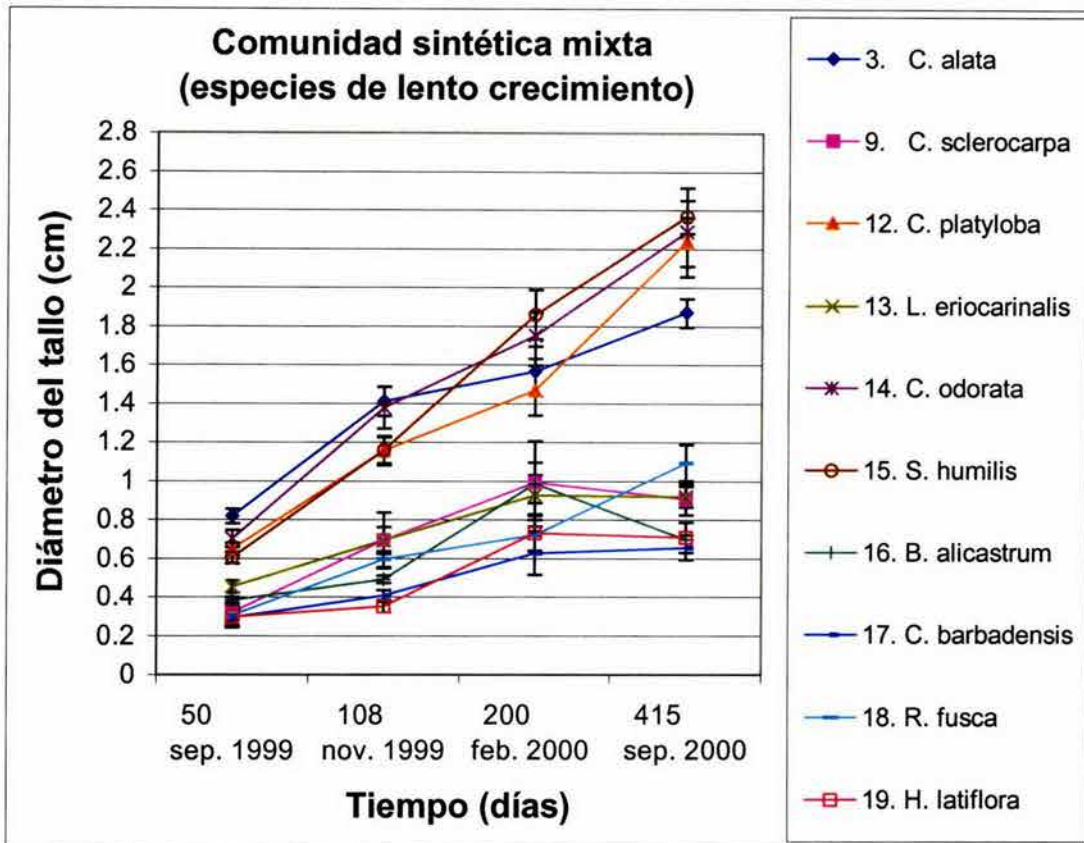


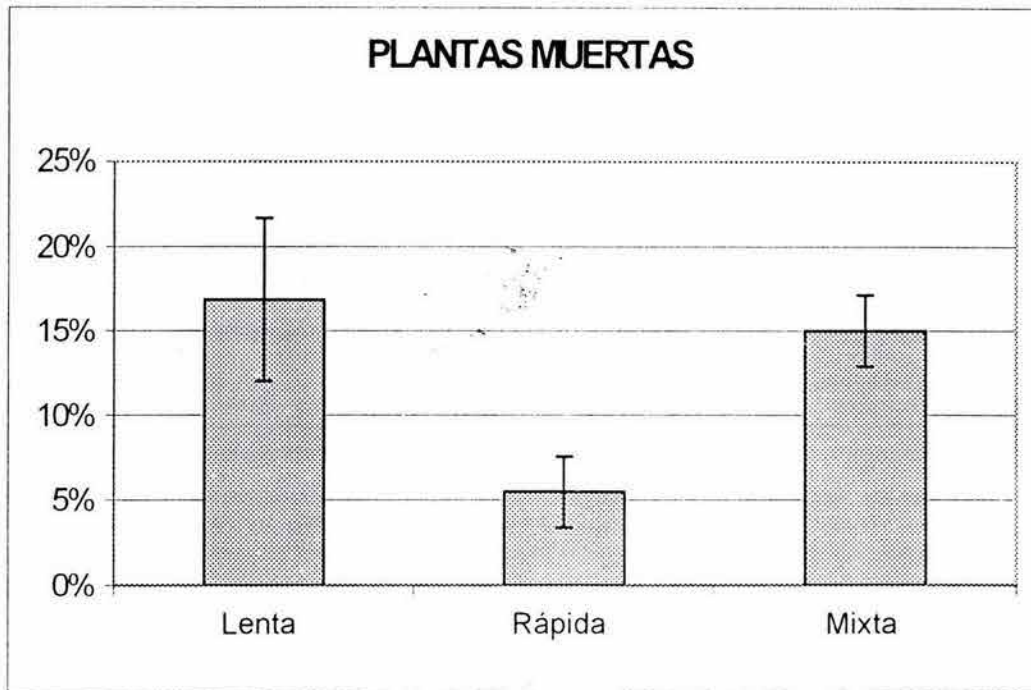
Figura 20. Promedio del diámetro del tallo por especie, en la comunidad sintética mixta. Los símbolos representan el promedio y las barras el error estándar, con una n inicial de 20 .

Índice de mortandad

Debido a que las plantas fueron transplantadas al campo, estas estuvieron sometidas a condiciones adversas, tales como tormentas tropicales y huracanes en la temporada de lluvias, al encontrarse en una zona abierta a factores como la insolación, etc., y en la temporada seca sometidas probablemente a estrés principalmente por disminución de los recursos (agua, nutrimentos, etc.) y altas temperaturas, que provocaron la muerte de algunos individuos de las diferentes especies, el mayor porcentaje de plantas muertas se presentó en la comunidad sintética lenta, y fue en promedio el 16.8%. La comunidad sintética mixta presentó un 15% de individuos muertos. Y el menor porcentaje de plantas muertas lo presentó la comunidad sintética rápida la cual tan solo alcanzó el 5.5% (Fig. 21a).

Por otra parte, la comunidad sintética mixta al analizarse en mixta lenta y mixta rápida, se observó que su alto porcentaje de plantas muertas se debió principalmente a las plantas de lento crecimiento las cuales alcanzaron el 25% de individuos muertos, mientras que las plantas de rápido crecimiento solo presentaron un 5% de plantas muertas (Fig. 21b).

a



b

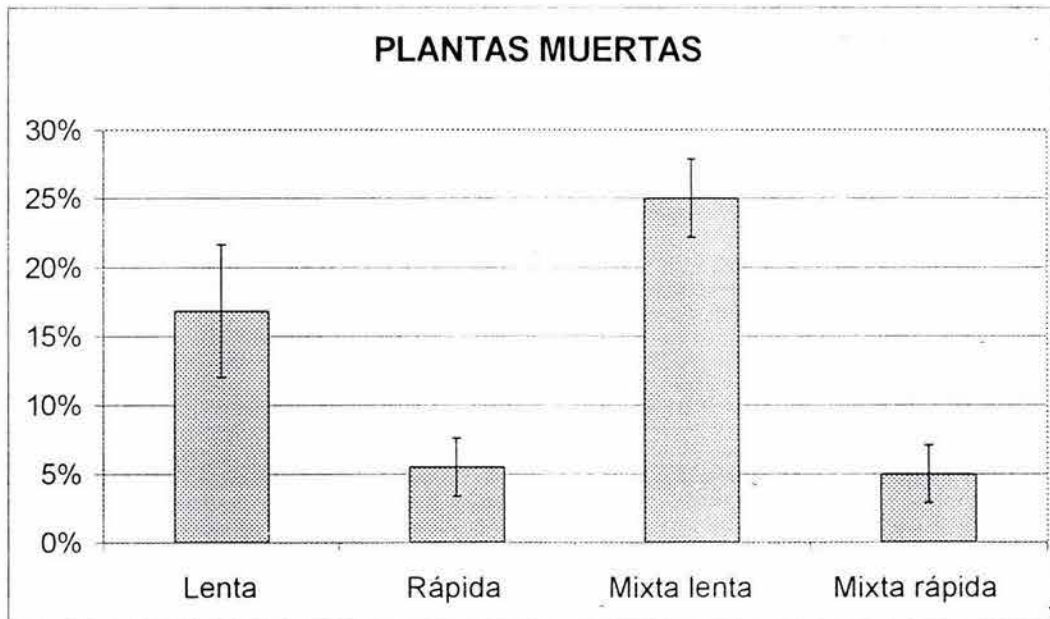


Figura 21. a. Porcentaje de plantas muertas en las tres comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta; Y b. Porcentaje de plantas muertas para las tres comunidades sintéticas lenta, rápida y mixta esta ultima separada en mixta lenta y mixta rápida. Las barras representan el error estándar.

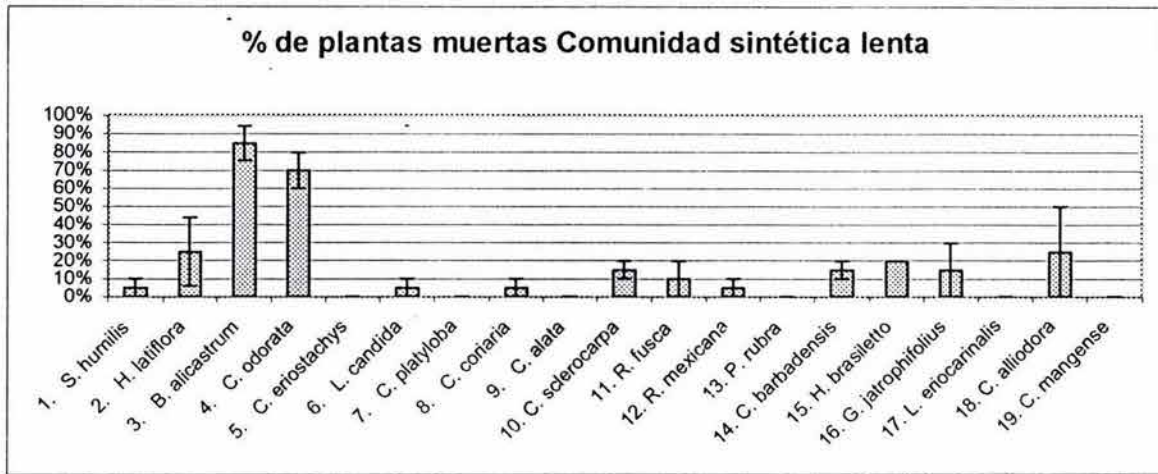
El mayor porcentaje de plantas muertas lo presentó la comunidad sintética lenta, aunque no todas las especies tuvieron una pérdida considerable, las especies con un mayor porcentaje de individuos muertos para esta comunidad fueron *B. alicastrum* con un 95% y *C. odorata* con un 70%, el resto de las especies se situó por debajo de estos porcentajes, el más próximo fue *G. jatrophiifolius* con un 35% y algunas especies incluso no presentan individuos muertos tal es el caso de *C. eriostachys*, *C. platyloba*, *C. alata*, *P. rubra*, *L. eriocarinalis* y *C. mangense* (Fig. 22a).

La comunidad sintética rápida presentó el menor porcentaje de mortandad, solo dos especies alcanzaron el 40% de individuos muertos *T. donell-smithii* y *L. monosperma*, el resto de las especies que presentaron individuos muertos solo llegaron al 5%, estas especies fueron *H. pallidus*, *A. adstringens*, *Acacia* sp, *I. wolcottiana*, *M. tenuiflora* y *P. dulce*, el resto de las especie no presentaron individuos muertos (Fig. 22b).

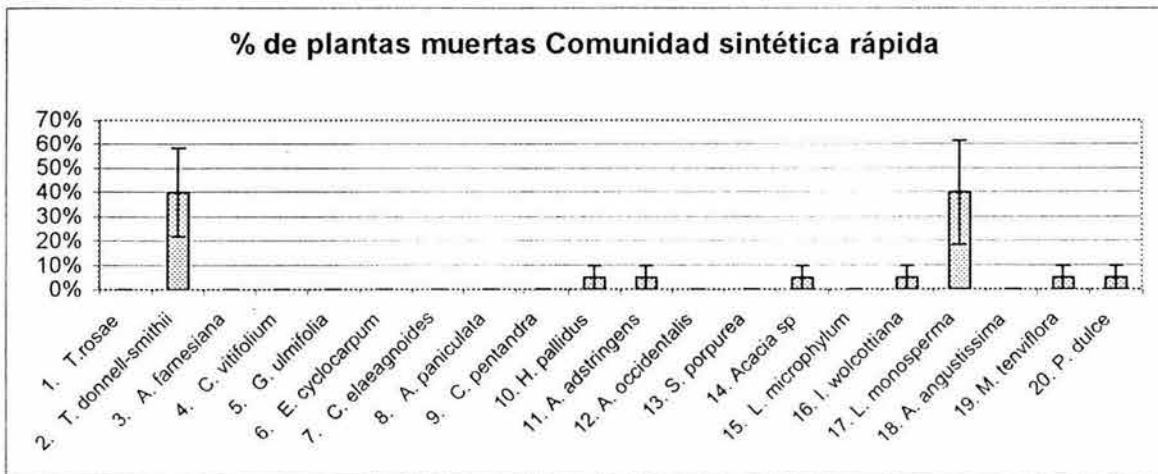
La comunidad sintética mixta presentó un 15% de mortandad, al analizarse en mixta lenta y mixta rápida el mayor porcentaje lo presentó la parte de mixta lenta, observándose el mayor porcentaje de individuos muertos para *B. alicastrum* con un 95%, el cual fue igual al que tuvo la misma especie en la comunidad sintética lenta, e incluso es la especie con la mayor pérdida de individuos en todo el experimento, *C. odorata* y *H. Latiflora* son especies que también presentaron un alto porcentaje de mortandad con un 60% y un 45%, respectivamente, el resto de las especies que tuvieron individuos muertos se encontraron por debajo del 20%, incluso hubo algunas especies sin individuos muertos, tal es el caso de *S. humilis* y *L. eriocarinalis* (Fig. 22c).

En las especies de rápido crecimiento de la comunidad sintética mixta, el mayor porcentaje de mortandad lo presentaron *L. monosperma* con un 30%, un comportamiento similar al que presenta la especie en la comunidad sintética rápida, asimismo solo hay dos especies más que presentaron un porcentaje de plantas muertas *A. farnesiana* con un 15% y *C. pentandra* con un 5%, y el resto de las especies de rápido crecimiento no presentaron individuos muertos (Fig. 22c).

a



b



c

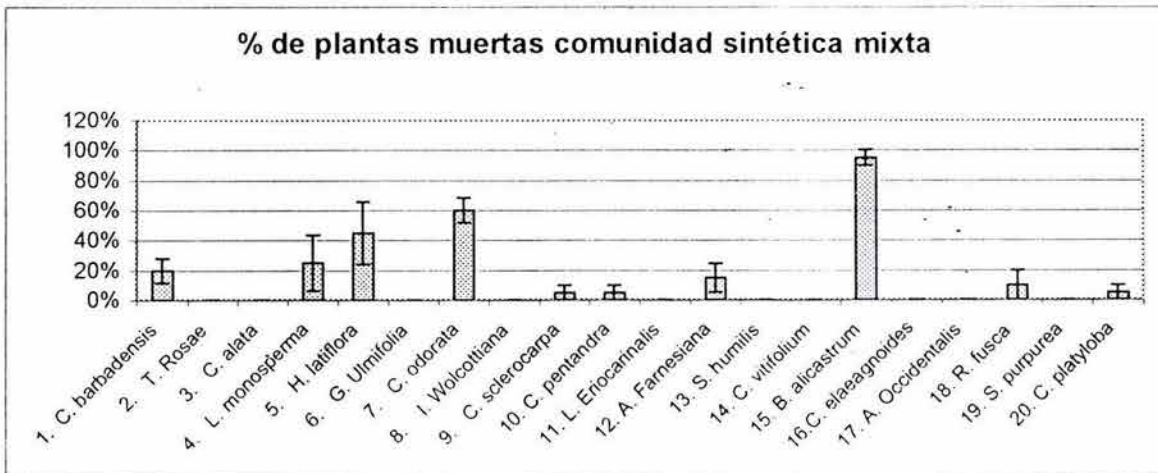


Figura 22. a. Porcentaje de plantas muerta, en la comunidad sintética lenta por especies; b. Comunidad sintética rápida por especie; y c. Comunidad sintética mixta por especie. Las barras representan el error estándar.

Mediciones fisiológicas

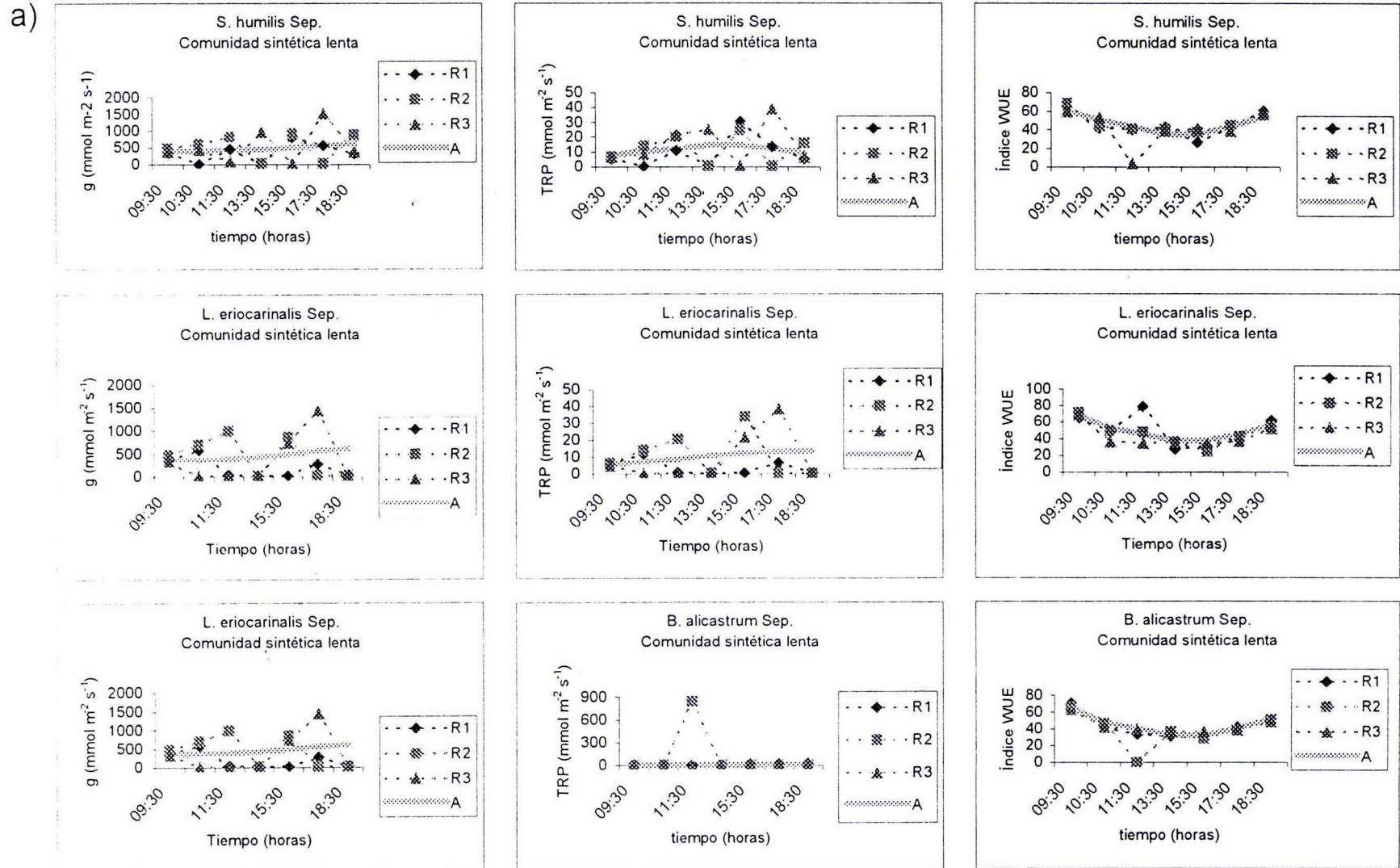
Las mediciones fisiológicas (conductividad estomática, transpiración e índice de la eficiencia en el uso de agua) solo se realizaron en tres especies de la comunidad sintética lenta, tres especies de la comunidad sintética rápida y cuatro especies de la comunidad sintética mixta, con tres replicas de cada una.

En general se pudo observar en las diferentes especies un comportamiento heterogéneo en los datos de conductividad estomática, incluso lo mismo se observó en los diferentes muestreos. Por otra parte, debido al comportamiento de las especies, los análisis estadísticos (Anova, prueba de Tukey) existen diferencias significativas en el tiempo esto para la conductividad estomática máxima ($P=0.000$), entre comunidades no hubo diferencias ($P=0.65$). En la mínima las diferencias fueron significativas tanto para la comunidad como en tiempo ($P=0.000$ y $P=0.04$ respectivamente) (Fig. 15 y apéndice 4).

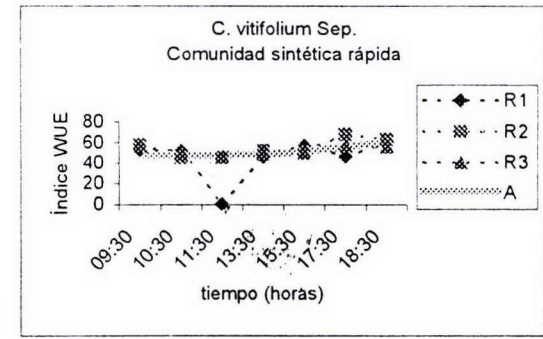
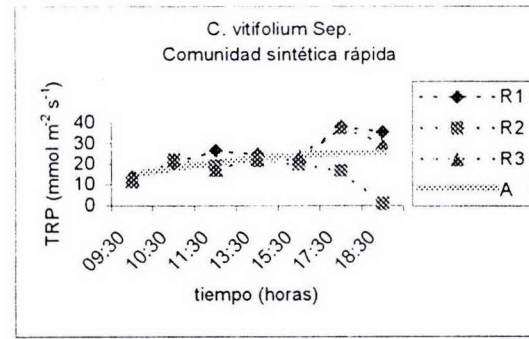
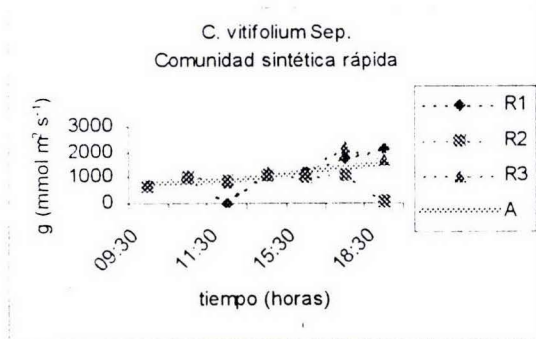
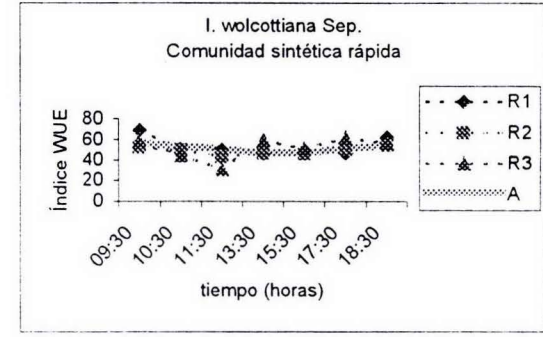
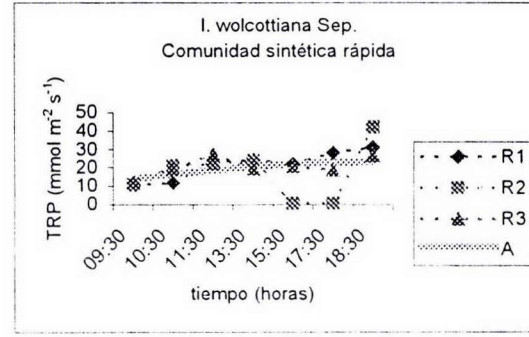
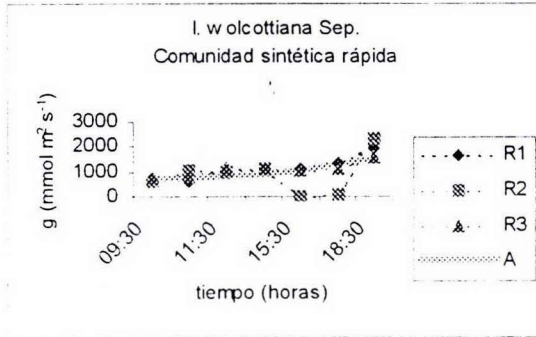
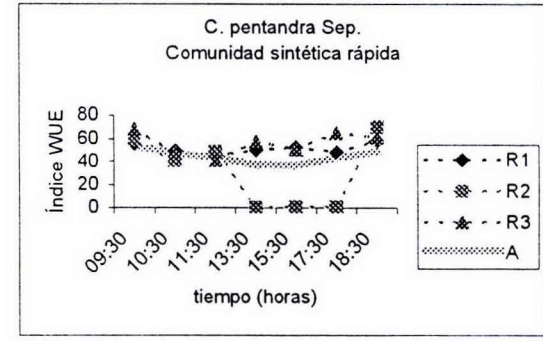
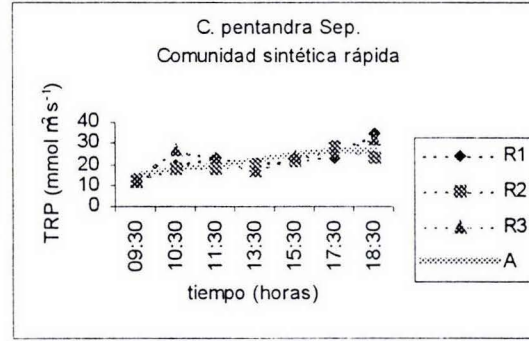
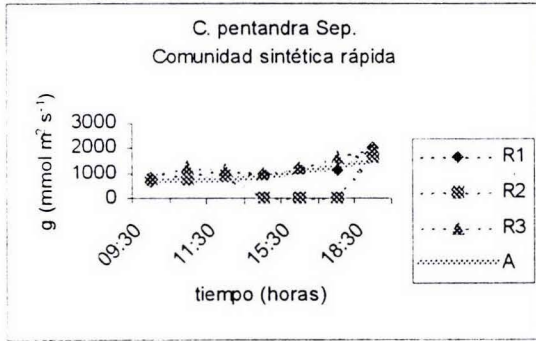
La transpiración al igual que en la conductividad estomática, se observó una heterogeneidad de datos, tanto por especie como por tiempo. Y al realizarse los análisis estadísticos se obtuvo que para la transpiración máxima no hubo diferencias significativas ($P=0.29$ y $P=0.75$, tiempo y comunidad, respectivamente). En tanto la transpiración mínima si presentó diferencias significativas tanto en tiempo como por comunidad ($P=0.000$ y $P=0.0002$, respectivamente) (Fig. 23 y apéndice 4).

El índice en la eficiencia del uso del agua (índice de WUE por sus siglas en inglés), el cual si bien no es una relación entre la conductividad estomática y la transpiración, es un índice de esta, se observó una homogeneidad en los datos, en general para todas las especies en los diferentes muestreos se presentó el mayor valor en el índice de la WUE en la mañana a partir de las 9.30 horas, y entre las 11:30 y las 15:30 horas se observó una disminución en el índice de la WUE, que aumentó nuevamente por la tarde. En cuanto al análisis estadístico no se obtuvieron diferencias significativas en el índice de la WUE máxima ($P=0.13$ y $P=0.50$, tiempo y comunidad, respectivamente), ni en la mínima ($P=0.48$ y $P=0.29$, tiempo y comunidad, respectivamente) (Fig. 23 y apéndice 4).

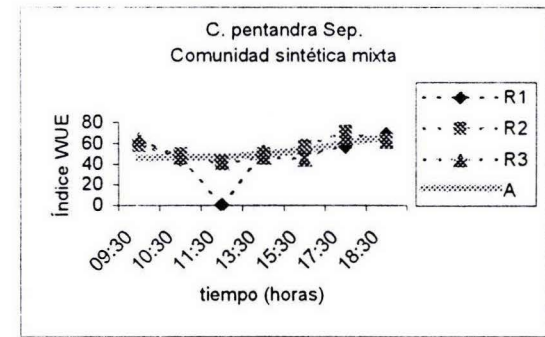
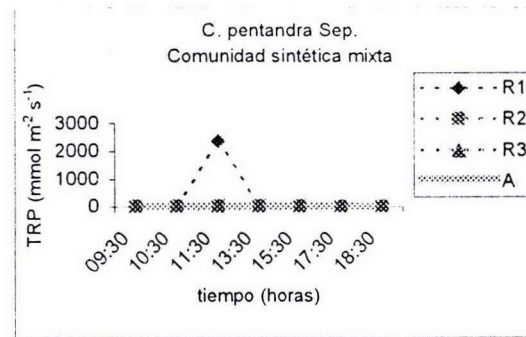
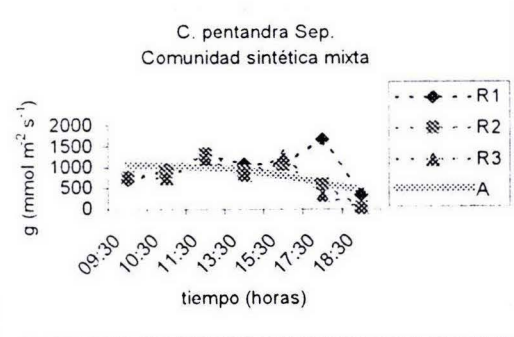
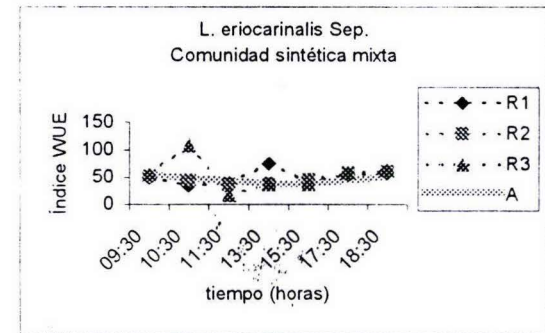
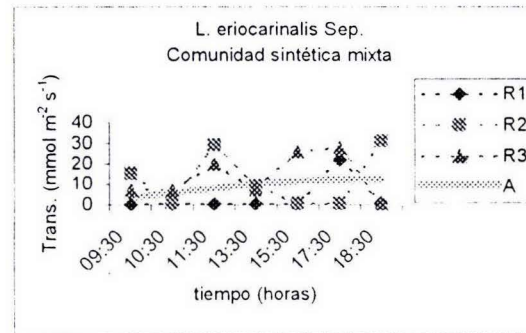
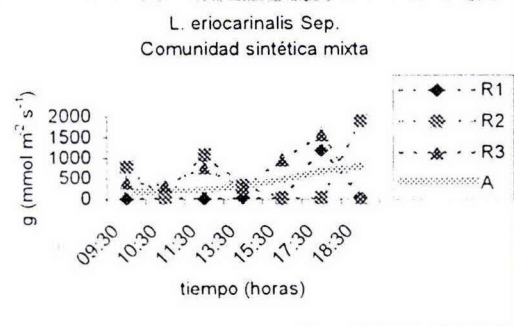
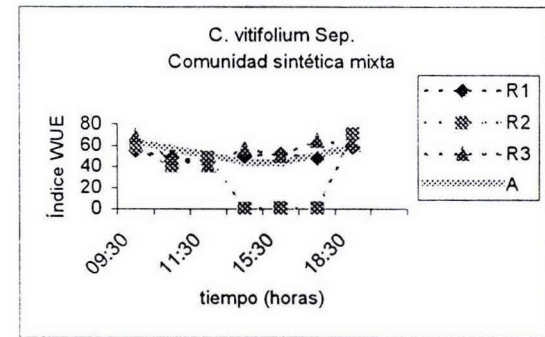
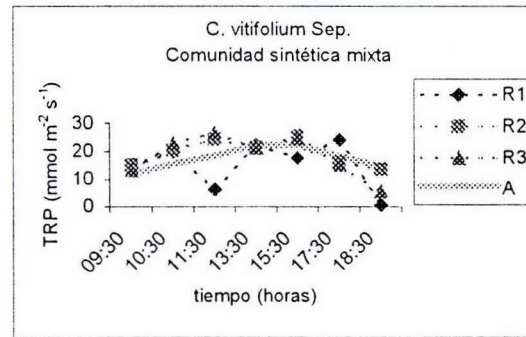
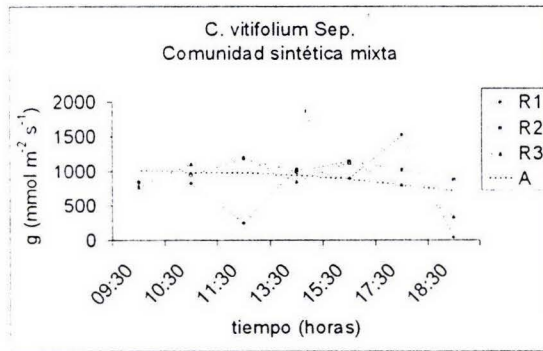
Figura 23. Conductancia estomática (g), transpiración (TRP) e índice WUE para tres especies de la comunidad sintética lenta (a), tres especies de la comunidad sintética rápida (b) y cuatro especies para la comunidad sintética mixta (c), en los diferentes muestreos septiembre de 1999 (Sep), noviembre de 1999 (Nov) y febrero del 2000 (Feb) respectivamente. R1= individuo uno, R2= individuo dos, R3= individuo tres y A= ajuste.



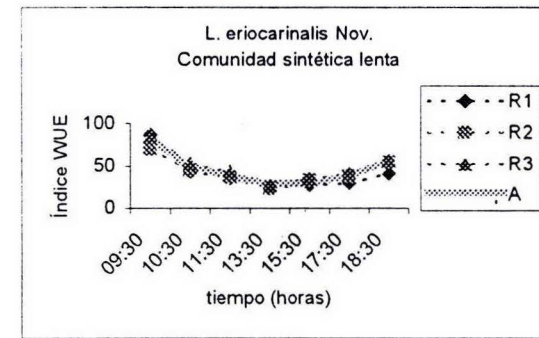
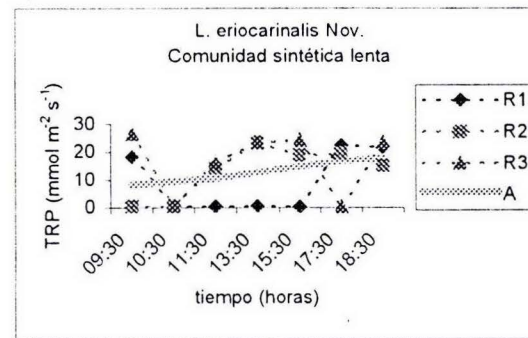
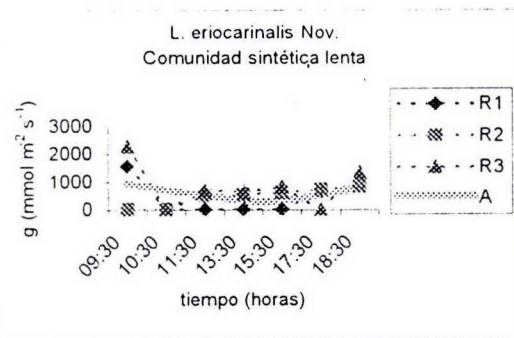
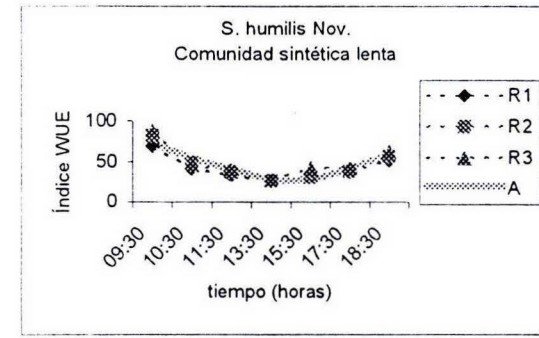
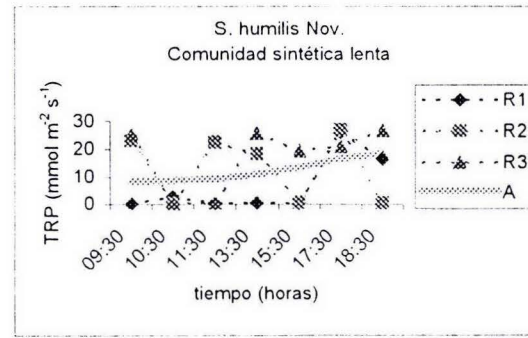
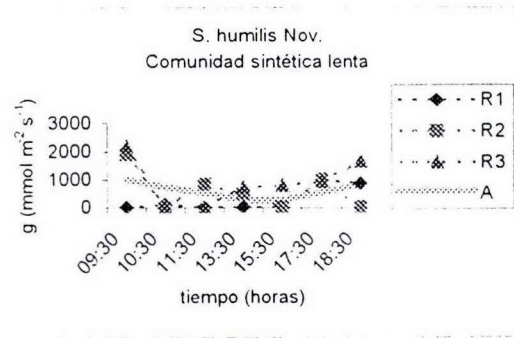
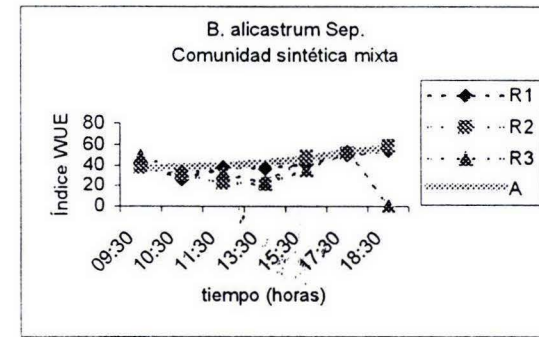
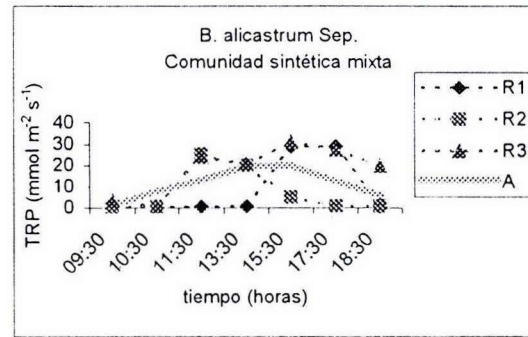
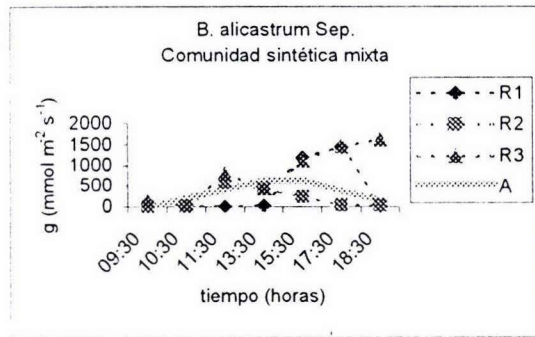
b)

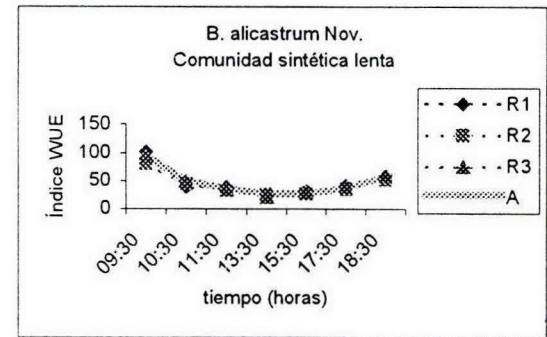
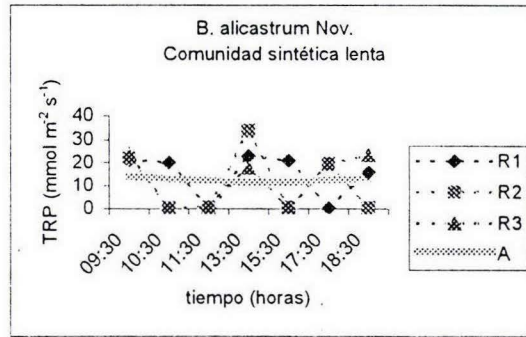
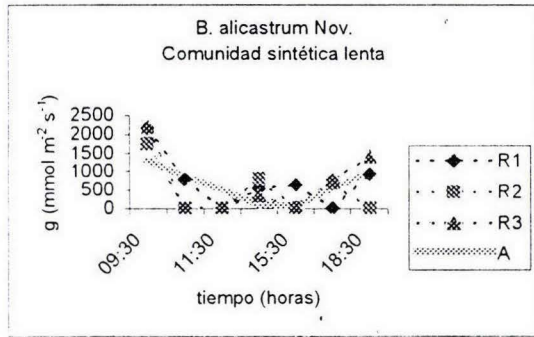


C)

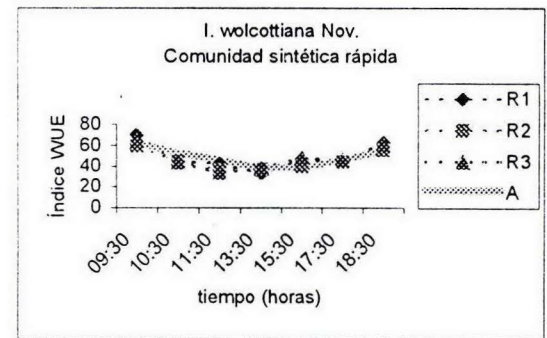
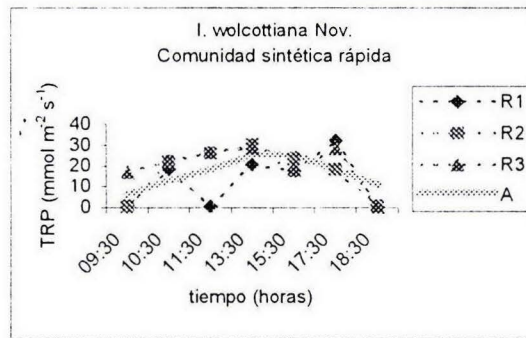
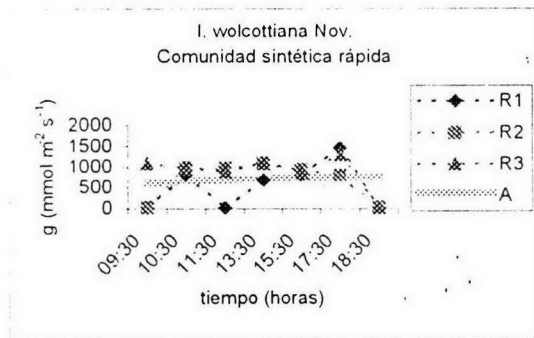
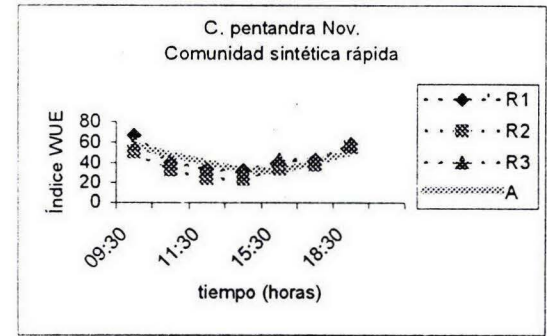
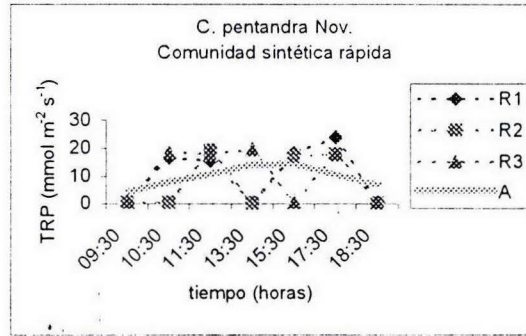
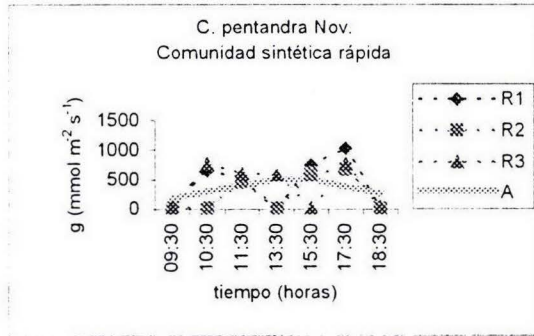


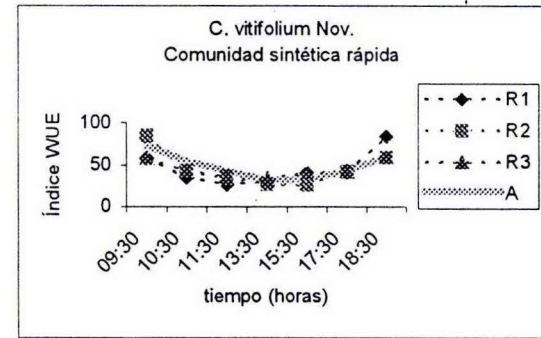
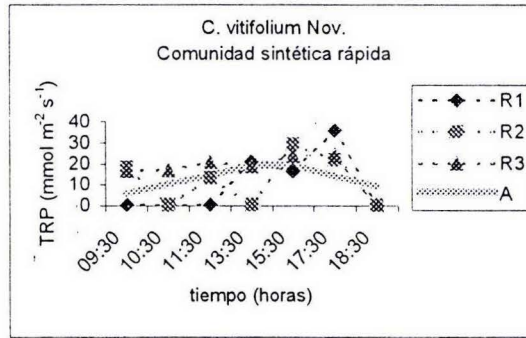
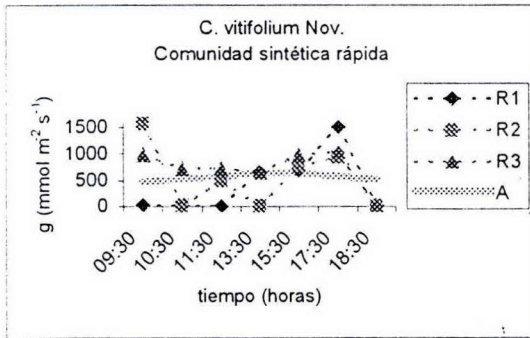
a)



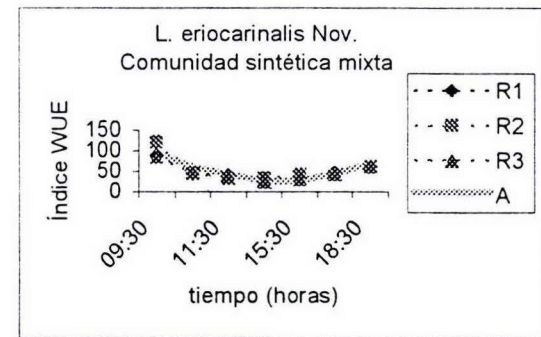
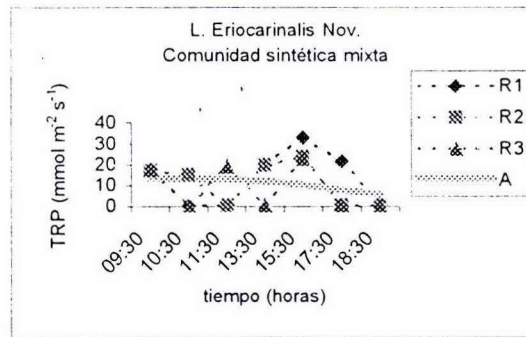
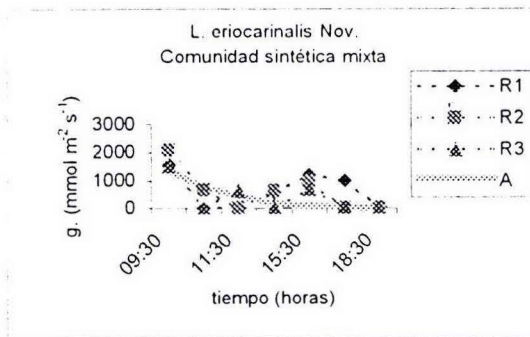
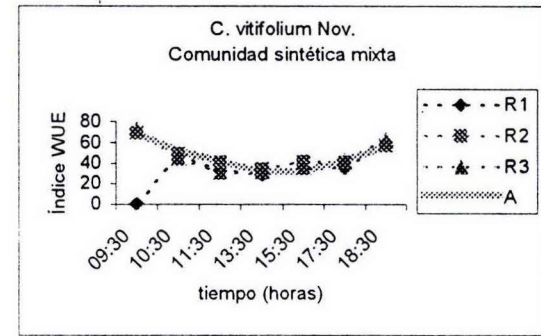
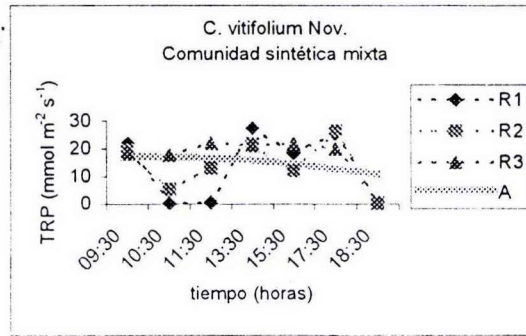
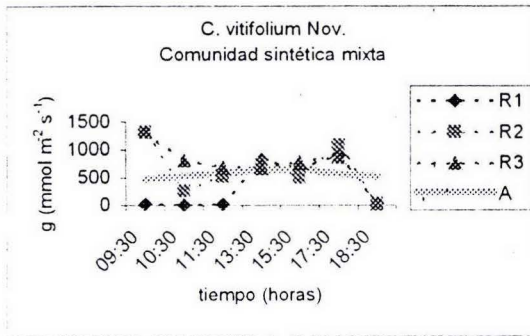


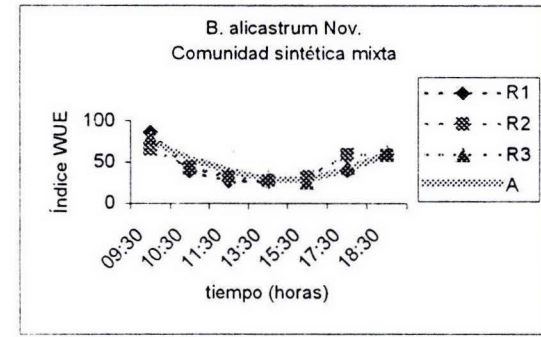
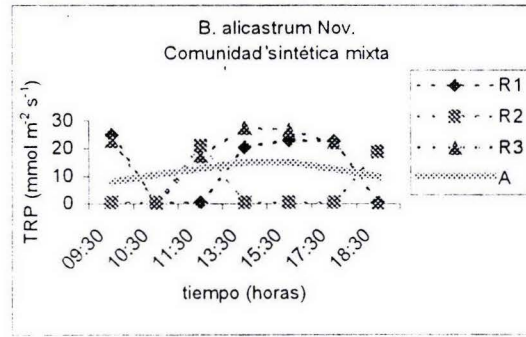
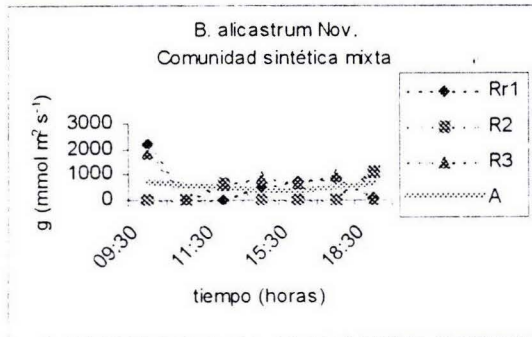
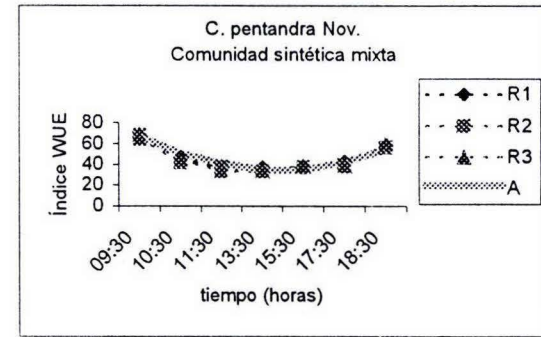
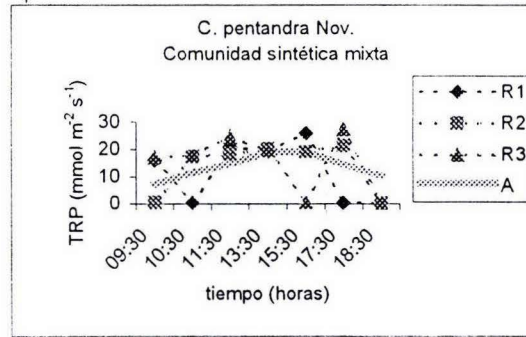
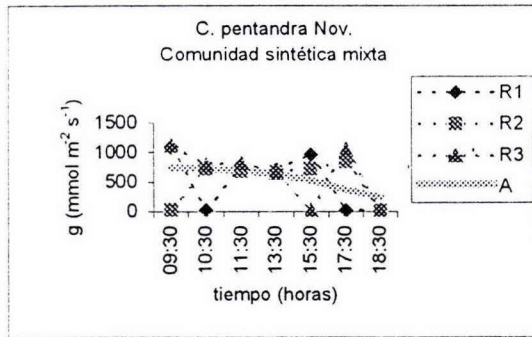
b)



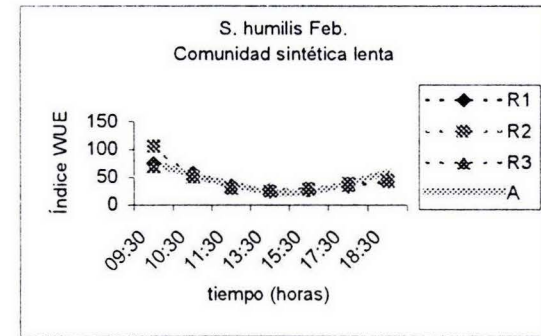
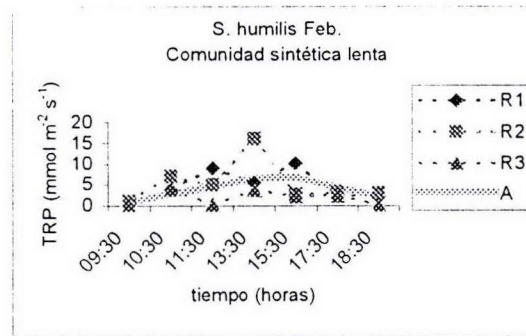
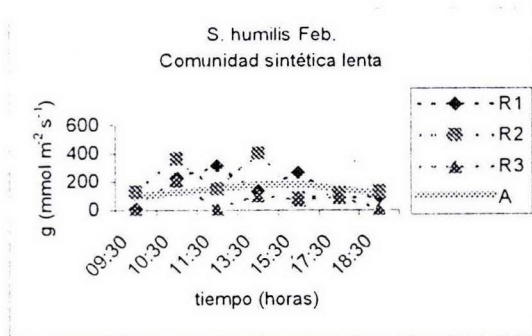


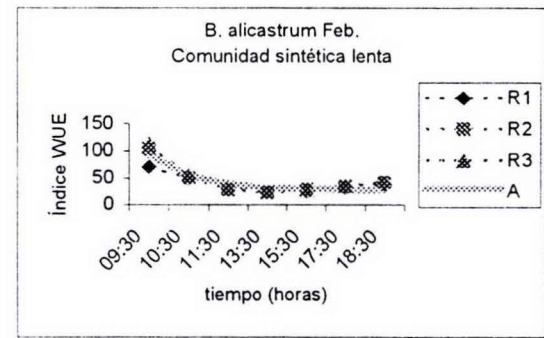
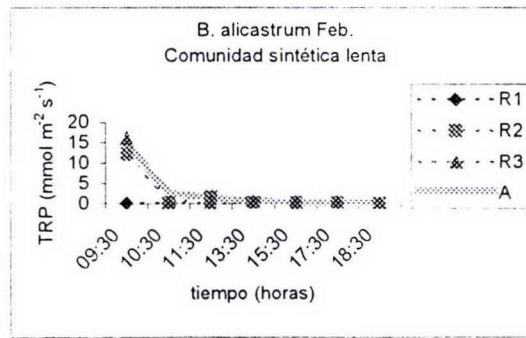
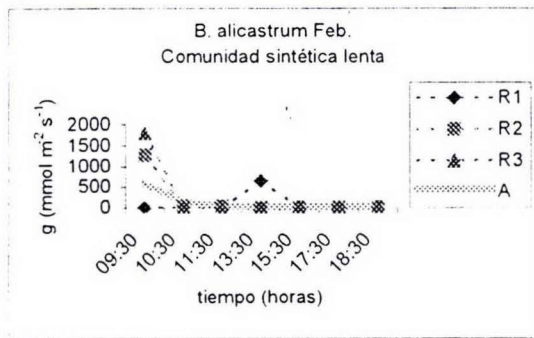
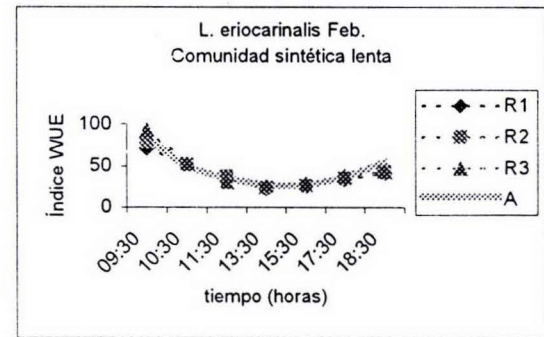
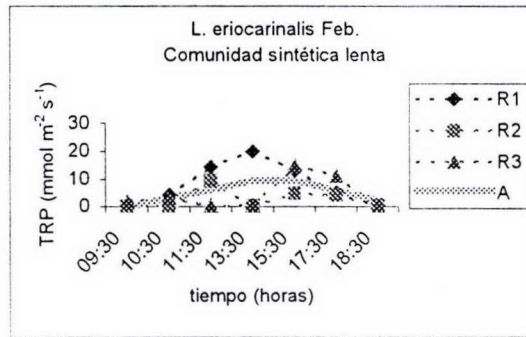
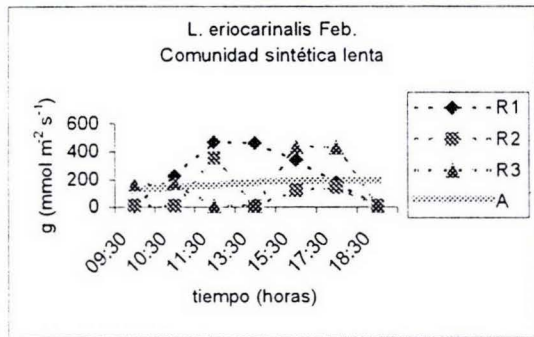
C)



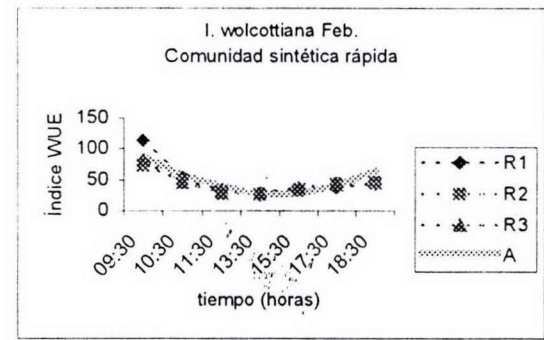
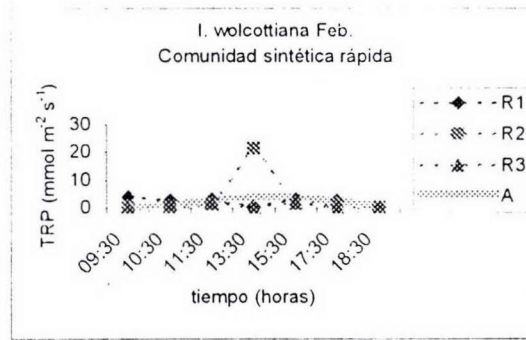
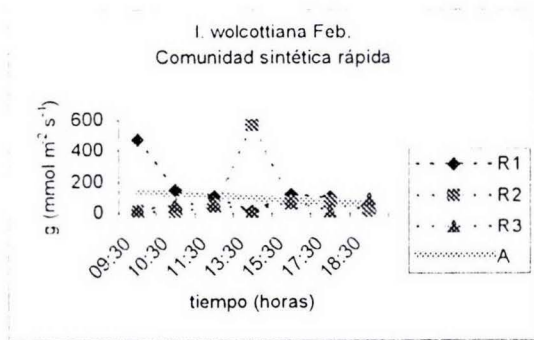


a)

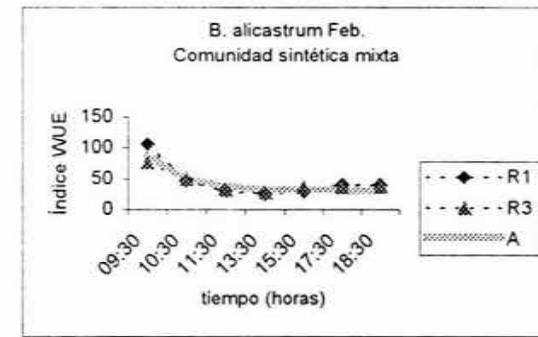
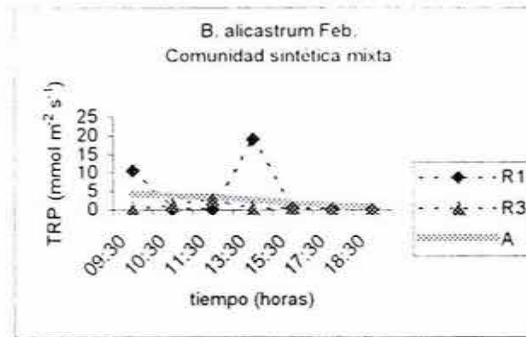
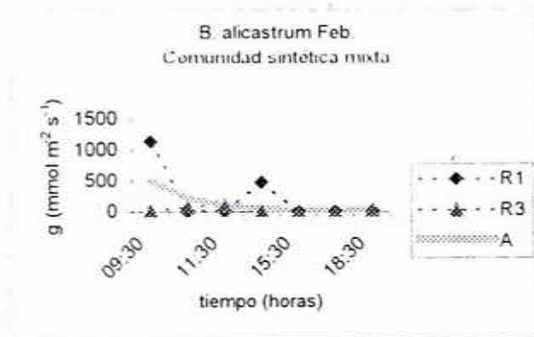
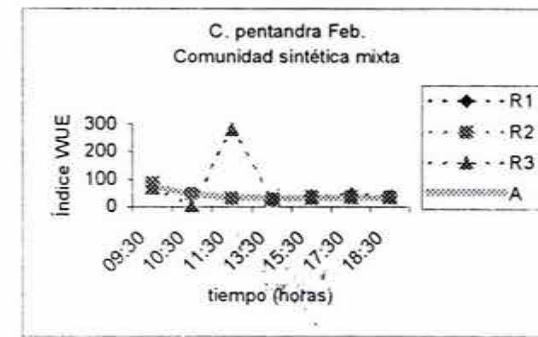
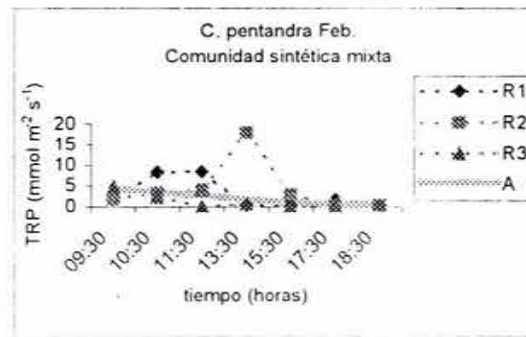
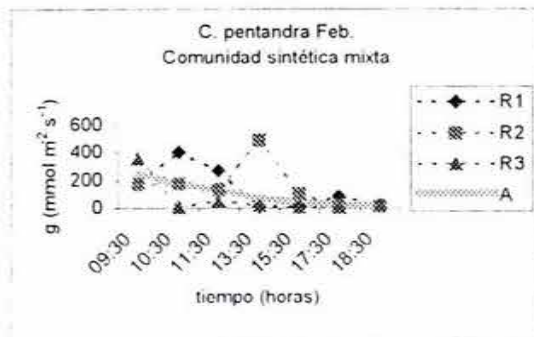
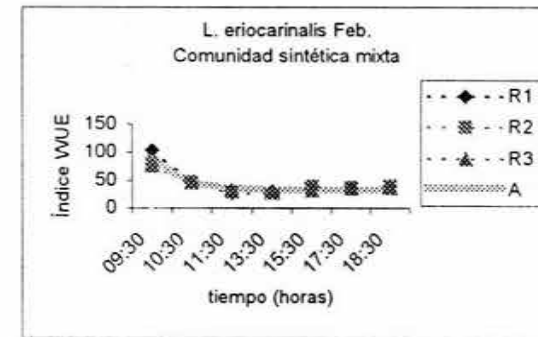
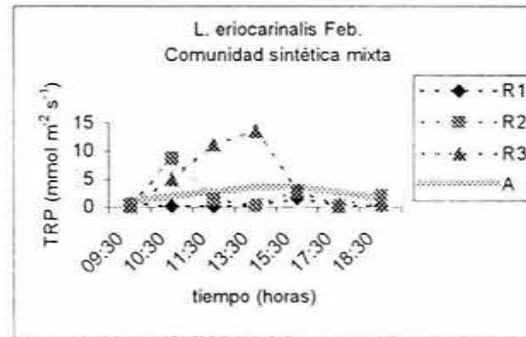
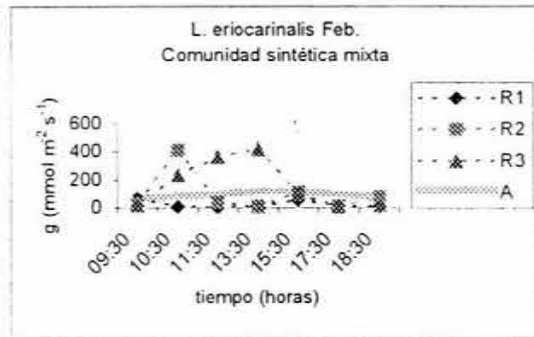




b)



c)



VI. Discusión:

El objetivo principal de este trabajo fue el de identificar un modelo de comunidad sintética vegetal, basado en mecanismos principalmente ecofisiológicos, que favorezcan la regeneración y recuperación de la selva baja caducifolia, procurando de esta manera la recuperación del suelo y favorecer el restablecimiento de la diversidad, la cual, debido a la dinámica ambiental, principalmente por la estacionalidad lo hace un ecosistema altamente complejo y diverso (Lott, 1993).

A pesar de que la selva baja caducifolia es uno de los ecosistemas de mayor distribución en México, también es uno de los más amenazados producto de la perturbación provocada por la actividad antrópica; principalmente por el acelerado y desmedido crecimiento agropecuario, que en la mayoría de los casos y debido al poco conocimiento, su productividad va en decremento lo que lleva al abandono de las zonas utilizadas y a la creación de nuevos campos lo que hace de esto una practica extensiva. Lo que inevitablemente lleva a la acelerada pérdida de selva baja caducifolia, lo cual no solo afecta desde el punto de vista ecológico sino también del social y económico.

Debido a lo anterior, la restauración ecológica de la selva baja caducifolia es una alternativa para la recuperación de dichas zonas, y es una acción que debe ser implementada con urgencia para revertir su perturbación y promover la recuperación, ya que la regeneración natural puede tardar cientos de años (MacMahon, 1993). La restauración debe contemplar no solo la recuperación del ecosistema sino también proveer de recursos a las poblaciones humanas aledañas lo que redundará para crear las condiciones necesarias para restaurar, conservar y proteger la selva baja caducifolia. Por otro lado, implica también transmitir y desarrollar programas de información, es decir, una restauración biocultural como lo denomina Janzen y Hallwachs (1992), y de esta manera la restauración ecológica podría estar dirigida a tratar de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema.

En este trabajo se ponen en práctica algunas técnicas para promover la recuperación de la selva baja caducifolia principalmente basado en la ecofisiología de las especies vegetales las que en su totalidad, son especies arbóreas nativas.

Con esto evitamos problemas, como los que se ocasionan al introducir especies exóticas, que pueden llegar a ser una amenaza, incluso se puede provocar una alteración tan grave que el ecosistema original en este caso la selva baja caducifolia puede llegar a desaparecer, debido principalmente a la ausencia de competencia y a la capacidad de restituir las comunidades vegetales, además de que por lo general se transforman en "desiertos verdes" que no permiten la subsistencia de la gran mayoría de las especies locales de plantas y animales (Ashby, 1993, Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

Las especies utilizadas en este trabajo corresponden a 39 especies arbóreas de 18 familias, que de acuerdo con Huante y col. (1995) se agruparon en especies de lento y rápido crecimiento (ver tabla 1 y 2).

El desarrollo de las plantas fue muestreado durante su primer periodo de crecimiento; éste fue variable pero en general y como era de esperarse el mayor crecimiento lo presentaron las plantas de rápido crecimiento tanto en la comunidad sintética rápida como las de la comunidad sintética mixta, ya que fueron especies con una gran plasticidad (Grime *et al.*, 1986). La mayoría de estas especies están asociadas a lugares perturbados como lo es en este caso el pastizal; son especies altamente productivas cuando hay abundancia de recursos, pero son las más afectadas cuando la cantidad de estos es limitada (Lambres y Poorter, 1992; Aber, 1993). Contrariamente las especies de lento crecimiento en su mayoría, son especies resistentes a condiciones adversas como lo es la baja disponibilidad de recursos, aunque la cantidad de estos sea favorable estas especies mantienen su tasa de crecimiento, y no aumenta con una alta disponibilidad de recursos (Chapin, 1988). Es de gran importancia resaltar estas características de establecimiento y desarrollo de las plantas, en primer término y a pesar de tratarse de una zona perturbada ésta no ha sido gravemente dañada, en la cantidad y calidad de nutrimentos, esto puede deberse a que este trabajo se realizó en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala y debido a que se trata de una región protegida, la agresión de la perturbación antrópica ha disminuido parcialmente. Otra característica importante de resaltar es que la zona de estudio se encuentra en la orilla de un arroyo, que le puede suministrar una importante cantidad de

agua, incluso en la temporada de lluvias puede llegar a inundarse, además se trata de una zona con muy poca pendiente al estar ubicada a las faldas de un cerro lo cual evita que haya una excesiva lixiviación de nutrientes, por lo tanto la pérdida de estos es menor; esto puede ser corroborado con los resultados de Sachman (2001). Los nutrientes del pastizal presentan una buena fertilidad, en particular la proporción carbono:nitrógeno, se encuentra por debajo de la que Paul y Clark (1989 en Sachman, 2001) señalan como infértil, además de que el establecimiento y desarrollo de la comunidad sintética rápida y las especies de rápido crecimiento que se encuentran en la comunidad sintética mixta es alto.

En cuanto al desarrollo de las comunidades es importante hacer notar el crecimiento de las diferentes especies y como se observa en las diferentes variables morfológicas muestreadas (altura, cobertura, volumen de la copa y diámetro de tallo) una clara continuidad entre las especies de lento y rápido crecimiento, esto es importante ya que claramente podemos observar dos tipos de mecanismos con base en la productividad del hábitat y las características morfológicas y fisiológicas, que las especies de dichos hábitats presentan como adaptación para sobrevivir en ellos. Estos mecanismos representan los extremos de una serie de respuestas que varían en cuanto a velocidades de tasa de crecimiento y a disponibilidad de recursos (Huante *et al.* 1995).

Por otra parte el comportamiento de las plantas en las diferentes variables muestreadas en general fueron similares, hubo aumento a lo largo del periodo de crecimiento, es decir, durante el periodo de lluvias que abarca desde junio hasta noviembre aproximadamente (Bullock, 1986). Y es cuando la mayoría de las especies vegetales aprovechan la disponibilidad de recursos, principalmente de agua en el ambiente, ya que la estacionalidad de las precipitaciones es uno de los factores dominantes en los patrones de la actividad biológica (Murphy y Lugo 1986).

El mayor crecimiento lo presentaron las especies de crecimiento rápido tanto las que se encuentran en la comunidad sintética rápida como en la comunidad sintética mixta, las especies de lento crecimiento aunque su desarrollo es menor al que presentan las especies de rápido crecimiento como era de esperarse,

también presentan un aumento en las diferentes variables muestreadas, durante el periodo de crecimiento en la temporada de lluvias, lo cual es importante ya que puede ser interpretado como un buen establecimiento de las diferentes especies.

En el muestreo realizado a los 200 días, en el mes de febrero del año 2000 en la temporada seca, la mayoría de las especies en general presentaron un menor aumento en altura e incluso en algunas la altura se mantuvo constante respecto al muestreo anterior. El diámetro del tallo en la mayoría de especies presentó un aumento, y para las restantes variables (cobertura y volumen de la copa) hay una disminución debido a la pérdida del follaje, esta es una particularidad de las especies que se encuentran en la selva baja caducifolia. Sin embargo, y de gran importancia es que las plantas de crecimiento rápido de la comunidad sintética mixta presentaron una menor pérdida de follaje a los 200 días de crecimiento, que la que presentaron las mismas especies en la comunidad sintética rápida. Probablemente esto se debe a que en la comunidad sintética mixta al haber una combinación de especies con diferentes mecanismos de crecimiento y por lo tanto de explotar los recursos, hay una disminución en la competencia por el uso de recursos así como de espacio disponible para el establecimiento y sobre todo el desarrollo.

En cuanto al desarrollo de las comunidades sintéticas, claramente se observó como la comunidad sintética rápida presentó el mejor desarrollo, no obstante, y de acuerdo a los resultados de Sachman (2001) en cuanto al contenido de nitrógeno total y carbono total en el suelo, la comunidad sintética rápida presentó la menor cantidad de éstos, en comparación a las comunidades sintéticas mixta y rápida. Esto hace suponer que más adelante y con el desarrollo de las plantas, es de esperarse que empiecen a competir por la cantidad de recursos disponibles en el medio y sólo las especies capaces de tolerar y soportar esta competencia probablemente puedan dominar la comunidad sintética rápida.

En tanto en el comportamiento de la comunidad sintética lenta se presentó un buen establecimiento y desarrollo, sin embargo, y como se discutirá más adelante ésta es la comunidad con la mayor pérdida de individuos, y es que a pesar de que en su mayoría las podemos considerar como especies tolerantes, las

condiciones del pastizal son extremas, por ejemplo, la temperatura es más alta en el pastizal que la que se presenta en la selva madura además que la pérdida de agua por evaporación es mayor en las zonas perturbadas (Freifelder, 1989); y a pesar de que se trata de especies tolerantes, también pueden considerarse como especies de sucesión tardía; y las condiciones que estas especies toleran son las que se presentan en la selva madura, es decir, en donde interaccionan y compiten por lo general con plantas principalmente de especies arbóreas ya establecidas, y no en las condiciones que se presentan en un pastizal como lo es la elevada radiación solar, debido a que se trata de una zona abierta y en general con todas las condiciones que presenta una zona perturbada.

La comunidad sintética mixta por otra parte presentó condiciones en general similares a las que presentaron las mismas especies en las comunidades sintéticas lenta y rápida respectivamente, lo cual probablemente se debió al periodo muestreado, que se puede considerar como el de establecimiento de las diferentes especies. Más adelante y de acuerdo con las características de éstas se espera que la comunidad sintética mixta sea la que más favorezca y acelere la regeneración de la selva baja caducifolia; principalmente por la combinación de especies con diferentes mecanismos morfológicos y fisiológicos de crecimiento, evitando por una parte la competencia por la explotación de los recursos. Mientras que las especies de crecimiento rápido probablemente crearán las condiciones favorables para el desarrollo de las especies de lento crecimiento, además esto de alguna forma y debido a la selección de especies favorecerá la recuperación de la diversidad, la cual si bien no tiene una estructura como la selva madura si tiene una combinación de especies que si se diera de manera natural, la recuperación de las zonas perturbadas sería extremadamente lenta, ya que la recuperación de lugares perturbados se da en general de la siguiente manera: las primeras especies vegetales en llegar, son las especies de sucesión temprana las cuales se tienen que establecer y sobre todo desarrollar para crear las condiciones microambientales adecuadas, para que germinen y se establezcan las especies vegetales de sucesión tardía y por último el desarrollo de éstas hasta que llegan a dominar y desplazar a las especies de sucesión temprana, esto basado en lo que

Connell y Slatyer (1977) proponen como los tres principales mecanismos que determinan los procesos de sucesión, los cuales son: la facilitación, la tolerancia y la inhibición.

Debido a la alta complejidad florística de la selva baja caducifolia, es prácticamente imposible retornar el sitio a su estado original antes de la perturbación, por lo tanto, al promover el establecimiento y desarrollo de las comunidades sintéticas también se promueve la recuperación de las cadenas de migración lo cual mejorará la diversidad del sitio. Para las comunidades vegetales se trata de una migración pasiva, es decir, depende de factores tanto abióticos como bióticos, que promueven la dispersión. Los factores como el aire, lluvia, etc., dependen básicamente de la cercanía, pero quizá los más importantes en este caso por la capacidad de desplazamiento, son los factores bióticos, los cuales son dispersores que ayudan a una mejor migración, sobre todo a largas distancias, pero para ello es necesario contar con las condiciones que favorezcan el que estos animales lleguen a la zona en restauración, es decir, contar con refugios seguros, que favorezcan el retorno de la fauna al sitio en restauración, los que serán dispersores potenciales (MacMahon, 1993).

Al respecto por observaciones personales las comunidades vegetales ya han comenzado a generar la recuperación del sitio ya que se han registrado la presencia de algunas especies animales, principalmente aves, las cuales incluso han anidado en algunos individuos vegetales pertenecientes a las comunidades sintéticas, además de que se ha registrado también la presencia de pequeños anfibios, lagartijas, serpientes, pequeños mamíferos e insectos principalmente avispas.

Por otra parte, a pesar de que existen diferentes técnicas de restauración la utilizada en este experimento realza las ventajas de la introducción de plántulas. Que es una opción con grandes ventajas en comparación a otras prácticas de restauración, como lo es la lluvia de semillas que es además un proceso extremadamente caro ya que a veces requiere de la remoción de suelo (Vásquez-Yanes et al., 1997; Rincón et al., 1999), en este caso de selva madura, el cual se coloca en la zona perturbada. Este método podría ser útil para recuperar zonas

perturbadas en donde la pérdida de suelo es importante, pero no resuelve el principal problema que es la germinación de las semillas. La restauración con propagación vegetativa por lo general presenta una alta mortalidad, ésta más bien se sugiere como un complemento, cuando se trata de especies que cuyas semillas son difíciles de encontrar o especies que presentan un problema como lo es estar amenazadas e incluso en peligro de extinción. Es importante mencionar que esta técnica también puede llegar ser altamente cara, sobre todo por la utilización de químicos para inducir la producción radicular. Al respecto Ray y Brown (1995) encontraron, una alta sobrevivencia con la introducción de plántulas (hasta un 52%). Mientras que la restauración mediante la propagación vegetal o con la utilización de acodos presenta una alta mortalidad y por ultimo la lluvia de semillas, en donde el principal problema es la baja germinación. En cuanto a sobrevivencia en este trabajo se alcanzó el 87.63% aproximadamente a un año de ser introducidas al campo.

A pesar de la baja mortalidad mostrada en este trabajo, es de gran importancia hacer notar que en la mayor parte, ésta se debe a las especies de lento crecimiento, esto puede corroborar el comportamiento en cuanto a su crecimiento y desarrollo ya que las condiciones del pastizal realmente son extremas y adversas para estas especies, las cuales si bien son tolerantes como ya se ha mencionado antes. Las condiciones del pastizal no les son nada favorables a las especies de lento crecimiento; principalmente debido a los factores microambientales del pastizal; además de que la agresión de los pastos existentes fue excesivo incluso tuvieron que ser controlados mediante podas periódicas sobre todo en el periodo de lluvias, la cual también utilizan los pastos para su crecimiento y desarrollo. De hecho es uno de los factores que evitan la regeneración natural de la selva baja caducifolia y provocan su transformación principalmente en sabanas (Freifelder *et al.*, 1998). En las comunidades sintéticas rápida y mixta a pesar de que también fue necesario controlar los pastos, estos no afectaron tanto a las comunidades ya que con el establecimiento y desarrollo, sobre todo de las especies de rápido crecimiento se crearon las condiciones

microambientales adecuadas para que las diferentes especies arbóreas dominaran el crecimiento agresivo y desmedido de los pastos.

Al analizar la mortalidad por especie en las diferentes comunidades las especies de crecimiento lento fueron las más afectadas, de hecho fueron las especies que aumentaron la mortalidad en la comunidad sintética mixta. Las especies que presentaron la mayor pérdida de individuos, fueron especies que se establecen y desarrollan en la selva y no en sitios perturbados, en tanto que las especies de rápido crecimiento fueron las que mejor se establecieron y desarrollaron. Esto principalmente se debió a que se trata de especies que naturalmente se establecen y desarrollan en sitios perturbados, en donde les favorecieron las condiciones ambientales. Sin embargo, entre las especies de rápido crecimiento y a pesar de que los niveles de mortalidad fueron bajos, solo dos especies fueron las que presentaron una mortalidad importante (*T. donell-smithii* y *L. monosperma*) a las que probablemente las condiciones no les favorecieron en su establecimiento y desarrollo.

Estos resultados son de gran importancia ya que posiblemente puede ser una alternativa, para realmente acelerar la sucesión en la recuperación, de la selva baja caducifolia. Es pues necesario generar primero las condiciones microambientales con el establecimiento y desarrollo de comunidades sintéticas con especies de rápido crecimiento, para después poder introducir especies de lento crecimiento o de sucesión tardía para que éstas se establezcan y se desarrollen en las condiciones que les favorezcan.

Por último, las mediciones ecofisiológicas realizadas en el presente trabajo se puede discutir en primer término a la tendencia heterogénea de la conductancia estomática y la transpiración a lo largo del día. Lo cual hace suponer que se tratan de cambios que hace la planta para controlar la pérdida de agua, ante las condiciones ambientales, ya que el movimiento estomático es un factor determinante para mantener el estado hídrico de las plantas. El movimiento estomático es proporcional a la conductividad estomática, la cual está dada por el control que ejercen los estomas modificando la tasa de transpiración (Gómez, 2001).

En el índice de la eficiencia del uso del agua (índice de WUE), que como ya se mencionó se trata de una de una relación entre la conductividad estomática y la transpiración y que es expresada como el cociente de asimilación de carbono por pérdida de agua (Gómez, 2001), se presentó una curva muy homogénea y similar en todas las especies en las que se realizaron las mediciones fisiológicas, y se puede interpretar como el aprovechamiento de las diferentes especies a las condiciones ambientales teniendo un mayor índice de WUE por la mañana y la tarde y una considerable disminución en el índice WUE en las horas en que la insolación es mayor ya que se alcanzan temperaturas muy altas, e indica una buena adaptación a las condiciones que se presentan en el pastizal. Por tanto, cuando existe un alto índice de WUE el resultado es una alta productividad y sobrevivencia.

VII. Conclusiones.

La comunidad sintética rápida fue la que presentó el mejor establecimiento y desarrollo en el experimento, sin embargo, por observaciones personales, ha habido un cambio y por ello se espera pronto se dé una competencia entre las diferentes especies sobre todo por espacio.

En tanto en la comunidad lenta, a pesar ser especies tolerantes las condiciones del pastizal sobre todo al inicio del experimento fueron extremas, lo cual repercutió sobre todo en el establecimiento de las diferentes plantas, sin embargo, los diferentes individuos que sobrevivieron se han desarrollado exitosamente, aunque la recuperación ha sido demasiada lenta, desde luego comparándola con las comunidades rápida y mixta.

La comunidad sintética mixta que al analizarse, se ha comportado como las comunidades lenta y rápida respectivamente, tiene una ventaja que podría ser determinante para ser la mejor estrategia de restauración y recuperación de un sitio perturbado, ya que las especies de rápido crecimiento al presentar un buen establecimiento y por tanto un desarrollo, han generado las condiciones optimas para el desarrollo de las especies de lento crecimiento, es decir, las condiciones en donde dichas especies son tolerantes.

No obstante y de acuerdo a lo anterior, se propone desfasar la introducción de especies, es decir, introducir especies de rápido crecimiento permitiendo su establecimiento y desarrollo, y después introducir especies de lento crecimiento, en donde las condiciones de establecimiento y desarrollo para éstas, las hayan generado las especies de rápido crecimiento.

Por otra parte y de gran importancia para la restauración ecológica es identificar especies que favorezcan la recuperación de un sitio dado, sin que estas sean especies que se puedan convertir en plagas o dominantes, lo que puede repercutir en el sitio, debido principalmente a la recuperación de la diversidad, sobre todo en lugares altamente diversos como lo es en este caso la selva baja caducifolia. Por ello, en este trabajo se ha identificado sobre todo una especie la cual es agresiva y que podría ser dominante en la recuperación del sitio, dicha especie es *Acacia farnesiana*. En cuanto al resto de las especies

no se presentó alguna otra especie con estas tendencias, tanto en especies de lento como de rápido crecimiento.

El estudio ecofisiológico solo fue un indicativo del funcionamiento de las especies en el sitio, y como tal es una parte muy puntual, pero la principal información que se obtuvo fue el comportamiento de las especies, sobre todo presentando un buen índice en la eficiencia del uso de l agua.

VIII. Literatura citada.

- ▣ Aber, J. 1993. Restored forest and the identification of critical factors in species-sites interactions. In Jordan III, W., M. Gilpin and J. Aver (eds.) Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. U.K. 342 p.
- ▣ Allen, E. B., M. F. Allen., D. J. Helm., J. M. Trappe., R. Molina and E. Rincon. 1995. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. En: H. P. Collins, G. P. Robertson & M. J. Klug (Eds.). The significance and regulation of soil biodiversity. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 292 p.
- ▣ Allen, E., E. Rincón, M. Allen, A. Pérez-Jimenez and P. Huante. 1998. Disturbance and seasonal dynamics of micorrhizae in a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. 30 (2), 261-274.
- ▣ Allen, M. F., E. Rincon., E. B. Allen., P. Huante and J. J. Dunn. 1993. Observations of canopy bromeliad roots compared with plants rooted in soils of a seasonal tropical forest, Chamela, Jalisco, Mexico. *Mycorrhiza* (4), 27-28.
- ▣ Allen, M., B. Allen, T. Zink, S. Harney, L. Yoshida, C. Sigüenza, F. Edwards, C. Hinkson, M. Rilling, D. Bainbridge, C. Doljanin and R. Mac Aller. 1999. Soil microorganisms. In L. Walter (ed.). *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier. USA.
- ▣ Arizmendi, M.C., H. Berlanga, L. Márquez, L. Navarrijo y F. Ornelas. 1991. Avifauna de la región de Chamela, Jalisco. Cuadernos del Instituto de Biología 4. UNAM. México.
- ▣ Aronson, J., C. Florest, E. Le Floc'h, C. Ovalle and R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands I. a view from the south. *Restoration ecology*.
- ▣ Ashby, W. 1993. Forests. In Jordan III, W., M. Gilpin and J. Aver (eds.) Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. U.K. 342 p.
- ▣ Atkinson, T. and A. Equihua. 1986. Biology of the Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) in tropical deciduous forest at Chamela, Jalisco, México. *Florida-Entomol.* (69), 303-310.
- ▣ Barajas-Morales, J., y C. León. 1989. Anatomía de maderas de México: especies de una Selva Saja Caducifolia. Publicaciones Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.
- ▣ Barradas, V. 1991. Radiation regime in a Tropical Deciduous Forest in Western Mexico. *Theor. Appl. Climatol.* (44), 57-64.

- ▣ Bazzaz, F. 1986. *Plants in changing environments*. Cambridge University Press. U.K. 320 p.
- ▣ Begon, M., J. Harper and C. Townsend. 1986. *Ecology: Individuals population and communities*. Oxford Blackwell Scientific. USA. 876 p.
- ▣ Berger, J. 1993. *Ecology Restoration and Noningenous Plant Species: A Review*. *Restoration Ecology*. (Junio), 74-82.
- ▣ Bradshaw A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in genetics*. (13), 363-392.
- ▣ Bullock, S. and Solís-Magallanes, J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. (22), 22-35.
- ▣ Bullock, S., H. Mooney y E. Medina (eds.). 1995. *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University press. Cambridge England. 450 p.
- ▣ Castillo, G. y A., Gómez-Pompa. La vegetación de Cuixmala . En: Gómez- Pompa, A. 1991. *Estudio botánico ecológico de las reservas de Cuixmala y Jabalí*. Reporte a la UICN y a Botanical Gardens Conservation International.
- ▣ Ceballos, G. 1991. *Estudio base para la creación de la Reserva de Cuixmala*. Fundación Ecológica de Cuixmala, México, D.F.
- ▣ Ceballos, G. y A. Miranda. 1986. *Los mamíferos de Chamela, Jalisco*. Manual de campo. México D. F. Instituto de Biología, UNAM. México. 436 p.
- ▣ Ceballos, G., A. García y P. Rodríguez. 1994. *Plan de manejo de la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala*. Fundación Ecológica de Cuixmala-unam, México, D.F. México.
- ▣ Cervantes, V. 1996. *La reforestación de la montaña de Guerrero: Una estrategia alternativa con leguminosas nativas*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- ▣ Cervantes, V., A. Arriaga y J. Carabias. 1996. La problemática socioambiental e institucional de la región de la Montaña, Guerrero, México. *Boletín de la sociedad Botánica de México*. (59), 67-80.
- ▣ Connell, J. y R. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*. (111).
- ▣ Chapin F. S. 1988. Ecological aspects of plant mineral nutrition. *Advances in Mineral Nutrition*. (3), 161-169.

- Dalal, R., W. Strong, E. Weston and J. Gaffney. 1991. Sustaining multiple production systems 2 soil fertility decline and restoration of cropping lands in sub-tropical Queensland. *Tropical grassland* (25).
- De Ita-Martínez, C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Dirzo, R. 1996. Mexican Diversity of Flora. P. Robles (ed.). CEMEX. Singapore. 191 p.
- Fanjul, L. y Barradas, V. 1995. Stomatal behaviour of two heliophile understorey species of tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of applied ecology*. (22), 943-954.
- Flores, O. y P. Gerez. 1984. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Conservación Internacional. México, D.F. 302 p.
- Freifelder, R., P. Vitousek and C. D'Antonio. 1998. Microclimate change and effect on fire following forest-grass conversion in seasonally dry tropical woodland. *Biotropica*. 30(2).
- García, E. 1994. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México D.F. 71 p.
- García-Oliva, F., Ezcurra, E. y Galicia, L. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. *Geogr. Ann.* 73 A (3-4), 179-186.
- García-Oliva, F., I Casar, P. Morales y M. Maass. 1994. Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia*, (99), 392-396.
- Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. S. Bullock, H. Mooney and E. Medina (eds.) *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge university press. U.K. 450 p.
- Gómez, M. 2001. Dinámica foliar comparativa y aspectos fisiológicos en plántulas de 20 especies leñosas de la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. INE y CONABIO. 159 p.
- González Flores, P. C. 1992. El manejo del fuego en el sistema roza tumba y quema en la selva baja caducifolia de Chamela Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.

- Greenland, D. y Lat, R. (ed.). 1979. Soil conservation and management in the humid tropics. John Wiley and Sons. Chichester. U.K.
- Grime, J. 1989. Whole-plant responses to stress in natural and agricultural systems. In H. Jones, T. Flowers and M Jones (eds.) Plants under stress. Cambridge University press. U.K. 257 p.
- Grime, J., C. Crick y E. Rincón. 1986. The ecological significance of plasticity. In Jennings, D. and A. Trewavas (eds.) Plasticity in plants. Proceedings of the society for experimental biology, 40th symposium. University of Cambridge. U.K. 350 p.
- Haggar, J. and J. Ewel. 1997. Primary productivity and resource partitioning in model tropical ecosystems. Ecology 78 (4).
- Harper, J. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. New York, USA. 892 p.
- Houghton, R., D. Lefkowitz and D. Skole. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1859 and 1985. I. Progressive loss of forest. Forest Ecology and Management, (38), 143-172.
- HemiView Application notes 1999. HemiView User manual. Delta-T. Reino Unido. 75 p.
- Huante, P. Rincón E. y E. B. Allen 1993. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on seedling growth of four tree species from the tropical deciduous forest in Mexico. Micorrhiza (2), 141-145.
- Huante, P. Rincón E. y M. Gavito. 1992. Root system analysis of seedlings of seven tree species from a tropical dry forest in Mexico. Trees (6), 77-82.
- Huante, P., Rincón E. y F. S. Chapin III. 1998a. Foraging for nutrients, responses to changes in light, and competition in tropical deciduous tree seedlings. Oecologia. (117), 209-216.
- Huante, P., Rincón E. y F. S. Chapin III. 1998b. Effect of changing light availability on nutrient foraging in tropical deciduous tree-seedlings. OIKOS. (82), 449-458.
- Huante, P., Rincón E. y I. Acosta . 1995a. Nutrient availability and growth rate of 34 woody species from a tropical deciduous forest. Functional ecology. (9), 849-858.
- Huante, P., Rincón E. y F.S. Chapin III. 1995b. Responses to phosphorus of contrasting successional tree-seedling species from the tropical deciduous forest of Mexico. Functional Ecology. (9), 760-766.
- Hudson, N. 1981. Soil conservation. Cornell University Press. Ithaca. USA. 320 p.
- Janzen, D. 1986. Regrowing a dry tropical forest. Science (21).

- ☐ Janzen, D. 1988. Tropical Dry Forest. The most endangered major tropical ecosystem. In Wilson, E. y F. Peter. (eds.). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C. USA.
- ☐ Janzen, D. y W. Hallwachs. 1992. La restauración de la biodiversidad tropical: experiencias del área de conservación Guanacaste y posibles aplicaciones en México. J. Sarukhán y R. Dirzo (eds.) México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 343 p.
- ☐ Jaramillo, V. and Sanford, R. 1995. Nutrient Cycling in tropical deciduous forests. In S. H. Bullock, H. A. Mooney and E. Medina (eds.). Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Cambridge. U.K. 450 p.
- ☐ Johnson, N and D. Wedin. 1997. Soil carbon, nutrients and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to Grassland. *Ecological Applications*. 7(1) 177-182.
- ☐ Jordan III, W., M. Gilpin y J. Aver. 1993. Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. U.K. 342 p.
- ☐ Lambers, H. y H. Pooter. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research* (23).
- ☐ Linding, R. y C. Vázquez-Yanes. 1997. Los ailes en la restauración ecológica. *Ciencia*. (48).
- ☐ Lott, E. 1985. Listado florístico de la estación de Biología Chamela Jalisco Instituto de Biología. UNAM: México D.F.
- ☐ Lott, E. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of Chamela Bay region, Jalisco Mexico. *California Academy Sciences, California USA*. (148), 1-60.
- ☐ Lott, E., S. Bullock y J. Solís-Magallanes. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest in coastal Jalisco. *Biotropica* (3), 228-235.
- ☐ Lugo, A. 1986. Estimating reductions in the diversity of tropical forest species. In Wilson, E. y F. Peter. (eds.). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C. USA.
- ☐ Maass, M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. In Wilson, E. y F. Peter. (eds.). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C.
- ☐ Mackenzie, A., A. Ball and S. Virdee. 1998. Instant notes in ecology. Springer. New York, USA.
- ☐ MacMahon, J. 1993. Disturbed lands and ecological theory: an essay about a mutualistic association. In Jordan III, W., M. Gilpin and J. Aver (eds.) Restoration

- ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. U.K. 342 p.
- ☐ Martínez-Irizar, A. 1995. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forest. S. Bullock, H. Mooney and E. Medina (eds.) Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. U.K. 450 p.
 - ☐ Martínez-Yrizar, A. y Sarukhán, J. 1990. Litterfall patterns in tropical deciduous forest in Mexico over a five-year period. *Journal of Tropical Ecology*. (6), 433-444.
 - ☐ Montalvo, A., S. Williams, K. Rice, S. Buchmann, C. Cory, S. Handel, G. Nabhan, R. Primack y R. Robichaux. 1997. Restoration biology a population biology perspective. *Restoration Ecology* (5).
 - ☐ Morgan, R. 1979. Soil erosion. Longman.London.
 - ☐ Murphy, P and A. Lugo. 1986. The ecology of tropical dry forest. *Annual review of ecology and systematics*, (17), 67-68.
 - ☐ Noguera, F. 1993. Chamela-Cuixmala. Encuesta . En: A. Gómez-Pompa y R. Dirzo et al. (comps.). Proyecto de Evaluación de Áreas Naturales Protegidas de México. SEDESOL. México.
 - ☐ Penington, T. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México, manual para la identificación de las principales especies Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
 - ☐ Ramírez-Bautista, A. 1994. Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región Chamela, Jalisco. UNAM, Cuadernos del Instituto de Biología 23. México D. F.
 - ☐ Ray J. y J. Brown. 1995 Restoring Caribbean Dry Forests: Evaluation of tree propagation techniques. *Restoration Ecology*. 3 (2), 86-94.
 - ☐ Rincón, E. y Huante P. 1994. Influence of mineral nutrient availability on growth of tree seedlings from the tropical deciduous forest . *Trees: Structure and function* (9), 93-97.
 - ☐ Rincón, E., y Pilar Huante. 1993. Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. *Trees: Structure and Function* (7), 202-207.
 - ☐ Rincón, E., M. Álvarez A., G. González D., P. Huante y A. Hernández. 1999. Restauración de selvas bajas caducifolias. *Gaceta Ecológica INE-SEMARNAP*. (53), 62-71.
 - ☐ Rzendowski, J., 1978. Vegetación de México. Limusa México 432 p.
 - ☐ Sachman, B. 2001. Dinámica de nitrógeno y carbono en la restauración de un sitio perturbado de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM, México D.F.

- ☐ Samuels, C. y J. Drake. 1997. Divergent perspectives on community convergence. *Tree* 12 (11).
- ☐ Simberloff, D. 1999. The role of science in the preservation of forest biodiversity. *Forest Ecology and Management* (115).
- ☐ Solís V. Enrique. 1993. Características fisicoquímicas de un suelo en un ecosistema tropical estacional. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- ☐ Toledo, V. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* (8), 7-16.
- ☐ Vázquez-Yanes C. y A. Batis 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de sociedad botánica de México*. (58), 75-84.
- ☐ Vázquez-Yanes, C. y A Orozco. 1989. La destrucción de la naturaleza. Fondo de Cultura Económica, México D.F. 102 p.
- ☐ Vázquez-Yanes, C., A. Batis, I. Alcocer, M. Gual y C. Sánchez. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la restauración. Reporte técnico del proyecto J-084-CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM.
- ☐ Vázquez-Yanes, C., A. Orozco, M. Rojas, M.E. Sánchez y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 167 p.
- ☐ Vitousek, P., Matson, P., Volkman, C., Maass, J. y M., García, G. 1989. Nitrous oxide flux from dry tropical forests. *Global Biochemical Cycles*. (3), 375-382.
- ☐ West-Eberhard, M. 1989. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Annual Review of ecology and systematics*. (20), 249-278.

☐ www.conabio.com.mx

☐ www.ine.gob.com.mx

☐ www.semarnat.gob.com.mx

☐ Riverside: www.maya.ucr.edu

Apéndice 1.

Altura inicial.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Error	Error			
1	2	3790.037	1177	60.82234	62.31324	.000000

Tukey HSD test; variable ALTURA_I

	{1}	{2}	{3}
	12.09158	18.03325	13.51100
Lenta {1}		.000022	.029775
Rápida {2}	.000022		.000022
Mixta {3}	.029775	.000022	

Altura 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Error	Error			
1	2	127583.2	1140	784.7139	162.5856	0.00

Tukey HSD test; variable ALTURA_5

	{1}	{2}	{3}
	31.29076	68.10364	49.27051
Lenta {1}		.000022	.000022
Rápida {2}	.000022		.000022
Mixta {3}	.000022	.000022	

Altura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Error	Error			
1	2	433092.8	1124	1780.170	243.2872	0.00

Tukey HSD test; variable ALTURA_1

	{1}	{2}	{3}
	42.74310	110.5066	70.10807
Lenta {1}		.000022	.000022
Rápida {2}	.000022		.000022
Mixta {3}	.000022	.000022	

Altura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Error	Error			
1	2	456074.1	1125	1810.067	251.9653	0.00

Tukey HSD test; variable ALTURA_2

	{1}	{2}	{3}
	44.62569	113.9940	71.86588
Lenta {1}		.000022	.000022
Rápida {2}	.000022		.000022
Mixta {3}	.000022	.000022	

Altura 415 días.

Summary of all Effects; design: (bien.sta)

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Error	Error			
1	2	679243.7	1033	3545.970	191.5537	0.00

Tukey HSD test; variable ALTURA_4

	{1}	{2}	{3}
	79.73016	168.6455	128.9009
Lenta {1}		.000022	.000022
Rápida {2}	.000022		.000022
Mixta {3}	.000022	.000022	

Cobertura Inicial.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	298024.0	1177	24130.91	12.35030	.000005
Tukey HSD test; variable COB__INI						
		{1}	{2}	{3}		
		180.4203	229.2519	227.7523		
Lenta	{1}		.000054	.000081		
Rápida	{2}	.000054		.989783		
Mixta	{3}	.000081	.989783			

Cobertura 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	108134696	1140	1226492	88.16586	0.00
Tukey HSD test; variable COB__50						
		{1}	{2}	{3}		
		459.2459	1475.608	1270.907		
Lenta	{1}		.000022	.000022		
Rápida	{2}	.000022		.027263		
Mixta	{3}	.000022	.027263			

Cobertura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	1033972928	1124	91999651	12.3888	0.00
Tukey HSD test; variable COB__108						
		{1}	{2}	{3}		
		673.9587	4009.993	2294.353		
Lenta	{1}		.000022	.000022		
Rápida	{2}	.000022		.000022		
Mixta	{3}	.000022	.000022			

Cobertura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	405038720	1118	10831915	37.39309	.000000
Tukey HSD test; variable COB__200						
		{1}	{2}	{3}		
		437.6789	2431.801	2010.719		
Lenta	{1}		.000022	.000022		
Rápida	{2}	.000022		.181170		
Mixta	{3}	.000022	.181170			

Cobertura 415 días.

Summary of all Effects; design: 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	8717080576	1033	60180252	144.8495	0.00
Tukey HSD test; variable COB__415						
		{1}	{2}	{3}		
		3160.248	13232.79	8751.229		
Lenta	{1}		.000022	.000022		
Rápida	{2}	.000022		.000022		
Mixta	{3}	.000022	.000022			

Volumen de la copa Inicial.
 Summary of all Effects; design:
 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
1	2	37132300	1177	7084395	5.241422	.005417

Tukey HSD test; variable V_C__INI

		{1}	{2}	{3}
		1097.228	1644.440	1623.167
Lenta	{1}		.011446	.016033
Rápida	{2}	.011446		.992985
Mixta	{3}	.016033	.992985	

Volumen de la copa 50 días.
 Summary of all Effects; design:
 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
1	2	20545304E4	1149	4282627072	47.97360	.000000

Tukey HSD test; variable V_C__50

		{1}	{2}	{3}
		7457.703	51033.61	43905.32
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.279155
Mixta	{3}	.000022	.279155	

Volumen de la copa 108 días.
 Summary of all Effects; design:
 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
1	2	34783980E5	1132	74157023E3	46.90585	.000000

Tukey HSD test; variable V_C__108

		{1}	{2}	{3}
		16641.26	209317.3	120478.8
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.000037
Mixta	{3}	.000022	.000037	

Volumen de la copa 215 días.
 Summary of all Effects; design:
 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
1	2	19460309E5	1131	13954140E4	13.94590	.000001

Tukey HSD test; variable V_C__200

		{1}	{2}	{3}
		11523.35	147157.8	124194.6
Lenta	{1}		.000023	.000137
Rápida	{2}	.000023		.668329
Mixta	{3}	.000137	.668329	

Volumen de la copa 415 días.
 Summary of all Effects; design:
 1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
1	2	90614634E5	1033	25810912E4	35.10710	.000000

Tukey HSD test; variable V_C__415 (bien.sta)

Probabilities for Post Hoc Tests

MAIN EFFECT: COMUNIDA

		{1}	{2}	{3}
		69962.45	383758.0	313575.6
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.152773
Mixta	{3}	.000022	.152773	

Diámetro del tallo 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	23.33453	1139	.228492	102.1241	0.00

Tukey HSD test; variable DIÁ__50

		{1}	{2}	{3}
		.5182997	1.014364	.8133128
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.000022
Mixta	{3}	.000022	.000022	

Diámetro del tallo 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	98.12254	1126	.757590	129.5193	0.00

Tukey HSD test; variable DIÁ__108

		{1}	{2}	{3}
		.7474586	1.716207	1.538756
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.013205
Mixta	{3}	.000022	.013205	

Diámetro del tallo 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	193.9205	1123	1.369213	141.6291	0.00

Tukey HSD test; variable DIÁ__200

		{1}	{2}	{3}
		1.125994	2.555524	2.038167
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.000022
Mixta	{3}	.000022	.000022	

Diámetro del tallo 415 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	2	235.7598	1033	1.733358	136.0133	0.00

Tukey HSD test; variable DIÁ__415

		{1}	{2}	{3}
		1.420635	2.992770	2.728947
Lenta	{1}		.000022	.000022
Rápida	{2}	.000022		.019758
Mixta	{3}	.000022	.019758	

Apéndice 2.

Altura inicial.

Summary of all Effects; design: (lento vs lenmix.sta)

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.555025	398	43.99388	.012616	.910626

Altura 50 días.

Summary of all Effects; design: (lento vs lenmix.sta)

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1031.801	388	321.8381	3.205963	.074150

Altura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	72.77657	380	668.3995	.108882	.741603

Altura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	107.7952	376	745.2600	.144641	.703925

Altura 415 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	2600.771	309	2364.511	1.099919	.295103

Cobertura Inicial.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	3845.344	398	25613.07	.150132	.698616

Cobertura 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1167783.	388	299362.6	3.900897	.048969

Cobertura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	131656.8	380	960386.2	.137087	.711400

Cobertura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	131656.8	380	960386.2	.137087	.711400

Cobertura 415 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	17769828	309	9609223	.849247	.174862

Volumen de la copa Inicial.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	397335.5	398	11114705	.035749	850132

Volumen de la copa 50 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1946841600	389	521264768	3.734842	.054014

Volumen de la copa 108 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	97600472	381	1248669696	.078164	.779953

Volumen de la copa 200 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	128199296	376	617288064	.207681	.648854

Volumen de la copa 415 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	45269586E3	309	15754882E3	2.873369	.091064

Diámetro del tallo 50 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.009953	388	.081270	.122475	.726556

Diámetro del tallo 108 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1.767317	380	.278219	6.352261	.012132

Diámetro del tallo 200 días.
Summary of all Effects; design: (lento vs lenmix.sta)
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.412647	376	.543059	.759856	.383930

Diámetro del tallo 415 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.097581	308	.714156	.136638	.711901

Apéndice 3.

Altura Inicial.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.722500	398	47.61410	.015174	.902024

Altura 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	12.93831	388	1181.416	.010952	.916708

Altura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	6269.513	386	2240.458	2.798318	.095173

Altura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	8058.741	389	2072.085	3.889194	.049306

Altura 415 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	307.9817	380	3601.371	.085518	.770114

Cobertura Inicial.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	10722.30	398	22653.10	.473326	.491862

Cobertura 50 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	6223095.	388	2145834	2.900082	.089376

Cobertura 108 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	58336604	386	19734666	2.956047	.086359

Cobertura 200 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	110908240	388	24057566	4.610119	.032403

Cobertura 415 días.

Summary of all Effects; design:

1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	9877408	380	91666400	.107754	.742897

Volumen de la copa Inicial.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1293630.	398	7449852.	.173645	.677117

Volumen de la copa 50 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	9036217344	392	10093230E3	.895275	.344635

Volumen de la copa 108 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	29438181E4	387	18856146E4	1.561198	.212245

Volumen de la copa 200 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	11949147E4	388	37810601E4	.316026	.574330

Volumen de la copa 415 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1316398848	380	59894576E4	.002198	.962632

Diámetro del tallo 50 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.466192	388	.362462	1.286182	.257453

Diámetro del tallo 108 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	2.746988	388	1.128544	2.434099	.119537

Diámetro del tallo 200 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	.940180	387	2.061117	.456150	.499832

Diámetro del tallo 415 días.
Summary of all Effects; design:
1-COMUNIDA

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	6.132356	380	2.085886	2.939928	.087230

Apéndice 4.

Análisis de varianza (ANOVA): Conductancia estomática mínima y máxima; Transpiración mínima y máxima; y Uso y eficiencia de agua (WUE) mínima y máxima. Sep = septiembre de 1999, nov = noviembre de 1999 y feb = febrero del 2000.

Conductancia estomática máxima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	5715988.5	71	169414.5156	33.73966217	5.02E-11
2	2	72243.96094	71	169414.5156	0.426433116	0.654494405
12	4	1340925.875	71	169414.5156	7.91505909	0.0000247

Tukey HSD test; variable C_EST_

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	993.2222	1376.333	1874.444	1769.222	1389.750	1164.222	654.5555	381.1750	375.7567
sep L {1}		0.474556863	0.00081724	0.004671872	0.426734686	0.993349552	0.716683507	0.071794569	0.385985851
sep M {2}	0.474556863		0.151350319	0.439533114	1	0.960502923	0.005022168	0.000172913	0.009765089
sep R {3}	0.000817239	0.151350319		0.999805152	0.177422583	0.013485551	0.0001387	0.000138223	0.000155449
nov L {4}	0.004671872	0.439533114	0.999805152		0.48778832	0.061938405	0.00014317	0.000138223	0.000223577
nov M {5}	0.426734686	1	0.177422583	0.48778832		0.94393599	0.003962934	0.000163734	0.008341908
nov R {6}	0.993349552	0.960502923	0.013485551	0.061938405	0.94393599		0.194348276	0.006118357	0.113046587
feb L {7}	0.716683507	0.005022168	0.0001387	0.00014317	0.003962934	0.194348276		0.906382024	0.983153284
feb M {8}	0.071794569	0.000172913	0.000138223	0.000138223	0.000163734	0.006118357	0.906382024		1
feb R {9}	0.385985851	0.009765089	0.000155449	0.000223577	0.008341908	0.113046587	0.983153284	1	

Conductancia estomática mínima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	278529.3438	71	25372.56055	10.97758102	7.01393E-05
2	2	84549.0625	71	25372.56055	3.332303286	0.04137611
1-2	4	107391.8203	71	25372.56055	4.232596874	0.003951771

Tukey HSD test; variable C_EST_

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	18.22667	146.0750	408.4328	14.83333	16.67583	16.86111	15.25889	7.618750	9.520000
sep L {1}		0.668912053	0.000190914	1	1	1	1	1	1
sep M {2}	0.668912053		0.01073426	0.637075067	0.555430353	0.656170845	0.641098619	0.613097131	0.919467747
sep R {3}	0.000190914	0.01073426		0.000181913	0.000148654	0.00018698	0.000182867	0.000194848	0.010053992
nov L {4}	1	0.637075067	0.000181913		1	1	1	1	1
nov M {5}	1	0.555430353	0.000148654	1		1	1	1	1
nov R {6}	1	0.656170845	0.00018698	1	1		1	1	1
feb L {7}	1	0.641098619	0.000182867	1	1	1		1	1
feb M {8}	1	0.613097131	0.000194848	1	1	1	1		1
feb R {9}	1	0.919467747	0.010053992	1	1	1	1	1	

Transpiración máxima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	98464.85938	71	78929.24219	1.24750793	0.293437988
2	2	22200.25	71	78929.24219	0.281267732	0.755663335
12	4	28369.69141	71	78929.24219	0.359431952	0.83664608

Tukey HSD test; variable TRANS_M

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	119.4144	222.4142	32.77222	25.81222	25.42833	27.06556	11.45800	9.669875	9.176333
sep L {1}		0.995530188	0.99919951	0.998593509	0.997642815	0.998732924	0.996099651	0.996455312	0.999641895
sep M {2}	0.995530188		0.837245047	0.808634639	0.733931065	0.813957691	0.742804527	0.768676579	0.959071159
sep R {3}	0.99919951	0.837245047			1	1	1	1	1
nov L {4}	0.998593509	0.808634639	1			1	1	1	1
nov M {5}	0.997642815	0.733931065	1	1			1	1	1
nov R {6}	0.998732924	0.813957691	1	1	1			1	1
feb L {7}	0.996099651	0.742804527	1	1	1	1			1
feb M {8}	0.996455312	0.768676579	1	1	1	1	1		1
feb R {9}	0.999641895	0.959071159	1	1	1	1	1	1	1

Transpiración mínima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	2	137.0140991	71	5.5008111	24.90798187	6.37E-09
2	2	50.6345253	71	5.5008111	9.204919815	0.000278928
12	4	66.86289978	71	5.5008111	12.15509796	1.40E-07

Tukey HSD test; variable TRANS_M

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	.4624445	2.370917	9.821445	.3444445	.3540833	.3257778	.2846667	.2053750	.1813333
sep L {1}		0.652411342	0.000138223		1	1	1	0.99999976	2 0.99999994
sep M {2}	0.652411342		0.000138223	0.576003432	0.477494478	0.563805163	0.536976337	0.53315997	1 0.875663698
sep R {3}	0.000138223	0.000138223		0.000138223	0.000138223	0.000138223	0.000138223	0.00013822	3 0.000138938
nov L {4}	1	0.576003432	0.000138223			1	1	1	1
nov M {5}	1	0.477494478	0.000138223	1			1	1	1
nov R {6}	1	0.563805163	0.000138223	1	1			1	1
feb L {7}	1	0.536976337	0.000138223	1	1	1			1
feb M {8}	0.999999762	0.533159971	0.000138223	1	1	1	1		1
feb R {9}	0.99999994	0.875663698	0.000138938	1	1	1	1	1	1

Índice de WUE máxima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	Df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	139293.9688	71	67513.27344	2.06320858	0.134595737
2	2	46642.99609	71	67513.27344	0.690871477	0.50447607
12	4	39221.10938	71	67513.27344	0.580939233	0.677414834

Tukey HSD test; variable WUE_MÁX_

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	
	67.93092	67.26422	63.13319	84.28647	77.37589	67.01261	343.6730	111.7250	205.4448	
sep L {1}			1	1	1	1	1	0.385399759	0.999993622	0.996759713
sep M {2}		1		1	1	1	1	0.29361093	0.999988317	0.995804191
sep R {3}		1	1		1	1	1	0.361870229	0.999985695	0.99588424
nov L {4}		1	1	1		1	1	0.470057726	0.999999821	0.99870491
nov M {5}		1	1	1	1		1	0.342166543	0.99999845	0.997533739
nov R {6}		1	1	1	1	1		0.380854487	0.99999249	0.996607125
feb L {7}	0.385399759	0.29361093	0.361870229	0.470057726	0.342166543	0.380854487		0.657816768	0.996641517	
feb M {8}	0.999993622	0.999988317	0.999985695	0.999999821	0.99999845	0.99999249	0.657816768		0.999829292	
feb R {9}	0.996759713	0.995804191	0.99588424	0.99870491	0.997533739	0.996607125	0.996641517	0.999829292		

Índice de WUE mínima

1-TIEMPO, 2-COMUNIDAD SINTÉTICA

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	92.58792877	71	127.3044052	0.727295578	0.486778706
2	2	157.9642029	71	127.3044052	1.240838528	0.295334876
12	4	30.04852676	71	127.3044052	0.236036822	0.917128503

Tukey HSD test; variable WUE_MÍN_

Probabilities for Post Hoc Tests

INTERACTION: 1 x 2

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}		
	24.64901	30.79687	33.41073	25.12257	27.97702	30.65685	24.81287	24.37832	26.96658		
sep L {1}		0.94565773	0.775417089		1	0.999059975	0.967705309		1	0.999997497	
sep M {2}	0.94565773		0.999846339	0.965774119	0.999521732		1	0.953369677	0.942986369	0.999845147	
sep R {3}	0.775417089	0.999846339		0.823549986	0.973634958	0.999862254	0.792693377	0.77530992	0.994516075		
nov L {4}		1	0.965774119	0.823549986		0.999703586	0.980432868		1	0.999999583	
nov M {5}	0.999059975	0.999521732	0.973634958	0.999703586		0.999814808	0.999368072	0.998713493		1	
nov R {6}	0.967705309		1	0.999862254	0.980432868	0.999814808		0.972649634	0.96493268	0.999908268	
feb L {7}		1	0.953369677	0.792693377		1	0.999368072	0.972649634		1	0.999998569
feb M {8}		1	0.942986369	0.77530992		1	0.998713493	0.96493268		1	0.999994695
feb R {9}	0.999997497	0.999845147	0.994516075	0.999999583		1	0.999908268	0.999998569	0.999994695		