

Evaluación del efecto de Mycoral[®] en especies forestales de Sauce (*Salix humboldtiana*) y Chilca (*Astianthus viminalis*)

Juan Carlos Alvarez Gómez

Honduras

Diciembre, 2002

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y
AMBIENTE

**Evaluación del efecto de Mycoral[®] en especies
forestales de Sauce (*Salix humboldiana*) y
Chilca (*Astianthus viminalis*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de Licenciatura.

Presentado por

Juan Carlos Alvarez Gómez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Juan Carlos Alvarez Gómez

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2002

**Evaluación del efecto de Mycoral[®] en especies forestales de Sauce
(*Salix humboldtiana*) y Chilca (*Astianthus viminalis*)**

Presentado por

Juan Carlos Alvarez Gómez

Aprobada:

Robert Walle, M.Sc. CPESC
Asesor Principal

Peter Doyle, M.Sc
Coordinador de la Carrera de
Desarrollo Socioeconómico y
Ambiente

Nelson Agudelo, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D
Decano Académico

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Asesor

Mario Contreras, Ph.D.
Director General

George Pilz, Ph.D.
Coordinador PIA - DSEA

DEDICATORIA

Primero a mi Dios, quien a pesar de que en ocasiones dudé, sé que siempre estuvo a mi lado, protegiéndome, dándome fuerzas y guiándome en mi enseñanza, por resguardar a mi familia mientras yo me encontraba lejos de ellos, gracias señor por todo ello.

A mi madre quien me dió la vida y ha dado su vida por crear en mi los mejores valores, motivándome siempre a seguir adelante, por estar ahí siempre que la necesité, ¡Gracias Madrecita!

A mi esposa, quien siempre estuvo pendiente de mí, por esperarme tanto tiempo, por ser mi apoyo en los momentos cuando parecía que todo había terminado, por estar a mi lado siempre, por su gran amor, y por el bebé precioso que me ha dado y que es mi más grande tesoro, ¡gracias mi princesita!

A mi bebecito, Jan Carlos, quien siempre fué mi mayor inspiración para seguir adelante, y para quien deseo ser el mejor ejemplo como padre y amigo, ¡Te quiero mucho mi bebé precioso!

A mis hermanas y hermanos, Martha, Marisol, José Antonio y Jorge, porque a pesar de la distancia, siempre estuvieron pendientes de mí, siempre me brindaron su apoyo incondicional y nunca dudaron de mi capacidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios Todopoderoso por estar siempre conmigo, en todo momento de mi vida, gracias señor por haberme dejado cumplir uno de mis más grandes sueños.

A mi madre Francisca Gómez Mendoza, la mejor madre del mundo quien me enseñó todos los valores morales y principios que me van a servir para toda la vida, a mi esposa, quien siempre estuvo pendiente de mi a pesar de todo el tiempo que estuvimos separados, a mis hermanos (as) Antonio, Jorge, Martha, Marisol, por estar siempre pendientes de mi y por el apoyo que siempre me han brindado, por su cariño y comprensión.

Al Ing. Robert Walle por darme toda la confianza del mundo y la oportunidad para terminar mis estudios en Zamorano, por toda su ayuda y colaboración en la conducción de este estudio.

A mis asesores Dr. Juan Carlos Rosas y Nelson Agudelo M.Sc por su tiempo y dedicación en la realización de este estudio.

Al Ing. Byron Reyes por su tiempo y colaboración y a todo el personal del Programa de Investigación en Frijol, en especial a Tomasita Sánchez por haberme prestado su apoyo incondicional en todas las labores de laboratorio.

Al Ing. Claudio Trabanino por haber apoyado la fase de invernadero de este estudio, por su amistad y consejos que siempre me brindó.

A todo el personal técnico de la oficina en Estelí, gracias por los conocimientos que me brindaron y por el apoyo para levantar los datos de este estudio en especial a Wilbert Pauth, Elvis Castellón, doña Gloria Ráudez y César Sobalvarro.

A la familia Núñez Moreno por estar siempre pendientes de mi, por sus consejos, cariño y por confiar en mi persona.

A mi gran amigo y hermano Freddy Soza quien siempre ha estado aconsejándome, gracias por la amistad, la cual valoro como una de las mejores en mi vida, suerte.

A mis amigos, Paúl Delgado, Dan Condega, Rigo Laínez, Carlos Acosta, Javier Guzmán, Raúl Menéndez, Nelson Melara, Carlos Mautong, Luis Landaverde.

A todas las personas que en este momento no recuerdo sus nombres pero que hicieron posible que este estudio se llevara a cabo, a todas ellas y a los que sí mencioné, les estoy profundamente agradecido, les deseo todo lo mejor en la vida y que nuestro señor Jesucristo les bendiga, cuenten siempre conmigo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mi familia.

Al programa de estudio trabajo de CLUSA-ZAMORANO por el apoyo financiero para entrar a la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

RESUMEN

Alvarez Gómez, Juan Carlos. 2002. Evaluación del efecto de Mycoral[®] en especies forestales de Sauce (*Salix humboldtiana*) y Chilca (*Astianthus viminalis*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 56p.

Las micorrizas son hongos benéficos que hacen asociaciones con raíces. Entre los beneficios que obtienen las plantas se encuentran el incremento en la absorción de nutrimentos y agua, tolerancia a diferentes tipos de estrés, efecto fitosanitario benéfico y en la mayoría de los casos responde mejor al ataque de nemátodos. Alrededor de un 95% de las especies en el mundo establecen simbiosis con las micorrizas. El objetivo fue evaluar el comportamiento de las especies forestales Sauce y Chilca, tanto a nivel de invernadero como en el campo, para comprobar la ocurrencia de simbiosis con micorrizas arbusculares usando Mycoral[®] (producto de origen colombiano con tres géneros de hongos micorrizógenos). El estudio de invernadero se realizó en Zamorano entre mayo y septiembre del 2002; la parte de campo se realizó en Nicaragua, en los municipios de Pueblo Nuevo y San Juan de Limay. Se usó un diseño de bloques completamente al azar y dos tratamientos por bloque: con y sin Mycoral[®] (testigo). Las variables medidas fueron el diámetro y altura de rebrote, biomasa, volumen de raíz, número de esporas en el medio y porcentaje de infección en la raíz; adicionalmente en el campo se evaluó la sobrevivencia de las plantas. Los resultados obtenidos a nivel de invernadero confirman que la especie Sauce de río establece una relación efectiva de simbiosis con las micorrizas arbusculares; esto se demuestra con los altos porcentajes de infección obtenidos (34.5%), y los incrementos en el volumen de raíz (17%), peso de follaje (55%) y diámetro de rebrote (12%) obtenidos. Por otro lado, la especie Chilca de río no logró establecer simbiosis con los hongos, ya que no se encontró diferencias significativas para ninguna de las variables antes descritas. Esto se debe probablemente a que los hongos del inóculo no tienen preferencia por esta especie; a nivel de campo los resultados no fueron significativos, es posible que exista influencia por parte de microorganismos parásitos o de elementos como el fósforo que puedan ser limitantes para lograr la simbiosis.

Palabras claves: simbiosis, micorrizas arbusculares, infección de raíces, estrés, *Salix humboldtiana*, *Astianthus viminalis*.

NOTA DE PRENSA

¿REFORESTACION UTILIZANDO HONGOS BENÉFICOS EN PLANTAS FORESTALES DE SAUCE Y CHILCA DE RIO?

Actualmente existen muchos programas de reforestación en Centroamérica, el objetivo es reducir el daño ecológico y ambiental que atraviesa el globo. Zamorano es una institución líder en el ámbito agrícola, que realiza investigaciones sobre biofertilización utilizando micorrizas, hongos benéficos que establecen simbiosis con un 95% de las especies en la naturaleza.

Los beneficios que proporcionan las micorrizas se han estudiado con gran interés a lo largo de la historia, pero existen muy pocos estudios de su influencia en especies forestales, especialmente las dedicadas a la estabilización de cuencas.

En un reciente estudio se utilizó el producto Mycoral[®] de origen colombiano, compuesto por tres géneros de micorrizas capaces de asociarse con las plantas y de mejorar la absorción de agua y nutrimentos, tolerancia a diferentes tipos de estrés y resistencia al ataque de nemátodos con el propósito de asegurar que en el campo estas especies logren el mayor porcentaje de establecimiento bajo condiciones adversas.

El ensayo se estableció entre los meses de abril y junio del 2002, se utilizó un medio de crecimiento compuesto por arena, debido en la naturaleza a este constituye el medio de crecimiento de estas especies, Sauce y Chilca de río. Se montaron dos bloques y dos tratamientos por bloque, uno micorrizado y el testigo.

La evaluación se llevó a cabo invernadero y en laboratorio. Para la especie Chilca de río los resultados en ambas fases no fueron significativos, debido a que posiblemente, como los hongos se comportan como organismos vivos no presentaron preferencia por esta especie, otra posibilidad es que en el medio existieran micorrizas nativas las cuales afectaron el proceso de infección de raíces por las micorrizas del Mycoral[®].

En la especie Sauce de río, sí se encontraron diferencias significativas tanto en invernadero como en el laboratorio, esto se demuestra con los altos porcentajes de infección (34.5%), los incrementos en volumen de raíz (17%), el peso del follaje (55%) y el diámetro de rebrote (12%). Estos resultados son prometedores ya que de esta forma se podrá asegurar mayor sobrevivencia a las diversas plantaciones que sean establecidas en condiciones adversas.

Estos hongos son una especie de fertilizante biológico, de preferencia para ser utilizados en aquellas plantaciones con cultivos orgánicos. El costo es relativamente bajo (aprox. L. 30 /kg) y con es posible aplicar hasta 100 plantas/kg en dependencia de la especie. Al momento de utilizar las micorrizas, que son microorganismos

naturales, se contribuye a devolver a la naturaleza el equilibrio que ha perdido por la acción del hombre, debido al uso irracional de los recursos naturales.

Lic. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	ix
	Índice de contenido.....	xi
	Índice de cuadros.....	xiii
	Índice de gráficos.....	xiv
	Índice de anexos.....	xv
	1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
	2 REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	Descripción de la especie Sauce de Río (<i>Salix humboldtiana</i>)..	3
2.1.1	Experiencias con la planta.....	4
2.1.2	Efecto restaurador y servicio al medio ambiente.....	4
2.1.3	Tolerancias del género <i>Salix</i>	4
2.1.4	Desventajas.....	4
2.1.5	Usos.....	4
2.1.6	Distribución del Sauce en Nicaragua.....	5
2.2	Descripción de la especie Chilca de Río (<i>Astianthus viminalis</i>)..	5
2.3	Aspectos generales de los ecosistemas del trópico.....	5
2.4	Otras especies forestales utilizadas en las parcelas reforestadas..	7
2.4.1	Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	7
2.4.2	Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>).....	8
2.4.3	Guanacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>).....	8
2.4.4	Melina (<i>Gmelina arborea Roxb.</i>).....	9
2.4.5	Paraíso (<i>Melia azedarach L.</i>).....	9
2.4.6	Marañón (<i>Anacardium occidentale, L.</i>).....	10
2.5	Aspectos importantes de las micorrizas.....	10
2.6	Aspectos importantes del recurso forestal en Nicaragua.....	11

2.7	Aspectos importantes del recurso suelo de Nicaragua.....	12
2.8	Aspectos importantes del recurso agua de Nicaragua.....	12
3	MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1	Localización del estudio.....	13
3.2	Metodología de levantamiento a nivel de invernadero.....	13
3.2.1	Variables.....	14
3.2.2	Biomasa.....	14
3.2.3	Volúmen de raíz.....	14
3.2.4	Altura.....	15
3.2.5	Diámetro de la primera rama.....	15
3.2.6	Conteo de esporas.....	15
3.2.7	Procedimiento para conteo de esporas.....	15
3.2.8	Porcentaje de infección de las micorrizas en las raíces.....	16
3.2.9	Procedimiento de clarificación.....	17
3.2.10	Procedimiento para tinción de raíz.....	17
3.3	Ensayos con semillas de Chilca de Río (<i>Astianthus viminalis</i>)...	18
3.4	Metodología de levantamiento a nivel de campo.....	19
3.4.1	Caracterización de la zona de Pueblo Nuevo.....	19
3.4.2	Reconformación de taludes.....	20
3.4.3	Deflectores.....	20
3.4.4	Enchape de piedra.....	20
3.4.5	Selección de la especie a utilizar.....	20
3.4.6	Estacas y manojos.....	21
3.4.7	Caracterización de la zona de Limay.....	21
3.4.8	Selección de la especie a utilizar.....	22
3.4.9	Gaviones.....	22
3.5	Metodología de evaluación a nivel de invernadero.....	23
3.5.1	Localización del estudio.....	23
3.6	Metodología de evaluación a nivel de campo.....	24
3.6.1	Localización del estudio.....	24
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	Chilca de río a nivel de laboratorio.....	25
4.2	Sauce de río a nivel de laboratorio.....	27
4.3	Infección de la raíz en Chilca y Sauce de río.....	28
4.4	Sobrevivencia de Sauce a nivel de campo.....	29
4.4.1	Altura.....	29
4.4.2	Diámetro de estaca.....	30
4.4.3	Altura de rebrote.....	30
4.4.4	Diámetro de rebrote.....	30
4.5	Resultados obtenidos para ensayos micorrizados de Chilca y Sauce de río.....	32
5	CONCLUSIONES.....	36
6	RECOMENDACIONES.....	38
7	BIBLIOGRAFIA.....	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Resultados para la especie <i>Salix humboldtiana</i> en Nicaragua.....	29
2	Resultados para <i>Astianthus viminalis</i> en Limay, Nicaragua.....	32
3	Resultados para el ensayo de <i>S. Humboldtiana</i> con micorrizas en Nicaragua.....	34

INDICE DE FIGURAS

1	Comportamiento en laboratorio para <i>Astianthus viminalis</i> con y sin Mycoral [®] para las variables de conteo de esporas, volúmen de raíz y peso de follaje.....	26
2	Diámetro y altura del rebrote total en laboratorio para <i>A. viminalis</i>	26
3	Comportamiento en laboratorio para <i>Salix humboldtiana</i> con y sin Mycoral [®] para las variables conteo de esporas, volúmen de raíz y peso de follaje.....	27
4	Diámetro y altura total para Sauce de Río a nivel de invernadero.....	28
5	Porcentaje de infección para <i>S. humboldtiana</i> y <i>A. Viminalis</i>	28
6	<i>S. humboldtiana</i> en plantaciones establecidas en Nicaragua.....	31
7	Diámetro y altura total para <i>S. Humboldtiana</i> en Nicaragua.....	31
8	<i>A. viminalis</i> en ensayos micorrizados en Nicaragua.....	33
9	<i>S. humboldtiana</i> en ensayos con micorrizas en Nicaragua.....	35

INDICE DE ANEXOS**Anexo**

1	Siembra sobre piedra.....	40
2	Foto del efecto del huracán Mitch en localidad de Pueblo Nuevo	41

1. INTRODUCCIÓN

La problemática que sufren los bosques tropicales es actualmente uno de los temas de mayor interés a nivel mundial. Muchos países explotan sus recursos forestales valiosos con la finalidad de obtener divisas; posteriormente, esas tierras deforestadas son utilizadas para agricultura. De esta forma son llevadas a la destrucción 11 millones de ha de bosques tropicales cada año (Lamprecht, 1990).

Según Holdridge (1979), mientras la población en el mundo se redujo, los efectos que ocurrían a causa de las acciones humanas no eran significativos; la sucesión ecológica actuaba como un proceso totalmente natural reparando los cambios ocurridos. Caso contrario ocurre en la actualidad, donde la población mundial crece cada vez más desorganizada y aceleradamente, por lo tanto la naturaleza no dispone del tiempo necesario para actuar.

En la actualidad aproximadamente un 34% de la superficie de la tierra está cubierta con bosques potencialmente renovables. Esta masa boscosa juega un papel importante en la naturaleza como: proporcionar hábitats a un gran número de especies, está involucrada en el ciclo del carbono y producir oxígeno, actuar como mecanismo contra el calentamiento global y proporcionan belleza, entre otros beneficios (INATEC, 1995).

Afortunadamente, la naturaleza posee una alta biodiversidad, especialmente en los bosques tropicales (Lamprecht; 1990). Entre esta diversidad, se encuentran dos especies forestales denominadas comúnmente Sauce de Río (*Salix humboldtiana*) y la Chilca de Río (*Astianthus viminalis*), con características potencialmente importantes para los procesos de regeneración natural, por lo tanto, en el manejo y restauración de cuencas.

Estas especies han demostrado gran superioridad en cuanto a crecimiento y reproducción, ya que se desarrollan en medio formados por arena en su totalidad (aunque también pueden crecer fuera de su ambiente), son moderadamente resistentes a suelos alcalinos y toleran inundaciones periódicas o permanentes, entre otras (Saldías *et al.*, 1994). A pesar de las ventajas que presentan estas especies, no han sido evaluadas a fondo y se maneja un conocimiento limitado a cerca de ellas.

Como una alternativa para potencializar las características que presentan estas dos especies, y con el reto de conocer y aportar mayores conocimientos, se realizaron evaluaciones acerca de las interacciones que estas plantas pueden establecer con hongos formadores de micorrizas.

El término micorriza fué introducido por el botánico alemán Frank en 1885; posteriormente, se han realizado estudios para obtener la posibilidad de hacer estas interacciones visibles a la vista de los humanos (Raddatz, 1997). Existen varios tipos de micorrizas (Harley *et al.*, 1983); pero las que más importancia han adquirido son las micorrizas arbusculares, debido a que se encuentra en la mayoría de suelos del mundo, especialmente en los trópicos, esto se debe a la estructura de las hifas que logra desarrollar.

1.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Incrementar y mejorar los conocimiento ecológicos y silvícolas de especies forestales con potencial en el manejo de cuencas hidrográficas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluación de las plantaciones establecidas en Nicaragua con las especies de Sauce y Chilca de Río en los municipios de Pueblo Nuevo y San Juan de Limay
- ❖ Evaluar los parámetros de: sobrevivencia, diámetro, volúmen de raíz, altura y desarrollo de las estacas inoculadas en comparación con las no inoculadas con el producto Mycoral®
- ❖ Producir resultados que puedan contribuir en un futuro a nuevas investigaciones relacionadas con estas especies y las micorrizas, creando así una fuente de datos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE: SAUCE DE RÍO (*SALIX HUMBOLDTIANA*)

El Sauce de Río no tiene un origen definido, en el sentido que se encuentra ampliamente distribuido comenzando por México, Centro América, Sudamérica (Chile y Argentina), Brasil, Paraguay, Uruguay e incluso ha sido sembrado en el sur de Florida (USA) y en las Antillas (Saldias *et al.*, 1994).

Pertenciente a la familia Salicaceae y al género *Salix* el cual consta de aproximadamente 300 especies ampliamente distribuidas, la especie *humboldtiana* es un árbol perennifolio o caducifolio de 5 a 12 m (algunos casos hasta 25 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 60 cm. Su copa es de tipo columnar, muy estrecha, con hojas simples muy angostas, lineares con bordes aserrados de color verdoso pálido; posee un tronco recto con ramificación irregular y casi erectas (Piaggio, 1998).

Las flores están dispuestas en amentos terminales sobre ramas cortas. Las flores masculinas presentan una coloración verde amarillenta de 5 mm de largo; las femeninas de 3 a 5 mm de largo y de color verde. El fruto es una cápsula bivalvada de 47 mm, de forma ovoide, aguda, con muchas semillas que oscilan entre 0.5 a 0.7 mm de largo. El sistema radical es superficial pero bastante extenso (Neil, 2000).

Se encuentra frecuentemente cultivada a lo largo de canales de riego y bordos; en forma silvestre, se localiza a lo largo de ríos y riachuelos y a las orillas de lagos en tierras calientes y/o templadas. Presenta gran preferencia por aquellas zonas temporalmente inundadas, desarrollándose en regiones subhúmedas y semiáridas de templadas a subtropicales (templado-frías o frías en el hemisferio norte). El tipo de suelos de preferencia son húmedos, arenosos y con buen drenaje (Saldias *et al.*, 1994).

Está caracterizada como una especie primaria/secundaria ya que se comporta como una especie pionera, semiheliófila, colonizando los aterramientos provocados por las crecidas de los ríos. Dentro de los tipos de vegetación que es posible relacionarla se encuentran los siguientes: bosques de galerías, bosque tropical subperennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio. Dentro de las zonas ecológicas lo encontramos en zonas templada húmeda y templada subhúmeda (Saldias *et al.*, 1994).

Esta especie es de rápido crecimiento, logrando el mayor desarrollo en diámetro en los primeros cuatro años de vida de la planta. En cuanto a altura, se comporta de manera muy similar logrando crecer mayormente en los primeros cinco años, posteriormente este disminuye. La competencia con otras especies, tanto por espacio como por nutrimentos es un factor crítico durante los dos primeros años de vida de la planta (Saldias *et al.*, 1994).

De acuerdo a las condiciones donde esta se encuentre, la producción de flores puede comenzar a las 13 meses de edad. Individuos de cinco años de edad pueden llegar a producir 50 kg de biomasa (Neil, 2000).

2.1.2 Experiencias con la planta

A nivel de plantaciones comerciales en Argentina, se realizan plantaciones maderables y en programas de mejoramiento ambiental. En los aspectos ecológicos, esta especie presenta un gran potencial para la restauración de zonas ribereñas erosionadas; por ejemplo, en países de Europa y los Estados Unidos, Canadá y Argentina se han establecido plantaciones con fines de reforestación utilizando diversas especies del género *Salix* (Saldias *et al.*, 1994).

2.1.3 Efecto restaurador y servicio al medio ambiente

Las especies del género *Salix* se han caracterizado por su fácil adaptación a las diversas condiciones, especialmente por su gran capacidad de regeneración y colonización de sitios expuestos, es por esto que ofrecen un efecto restaurador y un servicio ambiental. Entre estos se pueden destacar los siguientes efectos: la conservación de suelos, el control de la erosión, eólica e hídrica, modificaciones en el sustrato que ayudan al establecimiento de otras especies. Dentro de los servicios se destacan como: ornamentales (en calles, cementerios, parques, jardines y carreteras), sombra, refugio, barrera rompevientos y para el anclaje del suelo y retención de humedad a través de su sistema radical (Saldias *et al.*, 1994).

2.1.4 Tolerancias del género *Salix*

Según Saldias *et al.* (1994), las especies del género *Salix* son demandantes de luz y suelos húmedos ya que son voraces en busca de agua, logrando incluso invadir drenajes y otras instalaciones. Son moderadamente resistentes a los suelos alcalinos y toleran las inundaciones de tipo periódicas o permanentes (puede lograr sobrevivir en terrenos inundados hasta por cuatro meses y en suelos salinos).

2.1.5 Desventajas

Son sensibles a factores ambientales como sequía, contaminación ambiental, tanto atmosférica como edáfica, a los daños por ácaros, el frío es un factor importante, daño por insectos especialmente los defoliadores; los mayores efectos son en los dos primeros años de vida de la planta, pero presentan una importante interacción biológica con las micorrizas que favorece el crecimiento y desarrollo (Saldias *et al.*, 1994).

2.1.6 Usos

Las ramas por ser flexibles y delgadas tienen uso artesanal, de las cuales se elaboran canastos y muebles de mimbre, también para leña y carbón; en algunos casos, especialmente en las zonas rurales se usa para la construcción, para postes, para cercado y en algunos lugares es utilizado para elaborar envases (Saldias *et al.*, 1994).

2.1.7 Distribución del Sauce en Nicaragua

El Sauce de Río en Nicaragua crece de forma silvestre únicamente a orillas de algunos ríos, pero este crecimiento es de forma esparcida y escasa de individuos. Esta planta ha sido localizada en el río la Flor, en el departamento de Carazo; en el río Malacatoya, cerca de Teustepe, en el departamento de Boaco; en el río Coco se extiende desde Ocotol hasta casi su desembocadura en la región Atlántica, en los departamentos de Nueva Segovia, Jinotega y Zelaya Norte (Salas, 2000).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE: CHILCA DE RÍO (*ASTIANTHUS VIMINALIS*)

Esta especie pertenece a la familia Bignoniaceae, puede llegar a obtener diámetros entre 25 a 50 cm a la altura del pecho, de copa irregular y muy ramificada. Su corteza es de color café oscuro, bastante fisurada (Salas, 2000).

Es un árbol de tamaño medio, puede llegar a alcanzar una altura de 15 m pero usualmente es menor de eso; sus ramas son de forma cilíndricas, sus hojas son simples, lineares, llegando a medir de 13 a 28 cm de largo; posee inflorescencia terminal, flores de color amarillo brillante y sus semillas son de tamaño pequeño de forma oblonga (Standley *et al.*, 1974).

Esta planta se encuentra especialmente sobre las orillas de los ríos y en terrenos pedregosos a lo largo de las riberas de los ríos. Se encuentra en los países de Guatemala, el sureste de México, Salvador, Honduras y Nicaragua (Standley *et al.*, 1974).

La Chilca de Río es un tipo de árbol que en Nicaragua posee un ámbito bastante restringido, ya que únicamente se le ha encontrado en las orillas y lechos muy poco profundos de los ríos de los municipios de San Juan de Limay en el departamento de Estelí. Se utiliza especialmente para leña y para hacer mangos para escoba. Esta especie es la más apropiada cuando el propósito es la fijación de tierra, ya que evitan la erosión, forman refugios para alojar la vida silvestre, sombrear el agua y proteger las formas de vida acuática (Salas, 2000).

2.3 ASPECTOS GENERALES DE LOS ECOSISTEMAS DEL TRÓPICO

Los agroecosistemas de laderas en América Central cubren alrededor de 1 millón de km². Esta área sostiene alrededor de 20 millones de personas; la mitad, 10 millones son pobres y viven en comunidades rurales marginadas. Por otro lado, más de la mitad de esta área está sufriendo una rápida degradación ambiental como consecuencia de la deforestación, sobrepastoreo y las prácticas agrícolas destructivas (Lal, 2000).

La degradación de laderas tiene serias implicaciones, no solamente por la variabilidad en producción, sino también por los efectos de contaminación que puede ocasionarse en los ecosistemas que se encuentran en las partes bajas; estas pueden ser afectadas por erosión del suelo y por contaminación de agroquímicos. El rápido deterioro ambiental de los suelos de laderas esta asociado a un gran número de factores, como las malas políticas de manejo de incentivos con los pequeños agricultores de laderas,

el rechazo de las prácticas de manejo sostenible de los recursos, los altos precios de insumos, las oportunidades de empleos y la migración a las ciudades (Lal, 2000).

Lal (2000), define la erosión como: “un proceso geológico que ocurre naturalmente”. Sin embargo, la intervención humana ha cambiado las dinámicas de estos procesos; en muchas zonas la cobertura natural ha sido removida del suelo y a cambio se han plantado cultivos agronómicos, esto como consecuencia incrementa y acelera los efectos de la erosión por el viento y por el agua.

Tomando en cuenta la cantidad de tierra arable en el mundo, se conoce que ha permanecido casi constante, esto es casi cerca de 1.35 billones de ha desde mediados de 1980. Pero en contraste, la población mundial ha incrementado de cuatro billones en 1977 a seis billones en 1998; esto ha generado expectativas de una población de 11 billones para el siglo 21 (Lal, 2000).

En adición al incremento de la población a nivel mundial, las principales tierras para la agricultura están siendo convertidas en complejos industriales, zonas urbanas, recreacionales, y para otros usos no agrícolas. De todos estos factores, la urbanización es la principal amenaza para las tierras con vocación agrícola, especialmente en países con altas densidades poblacionales como China e India, entre otros (Lal, 2000).

Las causas que provocan cambios en los ecosistemas y en muchas cuencas en numerosos países, están frecuentemente asociadas con la demanda de áreas, debido al incremento de la población rural. Esto por lo tanto supone un impacto en el cambio climático a nivel global, el cual dependiendo de la localidad y de la ubicación geográfica, puede ser un cambio fuerte. Los procesos de degradación de los ecosistemas están fuertemente influenciados por la presión que ejercen las poblaciones sobre ellos; estos efectos negativos comienzan con cambios imperceptibles en la biodiversidad y dejan eventualmente un proceso llamado “desertificación” (UNEP, 1992; citado por Lal, 2000).

La cantidad de agua dulce renovable a nivel mundial es un problema para millones de personas a nivel global, especialmente para aquéllas que habitan en regiones áridas y semiáridas; pero, el problema de la escasez de agua está asociado y acentuado por la calidad del agua (Lal, 2000).

Otro factor importante es el efecto invernadero, el cual es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta al retener parte de la energía proveniente del sol. Cuando ocurren incrementos en las concentraciones de dióxido de carbono provenientes del uso de combustibles fósiles, vapor de agua, el gas metano y otros gases como el óxido nitroso, provocan la intensificación del fenómeno, y por lo tanto, el aumento de la temperatura global (Maisonave, 1997).

Alrededor de un 70% de la energía solar que llega a la superficie del planeta es devuelta al espacio, pero parte de la radiación infrarroja es retenida por los gases que producen el efecto invernadero y regresan nuevamente a la superficie terrestre (Canziani, 2002). Como resultado de este proceso, la tierra se mantiene lo suficientemente caliente para hacer posible la vida dentro del planeta, si este fenómeno no existiera las fluctuaciones climáticas serían definitivamente intolerables, pero una pequeña variación en este delicado balance puede causar graves daños. En

los últimos 100 años la tierra ha registrado un aumento de entre 0.4 - 0.8 °C en su temperatura promedio (BBC, 2000).

El clima en el trópico es extremadamente variado y está determinado principalmente por la latitud y la altura. Estos dos parámetros determinan la cantidad y distribución, tanto de precipitación, como de radiación solar y temperatura. El clima tropical se caracteriza por una elevada radiación solar y evapotranspiración; esto ha ocasionado que muchas plantas tengan que adaptar sus mecanismos de metabolismo para hacer más eficiente su proceso de fotosíntesis, es por lo tanto que se dice, que en cada clima se han desarrollado especies de plantas capaces de crecer en el (Vélez *et al.*, 2002).

2.4 OTRAS ESPECIES FORESTALES UTILIZADAS EN LAS PARCELAS REFORESTADAS

Dentro de las parcelas reforestadas fueron utilizadas ocho especies forestales incluyendo a Mandagual, Leucaena, Madero negro, Guanacaste, Melina, Paraíso, Gualiqueme y un tipo frutal como el Marañón, las que según el IRENA (1992) ocupan una determinada extensión lo cual representa condiciones favorables para su crecimiento. Este factor es importante por el hecho de que es necesario tener en cuenta las adaptaciones de los árboles al clima y a los diferentes tipos de suelos para aprovechar al máximo su potencial.

A continuación se hace una breve descripción de las especies antes mencionadas.

2.4.1 Leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Lam.) De Wit

Familia: Leguminosae

Otros nombres con el que se le conoce son: rompevientos, leucena, guaje y sipia. Este es un árbol de tamaño pequeño, a veces mediano y en raras ocasiones grande, alcanza alturas entre 5 a 20 m, con diámetros que van desde los 12 cm a los 40 cm. Posee una corteza lisa a ligeramente fisurada, de color gris pardusca. Sus hojas son compuestas, alternas, opuestas, con 9 a 25 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho (IRENA, 1992).

Las flores son pequeñas, de color blanco, poco perfumadas. El fruto es una vaina aplanada dehiscente de 10 a 20 cm de largo por 2 a 2.5 cm de diámetro, de color café o marrón, brillante y con numerosas semillas ovoides. El periodo de recolección de semillas varía entre marzo, abril y mayo, con una viabilidad de 90%; la germinación se presenta de 5 a 8 días en dependencia de las condiciones de humedad (IRENA, 1992).

Este árbol es un siempreverde que ha sido reconocido como uno de los árboles de crecimiento más rápido y con mayor uso en el trópico. Por ser perteneciente a la familia de las leguminosas forma relaciones con bacterias del género *Rhizobium*; esta bacteria penetra las células de las raíces jóvenes y se multiplica formando nódulos que sirven como fábricas para la fijación de nitrógeno atmosférico (NAS, 1984).

El árbol es originario del sur de México. En Nicaragua se encuentra mayormente en las tierras de la región del Pacífico y de la región Central, entre altitudes que oscilan de 5 a 1000 m. Entre los usos que tiene se encuentran para leña, producción de carbón, en algunas construcciones livianas, para cortinas rompevientos, alimentación de ganado, combinada con otros tipos de forrajeras para retardar el efecto tóxico de la

mimosina, y para el control de erosión (IRENA, 1992). Otros usos incluyen para vigas en las minas, para pulpa y papel, mejoramiento de suelos, para reforestación, postes para electrificación y alambrado telefónico (CATIE, 1984).

2.4.2 Madero negro (*Gliricidia sepium*) (Jacq.) Steud.

Familia: Fabaceae.

Otros nombres comunes son madrecaoa, madreado, mataratón, palo de hierro y michiguiste. Este árbol es de tamaño mediano a grande, puede alcanzar alturas desde los 6 hasta los 20 m y diámetros entre 25 a 60 cm. Su tronco es poco torcido con una corteza de color gris blancuzco que en ocasiones tiende a ser amarillenta (IRENA, 1992).

Sus ramas son arqueadas con hojas de tipo compuestas, alternas de 3 a 36 cm de largo. Sus flores son de tamaño pequeño en forma de mariposa, de color blanco rosadas o con un tinte púrpura, de 2.5 cm de largo por 2 cm de ancho. El fruto es una vaina dehisciente aplanada con alrededor de 3 a 10 semillas; su germinación varía de 6 a 10 días en dependencia de las condiciones de humedad con una viabilidad del 90%. La época para la recolección de semillas se presenta entre los meses de abril a mayo (IRENA, 1992).

Su madera es utilizada en construcciones pesadas, para posteo, mangos para herramientas e implementos agrícolas, es excelente para leña, protección y restauración del suelo por ser un fijador de nitrógeno, producción de forrajes y abonos verdes; también tiene utilidad en cercas vivas, sombra en café, ornamentación, melífera, entre otros (CATIE, 1984).

Según Benítez *et al.* (1988), su hábitat general varía desde México y Centro América hasta el norte de Sur América y las Antillas; es común en altitudes de hasta 500 m en bosques húmedos, muy húmedos y secos, pero es exigente de suelos bien drenados. Este árbol presenta copa irregular perdiendo todas sus hojas en el verano. En Nicaragua se encuentra en la región del Pacífico y la región Central, creciendo en sitios bajos con climas desde secos hasta húmedos. Según el IRENA (1992), se considera un árbol pionero, ya que invade terrenos pobres y pedregosos especialmente en aquellas zonas donde la vegetación arborecente ha sido cortada.

2.4.3 Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) (Jacq.) Griseb.

Familia: Mimosáceae

Otros nombres comunes con el que es conocido son guanacaste negro y conacaste. Este es un árbol de tamaño mediano a grande, alcanzando alturas desde los 6 hasta los 30 m y diámetros de 0.40 cm a 3 m. Su copa es en forma hemisférica, mas ancha que alta en los árboles de porte bajo, extendida (IRENA, 1992).

Su corteza es áspera, varía de lisa a granulosa, poco fisurada, gris clara o pardusca. Sus hojas compuestas, alternas, varían de 15 a 40 cm de largo. Las flores son de forma redondeada de 1 a 1.5 cm de diámetro, muy frecuentadas por abejas melíferas. Su fruto es una vaina indehisciente de 7 a 12 cm de diámetro, de forma enroscada y bastante leñosa, color morena-oscuro y brillantes con 10 a 15 semillas de forma ovoide y planas; la época de recolección es de mayo a junio (Romero *et al.*, 1999).

Según el IRENA (1992), las semillas poseen una viabilidad de 80% y germinación de 10 a 12 días con buenas condiciones de humedad.

Su madera es dura, pero de peso bastante liviano por lo que lo hace fácil de trabajar; se utiliza para elaborar laminas de plywood y en madera para construcción. Este árbol es ampliamente distribuido en Nicaragua especialmente en la región del Pacífico y la región Central. Es adaptable tanto a climas secos y calientes como en húmedos y frescos (IRENA, 1992).

2.4.4 Melina (*Gmelina arborea* Roxb.)

Familia: Verbenáceae

Otros nombres comunes con que se le conoce son teca blanca y yemane. Es un árbol mediano a grande que llega a alcanzar alturas hasta de 30 m y diámetros entre 60 a 100 cm; su tronco es de base recta con un fuste cilíndrico y limpio de ramas. La corteza es de color gris, aunque cuando el árbol se desarrolla de forma silvestre produce ramas bajas y pesadas y una copa amplia y redondeada (Benítez *et al.*, 1988).

Las hojas son deciduas, y los frutos son drupas en forma oval de color amarillo, bastantes abundantes. Esta especie es nativa de Oceanía y del sureste de Asia, pero actualmente esta siendo cultivada en África y en América Tropical, logrando los mejores resultados en tierras bajas que oscilan de 0 a 300 msnm. (Benítez *et al.*, 1988).

Su madera es de color blanco amarillenta, no posee ningún tipo de olor ni sabor característico, pero es posible de trabajar tanto con herramientas manuales como con maquinaria, ya que es fácil de clavar y pegar. Otros usos que tiene en carpintería son para hacer partes para muebles, productos de pulpa y papel, cerillos, instrumentos musicales, leña de excelente calidad, carbón y para construcción de botes (CATIE, 1984).

2.4.5 Paraíso (*Melia azedarach* L)

Familia: Meliáceae

Otro nombre común con que se le conoce es Jacinto. Este es un árbol de tamaño pequeño a mediano, rara vez es grande, en ocasiones se le encuentra como arbusto o arbolito; puede alcanzar alturas desde 1 a 18 m y diámetros que oscilan desde 5 a 40 cm, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas del sitio. Presenta un tronco recto principal único con una corteza lisa cuando el árbol es joven, y fisurada o acanalada cuando vieja (IRENA, 1992).

Sus hojas son compuestas, alternas, el tamaño varía desde 20 a 50 cm de largo. Sus flores son grandes y vistosas, fragantes produciéndose en grandes cantidades en paniculas axilares y terminales lo que le dá al árbol un realce ornamental. Su fruto es una drupa amarillenta, carnosa de 1.2 a 2 cm de largo, en forma ovoide a globosa y con 4 a 5 semillas; la época de recolección es entre junio y julio con una viabilidad de 45%, su germinación varía de 10 a 12 días cuando tiene buenas condiciones de humedad (IRENA, 1992).

Este árbol es utilizado tanto para sombra como ornamental, su madera es buena para uso como leña; por tener un crecimiento rápido puede ser útil para suplir necesidades de madera en la finca e incluso en la industria maderera.. Esta especie es originaria de Asia, pero en Nicaragua ha sido naturalizada por todo el país, ya que se propaga muy bien por semillas, crece numerosamente en terrenos abandonados, en solares vacíos y en los patios de las casas (IRENA, 1992).

2.4.6 Marañón (*Anacardium occidentale*, L.)

Familia: Anacardiaceae

Conocido también como: anacardo, merey, caxú, acajú o cashew. Este es un árbol de madera blanca y quebradiza, con una copa frondosa debido a la ramificación abierta. Tiene un crecimiento rápido y alcanza alturas desde los 7 hasta los 20 m. Sus hojas son sencillas, alternas, de forma oblonga y tamaño medio, con una coloración verde oscura o verde amarillenta pero brillante en el haz. En general la coloración va de rojiza cuando tiernas hasta un verde brillante cuando maduran (López Cintron, 1999).

El fruto es un aquenio reniforme de corteza muy dura, de color plomizo cuando maduro, este se encuentra colgando del extremo distal del falso fruto. La nuez mide de 2.5 a 5 cm de largo con un peso promedio de 3 a 7 g. La semilla está compuesta por dos partes, la primera es la cáscara que representa un 70% del peso total de la nuez y es rica en aceite industrial, la segunda es el endospermo el cual es comestible de agradable sabor, muy nutritivo y representa de 25 a 35% del peso total de la nuez (Montoya *et al.* 1988; citado por López Cintron, 1999).

Es un cultivo poco exigente de suelos, se adapta a diversas condiciones incluyendo suelos pedregosos y arenosos o aquellos marginales, siempre que exista buen drenaje en el sitio de siembra. Se desarrolla en lugares que van desde los 0 a 1000 msnm prefiriendo temperaturas entre 20 a 40 °C con una media de 30 °C, el clima mas apropiado es el cálido seco y la época de cosecha en Centro América se encuentra entre los meses de enero a mediados de abril. Los mayores productores a nivel mundial son la India y Brasil, y en Centro América se encuentran Costa Rica, Guatemala y Honduras (López Cintron, 1999).

2.5 ASPECTOS IMPORTANTES DE LAS MICORRIZAS

En la naturaleza se encuentran diferentes tipos de microorganismos que habitan en los suelos, los cuales establecen diversas relaciones con los demás seres vivos incluyendo las plantas. Dentro de estas relaciones se encuentran las micorrizas. Se conoce con el nombre de micorrizas a la asociación mutualista establecida entre las raíces de mayoría de las plantas (tanto cultivadas como silvestres) y ciertos tipos de hongos que habitan en el suelo (Hernández, 2000).

Básicamente se trata de una simbiosis universal, no solo por el hecho de que casi todas las especies vegetales son susceptibles a ser micorrizadas, sino también porque las micorrizas pueden estar presentes en la mayoría de hábitats naturales. Alrededor de un 95% de las especies de plantas conocidas constituyen de forma natural y constante esta simbiosis con los hongos, ya que el mutualismo proporciona una relación ventajosa para ambos organismos (Hernández, 2000).

Las primeras investigaciones en micorrizas fueron realizadas por el botánico alemán Dr. Frank en 1885, pero sólo hasta los años 1969-70 fué que se desarrollaron técnicas decisivas para el reconocimiento de la importancia de las micorrizas. Actualmente se han clasificado siete diferentes tipos de micorrizas de acuerdo a los criterios estructurales, funcionales y taxonómicos, estas son: Ectomicorrizas, Endomicorrizas o micorrizas arbusculares, Ectendomicorrizas, Arbutoides, Monotropoides, Ericoides y Orquidioides (Hernández, 2000).

Según Hernández (2000), las micorrizas arbusculares son las que presentan mayor interés e importancia, principalmente por el tipo de estructuras que forman, el tipo de colonización y las cantidades de especies tanto vegetales como fúngicas que se encuentran implicadas en la simbiosis. Las micorrizas arbusculares se encuentran considerablemente distribuidas tanto en geografía como en el reino vegetal, es posible localizarlas en la mayoría de los cultivos agronómicos tropicales y subtropicales.

Las micorrizas tienen un efecto benéfico en las plantas, ya que favorecen la absorción de agua y nutrientes, poseen un efecto fitosanitario que proporciona una mejor resistencia contra los agentes atacantes, las hifas tienen mayor velocidad de exploración que las raíces secundarias de las plantas ya que alcanzan mayores longitudes, entre otras (Raddatz, 1997).

2.6 ASPECTOS IMPORTANTES DEL RECURSO FORESTAL EN NICARAGUA

Aproximadamente un 50% de las tierras del país son de vocación forestal; en la actualidad sólo un 43.5% del territorio nacional está cubierto por recursos forestales. Esto representa aproximadamente 56,570 km² cubiertos por todos los tipos de bosques, debido a que este recurso es heterogéneo; existiendo mayor predominancia del bosque latifoliado que es un 92%, el restante 8% pertenece a las coníferas (UNAN, 2001).

El bosque latifoliado (52,410 km²) presenta grandes variaciones que corresponden a los diferentes tipos de bosques, entre estos se encuentran: caducifolios achaparrados, bosques de nebliselvas, manglares, bosques de áreas pantanosas hasta llegar a bosque húmedo tropical. Se estima que estos diferentes tipos de ecosistemas están compuesto por alrededor de 2000 especies arbóreas, y en el sotobosque, ya sea en forma arbustivas o hierbas, unas 4500 especies diferentes (UNAN, 2001).

En Nicaragua la evaluación de las especies forestales ha sido llevada a cabo de forma parcial, a través de inventarios forestales en áreas determinadas. Estos esfuerzos se han concentrado principalmente en los bosques de pino de la parte noreste del país y de Nueva Segovia. En cuanto al bosque latifoliado, recientemente se ha llevado a cabo un estudio por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Sin embargo, aún no se dispone de información básica a nivel nacional o regional sobre diversos puntos importantes como ser: áreas y tipos de bosques predominantes, volúmenes de madera comercial y capacidad de producción, entre otros (UNAN, 2001).

Los recursos que ofrece la naturaleza son de mucha importancia para la población en general; un ejemplo clásico es la leña, la cual constituye una de las fuentes energéticas

de mayor uso popular, alrededor de un 85% de la población utiliza leña y carbón para el uso doméstico. Los bosques son la materia prima para la obtención de leña; el carbón es obtenido de forma rudimentaria lo cual significa bajos rendimientos en cantidad y calidad, esto representa mayores costos (UNAN, 2001).

2.7 ASPECTOS IMPORTANTES DEL RECURSO SUELO DE NICARAGUA

Aproximadamente un 90.7% de los suelos de Nicaragua poseen un potencial muy limitado, básicamente no admiten ser sometidos a procesos de agricultura mecanizada; son mas adecuados para aquellos tipos de cultivos perennes, de uso forestal y reservas. Actualmente la agricultura migratoria constituye unos de los problemas mas graves, ya que aproximadamente unas 110,000 ha son deforestadas con esa finalidad. Posterior a esta actividad, se presentan los procesos de erosión tanto eólica como hídrica, provocando mayor deterioro al suelo (UNAN, 2001).

La mayoría de las zonas donde se encuentran suelos aptos para la agricultura en Nicaragua están disminuyendo; debido principalmente al crecimiento poblacional, ya que esto conlleva a la expansión de las ciudades, carreteras, instalaciones entre otras infraestructuras (UNAN, 2001).

2.8 ASPECTOS IMPORTANTES DEL RECURSO AGUA DE NICARAGUA

En Nicaragua existe una distribución marcadamente desigual en cuanto a distribución de la precipitación, ya que el 90% de las aguas drenan hacia la vertiente del Atlántico; el restante 10% drena hacia la vertiente del Pacífico. Del total de la precipitación anual que recibe el país, un 93% cae sobre la vertiente del Atlántico y solamente un 7% cae sobre el Pacífico (UNAN, 2001).

En cuanto a la extensión superficial de las cuencas de cada vertiente, existen diferencias bastante notorias; las cuencas de la vertiente del Pacífico tienen extensiones sumamente pequeñas comparadas con las vertientes del Atlántico. Como ejemplo, es posible mencionar a la cuenca del Estero Real, que es la más grande del Pacífico con 3,700 km², la cual es menor que la cuenca del Río Punta Gorda, que es una de las mas pequeñas del Atlántico con 4,250 km² (UNAN, 2001).

Con respecto al régimen hidrológico de los ríos de Nicaragua, este se presenta de forma exclusivamente pluvial; a excepción del río San Juan y río Viejo, después de recibir la descarga del lago de Apanás. Posteriormente, los ríos responden con sus mejores caudales durante la estación lluviosa que corresponde a los meses de mayo a noviembre; durante la época de verano tienden a secarse en su totalidad en algunos lugares. Caso contrario ocurre con los ríos de la vertiente del Atlántico, los cuales son más regularizados por el mayor nivel de precipitación (UNAN, 2001).

3. METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO A NIVEL DE INVERNADERO

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en el valle del río del Yeguaré, en el departamento de Francisco Morazán, este se encuentra localizado a 14° latitud norte y 87° latitud oeste, a una altura de 800 msnm, precipitación media anual de 1051 mm, distribuidos la mayor parte entre los meses de junio y noviembre y la temperatura media anual del valle es de 21°C.

3.2 PROCEDIMIENTO

Lo primero que se realizó fue la selección e identificación de la especie de acuerdo a ciertas características que estas presentan como la sobrevivencia en ambientes secos, resistencia a sequías prolongadas y colonización.

Como segundo paso se hizo la recolección de estacas de las especies en estudio. El 20 de mayo la especie de Sauce de Río se recolectó de la quebrada “El Gallo”, ubicada cerca de Zamorano. Inmediatamente, las estacas fueron establecidas en los bancales de la Zamoempresa de Cultivos Forestales para promover el enraizamiento. Se recolectaron un total de 43 estacas, estas fueron obtenidas de este lugar debido a que fue identificada como la misma especie que se utilizó en la restauración de cuencas en Nicaragua.

En el caso de la Chilca de Río, las estacas fueron recolectadas y transportadas desde el municipio de Limay, en el departamento de Estelí, Nicaragua. Estas fueron cortadas el día 20 de abril y puestas en bidones con agua para su mantenimiento; posteriormente fueron trasladada a los Viveros de Forestales en Zamorano, donde se les ubicó en los bancales de arena para que continuara el proceso normal de enraizamiento; esto se realizó el 7 de mayo. Se trasladaron un total de 42 estacas de Chilca de Río a los bancales.

Los diámetros para ambos tipos de estacas fueron variables; esta variable no se tomó en cuenta al momento de la obtención de estacas. Aunque para el caso de las estacas de Chilca se determinó por experiencia en el campo que las estacas más jóvenes, por ende las más delgadas, son las que más rápido comienzan el proceso de rebrote, generalmente entre 16 a 20 días.

La variable altura fue más controlada para ambos tipos de estacas. Las estacas de Sauce se establecieron con una altura promedio de 0.5 – 0.6 m. Para la Chilca fue entre 0.4 – 0.5m.

El tipo de bolsa utilizada fue 6 X 8, polietileno y el sustrato utilizado estuvo conformado por arena en su totalidad, debido a que para estas especies en su estado natural éste constituye su medio de crecimiento y desarrollo. La arena no fue esterilizada y se obtuvo de un riachuelo que pasa por los terrenos de Zamorano, cerca de Monte Redondo.

El 12 de junio, 34 días después de ser colocadas en enraizamiento, cada estaca fue extraída del bancal de arena, y envuelta en papel periódico húmedo y trasladada al invernadero de Biotecnología, donde fueron inoculadas con Mycoral[®], a razón de 200 g de producto por planta, colocando cada estaca en posición horizontal y con un beaker de 200 g se roció toda el área de las raíces procurando el contacto total del producto con la raíz. Inmediatamente inoculada, las estacas se colocaron en una bolsa, el producto que no se adhirió a las raíces, fue aplicado a la estaca a medida que se hacia el llenado de la bolsa con el medio arenoso.

El procedimiento fue realizado para ambas especies con dos días de diferencia. Este se llevó a cabo durante la mañana para lograr aprovechar las horas mas frescas y de esta forma reducir el estrés a la planta. Se establecieron dos lotes para cada especie, uno con Mycoral[®] como inoculante y el otro sin inoculante. Cada lote estaba conformado por un total de 30 estacas de cada especie.

Después de la inoculación las estacas fueron ubicadas en los invernaderos del Laboratorio de Biotecnología en Zamorano, donde las condiciones de humedad, temperatura, y luz son controladas. El riego se efectuó diariamente durante un período de 86 días.

3.2.1 Variables medidas

Las variables que fueron evaluadas durante la fase de invernadero son las siguientes: biomasa, volumen de raíz, altura, conteo de esporas en el medio, porcentaje de infección de las raíces y el diámetro de la primera rama de la estaca. Para un mejor entendimiento del estudio a continuación se describe cada variable.

3.2.2 Biomasa

Para obtener el peso seco, al momento de la cosecha de las estacas se podó totalmente la masa fresca, la que fue depositada en bolsas de papel. Posteriormente, las bolsas se colocaron en un horno durante tres días a una temperatura recomendada de 65°C - 75°C. Al cabo de los tres días se determinó el peso correspondiente en una balanza electrónica.

3.2.3 Volúmen de raíces

Para determinar el volúmen de la raíz fue necesario utilizar una bureta, este parámetro fue medido en mililitros. Una vez que las estacas fueron lavadas, se extrajeron las raíces limpias, se colocaron en la bureta y se sumergieron hasta el cuello, y se tomaron las lecturas al momento de subir el nivel del agua contenida en la bureta. Al momento de sumergir otra nueva porción de raíces de la siguiente estaca, se reguló el nivel del agua en la bureta a un número base para facilitar la toma de datos y evitar de esta forma posibles errores.

3.2.4 Altura

Este parámetro fue medido a los 71 días de su inoculación con Mycoral[®]. La medición se realizó únicamente en la parte aérea del rebrote, la altura de la estaca no fue tomada en cuenta debido a que la mayoría tenían alturas similares (entre 0.5 – 0.6 m para Sauce y 0.4 – 0.5 m para Chilca de Río). Para esto sólo se utilizó una regla de 30 cm y un lugar plano para realizar la medición lo más preciso posible.

3.2.5 Diámetro de la primera rama de la estaca

Este valor se determinó tomando en cuenta como la primera rama de arriba hacia abajo de la estaca, ya que fué la que mejor desarrollo presentó. Para medir este parámetro se utilizó una regla de 30 cm y un calibrador o pie de rey.

3.2.6 Conteo de esporas en el medio

Para la separación de las esporas del medio y determinar su número en una muestra de 100 g, fueron necesarios los siguientes materiales:

1. Tamices: de 40, 60, 200 y 325 micrómetros, respectivamente
2. Botecitos: tantos como el número de muestras
3. Embudo
4. Centrífuga
5. Solución de sucrosa al 40%
6. Agua destilada
7. Estereoscopio

3.2.7 Procedimiento de conteo de esporas

Para el aislamiento de esporas se utilizó el procedimiento que se sigue en el Laboratorio de Biotecnología del Zamorano, desarrollado por Jarstfer (1963), en el cual se siguen los siguientes pasos:

1. Pesarse una porción (submuestra) del suelo o medio de crecimiento recolectado, lo más pronto posible para evitar la desecación de las esporas.
2. Vaciar la submuestra en un envase de 2 litros y usando una manguera pequeña, asperjar directamente el contenido del envase con un fuerte chorro de agua. Llenarlo hasta un litro y dejar sedimentar las partículas de suelo durante 30 segundos (los suelos arenosos requieren menos tiempo para sedimentarse).
3. Vaciar la mezcla sin perturbar el sedimento y pasarla por los tamices. Este proceso se repite dos veces para medios arenosos; para medios arcillosos tres veces. El tamaño de las mallas del filtro debe reflejar el tamaño de las esporas deseadas, por ejemplo, esporas de *Glomus etunicatum* pueden ser recolectadas en una malla de 63 micrones, las cuales estarán relativamente libres de material inerte si se usa un filtro con malla mayor a 200 micrones. Para efectos de este estudio, se colocaron las mallas formando una torre, en el orden siguiente de arriba hacia abajo, malla número 40, 60 y 325; en donde la malla número 40 retenía las partículas más grandes del medio, la malla número 60 retenía sedimento de tamaño medio, y por último la malla número 325

retenía las esporas junto con el material mas fino de la muestra de medio. Este material retenido en el último tamiz es llevado al siguiente paso.

4. Transferir el material filtrado a un tubo de centrifugación con capacidad de 50 ml. Para esto se utilizó un embudo, de esta forma se evitan pérdidas del material que ha sido filtrado. Se enjuagó de forma cuidadosa con el objetivo de recolectar la mayoría de esporas en los tubos de centrifugación. Usar un embudo con chorro fino para lograr los mejores resultados.

5. Centrifugar a una velocidad de 3000 rpm por cinco minutos. Es necesario que al terminar de centrifugar la máquina se detenga sin presionar el freno porque sino se provoca que las partículas vuelvan a mezclarse en el medio. Vaciar el sobrenadante de la solución sin perturbar el sedimento, ya que las esporas se encuentran mezcladas en el medio.

6. Suspender las partículas de suelo en una solución al 40 % (p/v) sucrosa. Mezclar bien y centrifugar inmediatamente a 3000 rpm por tres minutos, la sucrosa se encarga de suspender las esporas en el medio. Se vacía el contenido de los botecitos en un tamiz de menor diámetro a las esporas (número 325); se enjuagan las esporas con agua cuidadosamente durante un minuto para remover la sucrosa.

7. Se depositan las esporas en un tubo de centrifugación, se coloca el tamiz en posición inclinada y se rocía con agua a manera que se remuevan las esporas que están ahí retenidas y caigan en el tubo por medio de un embudo fino.

8. Se colocan las esporas en un tubo de centrifugación y este se afora con agua a 25 ml para ser almacenado posteriormente en el refrigerador a 4°C.

9. Posteriormente se coloca una muestra de 1 ml en un plato petri cuadrículado, para ser observada al estereoscopio; esto permite el fácil conteo de las esporas.

3.2.8 Porcentaje de infección de las micorrizas en las raíces

Los materiales que se necesitaron para llevar a cabo esta determinación fueron:

- 1- Cassettes de plásticos (de polímero denso de Fisher Scientific) para colocar las raíces envueltas en mallas y posteriormente hacer el proceso de tinción.
- 2- Beaker grande de 200 ml
- 3- KOH
- 4- Una regla marcando una longitud de 1.5 cm
- 5- Bisturí
- 6- Pinzas
- 7- Mallas para envolver las raíces y evitar que se salgan de los cassettes
- 8- HCL
- 9- Tinte azul de tripano al 0.025%
- 10- Estereoscopio
- 11- Portaobjetos
- 12- Cubreobjetos

Para este proceso se utilizó el método de clarificación y tinción de muestras de raíces (Jarstfer, 1970) que se utiliza en el Laboratorio de Biotecnología. Cabe mencionar que a este método fue necesario hacerle algunas variantes en cuanto al tiempo en que deben de pasar las raíces en las diferentes soluciones, a continuación se describen:

3.2.9 Procedimiento de clarificación:

1. Preparar los cassettes con muestras de raíces y mantenerlos en agua hasta que todo este listo para iniciar el proceso.
2. En un beaker se vierte una solución de KOH al 10%, a manera que cubra todos los cassettes.
3. Calentar el KOH hasta 80°C de temperatura.
4. Colocar los cassettes en el KOH caliente durante 15 min para cebolla y otras raíces tiernas y 30 min para la mayoría de las raíces (p.e. gramíneas).
5. Lavar las raíces con agua normal cinco veces.

Las variantes fueron básicamente en el tiempo en que las raíces debieron permanecer en la solución de KOH; las raíces de chilca fue de 20 min y para sauce de 30 min. Además las raíces de chilca se sometieron a una solución de HCL al 1% por un tiempo de 10 min. Con las raíces de sauce, el HCL no tuvo ningún efecto en la clarificación.

3.2.10 Procedimiento para la tinción:

1. En un beaker se vierte suficiente cantidad de Azul de Tripano (0.05%) para cubrir los cassettes.
2. Caliente el tinte azul, sin los cassettes, hasta que alcance una temperatura de 80°C.
3. Coloque los cassettes en el tinte caliente y mantenga la temperatura a 80°C. Después de 30 minutos, deje enfriar hasta que la temperatura sea menor de 50°C, luego filtre el tinte para remover pedazos de raíces y almacénelo bajo refrigeración en un frasco. Los cassettes deben ser lavados una sola vez con agua normal.
4. En una placa, monte varias raíces para su posterior observación y cúbralas con el cubreobjetos presionando levemente. Las raíces deben ser manipuladas con pinzas y guantes ya que el tinte es cancerígeno. En caso de no visualizar las estructuras del hongo, coloque las raíces en un plato petri con agua para enjuagarlas y luego observe nuevamente.
5. Si las muestras no son analizadas el mismo día, colóquelas en el refrigerador en bolsas plásticas debidamente etiquetada.

Al igual que para el proceso de clarificación, en el proceso de tinción fue necesario modificar la concentración de azul de tripano a 0.025%; si se incrementa la

concentración, las raíces toman una coloración oscura, esto ocasiona que no se pueda ver la infección dentro de las raíces.

3.3 ENSAYOS CON SEMILLAS DE CHILCA DE RÍO (*ASTIANTHUS VIMINALIS*) A NIVEL DE LABORATORIO

Es necesario hacer mención que en un inicio se realizaron pruebas de germinación con las semillas de Chilca de Río, las cuales fueron recolectadas de árboles del municipio de Limay, departamento de Estelí, Nicaragua. Este ensayo se montó en el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Agrícola Panamericana.

La metodología utilizada fue la siguiente: como primer paso se realizó un proceso de desinfección de semillas, introduciendo las semillas en alcohol al 95% durante 10 seg, seguidamente en cloro al 0.1% por tres min y por último las semillas se colocaron sobre un tamiz número 60 para realizarles cinco enjuagues con agua destilada estéril.

Las semillas se colocaron en platos petri cubiertos con papel toalla para que iniciaran su proceso de pregerminación, estas fueron ubicadas en cuatro grupos de 100 semillas cada uno. El papel toalla fué impregnado con agua para que mantuviera una humedad relativa alta dentro del plato; posteriormente, se ubicaron en la incubadora a temperatura de 30°C por un período de 5 días. Simultáneamente se sembró un testigo, el cual no fue sometido a ningún tipo de tratamiento.

Los porcentajes de germinación que se obtuvieron, tanto para las semillas desinfectadas como para el testigo, fueron bajos; se encontraron 30 semillas germinadas de un total de 500 semillas, lo cual representa un 6%.

En la segunda fase, se utilizaron las plantas germinadas y fueron transplantadas a bandejas de plástico, con el objetivo de probar diferentes tipos de medios de crecimiento. Se utilizó Mycoral[®] y Vermiculita, este último es un medio formado por silicatos de aluminio, hierro y magnesio, extraído en minas de Estados Unidos y África; consiste en una serie de placas delgadas y paralelas (Otón, 1998).

Como primer ensayo se plantaron plantas germinadas en un medio formado completamente por Mycoral[®], y en un segundo ensayo se sembraron en medio formado por una combinación de estos dos medios, en la primera capa se colocó vermiculita, seguido de una capa de Mycoral[®] y encima de esta, otra pequeña capa de vermiculita, las raíces de las plantas en ambos casos quedaron situadas en Mycoral[®].

Las plantas al momento de ser transplantadas presentaban una altura entre 9 - 10 mm aprox. Una vez en las bandejas se colocaron sobre un estante con luz fluorescente por 24 horas, según Espinal (2002), la luz favorece la diferenciación de tejidos. Estas se dejaron por un período de 40 días, tiempo durante el cual no mostraron una ganancia significativa tanto en altura como en crecimiento radicular, razón por la cual se descartó la posibilidad de regenerar plantas a través de semillas.

3.4 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO A NIVEL DE CAMPO EN PUEBLO NUEVO, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ, NICARAGUA

Con el paso del huracán Mitch en octubre de 1998, la mayoría de los ríos en Nicaragua, incrementaron sus caudales de tal manera que éstos no lograron drenar tanta cantidad de agua, causando desbordamientos en muchas áreas aledañas. Este efecto fue muy marcado en los municipios de Pueblo Nuevo y Limay, en el departamento de Estelí, Nicaragua, donde las corrientes fueron extremadamente fuertes, provocando la destrucción de áreas agrícolas, caminos, infraestructuras como puentes, postes telefónicos, eléctricos, entre otros.

3.4.1 Caracterización de la zona de Pueblo Nuevo

Como primer paso se realizó una caracterización de los lugares a intervenir, entre estos lugares se encuentra Pueblo Nuevo, ubicado al noroeste al departamento de Estelí, a una distancia de 56 Km. Tiene una extensión territorial de 222 km² con una población de 23,500 habitantes (INIFOM, 1995); la tasa de crecimiento es de 3.2% anual, la cuál supera a la tasa nacional que es de 2.94%.

Las coordenadas de este municipio son latitud norte 13° 17` hasta 13° 27` y longitud oeste 86° 27` hasta 86° 37` y los límites son al norte con el departamento de Madriz, al este con el municipio de Condega y Palacagüina, al sur con el municipio de Estelí y Condega y al oeste con el municipio de San Juan de Limay, la Sabana y Cusmapa.

Este lugar está rodeado de cerros lo que le dan cuatro salidas: una a Limay, otra a la Shell de Palacagüina a orillas de la carretera, una a la comunidad de Cofradías y la otra por Río Abajo que termina en el municipio de Condega. Según estas características, Pueblo Nuevo es casi una ciudad cuadrada.

El municipio de Pueblo Nuevo está organizado en 10 microregiones, de las cuales nueve pertenecen a la zona rural y una al sector urbano. La zona rural esta conformada por 47 comunidades y 28 caseríos; su población está concentrada en un centro urbano, el cual está conformado por ocho barrios y 47 comunidades rurales agrupadas, las cuales cuentan con algunos caseríos menores.

Pueblo Nuevo se caracteriza porque su producción está destinada al autoconsumo; entre los cultivos que se producen se encuentran maíz, frijoles y un poco de hortalizas, aunque la mayoría de estas, así como el café, son dedicadas para el comercio. Sin embargo, es importante señalar que la mayor parte de los suelos del municipio no tienen ni la vocación ni el potencial para la producción agrícola; esto básicamente se debe a las pendientes fuertemente pronunciadas, lo cual hace que los suelos sean mas susceptibles a la erosión.

Posterior a los efectos del huracán Mitch, se comenzaron proyectos de restauración de cuencas por el USAID. El primer paso con el que se iniciaron las labores de restauración, fue la conformación de taludes, esta práctica se llevó a cabo con la ayuda de maquinaria pesada, específicamente con tractores “Buldózer” o de oruga. Básicamente, consiste en la remoción del sedimento que se encontraba en el cauce del río hacia las orillas, permitiendo nuevamente la circulación del agua por el cauce original.

3.4.2 Reconformación de taludes

La reconformación de taludes, dependiendo del sitio, algunos lugares quedaron con pendientes de 15%; en otros sitios donde se presentaron mayores limitaciones por topografía del terreno, quedaron con pendientes de hasta un 30%.

3.4.3 Deflectores

Otra de las prácticas que fueron realizadas en la zona de Pueblo Nuevo, fué el uso de deflectores, la cual consiste en una estructura conformada de piedras de gran tamaño, que sirven como base para soportar las fuertes corrientes; estas piedras se rellenan con otras piedras de tamaño mediano para darle mayor fortaleza, amontonadas una sobre otra, el deflector tiene una altura aproximada de 1.3 m y un largo de 5 m por 1.5 m de ancho. Esta estructura fue colocada de manera opuesta al curso del río y se ubicaron en aquellos sitios críticos o vulnerables donde las fuertes corrientes de agua pueden causar inundaciones, dando lugar a daños tanto materiales como ambientales.

La función del deflector es disminuir la velocidad del caudal del río en épocas donde se alcanzan enormes volúmenes de agua, por lo tanto estas corrientes alcanzan altas velocidades. El deflector se coloca de manera opuesta a la corriente y formando un ángulo de 45° con respecto a la orilla; de esta manera, la corriente choca en estas paredes de piedra y disminuye su velocidad.

Otra función del deflector, es que al momento en que el agua entra al espacio que se forma entre el deflector y la orilla del río, deposita el sedimento que trae en suspensión; de esta forma, con el paso del tiempo se produce la regeneración del talud de una forma natural, así se favorece la colonización de esos espacios con la vegetación pionera de la zona. En Pueblo Nuevo los deflectores fueron ubicados en tres comunidades, Río Grande, Río abajo y los Horcones.

3.4.4 Enchape de piedra

Otra práctica llevada a cabo en Pueblo Nuevo fue el enchape de piedras, esta consiste en la formación de una cama de piedras a las orillas del río, especialmente en aquellas orillas que presentaban pendientes bastantes pronunciadas; el objetivo de estos enchapes de piedras, es que el agua no continúe con su proceso erosivo, socavando y ampliando el cauce del río. Esta práctica se llevó a cabo en las comunidades de Río Abajo, Casnalí, Los Horcones y Río Grande.

3.4.5 Selección de la especie a utilizar

Según el USDA, en su manual de ingeniería Stream Corridor Restoration (2001), recomienda que para los procesos de reforestación se utilicen especies naturales y originarias de la misma zona. Para cumplir con esta recomendación, se realizó un análisis rápido, a nivel de campo, de la flora que estaba más cercana a los cauces; también fueron tomados en cuenta criterios climáticos como la sequía y altura sobre el nivel del mar. A partir de este análisis, se determinó que para la zona de Pueblo Nuevo la especie a utilizar en los procesos de reforestación sería el Sauce de Río, y para la zona de Limay sería la Chilca de Río.

3.4.6 Estacas y manojos

Una vez seleccionada las especies a utilizar se realizaron ensayos acerca de la mejor forma de propagación, resultando ser mejor por estacas. En Pueblo Nuevo, el sauce fué establecido en los taludes reconformados con maquinaria; la siembra se realizó entre el periodo de abril y mayo de 2001, y se llevó a cabo de dos maneras. Una fué con estacas con altura promedio entre 0.8 a 1.0 m; la otra forma fue utilizando “manojos”, éste está constituido por un grupo de ocho estacas aprox. del mismo tamaño y grosor, las estacas se amarran con mecate de pita, el cual es bastante degradable en el ambiente, contrario al mecate de nylon.

La forma de sembrar el manojos fué dejando la parte superior de las estacas ligeramente descubiertas o destapadas, con el fin de propiciar la formación de rebrotes en la misma, los manojos se colocaron más o menos perpendicular al eje del cauce del río, es por lo tanto que no tienen ningún rumbo u orientación definida. El espaciamiento promedio de siembra fué de 1.0 m. Entre cada manojos se insertó una estaca individual madre, con el fin de darle mayor firmeza al momento de una crecida del río.

Las estacas también fueron establecidas en los lugares donde se formaron enchapes de piedra, colocando cada estaca en medio de las piedras, tratando que existiera el menor contacto posible entre la piedra y la estaca, debido al calor que la piedra acumula en horas de mayor intensidad solar, lo cual puede causar daño a la planta.

La siembra tanto de estacas como manojos se establecieron en las comunidades de Río Abajo, Río Grande, Casnalí y Los Horcones. En el municipio de Condega, se estableció únicamente una parcela experimental, con ambas especies pero solamente en forma de estacas.

Dentro de las plantaciones de Sauce de Río que se formaron en Pueblo Nuevo, fueron intercaladas otras especies forestales para contribuir en los procesos de restauración de cuencas; entre las especies que se plantaron están el madero negro, guanacaste de oreja, mandagual, leucaena, melina (sólo en Casnalí), genízaro (sólo en Río Abajo) y el marañón, que es un árbol frutal.

3.4.7 Caracterización de la zona de san Juan de Limay

El municipio de San Juan de Limay pertenece al departamento de Estelí, este se encuentra ubicado a 46 kilómetros al noroeste de la ciudad de Estelí y tiene una extensión territorial de 530.9 km². Se encuentra ubicado entre las coordenadas 13 ° 10' de latitud norte y 86 ° 36' de longitud oeste, con una altura de 281msnm; la temperatura media es de 29 °C y la precipitación media anual entre 800 y 1200 mm.

San Juan de Limay es una de las zonas mas secas y áridas del país, encontrándose entre un régimen de lluvia estacional irregular, el cual inicia en el mes de mayo y finaliza en octubre. La topografía de la zona es muy quebrada (aprox. un 90% del territorio municipal) y en la parte del valle se encuentra establecida la población.

Los límites del municipio son al norte el municipio de Pueblo Nuevo, al sur el municipio de Achuapa (departamento de León), al este con los municipios de Estelí y Condega, y al oeste con los municipios de San Francisco del norte y Villa Nueva (ambos del departamento de Chinandega).

El municipio está constituido por ocho microregiones, las cuales a su vez están constituidas por comunidades, para un total de 67 comunidades y ocho barrios en el casco urbano. La actividad productiva principal es el cultivo de granos básicos como: sorgo, frijol y maíz en menor escala. La ganadería está destinada mayormente al consumo familiar de sus derivados.

3.4.8 Selección de la especie a utilizar

Para la selección de especies a utilizar en los procesos de reforestación, se utilizaron los mismos parámetros que en el municipio de Pueblo Nuevo, clima con sequía y altura; la especie seleccionada fue Chilca de Río, la cuál regenera de forma más rápida utilizando estacas que semillas. La germinación de brotes en Chilca fue notoria a los 16 a 20 días después de su transplante.

La forma de sembrar la Chilca de Río fue similar a la del Sauce; se implementó la técnica de manojos intercalados con estacas madre individuales, plantados en aquellas áreas en donde se reconformó el talud y que posteriormente fueron recubiertas con enchapes de piedra. La siembra se llevó a cabo en el período de agosto a septiembre del 2001.

En las labores de reconformación de taludes fué necesario el empleo de maquinaria pesada, tractores buldózer con pala mecánica; para esto fue preciso tomar en cuenta la pendiente, tanto de los taludes a reconformar, los cuales dependiendo del terreno quedaron con pendientes del orden del 40%, tratando de que quedara lo más compacto posible, y la pendiente del cauce del río debido a la existencia de un puente, el cual se localizó dentro del área de trabajo; es por esto que se decidió darle al cauce la pendiente mas suave posible, 1%, con la ayuda de una estación total, para reducir la velocidad del caudal.

3.4.9 Gaviones

Debido a la presencia de una infraestructura de camino en la zona de trabajo, como es el puente, fue necesaria la utilización de gaviones, éste se define como una estructura metálica compuesta por mallas de alambre galvanizado de triple torsión formando paralelepípedos y rellenas con las piedras mas cercanas a la obra. Existen dos tipos de gaviones, los gaviones tradicionales que son utilizados para protección de muros y cabeceras de obras de fábricas, y los gaviones para recubrimientos, los cuáles son utilizados para protección de márgenes de ríos, canales, estribos de puentes y plataformas de cimentación. En este caso, se utilizó el segundo tipo, los gaviones de recubrimiento.

Lo primero que se realizó fue identificar la zona donde sería necesario colocar los gaviones, trazando una línea sobre esta área, posteriormente se procedió a excavar un zanja de aprox. 1.2 m de profundidad por un metro de ancho, donde los gaviones serían colocados. La zona identificada está relacionada a la zona más cercana a las

bases del puente de Güililica, el cual representa un punto crítico cuando existen fuertes caudales porque puede causar inundaciones o desbordamientos del río.

Este fenómeno está relacionado directamente al modelo que posee el puente, el cual consiste en una serie de 12 alcantarillas por donde circula el agua. Cuando existen fuertes corrientes, estas alcantarillas se obstaculizan con troncos de árboles, piedras, etc., que son arrastradas por el río; si el volumen de agua sobrepasa la capacidad de evacuación de estas alcantarillas, entonces el agua se desborda rompiendo los laterales del puente.

Posteriormente, los gaviones son ubicados dentro de la zanja que se encuentra de forma casi perpendicular al puente, estas estructuras metálicas fueron rellenas con piedra mediana, lo menos redonda permisible, para que se acomodaran lo más compacto posible dentro del gavión, las piedras grandes no son muy recomendadas por el hecho de que dan mayor dificultad al momento de acomodarlas y dejan mayor espacio entre ellas, lo cual permite mayor filtración de agua dentro del gavión.

En la parte más cercana al puente, se colocaron dos filas de gaviones, una sobre otra, con el objetivo de reducir daños al momento de una crecida del río. Al final de la línea de gaviones, subiendo sobre el curso del río, fué colocada una estructura denominada “anclaje”. Esta consiste en una zanja de un metro de profundidad por un metro de ancho, la cual es rellena con piedras de tamaño relativamente grande; este anclaje evita que la corriente del río socave las orillas, logrando así reducir la erosión en los taludes del río.

3.5 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN A NIVEL DE INVERNADERO

3.5.1 Localización del estudio

Este estudio fue realizado en Zamorano, y se dividió en dos fases. La primera fue llevada a cabo en el Vivero de la Zamoempresa de Servicios y Productos Forestales, en el período comprendido entre mayo y junio del 2002, donde se promovió el enraizamiento de las estacas. La segunda fase se llevó a cabo en los invernaderos del Programa de Biotecnología de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, en donde se realizó el proceso de inoculación de las estacas, entre junio a septiembre del 2002.

Zamorano se encuentra localizado en el valle del Yeguaré, departamento Francisco Morazán, Honduras, aprox. a 30 kilómetros al sureste de Tegucigalpa, ubicado a una altura de 800 msnm, en los 14° latitud norte y 87° 02' longitud oeste. Presenta una precipitación promedio anual de 1100 mm distribuidas desde el mes de junio al mes de noviembre; la temperatura media anual es de 24°C.

El propósito fue evaluar el efecto que tiene el Mycoral[®] en estacas de las especies de Chilca y Sauce de Río, a nivel de invernadero; por lo tanto, a continuación se hace una breve descripción de las variables que se midieron al final del proceso de inoculación.

A nivel de invernadero las variables evaluadas, tanto para la parcela testigo como para la parcela inoculada con micorrizas fueron la densidad de raíz, el conteo de esporas en el medio, el diámetro y altura de la primera rama, el porcentaje de infección por micorrizas en la raíz, y la biomasa que presentaron a los 86 días después del proceso de inoculación.

3.6 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN A NIVEL DE CAMPO

3.6.1 Localización del estudio

Esta fase del estudio se llevó a cabo en el municipio de Pueblo Nuevo y el municipio de Limay, ambos pertenecientes al departamento de Estelí, Nicaragua. Pueblo Nuevo se encuentra ubicado a una distancia de 56 kilómetros al noroeste de la ciudad de Estelí, tiene una altura promedio de 650 msnm, la temperatura promedio es de 26°C, con una precipitación media anual de 900 a 1200 mm.

La otra zona de estudio es el municipio de Limay, que pertenece al departamento de Estelí, este se encuentra ubicado a 46 kilómetros al noroeste de la ciudad de Estelí; con una altura de 281 msnm, la temperatura media es de 29 °C y la precipitación media anual oscila entre 800 a 1000 mm.

A nivel de campo se evaluaron los lotes establecidos en seis lugares, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a diversos criterios como la edad de las plantaciones, la duración del período de sequía, la presencia tanto de Chilca como de Sauce de Río en el mismo sitio, y la vegetación pionera y nativa de la zona.

Para la evaluación de sobrevivencia de las plantaciones establecidas, se tomaron muestras de cada uno de los seis sitios; en cada sitio se establecieron parcelas de 5m X 5m, dentro de las cuales se muestreó el número de plantas existentes. Simultáneamente, se evaluaron otros parámetros de cada una de las estacas dentro de la misma muestra como la altura, diámetro de estacas, altura y diámetro del rebrote; y en los lugares donde se encontraba establecido en forma de manojos, se evaluaron el número de rebrotes por manojos, y la altura mayor y menor de éste.

Entre los sitios donde se realizó la evaluación se encuentran la comunidad de Río Abajo, Río Grande, Casnalí y los Horcones pertenecientes al municipio de Pueblo Nuevo, el puente de Güililica en Limay y un último sitio localizado en Condega, en el río Pire. En éste último lugar, se realizó la misma evaluación para una parcela demostrativa, la cual se encontró constituida por un grupo de plantas de Chilca y Sauce inoculadas versus un grupo de plantas no inoculadas. Este mismo tipo de ensayo fué montado en la comunidad de Río Abajo en Pueblo Nuevo y en el puente de Güililica, Limay. Estas estacas se establecieron a nivel de invernadero donde fueron inoculados a finales del mes de julio para ser transplantados a mediados del mes de septiembre del 2002.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo se encuentra dividido en tres partes, la primera parte hace referencia a los resultados obtenidos a los 86 días después de la siembra, bajo condiciones de invernadero. En esta fase fueron analizadas las variables volumen de raíz, diámetro de la primera rama o rebrote, biomasa total y altura; y en el laboratorio se realizó el conteo de esporas y el porcentaje de infección.

La segunda parte, se refiere a los datos tomados a nivel de campo en las plantaciones establecidas en Nicaragua, donde se evaluó sobrevivencia y las variables antes mencionadas. En la tercera parte, se presentan los resultados obtenidos de un ensayo realizado dentro de las mismas plantaciones con la diferencia que estas estacas habían sido inoculados a finales del mes de julio y posteriormente establecidos en el campo a mediados de septiembre.

Para ambos tipos de plantaciones se tomaron las mismas variables, incluyendo la altura total, diámetro de estaca y de rebrote, altura de rebrote, sobrevivencia, y en los manojos se tomó el número de rebrotes y la altura mayor y menor de estos. Las especies evaluadas fueron Sauce y Chilca de Río.

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS DATOS TOMADOS A NIVEL DE LABORATORIO

Chilca de Río

A nivel de laboratorio, los resultados para el número de esporas en el medio se encontró muy poca diferencia entre ambos tratamientos (13%), es posible que al no utilizar un medio de crecimiento esterilizado haya causado influencia en el número de esporas. Según Raddatz (1997) en el campo existen otros tipos de micorrizas las que pueden establecer relación con las raíces y el medio; con esto se presenta la posibilidad de encontrar micorrizas nativas.

En el segundo conteo de esporas la diferencia entre tratamientos es de 17% a favor de las plantas inoculadas, se asume que puede deberse a la presencia de micorrizas nativas en el medio no pasteurizado. Este resultado no difiere de lo observado por Orellana Jiménez (2001) quien no encontró diferencias significativas en plantas de Caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) inoculadas con Mycoral[®].

El volumen de raíz en ambos casos no fue muy desigual; se presenta una diferencia de 8% a favor de las plantas micorrizadas. Existe la posibilidad de que los hongos por ser organismos vivos tengan mayor selección y preferencia hacia otras especies que entre las cuales no se encuentran la Chilca de Río.

Con relación a la variable de peso seco o biomasa se encontró una diferencia mínima (6%), similar en la variable altura la cual fué de 4% a favor de las plantas micorrizadas (Gráfico 1). Esto significa que las micorrizas posiblemente no hayan encontrado las condiciones necesarias para establecer una buena relación de simbiosis entre hongo – raíz; otra alternativa podría ser que la especie no sea de preferencia de las micorrizas arbusculares.

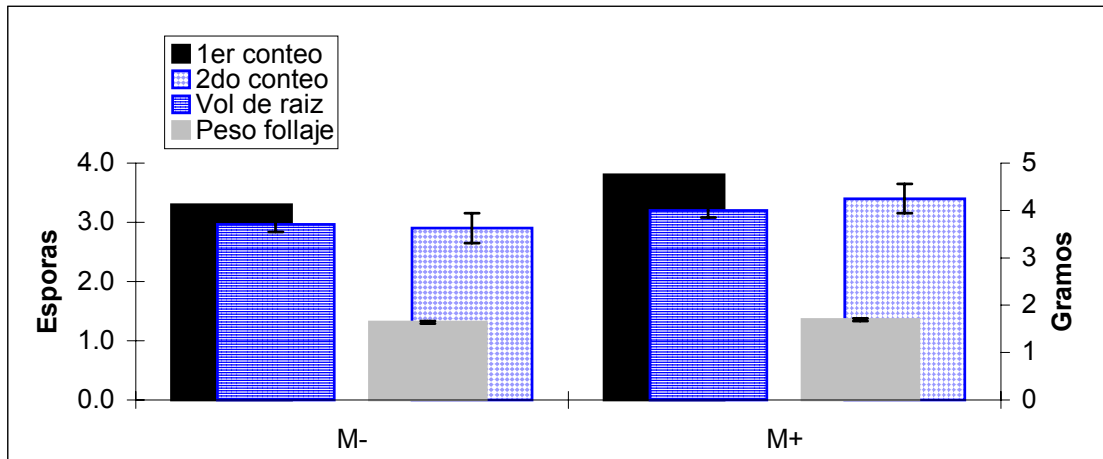


Gráfico 1. Comportamiento en laboratorio para *Astianthus viminalis* con y sin Mycoral® utilizando un error de 5%

La única variable que reportó cambios significativo en Chilca de Río fue el diámetro del rebrote (29%) a favor de las estacas micorrizadas (Gráfico 2). Esto posiblemente podría deberse mas a condiciones climáticas que a la interacción de las micorrizas con las raíces, esto concuerda con lo encontrado por Orellana Jiménez (2001) en la especie de caoba, donde las variables de peso seco, longitud y diámetro de la parte media de las raíces no fué significativa, por lo tanto hace suponer que posiblemente no se deba a la relación simbiótica entre las raíces y el hongo.

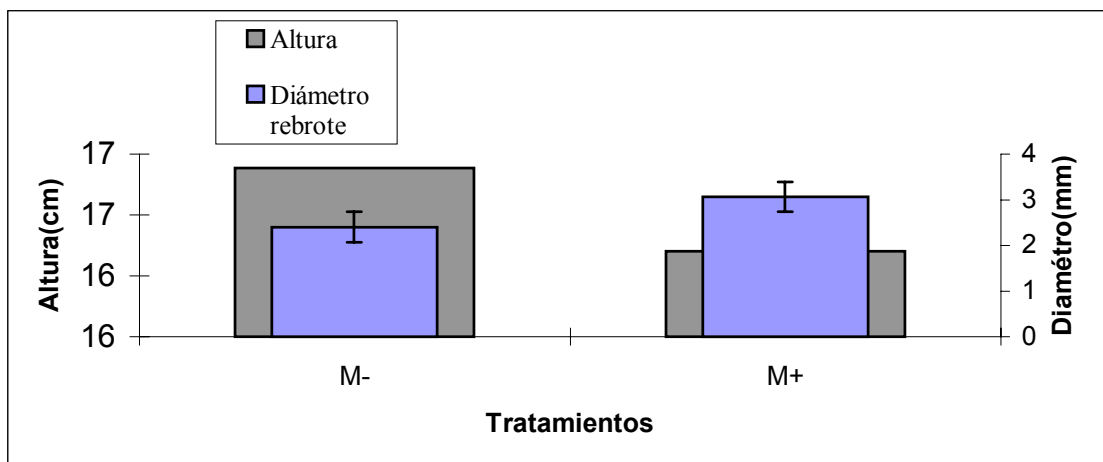


Gráfico 2. Diámetro y altura del rebrote total a nivel de laboratorio para Chilca de Río con 5 % de error

4.2 SAUCE DE RÍO

Según los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio, la especie de Sauce de Río demostró gran capacidad de establecer relación simbiótica con las micorrizas. Esto es posible observarlo en la Gráfica 3, donde se demuestra que para el primer conteo se obtuvo un porcentaje altamente significativo de las estacas inoculadas contra las no inoculadas. En el segundo conteo se reportan diferencias significativas similares al primero. Esto se confirma con lo encontrado por Orellana Jiménez (2001) y por Rodríguez Morera (2001), quienes observaron alta presencia de esporas en los medios utilizados en sus ensayos.

El volúmen de raíz fue diferente para las estacas micorrizadas contra las no micorrizadas; esta diferencia fue del orden de 17% a favor de las primeras, lo cual afirma lo expuesto por Raddatz (1997) que si existe una buena inoculación por parte del hongo sobre la raíz, crece de forma abundante, dándole mayor peso y volúmen a la planta. También es necesario agregar que Saldías *et al.*(1994), hacen referencia a que esta especie desarrolla una alta interacción con las micorrizas.

El peso de follaje presenta diferencias significativas del orden de 55% a favor de las estacas con Mycoral[®]. Esta variable esta muy relacionada con el volúmen de raíz, ya que se considera que a mayor masa radicular, mayor la cantidad de biomasa en la planta porque le facilita la absorción de nutrimentos y agua; a mayor follaje las raíces tendrán mejor suministro de carbohidratos obtenidos de los procesos de fotosíntesis para alimentarse.

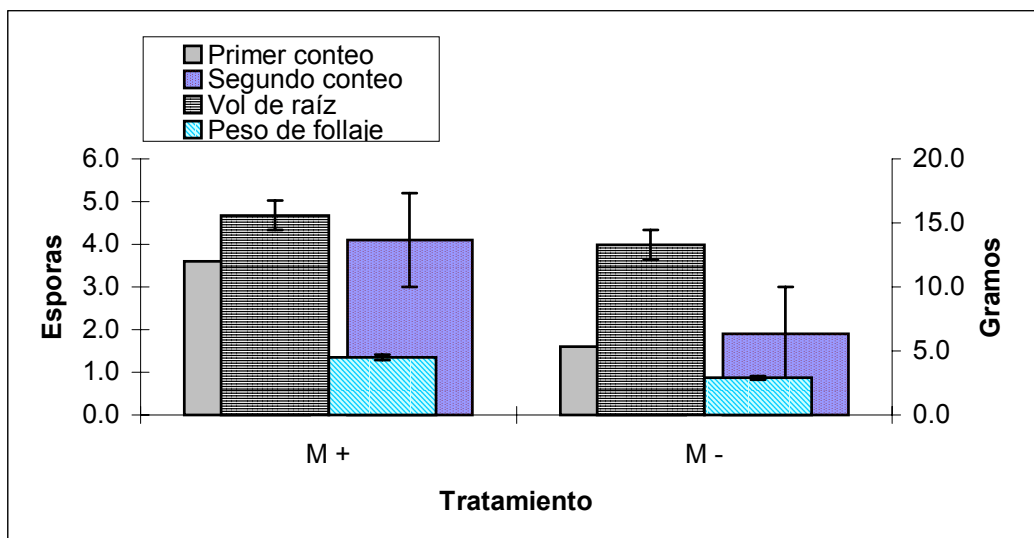
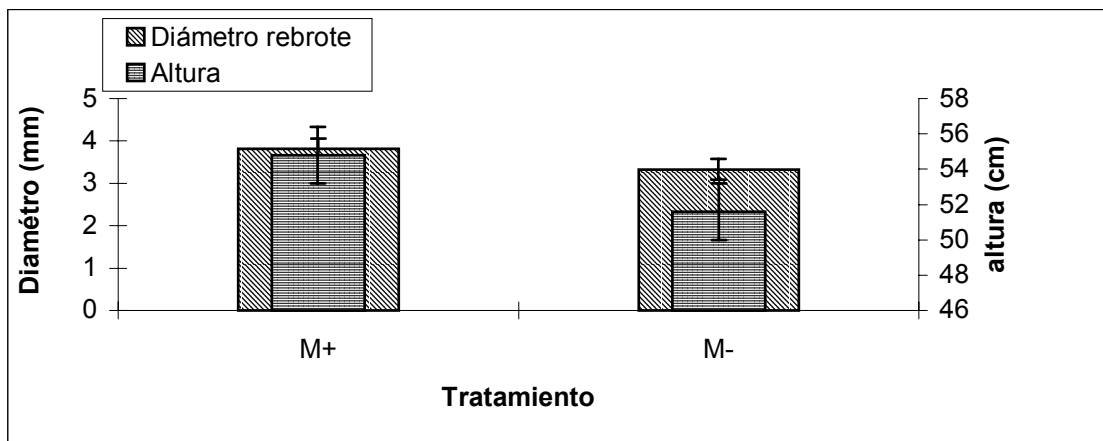


Gráfico 3. Comportamiento a nivel de laboratorio para *Salix humboldtiana* usando un error de 5%



Gráfica 4. Evaluación del diámetro y altura total para las estacas de Sauce a nivel de invernadero usando un error de 5%

4.3 INFECCIÓN DE LA RAÍZ EN CHILCA Y SAUCE DE RÍO

Para la especie de Chilca de Río no se encontró diferencia significativa entre las estacas inoculadas y no inoculadas, esta diferencia fue de 13%, se puede asumir que se debe a que la especie no ejerce ningún tipo de simbiosis con los hongos que conforman el Mycoral[®], estos resultados son similares a los encontrados por Orellana Jiménez (2001) en la especie de caoba del pacifico, se supone que las micorrizas arbusculares no tienen preferencia por estas especies de Chilca y de Caoba o podría ser que el medio no esterilizado tuviera algún tipo de efecto. Por otro lado la especie de Sauce de Río sí estableció relación simbiótica con las micorrizas, esto se puede observar en el gráfico 5, donde se demuestra lo expuesto por Saldias *et al.*, (1994), el cual asegura que el Sauce tiene mayor facilidad de ejercer simbiosis con las micorrizas.

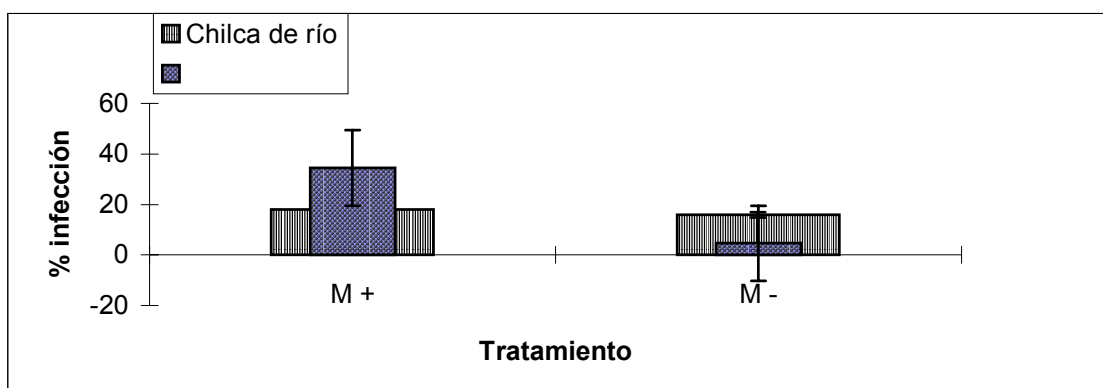


Gráfico 5. Porcentaje de infección en las raíces de *A. viminalis* y *S. humboldtiana* por micorrizas arbusculares usando un error de 5%.

4.4 RESULTADOS PARA LA ESPECIE SAUCE DE RIO EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, ESTELI, NICARAGUA

Las plantaciones fueron establecidas en diferentes comunidades del departamento de Estelí, Nicaragua, específicamente en los municipios de Pueblo Nuevo y Limay, cuyas características climáticas y geográficas fueron descritas en la metodología de levantamiento.

Estas zonas se han caracterizado por ser muy secas y porque presentan un invierno muy irregular, es por esto que se encuentran muchas diferencias significativas entre lugares, a continuación se hace una descripción de cada variable.

Sobrevivencia

En el cuadro 1 es posible observar diferencias significativas en sobrevivencia, la mejor sobrevivencia se obtuvo en Río Abajo (Gráfico 6). Estas estacas fueron en establecidas a mediados de abril, este valor indica la facilidad con que la especie se adaptó a este lugar, además en esta parte del río se mantiene un caudal casi constante, lo que pudo haber influenciado ya que esta especie prefiere áreas parcial o completamente inundadas (Saldías *et al.*, 1994). Otra razón, podría ser que en esta parte el río tiende a desbordarse frecuentemente por lo que se ha acumulado gran cantidad de sedimentos lo cual podría ser una fuente de nutrimentos importante para las estacas.

En segundo lugar se encuentra Río Grande el cual no representa una diferencia muy significativa con respecto a Río Abajo (5%), ya que presenta características similares. Este valor es posible que se encuentre influenciado por el manejo y el riego de acuerdo a la disponibilidad de agua en cada una de las zonas. Los lugares con menos sobrevivencia se encuentran Casnalí y Horcones; esto podría ser consecuencia de la sequía que azota estas áreas, factor que causa una reducción en el porcentaje de germinación de brotes.

En general, se puede afirmar que la sobrevivencia media para todos los lugares es del orden de 69.2%, con una desviación de 10.4 unidades por debajo o encima de la media; esto se puede deber a que en algunos lugares como Casnalí y Horcones, la sobrevivencia fue menor por efectos de sequía (cuadro 1)

Cuadro 1. Resultados de la especie *Salix humboldtiana* en Nicaragua.

Lugar	Variable evaluada				
	Sobrevive (%)	Altura (m)	Alt reb (m)	Diám est (mm)	Diám reb (mm)
Río Abajo	80.0	1.9	2.3	24.4	19.1
Horcones	58.7	1.7	1.7	17.8	10.9
Casnalí	62.0	2.5	1.7	21.5	14.2
Río Grande	76.0	2.5	2.7	17.8	12.5
Media	69.2	2.1	2.1	20.3	14.2

4.4.1 Altura

La mejor altura en promedio fue alcanzada en dos lugares, que aunque se encuentran relativamente cerca en distancia, poseen características diferentes. Para Río Abajo se encuentran mejores condiciones de disponibilidad de agua de forma natural; caso contrario ocurre con Casnalí, el cual en verano pierde completamente su caudal. Por lo tanto, se asume que las diferencias encontradas en cuanto a las bajas sobrevivencias en Casnalí, pero con mejores alturas, es que las estacas que se sembraron y que lograron establecerse a base de riego crecieron de forma acelerada. Es posible que el factor manejo también influenciara estos resultados.

Las alturas mas bajas se alcanzaron en Horcones y en Río Abajo; es posible que en Horcones haya sido afectado por el tipo de suelo, el cual la fracción de piedra parece ser bastante alta a simple vista. Por el contrario en Río Abajo, se puede asumir que por las constantes crecidas del río, las plantas se han visto limitadas en el crecimiento.

4.4.2 Diámetro de estaca

Esta variable fue tomada a la altura del pecho (DAP) la cual oscila para una persona normal a 1.3 m. La unidad de medida utilizada fué milímetros y el mejor diámetro lo demostró Río Abajo, con diferencia significativa (13.5% más) con respecto a Casnalí. Esto puede deberse a dos posibles causas, los embates de las altas crecidas del río que han obligado a las estacas a desarrollar mayor diámetro en comparación a la altura, como un mecanismo de defensa, o por daños físicos con estas crecidas. Las estacas de Casnalí es posible que por el hecho de haber logrado ganar en altura comiencen sus procesos de engrosamiento; este comportamiento es típico de todas aquéllas especies que son colonizadoras o pioneras de sitios en desequilibrio, lo primero que hacen es ganar altura y después engrosar.

En Horcones y Río Grande no se encontraron diferencias significativas; es posible que las plantas se comporten estrictamente como especies heliófitas, las cuales tienden a ganar altura como mecanismo para evitar la competencia con otras especies.

4.4.3 Altura de rebrote

Esta variable se midió en metros y las mejores alturas de rebrote se lograron en Río Grande y Río Abajo, lugares que posiblemente estén relacionados con la forma de crecimiento de la especie. A parte de esto, es viable razonar que el diámetro de la estaca madre haya influenciado el crecimiento del brote, en el sentido de que se encontraba más disponibilidad de nutrimentos en esta. Los lugares de Horcones y Casnalí, presentaron los diámetros de rebrote mas bajos y sin diferencia significativa entre ellos; esto se asume que fue por efecto de la falta de agua, y por efectos de manejo.

4.4.4 Diámetro de rebrote

Río Abajo fue la comunidad con el mejor diámetro de rebrote. Esto es posiblemente debido a las altas concentraciones de sedimentos que se han acumulado con el tiempo en la base de las estacas, lo cual potencialmente ha favorecido su crecimiento. A pesar que Casnalí fué uno de los lugares menos favorecido por la altura de rebrote, sí fué

uno de los mejores en cuanto a diámetro de rebrote; se puede asumir que se debe básicamente al manejo y a que la planta una vez que ha alcanzado una altura razonable tiende a engrosar.

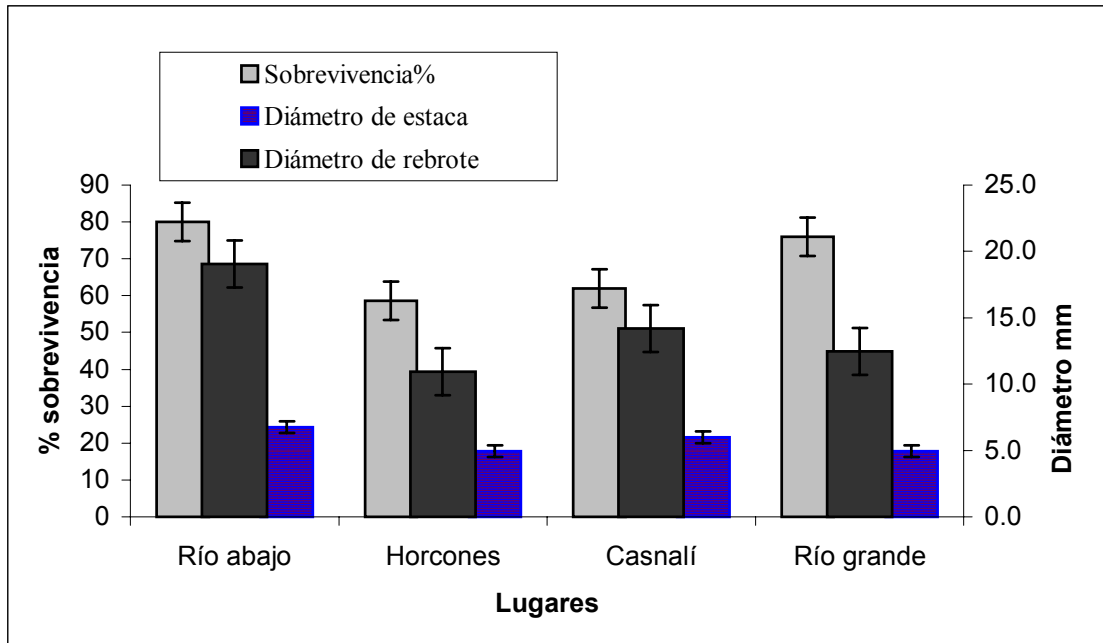


Gráfico 6. Comportamiento de Sauce de Río (*Salix humboldtiana*) en plantaciones establecidas en Pueblo Nuevo, Nicaragua, se utilizó un error de 5%.

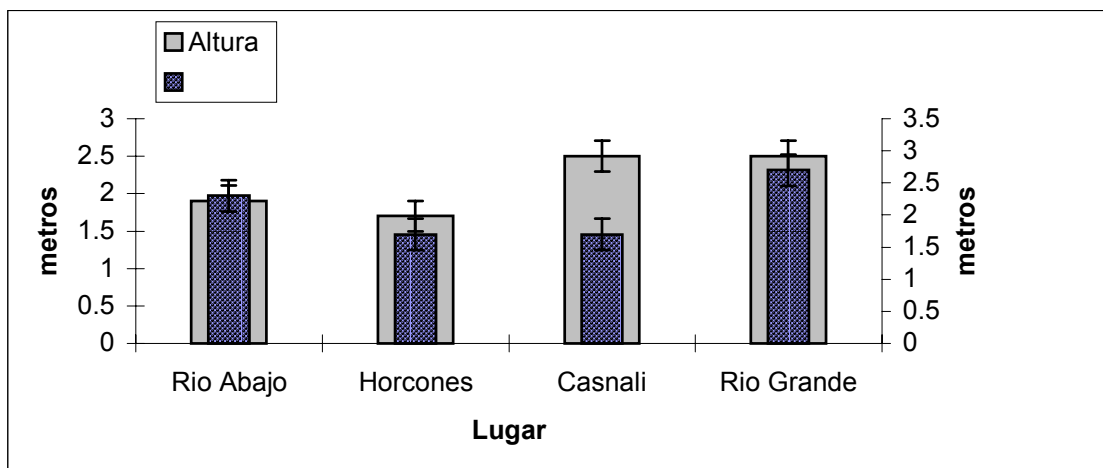


Gráfico 7. Diámetro de rebrote y altura total para Sauce de Río en plantaciones de Pueblo Nuevo, Nicaragua, se utilizó un error de 5%.

La mejor altura se obtuvo en la comunidad de Río Grande, seguido por Río Abajo (Gráfica 7) lo cual se asume que se debe a condiciones de microclimas que existen en la localidad. Horcones y Casnali resultaron ser los más bajos pero es debido mayormente a factores de disponibilidad de agua en la zona.

4.5 VARIABLES MEDIDAS PARA LA ESPECIE DE CHILCA DE RIO EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY, ESTELI, NICARAGUA

Para el municipio de Limay se utilizaron los mismos criterios de evaluación que en Pueblo Nuevo. Las variables se analizaron de forma sistemática, para lograr esto se evaluaron tres lugares diferentes en la zona, todos sembrados bajo las mismas condiciones. La mejor sobrevivencia se obtuvo en la parte que corresponde a la comunidad de La Grecia que se ubica en la parte mas alta del río; se puede asumir que la causa de esto es porque las estacas encontraron mejor tipo de suelo en esa zona, debido a que constantemente se inunda y según observación directa en el campo se conoce que la especie crece más rápidamente en terrenos inundados.

En San Juan de Limay, en la zona del puente, se reportan dos sobrevivencias extremas, 20 y 100%; respectivamente. La parte de abajo del puente sobre el curso del río es la parte mas baja en sobrevivencia; la mejor corresponde a la zona de la Grecia. Esto es posible que tenga relación con el tipo de suelo y el contacto directo de las estacas con el agua, el cual en la parte más baja no es tan efectivo como en la zona de la Grecia. Tomando en cuenta las condiciones climáticas de sequía de la zona y la altura (281 msnm) se puede afirmar que la sobrevivencia es alta.

En general, los mejores valores para todas las variables, altura total como del rebrote, diámetro de estacas y de rebrote, se presentan en la comunidad de la Grecia; es necesario destacar que existe bastante correlación entre el diámetro de la estaca con la altura y diámetro de los rebrotes. Aunque se debe tomar en cuenta que por observación directa en el campo, se comprobó que las estacas obtenidas de la parte más juvenil de la planta tienden a rebrotar mas rápidamente.

Cuadro 2. Resultados para *Astianthus viminalis* en Limay, Nicaragua.

Lugar	Variable evaluada				
	Sobrevive (%)	Altura (m)	Alt reb (m)	Diám est (mm)	Diám reb (mm)
Puente #1	20	1.2	0.9	21.8	9.3
Puente #2	90	1.7	1.4	25.1	14
La Grecia	100	3.1	3.4	28.7	14.8
Promedio	70	2	1.9	25.2	12.7

RESULTADOS PARA LAS PARCELAS DE ENSAYOS CON MYCORAL® ESTABLECIDAS EN LOS DIFERENTES MUNICIPIOS DE ESTELI, NICARAGUA

A continuación se hace una evaluación de las variables anteriores, pero en este caso las parcelas han sido establecidas en el campo con Mycoral®; es necesario aclarar que las estacas fueron inoculadas a finales del mes de julio del 2002, y el transplante se realizó a mediados del mes de septiembre en los diferentes sitios. Como anteriormente se mencionó, los criterios de selección de los sitios fue con base a clima con sequía, la presencia de las dos especies, el manejo y la colonización de estas especies de forma natural.

En el Gráfico 8, se puede apreciar que la altura de la especie Chilca de Río inoculada, en todas las comunidades, se destacó con una marcada diferencia. Es posible asumir que por encontrarse en condiciones naturales, cerca de fuentes de agua más constantes y con un clima más propicio, probablemente mayor radiación solar y menor altura haya creado cierta tipo de influencia en este resultado.

Con relación a la variable diámetro de estaca, el comportamiento es totalmente diferente en el sentido que mostraron, mayor diámetro aquellas estacas que no fueron inoculadas; un comportamiento similar ocurre con las demás variables de altura y diámetro de rebrote, esto significa que la especie en general no demostró una respuesta significativa al momento de la evaluación.

Posiblemente esto se deba a que la especie no desarrolla simbiosis con las micorrizas arbusculares, a como se observó a nivel del laboratorio; es por esto que existe la posibilidad de que las micorrizas no tengan efecto sobre las estacas de la especie Chilca de Río (*Astianthus viminalis*).

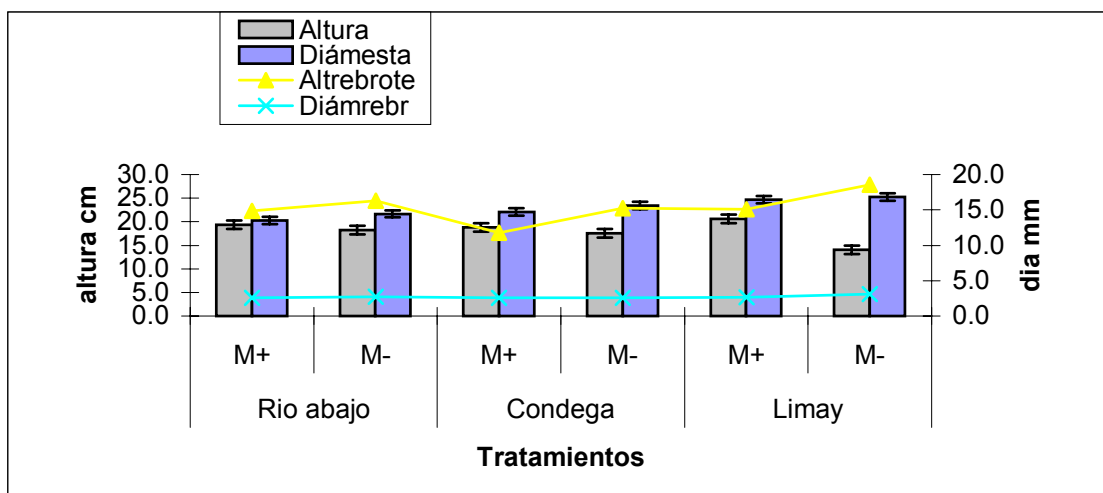


Gráfico 8. Comportamiento de Chilca de Río en ensayos micorrizados vs no micorrizados en tres localidades del departamento de Estelí, Nicaragua, se utilizó un error de 5%.

Para el ensayo con estacas de Sauce establecido en Nicaragua (cuadro 3) se puede observar en la comunidad de Río Abajo, no se presentan diferencias significativas para las variables medidas. Esto posiblemente se deba a que las estacas hayan encontrado en el suelo un sin número de microorganismos, incluyendo micorrizas parasíticas, los cuales pueden competir con las micorrizas arbusculares, la otra alternativa es que las estacas no hayan sido inoculadas correctamente, ya que a nivel de invernadero sí desarrollaron simbiosis.

Para los municipios de Condega y Limay, los datos revelan cifras contrarias a lo que se encontró a nivel de laboratorio, para las variables de altura y diámetro de la estaca y la altura de rebrote. Se puede asumir que esto es posible debido a que los suelos donde se establecieron podían encontrarse saturados de otros microorganismos o de elementos químicos, los cuales disminuyeron el efecto esperado por parte de las micorrizas. Es factible suponer que también un cambio climático pueda haber afectado el proceso de establecimiento de las estacas en una zona diferente a la original. Sin embargo, la variable diámetro de rebrote no presentó mayores diferencias entre los tratamientos, lo que supone que pudo ser por influencia directa del clima predominante en esa zona.

Cuadro 3. Resultados para el Sauce de Río en tres comunidades de Nicaragua

Lugar	Tratamiento	Variables evaluadas			
		Altura (cm)	Alt reb (cm)	Diám esta (mm)	Diám reb (mm)
Río Abajo	M+	82	72.8	22.1	4.8
Río Abajo	M-	80	72.3	23.5	4.3
Condega	M+	71.4	59.8	17.8	4.9
Condega	M-	85.3	72.2	27.5	4.9
Limay	M+	68.4	50.4	25.6	9.8
Limay	M-	87.6	72.3	30.8	7.1

Las tendencias se pueden apreciar mejor en el Gráfico 9, donde las estacas establecidas en los diferentes comunidades de Nicaragua, posiblemente no establecieron ningún tipo de relación simbiótica con las micorrizas arbusculares, aunque es posible que se encuentren esporas en el medio, al parecer no hubo infección en la raíz .

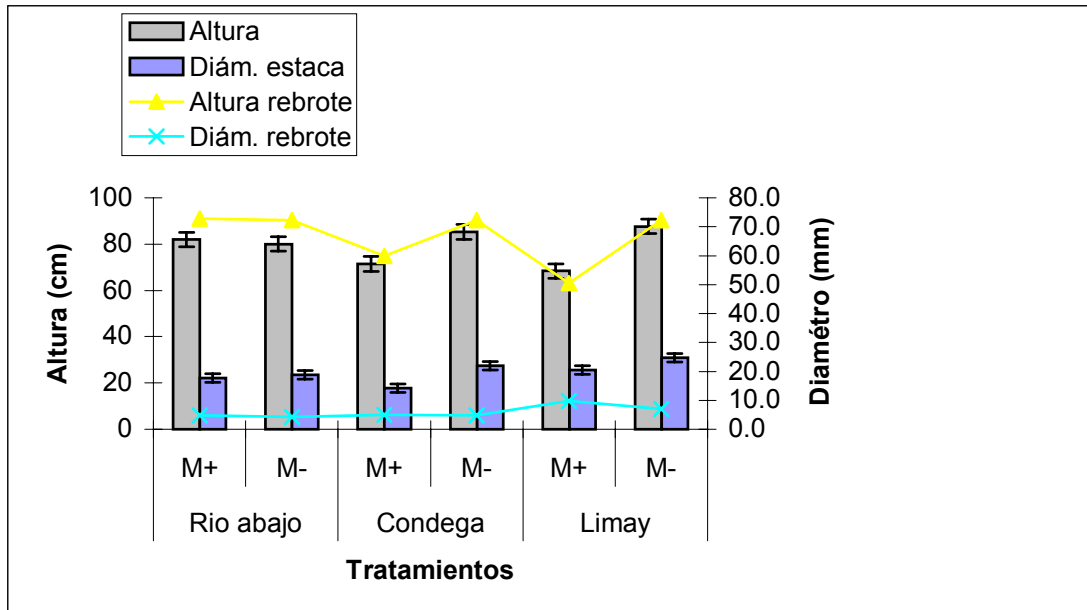


Gráfico 9. Comportamiento de los ensayos inoculados vs no inoculados de la especie de Sauce de Río en tres comunidades de Nicaragua, usando un error de 5%.

CONCLUSIONES

En la especie de Chilca de Río, a nivel de laboratorio, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de estacas inoculadas y no inoculadas, excepto para la variable diámetro de rebrote, la cual no se debe a la interacción con las micorrizas sino mas a condiciones climáticas.

La especie de Chilca inoculada a nivel de campo en los diferentes lugares en Nicaragua, presentó prácticamente el mismo comportamiento que en laboratorio, donde no se logró establecer simbiosis entre los hongos micorrizas y las raíces de estas plantas.

Por la razón de que los hongos se comportan como organismos vivos, existe la posibilidad de que la especie de *A. Viminalis* no represente una planta hospedera compatible con ninguna de las tres especies de hongos contenidos en el Mycoral[®].

A nivel de laboratorio, las estacas de la especie de Sauce de Río, establecieron muy buena simbiosis con las micorrizas, resultando con altas diferencias sobre las estacas no inoculadas.

Es posible que el producto Mycoral[®] sea más efectivo aplicándolo a medios esterilizados, donde se puede reducir la interacción con otros microorganismos que se encuentran presentes en el suelo.

En Nicaragua, a nivel de campo, los mejores resultados en crecimiento de las plantas fueron obtenidos en Río Abajo y Río Grande con muy poca diferencias entre ellos, esto se debe a los microclimas que presentan esas localidades.

Los lugares donde se obtuvieron las mas bajas sobrevivencias, como Casnalí y Horcones, están más relacionados con la condición y susceptibilidad a sequía que predomina en esa zona.

En el municipio de Limay se observó que las estacas de Chilca obtenidas de la parte más joven de la planta madre, rebrotaron de forma mas rápida que las obtenidas de partes mas seniles. Lo contrario ocurrió en Pueblo Nuevo con las estacas de Sauce, donde el proceso de rebrote fue más rápido a partir de partes mas viejas.

A pesar de las condiciones de extrema sequía en Limay, la sobrevivencia estuvo bastante alta (70%); esto se debe a que la planta se comporta básicamente como pionera, tratando de colonizar el mayor área posible.

La técnica de deflectores usada en Pueblo Nuevo resultó muy útil, ya que en el espacio que se crea entre éste y la orilla del río se acumuló gran cantidad de sedimentos, lo cual es uno de los primeros pasos para la recuperación de los taludes, usando materiales de las mismas zonas.

El procedimiento de reproducción a través de semillas no es factible en la especie de Chilca de Río, ya que demora demasiado tiempo para ganar altura y grosor.

RECOMENDACIONES

Realizar otros ensayos donde se evalúe mayor número de variables como por ejemplo: diferentes tipos de dosis de Mycoral[®] para ver a cual responde mejor la especie de Sauce de Río, otro es que se ensaye con medio de crecimiento esterilizado.

Se recomienda que al momento de la siembra de estacas de Sauce de Río se tome de las partes mas viejas o seniles de la planta madre, y de la especie de Chilca de Río se recomienda utilizar la parte más joven, ya que estas partes son las que más rápido inician el proceso de rebrote.

No se recomienda utilizar las semillas de Chilca como medio reproductivo ya que requieren demasiado tiempo lo cual hace incurrir en mayores costos.

Se recomienda realizar un análisis de suelo en las diferentes comunidades donde se realizaron los ensayos para conocer el contenido de fósforo de estos.

Realizar un análisis estructural del suelo tanto en la bolsa como en el lugar definitivo donde serán establecidas las estacas, y después de un tiempo determinado para comprobar si existe mejoría en la estructura por acción de las micorrizas arbusculares.

Se recomienda no dejar el producto Mycoral[®] expuesto a los rayos solares porque puede ocasionar la muerte de los microorganismos, y al momento de la inoculación es mejor que este producto esté seco.

Se recomienda utilizar los gaviones y los deflectores en aquellos sitios que sean identificados como críticos, ya que contribuyen con la protección de suelos y de infraestructuras así como mejorar las condiciones para el establecimiento de la vegetación.

Seguir haciendo evaluaciones con la especie de Chilca de Río para comprobar las razones por las cuales no logra establecer relación de simbiosis con las micorrizas.

BIBLIOGRAFÍA

BBC (British Broadcasting Corporation). 2000. Efecto Invernadero (en línea). United States of America. Consultado 25 Ago 2002. Disponible en <http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/ghousedefault.shtml>

BENÍTEZ, R.; MONTESINOS, J.; 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras. Distribución, propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 216 p.

CANZIANI, O. 2002. La problemática del calentamiento terrestre, el panel gubernamental sobre cambio climático (en línea). Argentina. Consultado 10 sep. 2002. Disponible en <http://www.ceoportal.net/articulos/calenta.htm>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1984. Especies para leña; Arbustos y árboles para la producción de energía. Turrialba, Costa Rica, trad. Arguello, V. National Academy of Sciences. 343 p.

ESPINAL, D. 2002. Efectos de la luz sobre el cultivos de tejidos. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras, 6 p.

HARLEY, J.; SMITH, S. 1983. Mycorrhizal symbiosis. New York, New York. Academic Press Inc. 483 p.

HERNÁNDEZ, A. 2000. Las Micorrizas (en línea). Madrid, España. Consultado 25 Ago 2002. Disponible en <http://www.terraia.com/revista14/pagina12.htm>

HOLDRIDGE, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida: ecología humana. Trad. Jiménez, H. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 144 p.

INATEC (Instituto Nacional de Tecnología). 1995. Principios básicos de ecología y ambiente. Managua, Nicaragua. GTZ. 179 p.

INIFOM (Instituto de Fomento Municipal). 1995. Ficha municipal de Pueblo Nuevo. Nicaragua. 50 p.

IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales). 1992. Árboles forestales útiles para su propagación. Managua, Nicaragua, Edirsa. 262 p.

JARSTFER, A.G. 1963. University of Florida, Soil Science Department. 2117 McCarty Hall, Gainesville, FL, USA. 692 p.

JARSTFER, A.G. 1970. University of Florida, Soil Science Department. 2117 McCarty Hall, Gainesville, FL, USA

LAL, R. 2000. Integrated watershed management in the global ecosystem. Florida, United States of America, CRC Press LLC. 395 p.

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura de los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido-. Trad. Carrillo, A. Eschborn, Alemania.. GTZ. 335 p.

LÓPEZ CINTRON, J. 1999. Uso integral del falso fruto del marañón (*Anacardium occidentale*, L) en la elaboración de pasas y vinos con niveles reducidos de taninos. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 49 p.

MAISONNAVE, R. 1997. El efecto invernadero y el clima (en línea). México. Consultado 25 Ago 2002. Disponible en <http://www.genexus.com/aniu/confaca.htm>

MBG(Missouri Botanical Garden). 2001. Salicaceae specie (en línea). Missouri states, United States of America. Consultado 4 Jun. 2002. Disponible en <http://www.mobot.org/research/ecuador/andes/salicaceae>

MONTOYA, A.; ROMERO, J.; PEÑATE, L. 1988. Industrialización del falso fruto del marañón para la elaboración de vino, jalea y productos en conserva. Trabajo de graduación previo a optar al título de Ing. Agroindustrial. San Salvador, El Salvador. Universidad Politécnica de El Salvador. 66 p.

NAS (National Academy of Sciences). 1984. Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics. Washington D.C. 2 ed. National Academy Press. 100 p.

NEIL, D. 2000. Vegetation (en línea). Missouri, United States of America. Consultado 10 Jul.2002. Disponible en <http://www.mobot.org/research/ecuador/vegetation.htm>

OTÓN, M. 1998. Tratamiento de desechos sólidos: preparación de medios de crecimiento artificial utilizando desechos orgánicos. (en línea). Canadá. Consultado 15 Oct 2002. Disponible en http://www.members.tripod.com/~urbietta_3/cultivo.htm

PIAGGIO, M. 1998. *Salix humboldtiana* (en línea). Uruguay. Consultado 4 Jun 2002. Disponible en <http://micol.fcien.edu.uy/flora/salix-humboldtiana.htm>

RADDATZ, E. 1997. Conferencia Corpocuenas, Cali, Colombia, Nuevas Tecnologías para reforestar. 17 p.

RODRÍGUEZ MORERA, J. 2001. Efecto del biofertilizante Mycoral[®] (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L) en vivero en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 40 p.

ROMERO, L.; ELIZONDO, R.; 1999. Árbol de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) (en línea). Guanacaste, Costa Rica. Consultado 3 Ago 2002. disponible en http://www.acguanacaste.ac.cr/bosque_seco_virtual/bs_web_page/paginas_de_especies/enterolobium_cyclocarpum.html

SALAS, J. 2000. Árboles de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. 198 p

SALDIAS, M.; QUEVEDO, R.; GARCÍA, B.; LAWRENCE, A.; JONSON, J. 1994. *Salix humboldtiana* (en línea). México. Consultado 10 Jul 2002. Disponible en www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/doctos/63-salic1m.pdf

STANDLEY, P; WILLIAMS, L; NASH, G. 1974. Flora of Guatemala. Field Museum of Natural History. Volúmen 24, no.3 y 4. United States of America 466 p.

ORELLANA JIMÉNEZ, L. 2001. Efecto del Mycoral[®] en un vivero de *Swietenia humilis* Zucc. (Caoba del Pacífico). Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 29 p.

UNAN (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua). 2001. Problemas de degradación ambiental que afecta a los suelos de Nicaragua: tipos de problemas, su importancia, posibles soluciones. Nicaragua. 27 p.

UNEP (United Nations Environment Program). 1992. World atlas of desertification. Arnold, London.

USDA (United States Department of Agriculture). 2001. Stream Corridor Restoration: principles, processes and practices. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group. United States of America. 525 p.

VÉLEZ, M.; HINCAPIÉ, J.; MATAMOROS, I.; SANTILLÁN, R. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Honduras, Zamorano Academic Press. 326 p.