

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



JUAN ENRIQUE VELÁSQUEZ GODÍNEZ
GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN
PARQUE NACIONAL NACIONES UNIDAS

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JUAN ENRIQUE VELÁSQUEZ GODÍNEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Licenciado Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc.	Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	MSc.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br.	Rigoberto Morales Ventura
VOCAL QUINTO	Br.	Miguel Armando Salazar Donis
SECRETARIO	MSc.	Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, marzo de 2009

Guatemala, marzo de 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo realizado en el Parque Nacional Naciones Unidas como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Juan Enrique Velásquez Godínez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOSITO Y LA VIRGEN
MARÍA

MIS PADRES Joelina Emperatriz Godínez Fuentes de V.
Baudilio Alfonso Velásquez Orozco

MIS HERMANOS José Roberto, Jorge Mario y Luis Alfonso

MIS ABUELOS María Basilia Fuentes Monzón
Juan José Godínez Cifuentes
Rosalía Orozco Navarro
Enrique Tomás Velásquez Orozco

LA FAMILIA GODÍNEZ Por su apoyo en todo momento, en especial a Angelita
MIRANDA Miranda de Godínez y Fraternal Godínez Fuentes

MI FAMILIA EN
GENERAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

LOS CAMPESINOS Y SILVICULTORES DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

MIS PADRES

LA FAMILIA GODÍNEZ MIRANDA

LA SECCIÓN DE BIENESTAR ESTUDIANTIL

LA SUBÁREA DE CIENCIAS QUÍMICAS

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
DIAGNÓSTICO.....	1
1 INTRODUCCIÓN	2
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 General	2
2.2 Específicos.....	2
3 METODOLOGÍA	3
4 RESULTADOS.....	4
4.1 Marco teórico conceptual	4
4.1.1 Diagnóstico.....	4
4.1.2 Diagnóstico convencional	4
4.1.3 Diagnóstico participativo	4
4.1.4 Herramientas del diagnóstico participativo.....	4
a) Análisis de fuentes	4
b) Técnicas de observación	5
c) Cronologías	5
d) Calendario estacional	5
e) Técnicas de jerarquización/priorización	5
f) Elaboración de diagramas, mapas y modelos.....	5
g) Mapas sociales.....	5
h) Diagrama institucional	6
4.2 Marco referencial	6
4.2.1 Ubicación geográfica y generalidades físicas del Parque	6
4.2.2 Ubicación natural.....	7
4.2.3 Manejo y ente administrador del Parque Nacional Naciones Unidas	7
4.2.4 Zonificación del Parque Nacional Naciones Unidas	8

a) Zona de uso intensivo.....	8
b) Zona de recuperación.....	8
c) Zona de protección	9
4.2.5 Infraestructura	9
4.3 Componente antropológico	9
4.3.1 Historial	9
4.3.2 Estructura administrativa	11
4.3.3 Diagrama institucional	13
a) Carta de entendimiento con Jardín Mil Flores.....	13
b) Convenio con la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el lago de Amatitlán	13
c) Proyecto de cooperación con Club Rotario ciudad de Guatemala	14
d) Cooperación con el grupo Scout, y la Granja Crecer	14
4.3.4 Jerarquización/priorización de las actividades laborales dentro del PNNU	14
4.3.5 Mapas sociales.....	15
4.4 Componente cobertura vegetal	17
4.5 Componente hidrológico	19
4.6 Componente edafológico	19
4.6.1 Udic Haplustolls.....	21
4.6.2 Udic Argiustolls.....	21
4.6.3 Typic Haplustands	21
4.6.4 Vitrandic Ustochrepts.....	21
4.6.5 Vitrandic Ustochrepts/Udic Haplustolls	22
4.7 Identificación de problemas.....	22
4.7.1 Componente antropológico.....	22
4.7.2 Componente cobertura vegetal.....	22
4.7.3 Componente edafológico.....	23

4.7.4	Componente hidrológico	23
4.7.5	Jerarquización/priorización de los problemas	23
4.8	Identificación de amenazas	24
4.8.1	Extracción de leña y madera	24
4.8.2	Botadero de basura	25
4.8.3	Incendios de pastos.....	25
4.8.4	Invasión de terrenos	25
4.8.5	Asaltos y robos	25
5	CONCLUSIONES	26
5.1	Los problemas relacionados con el funcionamiento operativo del PNUU:	26
5.2	Se identificaron las siguientes amenazas externas al PNUU:.....	26
5.3	La priorización de la problemática para el PNUU fue identificada en el siguiente orden: .	26
6	BIBLIOGRAFÍA	27
	CAPÍTULO II.....	28
1	INTRODUCCIÓN	29
2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	30
3	MARCO TEÓRICO.....	31
3.1	Marco conceptual.....	31
3.1.1	Generalidades de las micorrizas.....	31
3.1.2	Tipos de micorrizas.....	31
a)	Endomicorrizas o micorrizas endotróficas.....	32
b)	Ectomicorrizas o micorrizas ectotróficas	32
3.1.3	Principios fisiológicos de los beneficios que las ectomicorrizas brindan a las plantas asociadas	32
a)	Facilitan la nutrición	32
b)	Mejoran la tolerancia al estrés hídrico.....	32
c)	Mejoran la tolerancia frente a patógenos	33

3.1.4	Estructura de las ectomicorrizas	33
3.1.5	Formación de micorrizas	33
a)	Identificación.....	33
b)	Acoplamiento.....	34
c)	Colonización.....	34
3.1.6	Utilización de inóculos en la formación de ectomicorrizas.....	34
a)	Preparación de inóculo miceliar	34
b)	Preparación de inóculo esporal	34
3.1.7	Ventajas, inconvenientes y dosis de aplicación de inóculos esporales	35
3.1.8	Características del sustrato para la producción de plántulas en vivero	35
3.1.9	Estudios de hongos micorrícicos en Guatemala	35
3.1.10	Descripción de las especies forestales a micorrizar	36
a)	Pino de ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede).....	36
b)	Pino candelillo (<i>Pinus maximinoi</i> Moore)	36
3.1.11	Breve descripción morfológica de cuatro géneros formadores de ectomicorrizas	37
a)	Descripción del género <i>Scleroderma</i>	37
b)	Descripción del género <i>Inocybe</i>	37
c)	Descripción del género <i>Pisolithus</i>	37
d)	Descripción del género <i>Laccaria</i>	38
3.2	Marco referencial	38
3.2.1	Factores que afectan el desarrollo de las ectomicorrizas en vivero	38
a)	Sustrato.....	38
b)	Riego.....	39
c)	Fertilización	39
d)	Pesticidas	40
e)	Momento de aplicación del inóculo ectomicorrícico	41

3.2.2	Descripción del área del experimento.....	42
4	HIPÓTESIS.....	43
4.1	Hipótesis de trabajo	43
5	OBJETIVOS.....	43
5.1	General	43
5.2	Específicos.....	43
6	METODOLOGÍA	44
6.1	Identificación, colecta de hongos, y preparación de inóculos	44
6.2	Inoculación.....	44
6.3	Tratamientos	44
6.4	Manejo y mantenimiento de las plántulas micorrizadas en contenedor	45
6.5	Diseño experimental	45
6.6	Modelo Estadístico.....	45
6.7	Variables de respuestas evaluadas.....	46
6.8	Recolección de datos.....	46
6.9	Análisis de la información recopilada	46
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
7.1	Determinación de la capacidad de formación de ectomicorrizas	47
7.2	Identificación de la cepa más eficiente	48
8	CONCLUSIONES	51
9	RECOMENDACIONES	52
10	BIBLIOGRAFÍA.....	53
11	APÉNDICES.....	55
11.1	Apéndice 1	55
CAPÍTULO III.....		56
1	PRESENTACIÓN.....	57

2 SERVICIOS.....	58
2.1 Servicio 1: <i>Planificación de las actividades operativas del PNNU</i>	58
2.1.1 Planteamiento del problema	58
2.1.2 Objetivo	58
2.1.3 Metodología.....	58
2.1.4 Resultados	58
2.2 Servicio 2: <i>Capacitación técnica dirigida a los guardarrrecursos del PNNU en proyectos de reforestación y manejo forestal</i>	59
2.2.1 Planteamiento del problema	59
2.2.2 Objetivo	59
2.2.3 Metodología.....	59
2.2.4 Resultados	59
2.3 Servicio 3: <i>Replanteo forestal y mantenimiento en tres reforestaciones del Parque Nacional Naciones Unidas localizadas en la Zona de Protección</i>	60
2.3.1 Planteamiento del problema	60
2.3.2 Objetivo	60
2.3.3 Metodología.....	60
2.3.4 Resultados	60
2.4 Servicio 4: <i>Monitoreo y control de factores de degradación del bosque</i>	61
2.4.1 Planteamiento del problema	61
2.4.2 Objetivos	61
2.4.3 Metodología.....	61
2.4.4 Resultados	62
2.5 Servicio 5: <i>Sistematización del material bibliográfico generado por la Fundación Defensores de la Naturaleza</i>	62
2.5.1 Planteamiento del problema	62
2.5.2 Objetivos	62
2.5.3 Metodología.....	63

2.5.4 Resultados	63
------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa esquemático de la dinámica social del PNNU y sus alrededores	16
Figura 2. Porcentaje de micorrización para cada uno de los tratamientos.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nomina de los empleados del PNNU.	12
Cuadro 2. Calendario anual de actividades en el PNNU.....	13
Cuadro 3. Leyenda fisiográfica de los suelos del PNNU.	20
Cuadro 4. Matriz de priorización de problemas.	24
Cuadro 5. Tratamientos y sus códigos.....	45
Cuadro 6. Formación de ectomicorrizas.....	47
Cuadro 7. Resumen del Andeva para la respuesta porcentaje de micorrización.....	49
Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey para porcentaje de micorrización	49
Cuadro 9A. Cuadro de doble entrada, con resultados de raíces micorrizadas y raíces secundarias totales, para cada unidad experimental.....	55
Cuadro 10A. Porcentaje de micorrización para cada una de las unidades experimentales.....	55
Cuadro 11. Calendario de las actividades operativas del PNNU.....	58

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL PARQUE NACIONAL NACIONES UNIDAS (PNNU)

RESUMEN

El contenido del presente documento corresponde al trabajo de graduación realizado en el Parque Nacional Naciones Unidas de febrero a diciembre de 2,004. Este documento está conformado por el Diagnóstico del funcionamiento administrativo del Parque Nacional Naciones Unidas (PNNU), mediante el cual se caracterizó su dinámica laboral y social, y asimismo se identificó su problemática.

El proyecto de Investigación, correspondiente al Capítulo II, se justificó en la circunstancia de que anualmente los terrenos del PNNU son reforestados, y sin embargo estos proyectos de repoblación no sobreviven al segundo año de plantación, por lo que la investigación determinó los efectos simbióticos de hongos ectomicorrícicos sobre plántulas de pino en fase de vivero, para la obtención de plántulas micorrizadas que puedan utilizarse en futuros proyectos de reforestación.

En el Capítulo III se presenta el programa de servicios ejecutados en el PNNU a lo largo del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía. Estos servicios consistieron en la gestión de personal para el ordenamiento de las actividades del PNNU, la capacitación de los guardarrecurso para el manejo de las plantaciones forestales, el enriquecimiento de repoblaciones forestales, el monitoreo de actividades de saqueo de productos del bosque del PNNU y la sistematización de los documentos bibliográficos generados por la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), coadministradora del PNNU.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO DEL PARQUE NACIONAL NACIONES UNIDAS (PNU)

1 INTRODUCCIÓN

Este diagnóstico determinó los procesos del funcionamiento operativo del Parque Nacional Naciones Unidas (PNNU) e identificó los problemas que limitan su pleno desarrollo, a partir de los cuatro componentes básicos con que se aborda su administración: antropológico, edafológico, cobertura vegetal e hídrico. Resultado de él se construyó una jerarquización de problemas, a partir del cual se propusieron los programas de servicios e investigación encaminados a proponer soluciones concretas a la problemática identificada.

Identifica también una serie de amenazas externas, como marco de referencia de los fenómenos sociales que ocurren en los alrededores del Parque, que no pueden ignorarse al tratar de abordar su caracterización.

2 OBJETIVOS

2.1 General

Caracterizar la situación actual del Parque Nacional Naciones Unidas desde la perspectiva de cuatro componentes básicos.

2.2 Específicos

Determinar los procesos de funcionamiento operativo del Parque Nacional Naciones Unidas.

Identificar los problemas relacionados con el funcionamiento operativo del Parque Nacional Naciones Unidas.

Elaborar un listado de jerarquización/priorización de problemas inherentes al funcionamiento del Parque Nacional Naciones Unidas.

Identificar amenazas externas, como referencia a los fenómenos sociales que ocurren en los alrededores del Parque.

3 METODOLOGÍA

Se elaboró un Diagnóstico situacional del Parque Nacional Naciones Unidas siguiendo un esquema híbrido entre las metodologías de Diagnóstico convencional y Diagnóstico participativo; este diagnóstico estuvo enfocado desde cuatro componentes básicos: a) Componente antropológico; b) Componente cobertura vegetal; c) Componente hidrológico y d) Componente edafológico.

Este esquema híbrido consistió en una Primera Fase de reconocimiento del área y de los trabajadores del Parque y sus actividades cotidianas, la cual sirvió para integrarse a las actividades mismas e identificar a aquellos trabajadores con más tiempo de laborar en el Parque.

La Segunda Fase consistió en la recopilación de información secundaria, es decir, toda aquella información referente a las metodologías de elaboración de diagnósticos de caracterización como la información existente en referencia al Parque en los cuatro componentes básicos que han servido para la elaboración del Marco teórico referencial.

En la Tercera Fase, o Fase de Identificación de problemas se procedió a abordar individualmente al grupo de trabajadores con más experiencia dentro del Parque y mediante la técnica de observación participante se extrajo desde su perceptiva la serie de problemas y sus posibles soluciones en los cuatro componentes básicos de la investigación. En la Fase Final se procesó y digitalizó la información obtenida en las Segunda y Tercera Fases.

4 RESULTADOS

4.1 Marco teórico conceptual

4.1.1 Diagnóstico

Proceso mediante el cual se puede tener una apreciación crítica de las condiciones biofísicas, socioeconómicas, tecnológicas e institucionales del área de trabajo, que se concentra en el análisis y priorización de la problemáticas sobre la cual pretende incidir el Ejercicio Profesional Supervisado (Elías, 1998).

4.1.2 Diagnóstico convencional

Metodología que consiste en determinar desde el punto de vista del investigador la situación actual y las problemáticas que presenta una determinada comunidad. Se apoya básicamente en información secundaria (Elías, 1998).

4.1.3 Diagnóstico participativo

Método para determinar desde el punto de vista de los miembros de la comunidad qué actividades son necesarias y pueden apoyarse. Los miembros de la comunidad identifican las condiciones que son necesarias para la realización de actividades y acopian información para determinar si la comunidad reúne estas condiciones o podría tenerlas (Elías, 1998).

4.1.4 Herramientas del diagnóstico participativo

Comprende la caja de herramientas del diagnóstico participativo, y en ella se tiene (Elías, 1998):

a) Análisis de fuentes

Comprende material de apoyo, documentos científicos, resultados de investigaciones anteriores, informes, estadísticas, mapas topográficos, etc. Todos estos son datos existentes, publicados o no, sobre el tema de investigación o el lugar del tema. Es recomendable no invertir demasiado tiempo en el tratamiento de datos secundarios (Elías, 1998).

b) Técnicas de observación

Comprende la observación directa y la observación participante. La observación directa es el registro minucioso y sistemático de los fenómenos observables en su contexto real; debe realizarse de la más discreta manera posible. Para la observación participante existe un objetivo central que es comprender las percepciones de la comunidad local, e incluso poder asimilarlas mediante la participación en los procesos cotidianos de la comunidad, y debe basarse en una comprensión sociocultural (Elías, 1998).

c) Cronologías

Cada comunidad tiene una herencia de experiencia y conocimiento que influye en sus actividades y su comportamiento. Una cronología es una lista de eventos claves en la historia de la comunidad que ayuda a identificar tendencias, problemas y logros en la vida de la comunidad misma (Elías, 1998).

d) Calendario estacional

El calendario estacional trata de establecer los patrones regulares de actividad y sucesos cíclicos completos dentro de la comunidad (Elías, 1998).

e) Técnicas de jerarquización/priorización

Se entiende esta tarea como el acto de acomodar y ordenar de acuerdo con su importancia relativa un conjunto de aspectos en la problemática comunitaria. Este ordenamiento jerárquico debe ser hecho por la comunidad y sus representantes (Elías, 1998).

f) Elaboración de diagramas, mapas y modelos

Sirven para la planificación, discusión y análisis de la información dentro del equipo, o conjuntamente con los miembros de la comunidad. Estos modelos permiten a los miembros menos locuaces de la comunidad participar en la búsqueda de soluciones a los problemas (Elías, 1998).

g) Mapas sociales

Los mapas sociales muestran en dónde se encuentran los recursos, viviendas, actividades, problemas y oportunidades. Es fundamental conocer los límites y

características de la comunidad; son útiles en la identificación de condiciones y en la planificación, operación y ejecución y brindan la oportunidad de superponer mapas (Elías, 1998).

h) Diagrama institucional

Hay diversas instituciones y actores que intervienen en la vida de la comunidad. Es fundamental en todo caso saber qué instituciones son las más importantes y cuáles tienen el respeto y confianza de la comunidad como para impulsar actividades de desarrollo. El análisis institucional ayuda a conocer las actividades dentro de la comunidad de distintos grupos y organismos internos y externos (Elías, 1998).

4.2 Marco referencial

4.2.1 Ubicación geográfica y generalidades físicas del Parque

El Parque Nacional Naciones Unidas (PNNU) se localiza en el Departamento de Guatemala, a 22 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, con jurisdicción político-administrativa en las Municipalidades de Villa Nueva y Amatitlán. Según el Acuerdo Gubernativo del usufructo que da la administración del PNNU a la Fundación Defensores de la Naturaleza, el Parque tiene una extensión de 372.46 ha, con elevaciones de 1,190 a 1,330 metros sobre el nivel del mar. El Parque está limitado al norte por la Carretera CA-9, parcelas agrícolas, cuatro urbanizaciones y remanentes de la finca Arabia; al sur por industrias, residenciales, el Parque de Las Ninfas y la Dirección Técnica de Pesca; al este por distintas urbanizaciones y el Parque Recreativo Arana Osorio; al oeste por la Carretera CA-9 (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

La antigua carretera a Amatitlán cruza el terreno del Parque, partiéndolo en dos unidades completamente separadas. Una de estas unidades, conocida como Zanjón Malena, está constituida por barrancos con pendientes pronunciadas, y es delimitada en parte por la autopista a Escuintla y la antigua carretera a Amatitlán; la otra unidad está ubicada en una pequeña planicie que se localiza en el punto más alto del cerro conocido como el Filón (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

4.2.2 Ubicación natural

El área que ocupa el Parque Nacional Naciones Unidas se ubica dentro de la subcuenca del río Platanitos, cuenca del Lago de Amatitlán. Los parámetros climáticos de la subcuenca se registran en la estación Tipo A denominada INSIVUMEH ubicada en el municipio de Guatemala, en la cual se registran los siguientes parámetros climáticos (González, 2002):

Precipitación pluvial	926.8 mm/año
Evapotranspiración potencial	114.1 mm/año
Temperatura media	22.68 °C
Humedad relativa	8.87%
Velocidad del viento	11.59 km/hora

La clasificación climática propuesta por Thornthwite indica que el Parque Nacional Naciones Unidas está regido por los siguientes climas (González, 2,002):

B'a'Cr Semicálido en cuanto a temperatura (B'), sin estación fría bien definida con respecto a la variación de temperatura (a'), clima semiseco con vegetación natural característica pastizal (C), y con estación seca bien definida (r).

B'a'Bi Semicálido en cuanto a temperatura (B'), sin estación fría bien definida con respecto a la variación de temperatura (a'), clima húmedo con vegetación natural característica bosque (B), e invierno seco (i).

Según el sistema de clasificación de zona de vida propuesto por Holdridge, el área es clasificada como Bosque Húmedo Tropical Templado; sin embargo se han perdido las características de este bosque, ya que la flora y la fauna nativas han desaparecido completamente (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

4.2.3 Manejo y ente administrador del Parque Nacional Naciones Unidas

El administrador del área protegida es la Fundación Defensores de la Naturaleza; ésta es una Fundación privada, apolítica, sin fines de lucro, con autonomía institucional y que maneja otras tres áreas protegidas; fue creada en 1,983 y se encuentra dedicada a trabajar eficientemente por el conocimiento, cuidado, uso sostenible, recuperación y

conservación del patrimonio natural de Guatemala para el bienestar de la humanidad, con la participación activa de la sociedad (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

Las acciones de la Fundación Defensores de la Naturaleza se enmarcan dentro de los planes maestros de sus áreas, los que son aprobados por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

4.2.4 Zonificación del Parque Nacional Naciones Unidas

La Ley de Áreas protegidas establece que toda área protegida deberá tener su respectiva zona de amortiguamiento, en la cual se evitarán actividades que la afecten negativamente. La delimitación y extensión de esa zona, así como las actividades que se podrán efectuar en ella se establecerán de acuerdo con las características particulares de cada área que se describirán el plan maestro. De acuerdo a lo anterior, se cuenta con una zonificación interna que se describe a continuación, incluyendo las actividades generales que se pretenden llevar a cabo en cada zona ((Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

a) Zona de uso intensivo

Zona dedicada a la recreación y educación ambiental intensiva, con servicios e infraestructura acorde a su capacidad de carga. Esta zona cuenta con seguridad y control eficiente, por lo que en ella no se presentan incendios, tala o contaminación por desechos.

Dentro de las actividades recreativas se llevan a cabo deportes de bajo impacto, como caminata o bicicleta corriente en senderos acorde a la actividad, juegos para niños, y deportes extremos como bicicleta de montaña, vuelo libre y escalada en roca. Además se desarrollan programas de educación tanto ambiental como cultural (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

b) Zona de recuperación

Zona dedicada a la recuperación de la cobertura boscosa y por ende de la integridad de los suelos y los procesos ecológicos de la cuenca, así como la relación entre especies. La principal actividad consiste en reforestación, investigación y cuidado de la cobertura existente; también se llevan a cabo actividades de educación ambiental controlada de bajo impacto (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

c) Zona de protección

Zona dedicada a la protección de los recursos existentes, en donde las principales actividades serán la investigación y protección, se podrán llevar a cabo actividades de educación ambiental controlada de bajo impacto (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

4.2.5 Infraestructura

El parque cuenta con una zona recreativa dentro de la Zona de Uso Intensivo, la Plaza Guatemala, construida en 1,974. Es una estructura constituida por una serie de edificaciones que representa la arquitectura preclásica, clásica y colonial de Guatemala. La Plaza Guatemala cuenta con dos áreas de sanitarios, red de servicio de agua, electricidad y un módulo de oficinas administrativas. Entre la Plaza Guatemala y el Filón fue construido un mirador que permite apreciar panorámicamente el contorno del lago de Amatitlán (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003). También se cuenta con dos canchas pavimentadas, una de baloncesto y otra polideportiva, así como una de barro utilizada para encuentros de fútbol.

Se cuenta con una bodega donde se almacenan las herramientas, además de una caballeriza que resguarda durante la noche 7 caballos adultos (5 yeguas) y dos potros que se alimentan básicamente del pasto que se reproduce naturalmente en el Parque, más un suplemento alimenticio concentrado.

Se maneja dentro del Parque un vivero ornamental, a descubierto y de aproximadamente 600 m², donde actualmente se cuidan plantas en bolsas de *Pinus* sp., *Cedrela* sp., *Persea* sp. y *Gravilea* sp. entre otras, además de especies ornamentales.

4.3 Componente antropológico

4.3.1 Historial

El Parque Nacional Naciones Unidas fue declarado "Parque Nacional" según Acuerdo Presidencial del 26 de Mayo de 1,955. Es uno de los cinco Parques Nacionales más antiguos del país.

Mediante el Acuerdo Gubernativo No. 319-97 el Presidente de la República acuerda otorgar en usufructo por veinticinco años, y sus posibles prórrogas, a título gratuito y libre

de garantía a la Fundación Defensores de la Naturaleza, una fracción de terreno con una extensión de 372.46 ha de la Finca propiedad de la Nación inscrita como Finca Rústica No. 53854, folio 250 del Libro 989 de Guatemala, de conformidad con el plano elaborado para el efecto, con las medidas, colindancias y orientaciones detalladas (Presidencia de la República, 1997).

Sin embargo, han existido desmembraciones y cesiones de terrenos del Parque a entidades gubernamentales como la Empresa Estatal de Telecomunicaciones, el Ministerio de Trabajo y la Municipalidad de Villa Nueva; según el mapa de Zonificación del Parque, elaborado en 2002, la suma total del área del parque asciende solamente a 312 hectáreas.

De acuerdo a uno de los trabajadores más antiguos del parque, en un inicio el área que actualmente ocupa el PNNU formaba parte de la finca Bárcena que fue desmembrada, parcelizada y repartida a un grupo de campesinos en el período presidencial del coronel Jacobo Árbenz Guzmán; sin embargo con la contrarrevolución, durante el gobierno presidencial del coronel Carlos Castillo Armas, este grupo de parcelarios fue expulsado y el área desocupada pasó a constituir el Parque Nacional Naciones Unidas.

Durante su parcelización, los terrenos del área fueron utilizados para producción agrícola intensiva de maíz (*Zea mays*) principalmente, por lo que hubo una remoción total de la cobertura vegetal; actualmente el parque no cuenta con bosques primarios, toda la cobertura forestal actual es resultado de trabajos de reforestación. Estas declaraciones resultan verosímiles al confrontarlas con el Acuerdo Presidencial del 16 de mayo de 1,955, donde el Presidente de la República acuerda *Dejar definitivamente bajo la jurisdicción del Ministerio de Agricultura, los terrenos que se desmembraron de la finca Nacional "Bárcena" [...] Estos terrenos los destinará el Ministerio de Agricultura para la formación del parque Nacional "Naciones Unidas" y para trabajos de reforestación* (Presidencia de la República, 1997).

El Parque fue dividido en lotes asignados a los diferentes países miembros del sistema de la Organización de las Naciones Unidas con la idea de que cada país acreditado construyera una plaza en la cual mostraría algún modelo representativo de su

cultura; se construyó únicamente la Plaza Guatemala durante el régimen del General Kjell Laugerud García, período del cual también data la mayoría de la infraestructura del Parque (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

Desde su creación, el PNNU estuvo bajo la administración de varias instituciones gubernamentales, siendo las más recientes la Dirección Forestal del Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional Forestal (INAFOR), y la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS).

Hasta mediados de la década de 1970, según uno de los guardarrecursos del Parque, no se habían presentado problemas de delincuencia dentro del Parque; éstos comenzaron cuando los alrededores comenzaron a poblarse en colonias, y varios grupos de invasores formaron asentamientos. Fue hasta entonces cuando se sucedieron asaltos, violaciones, asesinatos y saqueos de leña y madera dentro del Parque y el interés por visitarlo decayó, hasta la fecha; se puede sumar también la inseguridad y el temor vividos durante la guerra interna, ya que el Parque mismo y sus inmediaciones se convirtieron en un tiradero de los cadáveres de las víctimas directas e indirectas del conflicto armado interno.

Cuando la administración del PNNU fue tomada por la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), el Parque se encontraba en un estado total de abandono. Durante el ínterin ocurrido entre la desaparición de DIGEBOS (último administrador del Parque) y la Administración de FDN, solamente cuatro guardarrecursos estuvieron al cuidado del parque recreativo, donde se ubica la infraestructura, sin recibir salarios por cuatro meses. De esto último se deduce que el Instituto Nacional de Bosques nunca administró el PNNU, puesto que la Administración del PNNU pasó a la FDN el 27 de abril de 1997, siendo los cuatro meses que los cuatro guardarrecursos estuvieron sin salario la diferencia de tiempo sin administración que hubo desde la desaparición de DIGEBOS (señalada con la creación de INAB, en diciembre de 1996) hasta la administración de FDN.

4.3.2 Estructura administrativa

La estructura organizativa del PNNU está conformada por el *Director*, que es la persona encargada de todas las actividades directivas del parque, así como representación, coordinación, supervisión, toma de decisiones y es quién reporta ante el

Director Ejecutivo los avances y necesidades del parque; el *Asistente Administrativo*, encargado de todas las actividades secretariales, operación del Nuevo Sistema de Información, y quien también realiza algunas actividades administrativas; el *Encargado de Guardarrecursos* quien coordina, dirige y supervisa las diferentes actividades que realizan los guardarrecursos, y también se encarga de las compras y cotizaciones; y los *guardarecursos*, quienes vigilan, controlan, protegen y mantienen los recursos del parque (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

Actualmente el Parque cuenta con 20 guardarrecursos de planta y dos empleados administrativos. Durante un día normal de actividades cuenta con 16 guardarrecursos en promedio, ya que dos de ellos laboran bajo un régimen de 24 por 24 horas, que son los encargados de la vigilancia, y dos están de descanso. Los guardarrecursos laboran 44 horas a la semana, es decir 5 jornadas y media de 8 horas; sin embargo, para contar con el mismo número de trabajadores todos los días, se distribuyen los descansos todos los días de la semana, con el resultado ya mencionado que se ausentan 4 trabajadores en un día normal, incluidos los dos guardianes de turno.

Cuadro 1. Nomina de los empleados del PNU.

No.	Nombre	Situación
1	Carlos Morales	Guardarrecurso temporal
2	Jesús Carreto	Guardarrecurso temporal
3	Felipe Rodríguez	Guardarrecurso temporal
4	Silvestre Utuy	Guardarrecurso temporal
5	José Luis Rodríguez	Guardarrecurso temporal
6	Wilmer López	Guardarrecurso temporal
7	Merardo Orantes	Guardarrecurso permanente
8	José María Ramírez	Guardarrecurso permanente
9	Rafael Alvarado	Guardarrecurso permanente
10	José Rucal	Guardarrecurso permanente
11	José Valle	Guardarrecurso permanente
12	Silverio Galicia	Guardarrecurso permanente
13	Ricardo Flores	Guardarrecurso permanente
14	Fermín Hernández	Guardarrecurso permanente
15	Vidal Cruz	Guardarrecurso permanente
16	Miguel Ramos	Guardarrecurso permanente
17	Manuel García	Guardarrecurso permanente
18	Álvaro González	Guardarrecurso permanente
19	Julio Toj	Encargado de personal
20	Virgilio López	Jefe de campo
21	Licda. Silvia Roy	Asistente administrativo
22	Licda. Ximena Leiva	Directora

Estos guardarrecurso tienen asignadas labores de prácticas culturales de mantenimiento de las reforestaciones, y mantenimiento, seguridad y funcionamiento del parque; estas actividades se distribuyen de la siguiente manera a lo largo de un año:

Cuadro 2. Calendario anual de actividades en el PNNU.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Mantenimiento y seguridad del Parque												
Chapeos y plateos en reforestaciones												
Rondas cortafuegos			Reforestaciones									Rondas

4.3.3 Diagrama institucional

El Parque Nacional Naciones Unidas mantiene relaciones de cooperación institucional con ciertas Empresas Privadas e Instituciones gubernamentales; entre ellas:

a) Carta de entendimiento con Jardín Mil Flores

Jardines Mil Flores S.A., empresa exportadora de semillas con sede en Amatitlán, mediante una carta de entendimiento firmada por su Gerente General y por la Directora del PNNU hace constar la unión de esfuerzos para el desarrollo de actividades de protección y conservación de los recursos dentro de los límites del PNNU. En esta Carta de Entendimiento el Parque aportará el área, equipo necesario, rotulación, coordinación y supervisión de las actividades específicas, y la Empresa Mil Flores aportará el trabajo de una persona por un año para el mantenimiento de dicha área.

b) Convenio con la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el lago de Amatitlán

Existe un Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y el lago de Amatitlán (AMSA) y la Fundación Defensores de la Naturaleza. En este convenio se considera que al encontrarse el Parque dentro de los límites de la Cuenca, es necesario trabajar conjuntamente para la *protección y manejo de la cuenca*.

Actualmente, en virtud de este convenio, AMSA maneja un proyecto de reforestación de aproximadamente 8 hectáreas situada en la zona de Recuperación del PNNU, donde actualmente se encuentran trabajando ocho personas, ajenas al personal del PNNU.

c) Proyecto de cooperación con Club Rotario ciudad de Guatemala

El Club Rotario Ciudad de Guatemala ha girado los fondos necesarios para el establecimiento y mantenimiento durante los años 2,003 y 2,004 de 10 ha de reforestación mediante el Proyecto de Cooperación para Reforestación del Parque Nacional Naciones Unidas. Este proyecto está actualmente (año 2,004) ejecutándose por el Parque Nacional Naciones Unidas.

d) Cooperación con el grupo Scout, y la Granja Crecer

Actualmente existen conversaciones sobre futuros programas de cooperación interinstitucional con el Grupo Scout de Villa Nueva, y con el Programa Educativo Granja Crecer.

También existen proyectos ejecutados por empresas privadas, contratadas para labores específicas en el Parque; estos proyectos son resultado de asignación de fondos previa presentación de los proyectos a nivel de factibilidad a entidades financieras.

4.3.4 Jerarquización/priorización de las actividades laborales dentro del PNNU

En general, la mayoría de los trabajadores coincide en que dentro de las actividades que no deben dejar de atenderse dentro del PNNU están las siguientes:

- a) Vigilancia del área recreativa los días sábado, domingo y otros cuando la afluencia de visitantes es mayor. Dentro de los días laborales, los viernes se reciben visitas de centros de estudios, en su mayoría de Villa Nueva.
- b) Mantenimiento y limpieza de las instalaciones
- c) Cuidado y manejo de las reforestaciones existentes.

En caso de presentarse un incendio forestal, se desplaza todo el personal disponible al sitio del siniestro para controlarlo y erradicarlo. Esto significa que deben suspenderse todas las actividades que en ese momento se están realizando, a excepción de un pequeño grupo que se encarga de la vigilancia del Parque Recreativo.

Además existen las actividades propias de operación del Parque Nacional, sobre todo en el Parque Recreativo, tales como la limpieza de los servicios sanitarios, recolección de basura, llenado de las cisternas de agua, etc. que ocupan una considerable fracción del tiempo de los trabajadores.

El cuidado de los caballos encierra problemas, ya que no existe una parcela forrajera que les provea de forraje verde durante la época seca, y durante un día a la semana (domingo) no se les saca a pastar; además son susceptibles al ataque de ectoparásitos. Con una frecuencia de 2 meses aproximadamente, un médico veterinario visita la caballeriza y chequea el estado de los caballos.

Otra de las actividades consiste en “guardabosqueado”, es decir la vigilancia de las plantaciones forestales maduras a fin de evitar o disminuir los constantes saqueos de madera y leña por parte de vecinos de asentamientos adyacentes al parque; las especies afectadas por estas extracciones son *Pinus sp.*, *Cupressus sp.* y *Eucaliptus sp.*

Sucedan situaciones en que se dañan las estructuras físicas del Parque Recreativo, y se hacen necesarios trabajos de reparación en carpintería, albañilería o plomería; en tales casos existen dentro del personal guardarrecurso con experiencia en carpintería, albañilería o plomería que se encargan de reparar los daños.

4.3.5 Mapas sociales

Como se ha mencionado, hasta mediados de la década de 1,970 no se habían presentado problemas de delincuencia dentro del Parque; éstos comenzaron cuando los alrededores comenzaron a poblarse en colonias, y varios grupos de invasores formaron asentamientos. Estas aglomeraciones humanas, caracterizadas en su mayoría por sus escasos recursos económicos, ejercen desde entonces cierta presión que impacta negativamente sobre los recursos bosque y fauna del PNNU en particular, y los recursos suelo y agua de la cuenca del Lago de Amatitlán en general.

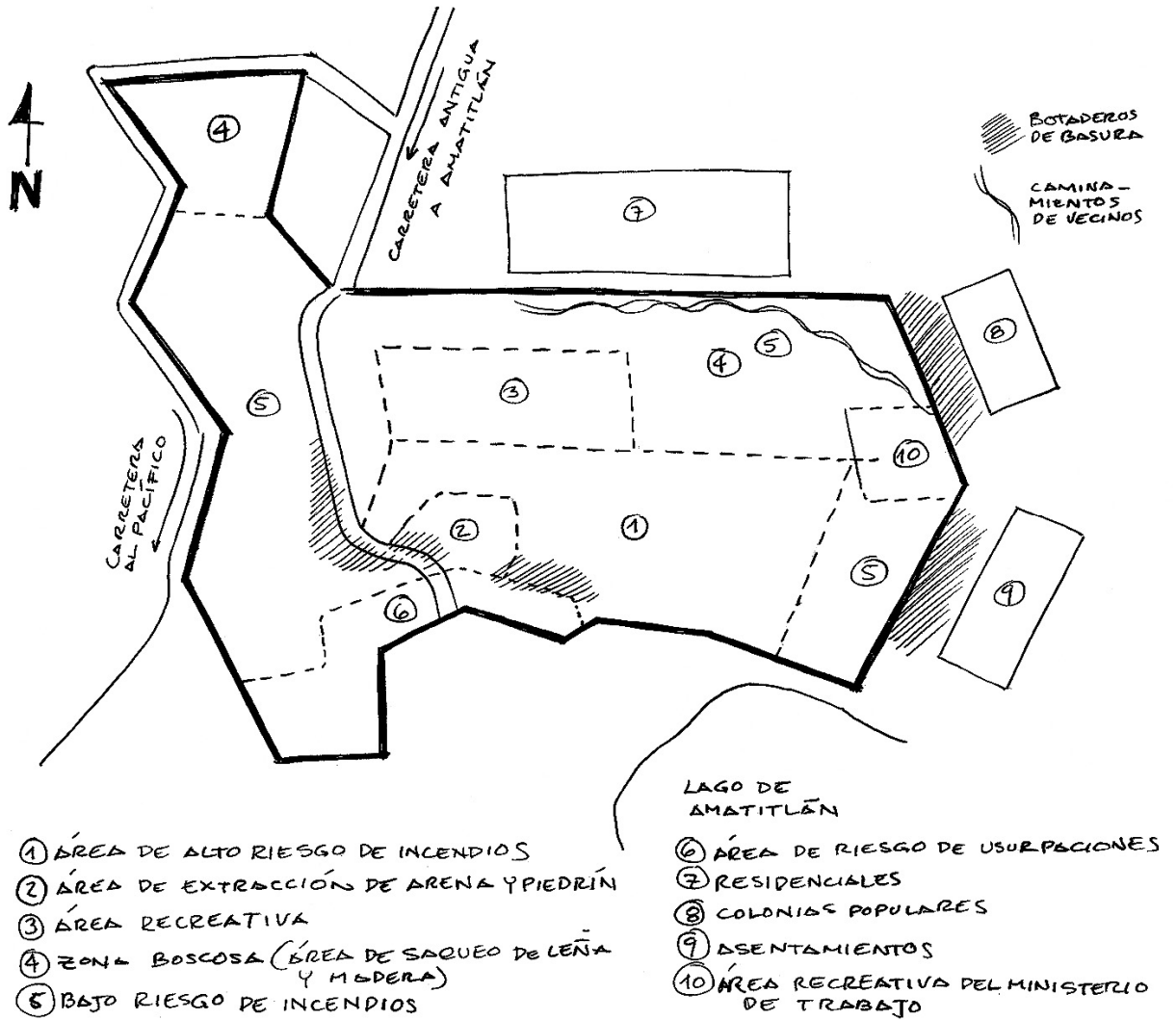


Figura 1 Mapa esquemático de la dinámica social del PNNU y sus alrededores

En la figura 1 se presenta un mapa esquemático que muestra la distribución de los centros poblados alrededor del Parque, la incidencia de incendios, las zonas de extracción del recursos forestales, la zona de incidencias de asaltos a visitantes, y las zonas donde podrían darse usurpaciones de terrenos.

4.4 Componente cobertura vegetal

La cobertura vegetal actual del PNNU es resultado de la remoción total de la cobertura boscosa original durante el período de producción agrícola intensiva; donde los trabajos de reforestación han fracasado se observan claramente indicios de una temprana sucesión secundaria: desarrollo de una vegetación dominada por hierbas que con el tiempo darán lugar a una vegetación arbórea con estructura y composición florística similar al bosque original; este proceso según Bastiaan Louman puede llevar cientos de años.

La vegetación que actualmente cubre la superficie del PNNU se encuentra coincidentemente distribuida siguiendo el patrón de la zonificación del Parque:

En la zona de Uso Intensivo (109.77 ha) se encuentra concentrada la cobertura forestal, con un bosque denso sobremaduro de *Eucaliptus* sp y *Casuarina* sp, con tres rodales aislados de *Pinus* sp, bien definidos, y tres rodales aislados de *Cupressus* sp. asimismo bien definidos. Se evidencia que en esta zona la ocurrencia de pastos y vegetación de sotobosque es nula, por lo que el riesgo de un incendio forestal es mínimo.

La zona de Recuperación (104.61 ha) se encuentra básicamente desprovista de cobertura boscosa, a excepción de tres reforestaciones de un año de edad. En las primeras dos, de 5.66 ha y 4.65 ha de superficie, se han utilizado plantas de *Pinus* sp, *Jacaranda* sp., *Tabebuia* sp., *Persea* sp. y *Tecoma* sp; la tercera reforestación, de aproximadamente 8 hectáreas también cuenta con las anteriores especies, además de *Babuinia* sp. En las tres áreas reforestadas se hacen permanentes labores culturales de mantenimiento, como chapeos y plateos en prevención de incendios de pastizales, que en ocasiones han destruido en parte o totalmente plantaciones establecidas.

La zona de Protección (98.61 ha) se encuentra en su totalidad cubierta de pastos, en su mayoría jaraguá (*Hyparrhenia* sp.). En esta zona se encuentran árboles de *Pinus* sp muy dispersos.

El Centro de Información Geográfica de la FDN ha editado varios mapas, entre ellos el de Cobertura vegetal residual, que detalla a una escala de 1:15,500 información referente al estado de la cobertura vegetal del PNNU en el año 2002.

Se cuenta con un inventario forestal que cubre 62.00 has (1/5 de la superficie del parque) de la zona de Uso Intensivo, elaborado en mayo de 2,002 por estudiantes de la carrera de Ingeniero Forestal de la Universidad del Valle.

Con excepción de la zona de Uso Intensivo, toda el área del PNNU corre el riesgo de ser consumida por incendios de pastizales durante la época seca; en su totalidad los incendios son provocados por pobladores de ciertos asentamientos periféricos, ya que el pasto dificulta la extracción de madera; otros incendiarios simplemente son malintencionados, y otros provocan incendios en ciertas áreas para concentrar el personal del PNNU en labores de apagado, mientras saquean leña en otra área del Parque, de acuerdo a conclusiones elaboradas por los propios guardarrecursos.

Durante 42 años, desde 1,955, el PNNU estuvo bajo la administración de varias instituciones gubernamentales, siendo las más recientes la Dirección Forestal del Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional Forestal (INAFOR), y la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS); todas estas instituciones trataron en su momento de reforestar todo el área del Parque, logrando este objetivo solamente en la Zona de Uso Intensivo donde se pueden observar plantaciones sobremaduras de *Eucaliptus* spp, *Casuarina* sp, *Pinus* sp y *Cupressus* sp. En las Zona de Recuperación y Zona de Protección, con terrenos con pendientes mayores a 50% las reforestaciones no han podido sobrevivir por más de dos años; esto probablemente debido al manejo técnico deficiente de las plantaciones en zonas marginales de producción forestal.

Se ha comprobado mediante los guardarrecursos del Parque que la causa del escaso éxito de las repoblaciones forestales en las Zona de Recuperación y Zona de Protección la constituye el bajo porcentaje de prendimiento de las mismas (indican que las *siembras no pegan*) y la alta incidencia de incendios forestales (a las plantaciones *se las come el fuego* aducen) durante la época seca que malogra las pocas plantas sobrevivientes. La circunstancia de no contar con una cobertura forestal madura propicia el desarrollo de pastos, de altos requerimientos de luminosidad y crecimiento rápido, que compiten ventajosamente con las plántulas forestales (el zacate *las ahoga*), y que al incendiarse, evento muy frecuente en la época seca, destruyen la repoblación forestal.

Posiblemente la incidencia de incendios de los pastizales sea una causa del bajo porcentaje de prendimiento de las repoblaciones forestales, y se puede afirmar con propiedad que la energía calorífica liberada durante un incendio de pastizales ha terminado con la microfauna, microflora y mesofauna del suelo, entre ellos los hongos formadores de micorrizas, obligadamente necesarios en el desarrollo fenológico de ciertas especies de *Pinus*. Al analizar el contenido microbiológico de una muestra de suelo, se esperaba encontrar valores nulos o mínimos de hongos micorrícicos y otros simbioses.

4.5 Componente hidrológico

Dentro del PNNU no existen estudios publicados referentes a su estado hídrico subterráneo; solamente los trabajadores del mismo indican que posiblemente se encuentren mantos de acuíferos a profundidades mayores a 125 metros, y citan como referencia los pozos que se han perforado en las colonias vecinas de Villa Romana y Naciones Unidas II, de esas profundidades.

Existen problemas de abastecimiento de agua en el Parque, ya que como se ha indicado, no cuenta con pozos propios como tampoco con ningún sistema de distribución de agua potable. Con cierta regularidad, los lunes y los jueves llega un camión cisterna a vender “una pipa” de aproximadamente 5 m³ de agua que surte los servicios sanitarios del parque, y esta agua es también utilizada para el mantenimiento del vivero y regado de las plantas ornamentales; en ocasiones estas provisiones se llegan a agotar completamente, y limitan el desarrollo de eventuales programas de jardinería y viveros.

Los procesos fisiológicos de *Eucalyptus* spp. y *Casuarina* sp. necesitan enormes cantidades de agua, razón por la cual rápidamente agotan los niveles de humedad del área que ocupan y provocan un déficit hídrico a la cobertura de sotobosque, resecaéndola y transformándola en combustible para incendios.

4.6 Componente edafológico

Los suelos del PNNU han perdido su horizonte orgánico original, a causa de su corto pero extensivo uso agrícola; actualmente los suelos del PNNU se encuentran degradados a causa de procesos erosivos hídricos y eólicos, en mayor grado donde la pendiente es mayor y la cobertura vegetal escasa o estacional (pastizales). En ciertas áreas de fuertes pendientes afloran cuerpos rocosos (Lira E, *et al.* 2000).

La característica principal de los suelos del PNNU es que se trata de suelos bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica, con profundidad aproximada de 25 centímetros, arcilloso, de color café oscuro, ligeramente ácida con pH alrededor de 6.0. Estas características provocan una difícil consolidación del suelo y mayor susceptibilidad a la erosión (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2003).

La Facultad de Agronomía, a través de los estudiantes del curso Mapeo y Clasificación de suelos y tierras realizó un estudio de clasificación de tierras y suelos en terrenos del PNNU, del cual se extrae la leyenda fisiográfica (Cuadro 3):

Cuadro 3. Leyenda fisiográfica de los suelos del PNNU.

Región fisiográfica	Región bioclimática	Gran paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Suelo
Tierras altas volcánicas	Bosque húmedo subtropical templado	Paisajes asociados a relieves montañosos, colinados, superficies de erosión y altiplanicies degradadas	Quebrada Malena a partir de ceniza volcánica riolítica (pómez)	Ladera estructural al este	Udic Haplustolls
				Escarpe menor oeste	Vitrandic Ustochrepts
			Meseta de Villa Nueva a partir de ceniza volcánica riolítica (pómez)	Colinas	tepic Haplustands
				Laderas estructurales	tepic Haplustands
				Ladera media	Udic Argiustolls
				Hombro	Udic Argiustolls
				Rellano	Udic Argiustolls
				Escarpe de olla	Udic Argiustolls
				Olla de deposición	Udic Argiustolls
				Área de disturbio (recreación)	
		Relieve montañoso denudacional	Escarpe mayor de Amatitlán	Escarpe de caldera	Vitrandic Ustochrepts/ Udic Haplustolls
				Área de disturbio (cantera)	

Fuente: Estudio semidetallado de los suelos del PNNU (Lira *et al*, 2000)

Según la Clasificación taxonómica de suelos elaborada por los estudiantes del curso de Mapeo y clasificación de suelos, de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos, el área que ocupa el PNNU presenta los siguientes tipos de suelos:

4.6.1 Udic Haplustolls

Suelos agrícolas por excelencia. Presentan una estructura bien desarrollada en la parte superficial del suelo, que permite que los suelos tengan una buena aireación a la par de una adecuada retención de humedad para el desarrollo de las plantas.

En términos prácticos, estos suelos presentan buenas condiciones de humedad en la época de mayor crecimiento de las plantas; presentan además colores oscuros, evidenciando la presencia de un alto contenido de materia orgánica (Lira *et al*, 2000).

4.6.2 Udic Argiustolls

Estos suelos presentan una capa subsuperficial con alta acumulación de arcillas, y se recomienda evitar la instalación de áreas de campamento o de visita masiva, así como limitar los senderos a aquellos ya establecidos, ya que el continuo pisoteo puede formar una capa endurecida a menos de 30 cm de profundidad. Esta capa endurecida podría causar encharcamientos de agua y la consecuente proliferación de insectos molestos para el visitante (Lira *et al*, 2000).

4.6.3 Typic Haplustands

En estos suelos se recomienda mantener la cobertura vegetal, ya que son susceptibles a erosionarse debido a su alto contenido de vidrio volcánico que limita la formación de agregados; además son poco profundos. Debe considerarse que si se piensa en el futuro sustituir en forma gradual la vegetación exótica por especies nativas, es necesaria la aplicación de suplemento de fósforo al momento de la plantación en campo definitivo de las nuevas repoblaciones, dada la alta capacidad de estos suelos para fijarlo en forma no aprovechable (Lira *et al*, 2000).

4.6.4 Vitrandic Ustochrepts

Suelos con capa superficial poco desarrollada (horizonte de 10 cm), baja capacidad de retención de fertilidad; debido a su textura arenosa y su alto contenido de pómez es muy susceptible a la erosión.

Sería totalmente equivocada la implementación de otras prácticas de conservación de suelos que no fuera cobertura vegetal en estos suelos; a la necesidad de reforestar se debe agregar el problema que representa la escasez de nutrientes de este suelo; considerando esto puede ser necesario iniciar el proceso de reforestación con especies como *Casuarina* sp, la cual es más tolerante a condiciones tan severas para posteriormente sustituirla por especies nativas (Lira *et al*, 2000).

4.6.5 Vitrandic Ustochrepts/Udic Haplustolls

Suelos con una delgada capa pedofílica sin horizontes diferenciados, con muy poca materia orgánica y niveles sumamente bajos de nutrientes, razón por la cual se dificulta en gran medida el manejo de esta área al tratar de establecer cierta cobertura vegetal. Se recomienda ubicar los puntos donde se encuentre un suelo relativamente profundo y establecer plantaciones con especies exóticas (Lira *et al*, 2000).

4.7 Identificación de problemas

4.7.1 Componente antropológico

Considerando las múltiples actividades de operación del Parque, el número de trabajadores del mismo no es suficiente para cubrirlas todas; además existe cierto desorden en cuanto a los días de descanso, ya que no se sabe con anticipación qué días tomarán de descanso determinados trabajadores, por lo que se hace difícil la planificación de actividades, y esto es causa de que ciertas labores se dejen de ejecutar. Es decir, los trabajadores numéricamente no son suficientes, sino además son subutilizados a causa de la desorganización a nivel de coordinación de personal.

Es un dato relevante que la casi totalidad de los trabajadores temporales y trabajadores permanentes no concluyeron el nivel primario de educación, y la deficiencia de conocimientos elementales en planificación y manejo de actividades es notoria.

Principal problema identificado: Desorganización del personal

4.7.2 Componente cobertura vegetal

Se observan tres problemas en cuanto a la cobertura vegetal: a) la baja biodiversidad en las áreas forestadas del parque, limitada a especies de *Pinus* spp, *Cupressus* sp, *Eucaliptus* spp, y *Casuarina* sp sin dosel de sotobosque, b) la deforestación

en un 60% de la superficie del Parque, área cubierta por pastos de ciclo de vida corto, susceptibles a incendios, y c) el nulo éxito observado en programas previos de reforestaciones, debido a un manejo técnico deficiente de las replantaciones.

Principal problema identificado: Manejo técnico deficiente, o ausencia de apoyo técnico, en las replantaciones forestales jóvenes, que no permite su sobrevivencia, y manejo técnico deficiente de las poblaciones forestales maduras.

4.7.3 Componente edafológico

Como consecuencia de no contar con una cubierta vegetal protectora, los suelos han sido degradados, perdiendo en su totalidad su horizonte orgánico; además la alta incidencia de incendios de pastizales en las zonas de Protección y Recuperación pudo haber aniquilado la microfauna, microflora y mesofauna del suelo (agentes simbioses) tornándose en un medio poco propicio para el establecimiento de repoblaciones forestales.

Principal problema identificado: Suelos degradados, sin fertilizantes ni simbioses que apuntalen la sobrevivencia de repoblaciones forestales.

4.7.4 Componente hidrológico

Por estar ubicado el Parque en un área de meseta, se esperaría que los mantos acuíferos estén localizados a ciertas profundidades que tornan onerosos los costos de extracción de agua. La deficiencia de recurso hídrico en el Parque se traduce en el difícil desarrollo de viveros ornamentales y forestales, así como descarta cualquier actividad de riego a las repoblaciones forestales en época seca.

Principal problema identificado: Baja disponibilidad del recurso hídrico.

4.7.5 Jerarquización/priorización de los problemas

Mediante la siguiente matriz de comparación, se priorizan el orden de los problemas identificados a proponer una solución:

Cuadro 4. Matriz de priorización de problemas.

	Desorganización del personal	Ausencia de apoyo técnico	Ausencia de simbioses en el suelo	Deficiencia del recurso hídrico
Desorganización del personal				
Ausencia de apoyo técnico	Desorganización del personal			
Ausencia de simbioses en el suelo	Desorganización del personal	Ausencia de apoyo técnico		
Deficiencia de recurso hídrico	Desorganización del personal	Ausencia de apoyo técnico	Ausencia de simbioses en el suelo	

Según la matriz de priorización de problemas, la prioridad de atención para proponer proyectos de solución a la problemática del PNNU será la siguiente:

- a) Desorganización del personal.
- b) Ausencia de apoyo técnico en manejo forestal.
- c) Ausencia de simbioses en el suelo.
- d) Deficiencia del recurso hídrico.

4.8 Identificación de amenazas

Con el asentamiento de núcleos de población humanos en los alrededores del Parque, la presión ejercida sobre los recursos sufrió un drástico aumento. Se identifican las siguientes amenazas externas:

4.8.1 Extracción de leña y madera

Es muy frecuente (frecuencia diaria) sorprender a mujeres acompañados de sus hijos pequeños recolectando leña arbustiva; sin embargo, antes y/o después del horario laboral de los guardarrecursos se suceden los saqueos más significativos, pues a estas horas son hombres quienes armados de machetes, hachas y en ocasiones de motosierras se dedican a la extracción de leña y troncos maderables de árboles de pino, ciprés y eucalipto. Estas actividades de saqueo se ven facilitadas por la circunstancia de no existir una barrera física que aisle los terrenos del Parque Nacional Naciones Unidas de las colonias y asentamientos localizados en las adyacencias norte y noreste del parque.

4.8.2 Botadero de basura

Se observa que en las orillas de la carretera antigua que conduce a Amatlán, principalmente, y en los linderos con los asentamientos localizados en las adyacencias norte y noreste del parque, todas las semanas se identifican focos de tiraderos de basura, que los trabajadores del Parque recolectan antes que las dimensiones del basurero aumenten.

4.8.3 Incendios de pastos

Como ya se ha mencionado, la totalidad de los incendios son provocados; esto causa que se desatiendan las actividades cotidianas de mantenimiento del Parque al sofocar un incendio.

4.8.4 Invasión de terrenos

Todo el tiempo existe el riesgo latente de invasión de terrenos, debido al déficit de vivienda del país, la relativa cercanía a la zona metropolitana, y el escaso apoyo de entidades estatales de seguridad. Sin embargo no sólo los invasores representan riesgo, sino también personas con terrenos vecinos al Parque, sobre todo en los linderos del sur, donde no existe una señalización de mojones, lenta pero constantemente aumentan su propiedad en detrimento del Parque, según observaciones de un guardarrecurso.

4.8.5 Asaltos y robos

Se corre el riesgo de robos a los parqueos y a los visitantes del Parque en los días sábado y domingo, razón por la cual se destina personal, desarmado, para monitorear los parqueos y vigilar la zona recreativa. Estos hechos delictivos, tanto dentro como fuera del parque, donde la incidencia es mayor, sobre todo en la noche, provocan la poca afluencia de visitantes al Parque.

5 CONCLUSIONES

5.1 Los problemas relacionados con el funcionamiento operativo del PNNU:

- a) Desorganización del personal.
- b) Ausencia de apoyo técnico, que no permite la sobrevivencia de nuevas repoblaciones, y el manejo adecuado de las repoblaciones maduras.
- c) Suelos degradados, sin fertilizantes ni simbiontes que posibiliten la sobrevivencia de repoblaciones forestales.
- d) Baja disponibilidad de recursos hídricos.

5.2 Se identificaron las siguientes amenazas externas al PNNU:

- a) Extracción de productos forestales.
- b) Botaderos de basura.
- c) Alta incidencia de incendios de pastizales.
- d) Invasión de terrenos.
- e) Incidencia de asaltos y robos.

5.3 La priorización de la problemática para el PNNU fue identificada en el siguiente orden:

- a) Desorganización del personal.
- b) Ausencia de apoyo técnico.
- c) Ausencia de simbiontes en el suelo.
- d) Deficiencia del recurso hídrico.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. Elías Gramajo, S. 1998. El diagnóstico y los servicios en el EPS: guía metodológica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada, Programa de Ejercicio Profesional Supervisado. 18 p.
2. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2003. Plan maestro Parque Nacional Naciones Unidas 2004-2008 (borrador). Guatemala. 87 p.
3. González, B. 2002. Evaluación del efecto del crecimiento urbano en la cobertura vegetal y el uso del suelo en la subcuenca del río Platanitos, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.
4. Lira, E *et al.* 2000. Estudio semidetallado de los suelos del Parque Nacional Naciones Unidas –PNNU-: curso mapeo y clasificación de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 72 p.
5. Louman, B; Quirós, D; Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 265 p.
6. Presidencia de la República de Guatemala, GT. 1997. Declaratoria del usufructo para la administración del Parque Nacional Naciones Unidas, acuerdo gubernativo no. 319-97. Guatemala. 17 p.

CAPÍTULO II
INVESTIGACIÓN
EFICIENCIA DE INOCULACIÓN ARTESANAL DE CUATRO CEPAS
ECTOMICORRÍCICAS SOBRE PLÁNTULAS DE *Pinus oocarpa* Schiede Y *Pinus*
maximinoi Moore EN FASE DE VIVERO

1 INTRODUCCIÓN

Según el estudio elaborado por UVG, INAB y CONAP, Guatemala perdió más de 73,000 hectáreas de bosque cada año, entre 1,991 y 2,001, por distintas causas, siendo las principales el avance de la frontera agrícola y la obtención de leña y madera.

Como respuesta a esta tendencia, se hace necesario conjuntar programas regionales de reforestación para establecer bosques artificiales con fines energéticos y de obtención de madera de aserrío, seleccionando áreas geográficas prioritarias y especies de pino micorrizadas, ya que éstas tienen mayores posibilidades de sobrevivencia en plantaciones (Torres, 1,989). No obstante, en la mayoría de viveros no se utiliza ninguna técnica de micorrización en plántulas de pino.

Plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi*, por ser las especies forestales de mayor distribución natural en Guatemala y por sus potenciales usos en proyectos de reforestación, fueron inoculadas con hongos micorrícicos para evaluar la capacidad de formación de micorrizas.

En esta investigación se recolectaron cuatro hongos micorrícicos y se prepararon con ellos los extractos que fueron inoculados en plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi*. Posteriormente se determinó la formación de micorrizas en las plántulas, se cuantificaron las tasas micorrización y se identificó la más eficiente cepa formadora de micorrizas.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Es un hecho ampliamente conocido que las micorrizas en plantas de pino confieren ventajas a sus hospederos en aspectos como nutrición vegetal, tolerancia al estrés hídrico, tolerancia a agentes patógenos y desarrollo fisiológico en general (Molina, 2005), por lo que plántulas de pino micorrizadas constituyen la mejor opción para proyectos de reforestación.

Sin embargo ninguna técnica de micorrización más o menos eficiente es utilizada, tanto en viveros comerciales como en viveros comunitarios, para la producción de plántulas de pino de calidad, por lo que se hace necesario plantear y desarrollar una metodología de inoculación micorrícica aplicable por viveristas.

Esta investigación trata de determinar la capacidad de formación de ectomicorrizas de los hongos *Scleroderma* sp., *Pisolithus* sp., *Laccaria* sp. e *Inocybe* sp. en plántulas de *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa* en fase de vivero, e identificar la cepa formadora de micorrizas más eficiente.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Generalidades de las micorrizas

Los hongos son importantes organismos recicladores de la materia orgánica en la naturaleza y en la nutrición de muchas plantas y animales. Se dividen en tres grandes grupos de acuerdo a su nutrición: parásitos, saprófitos y micorrícicos (Flores *et al.*, 2,000).

Díaz, citado por Flores *et al.* indica que los hongos parásitos son los que obtienen beneficio alimenticio perjudicando el metabolismo, fisiología o anatomía de un organismo huésped; los hongos saprófitos son los que se nutren de la materia en descomposición; y los hongos micorrícicos son los que se unen simbióticamente a la raíz de una planta para beneficiarse mutuamente.

Las micorrizas se definen como asociaciones mutualistas formadas por un hongo y las raíces de una planta superior, en las que ambos miembros de la asociación se benefician y participan activamente en la absorción y transporte de nutrientes. El hongo coloniza biotróficamente la corteza de la raíz sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológica y morfológicamente parte integrante de la raíz, a la vez que la planta hospedera proporciona al hongo simbionte compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis y un hábitat ecológico protegido (Molina *et al.*, 2,005). Es decir, la planta produce fotosintatos que comparte con los hongos, cubriendo sus demandas de carbono, y los hongos contribuyen a incrementar la absorción de agua y minerales que pasan a la planta, brindan protección física a las raíces, inducen la ramificación radicular y ofrecen protección bioquímica contra patógenos del suelo (Martínez, 2,007). El resultado es el mejoramiento de la tasa de crecimiento y de la supervivencia de las plantas, particularmente en hábitats adversos como los expuestos al estrés hídrico (Meyer *et al.*, citados por Martínez, 2,007).

3.1.2 Tipos de micorrizas

Los hongos micorrícicos se subdividen en a) endomicorrícicos, formadores de endomicorrizas, asociados principalmente a plantas herbáceas y arbustivas de climas cálidos, y b) ectomicorrícicos, formadores de ectomicorrizas, que se asocian a plantas forestales de climas templados a fríos. El 95% de las plantas vasculares forma uno de estos tipos de micorrizas (Flores *et al.*, 2,000).

a) Endomicorrizas o micorrizas endotróficas

Se caracterizan por la penetración del hongo en las células del córtex de las raíces micorrizadas, la ausencia del manto, y las modificaciones anatómicas en las raíces no visibles a simple vista (Molina *et al.*, 2,005).

b) Ectomicorrizas o micorrizas ectotróficas

En estas micorrizas las hifas del hongo envuelven los segmentos de las raíces colonizadas, y se entretajan alrededor de ellas formando una estructura anatómica denominada manto¹, característica de esta simbiosis. A partir del manto se desprenden las hifas que colonizan el medio y los cordones hifales denominados rizomorfos, los cuales dan origen a cuerpos fructíferos epígeos o hipógeos. Los hongos ectomicorrícicos pertenecen a las subdivisiones Basidiomycotina y Ascomycotina (Molina *et al.*, 2,005).

Las micorrizas establecidas en las especies arbóreas de interés forestal son de tipo ectotrófica (Pera y Parladé, 2,005).

3.1.3 Principios fisiológicos de los beneficios que las ectomicorrizas brindan a las plantas asociadas

Las plantas micorrizadas presentan mayor adaptación al medio, mayor competitividad ante plantas acompañantes no micorrizadas y mayor productividad. Estos beneficios vienen determinados por los siguientes principios fisiológicos (Molina *et al.*, 2,005):

a) Facilitan la nutrición

Las micorrizas aumentan en las raíces la capacidad de absorción de nutrientes minerales y agua del suelo, debido a que las hifas del hongo extienden el campo de absorción más allá de la zona de agotamiento radicular (1 a 5 mm), permitiendo a la raíz incrementar su superficie de absorción (Molina *et al.*, 2,005).

b) Mejoran la tolerancia al estrés hídrico

Las micorrizas permiten mayor resistencia de la planta a sequías; esta resistencia es debido al incremento de la conductividad hídrica de la planta. En suelos arenosos con

¹ El manto recibe también los nombres de Red de Hartig e hinchada; constituye la ectomicorriza propiamente dicha.

poca capacidad de retención de agua, las plántulas micorrizadas retienen cinco veces más agua que las plántulas no micorrizadas (Molina *et al.*, 2,005).

c) Mejoran la tolerancia frente a patógenos

Las micorrizas protegen la raíz reciclando carbohidratos, aminoácidos y otros compuestos producidos por las raíces capaces de atraer agentes patógenos, y constituyen una barrera física contra patógenos debido a la formación del manto o Red de Hartig. La Red de Hartig consiste en hifas que crecen hacia fuera explorando el suelo y en hifas que crecen hacia dentro, intercalándose entre las células del córtex de la raíz a través de la lámina media. La Red de Hartig puede sintetizar compuestos con efectos de tipo antibiótico, y en ella el micelio deja de estar tabicado, acelerando los intercambios de fotosintatos e iones (Molina *et al.*, 2,005).

3.1.4 Estructura de las ectomicorrizas

Los hongos ectomicorrícicos forman estructuras llamadas *hinchadas* (manto o Red de Hartig), que aumentan el tamaño de las raíces tróficas que colonizan. Estas estructuras son las ectomicorrizas propiamente dichas; se caracterizan por la presencia de una cobertura miceliar o manto en sus superficies (Flores *et al.*, 2,000).

Las ectomicorrizas son conformadas por la invasión de hifas de hongos ectomicorrícicos hasta las células del córtex de las raíces tróficas de una planta vascular. En estadíos iniciales de la colonización, las hifas se desarrollan alrededor de las células corticales diferenciadas y metabólicamente activas de la raíz (Urizar, 1,999).

3.1.5 Formación de micorrizas

De acuerdo con Bernaza y Acosta, la simbiosis para formar ectomicorrizas se produce en las siguientes etapas (Bernaza y Acosta, 2,006):

a) Identificación

Se produce entre la planta y el hongo en la rizósfera y regiones próximas. Este reconocimiento se ve facilitado por sustancias exudadas desde la raíz, que provocan el crecimiento del micelio y un biotropismo positivo hacia la raíz (Bernaza y Acosta, 2,006).

b) Acoplamiento

Seguidamente se produce un acoplamiento progresivo y gradual del micelio y el meristemo radical, estableciendo contacto intercelular y formando la estructura que comunica ambos simbioses (Bernaza y Acosta, 2,006).

c) Colonización

Se produce cuando se presentan los cambios morfológicos y estructurales tanto en los tejidos colonizados por el hongo como en la organización de la pared celular de la raíz. Posteriormente se manifiesta la integración fisiológica de ambos simbioses y una alteración de las actividades enzimáticas para integrar los procesos metabólicos propios de las micorrizas formadas (Bernaza y Acosta, 2,006).

Las asociaciones ectomicorrícicas se consideran específicas; existen compatibilidades mayores o menores entre determinadas parejas de hongo-planta (Flores *et al.*, 2,000).

3.1.6 Utilización de inóculos en la formación de ectomicorrizas

La utilización de hongos para inducir la formación de ectomicorrizas en plántulas forestales en fase de vivero puede realizarse mediante diversas técnicas; sin embargo, las técnicas más efectivas utilizan inóculos que consisten en a) suspensiones acuosas de micelios del hongo producidos en un sustrato enriquecido con solución nutritiva, y b) suspensiones acuosas de esporas (Pera y Parladé, 2,005).

a) Preparación de inóculo miceliar

Según Urizar, se prepara un medio de cultivo aséptico, dentro del cual se hace desarrollar una fracción del micelio del hongo a inocular. Después de cierto tiempo en cultivo, generalmente 3 meses en condiciones de laboratorio, se extrae el cultivo, se diluye en agua y se aplica a las plántulas a micorrizar (Urizar, 1,999).

b) Preparación de inóculo esporal

Según Berdúo, este procedimiento consiste en utilizar esporas procedentes de cuerpos fructíferos (carpóforos) para preparar inóculos, en forma de suspensiones en agua (Berdúo, 2,000).

3.1.7 Ventajas, inconvenientes y dosis de aplicación de inóculos esporales

Las ventajas de utilizar inóculos de esporas en medios acuosos consisten en que no necesitan ninguna fase previa de crecimiento en laboratorio y su aplicación en vivero resulta sencilla. Frente a su facilidad de aplicación este inóculo presenta como inconvenientes la variabilidad de fructificación de los hongos, la incertidumbre en la viabilidad de las esporas y su capacidad para germinar en la rizósfera de las plántulas inoculadas, y los tiempos de almacenamiento menores a 30 días (Pera y Parladé, 2,005).

Las dosis óptimas de aplicación difieren según el hongo ectomicorrícico del cual se preparan los inóculos y la especie forestal a inocular. En ensayos elaborados para determinar la capacidad de inoculación de esporas de distintas especies fúngicas y el efecto de un rango de distintas concentraciones (desde 10^2 hasta 10^7) en la formación de ectomicorrizas, los resultados obtenidos concluyen que las dosis de aplicación óptimas oscilan entre 10^5 y 10^6 esporas por plantas (Pera y Parladé, 2,005).

3.1.8 Características del sustrato para la producción de plántulas en vivero

El sustrato es una mezcla de turba y vermiculita en proporción 1/1 de volumen sobre volumen.

La turba, proveniente del musgo *Sphagnum* sp., tiene capacidad de retención de agua; la vermiculita es un silicato hidratado químicamente inerte, que presenta alta porosidad, elevada capacidad de intercambio catiónico y propiedades amortiguadoras de pH (Urizar, 1,999).

3.1.9 Estudios de hongos micorrícicos en Guatemala

En Guatemala, el estudio de las ectomicorrizas comenzó a desarrollarse hacia finales de la década de 1,980 en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, y posteriormente en la Facultad de Agronomía, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La finalidad de estos estudios ha sido caracterizar la riqueza micológica del país, y aprovecharla en la producción de plántulas forestales de calidad, para aumentar la capacidad de supervivencia al transplante de especies forestales de interés económico, como el género *Pinus*, y especies forestales en peligro de extinción, como el pinabete (*Abies guatemalensis*), la conservación de áreas boscosas, y la producción de hongos comestibles para beneficio de comunidades indígenas (Flores *et al.*, 2,000).

En cuanto a la aplicación de inóculos ectomicorrícicos para la producción de plántulas forestales de calidad, estos estudios se han quedado en la fase de vivero, sin tenerse registros documentales de sus resultados en campo definitivo (observación personal).

3.1.10 Descripción de las especies forestales a micorrizar

a) Pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede)

Pinus oocarpa es uno de los pinos con mayor distribución natural en América Central; su presencia se extiende desde México hasta el noroeste de Nicaragua. En Honduras y Guatemala forma la cobertura forestal más importante y dominante (CATIE, 1,998).

Esta especie crece formando rodales puros y a menudo se encuentra asociado con *Quercus* spp. y otros pinos. Su rango altitudinal varía entre los 600 y 1,200 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones mínimas anuales de 650 milímetros y una época seca de cinco a seis meses. Se adapta a diferentes tipos de suelo con pH desde 4.5 a 6.8 pero es exigente de luz. Generalmente se le encuentra asociado con gramíneas como *Paspalum* sp., *Axonopus* sp., *Andropogon* sp. y *Panicum* sp. (CATIE, 1,998).

Las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas, una ó dos por bolsa, o en bancales germinadores; el proceso de germinación tarda de 12 a 15 días. Durante este período se requiere de sombra permanente. El riego debe ser diario durante el proceso de germinación, y luego debe cambiarse el régimen de riego a un día de por medio, hasta que las plántulas alcancen 25 centímetros, altura adecuada para ser llevadas al campo. Para asegurar el arraigo y establecimiento de la plantación, los suelos deben inocularse con micorrizas pues está demostrado que esta relación mejora la nutrición del árbol (CATIE, 1,998).

b) Pino candelillo (*Pinus maximinoi* Moore)

Pinus maximinoi es uno de los pinos más finos que crece bajo climas tropicales y semitropicales, se distribuye naturalmente en el sureste de México, centros de Honduras y Guatemala y noroeste de Nicaragua, su rango altitudinal varía de 600 a 2,400 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones de 1,000 a 2,400 milímetros anuales y temperaturas de 18° C a 21° C. A menudo crece asociado a *Pinus pseudostrobus* y *P. oocarpa*, en suelos profundos, fértiles, húmedos, de pH neutro (4.5 a 7.5) con buen drenaje y con buen contenido de materia orgánica (CATIE, 1,998).

Las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas, con dos ó tres semillas por bolsa, o en cajas germinadoras; el proceso de germinación tarda de 15 a 17 días, y las plántulas estarán listas para ser llevadas al sitio de plantación cuando alcancen de 25 a 30 cm de altura, tardando en vivero de 5 a 6 meses (CATIE, 1,998).

3.1.11 Breve descripción morfológica de cuatro géneros formadores de ectomicorrizas

La riqueza micológica de Guatemala se evidencia en la variedad de setas (macrocarpos) que se observan bajo los bosques maduros de pino-encino durante la época lluviosa (Flores *et al.*, 2,000). De esta variedad, los siguientes géneros son aquellos que, empíricamente se sabe, forman micorrizas (Flores, comunicación personal):

a) Descripción del género *Scleroderma*

Macrocarpo de himenio globoso, coriáceo, de color amarillento, con escamas en su superficie, que forma una estructura semi-subterránea, de 40-65 mm de diámetro (observación personal). De esporulación masiva, produce esporas globosas, de 10-11 μm de diámetro, protegidas con espinas dispuestas densamente bajo las cuales hay un retículo. Al madurar la envoltura se rompe permitiendo la liberación de esporas (Harms, 2,003).

b) Descripción del género *Inocybe*

Macrocarpo que desarrolla cuerpos fructíferos con un sombrero umbelado de 20-35 mm de diámetro, de color pardo castaño en el centro (observación personal). Su cutícula es lisa y fibrilosa. Bajo el sombrero se localiza el himenio, dispuesto en láminas que contienen los esporangios que producen esporas de 10-12 μm de diámetro, con protuberancias que le dan aspecto estrellado. El pie, de 50-80 mm de longitud y 6-10 mm de diámetro es de color leonado bermejo (Harms, 2,003).

c) Descripción del género *Pisolithus*

Hongo de 50-150 mm de altura y 40-70 mm de diámetro, que desarrolla cuerpos fructíferos redondeados en estadios juveniles y claviformes en estadios posteriores (observación personal). Los cuerpos fructíferos, de coloración pardo negruzca y superficie seca y lisa, se prolongan en un estípite que en la base se une a rizomorfos amarillentos.

De esporulación masiva, las esporas son redondeadas, de 7-12 μm de diámetro, ornadas con espinas (Harms, 2,003).

d) Descripción del género *Laccaria*

Hongo que desarrolla cuerpos fructíferos color violeta, sombrero de 20-30 mm de diámetro, con una pequeña depresión en el centro y margen ondulado (observación personal). Bajo el sombrero se observan las láminas adnatas o recurrentes donde se localizan esporas blancas de forma globosa, de 9-10 μm de diámetro y provistas de espinas. El pie, de 60-100 mm de longitud y 05-10 mm de diámetro es estriado, fibroso y sinuoso; en los surcos aparecen restos blanquecinos de micelio (Harms, 2,003).

3.2 Marco referencial

La adecuada selección de hongos y la posterior manipulación biotecnológica de las micorrizas permite obtener un notable incremento de la productividad de la biomasa vegetal, por lo que las plantas sometidas a micorrización controlada aumentan sustancialmente su viabilidad. Sin embargo, no todos los hongos micorrícicos funcionan igual en un ambiente determinado, como tampoco un hongo concreto es el más efectivo en todos los ambientes, y por tanto, es fundamental conocer bien la biología de las especies fúngicas y sus exigencias ecológicas para utilizar la más adecuada según los distintos ecosistemas donde se ubicarán las plántulas micorrizadas (Carrillo, 2,000).

3.2.1 Factores que afectan el desarrollo de las ectomicorrizas en vivero

a) Sustrato

El sustrato utilizado en los viveros debe adaptarse de manera que permita una aireación y drenaje suficientes para el buen desarrollo del inóculo micorrícico. En el ensayo llevado a cabo por Carrillo, los sustratos (turba y turba/vermiculita) se consideraron apropiados para la obtención de planta micorrizada en contenedor, ya que no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de plantas de *Pinus halepensis* micorrizadas con suspensiones miceliales de *Pisolithus tinctorius* (Carrillo, 2,000).

b) Riego

Las ectomicorrizas facilitan el transporte de agua a las raíces de la planta hospedante, ya que las hifas extramatriciales y los rizomorfos actúan como extensiones del sistema radical y se comportan como estructuras de absorción de agua y nutrientes (Carrillo, 2,000). Se han efectuado ensayos en los que se ha estudiado el efecto de la desecación sobre las micorrizas; particularmente en el ensayo efectuado por Carrillo, en el cual se combinaron dos niveles de riego (R1, riego reducido, $\Psi^2 \geq -0.3$ MPa, y R2, riego a saturación) a plántulas de *Pinus halepensis* inoculadas con suspensiones miceliales de *Pisolithus tinctorius*, se observó que el porcentaje de plántulas micorrizadas siempre fue más elevado para el tipo de riego reducido que para el tipo de riego saturado, ya que al disponer la plántula de menos agua en el sustrato aumenta la cantidad de macroporos en la zona radical, permitiendo una mayor aireación y un mejor desarrollo de las micorrizas. Además, el exceso de agua favorece la aparición de raíces gruesas, que son raíces de agua (Landis *et al*, citados por Carrillo, 2,000) en detrimento de las raíces cortas, que son las raíces susceptibles de ser micorrizadas. Según este ensayo, el riego reducido permite un mayor desarrollo de micorrizas.

c) Fertilización

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno en el suelo influyen directamente en el desarrollo de las micorrizas. Se ha determinado que la formación de micorrizas está relacionada con los niveles de nitrógeno y fósforo añadidos al cultivo (Trofimow, citado por Carrillo, 2,000), ya que la asimilación de estos nutrientes consume energías y carbohidratos, lo que reduce los azúcares disponibles para el desarrollo de la cepa fúngica. Altos niveles de nitrógeno y fósforo reducen la cantidad de carbohidratos en las raíces a niveles demasiado bajos para mantener al hongo simbiote (Wallander, citado por Carrillo, 2,000). Los incrementos en el crecimiento inducidos por las ectomicorrizas son más evidentes a dosis bajas de fertilizantes (particularmente N), por lo que se trata de buscar la concentración de nitrógeno lo suficientemente elevada para no mermar el crecimiento de la planta y a la vez permitir una micorrización aceptable (Carrillo, 2,000).

² Ψ = Potencial hídrico; por definición, para que las plantas en vivero se puedan desarrollar óptimamente, su potencial hídrico no debe ser menor a 0.3 MPa, según Villar, citado por Carrillo.

En un sustrato artificial y con aportes de fertilizantes adecuados, la micorrización no produce diferencias de crecimiento significativas y muchos de los beneficios de la simbiosis sobre la planta hospedante no se observan en un espacio tan reducido como un contenedor y con una dosis de fertilización adecuada (Molina, 1,980; Díaz y Honrubia, 1,999). Algunos investigadores afirman que las plantas desarrolladas bajo altas dosis de fertilizantes químicos no necesitan de una asociación simbiótica para la captación de nutrientes y agua, por lo que la micorrización es pobre, en caso de existir; otros investigadores afirman que la formación de micorrizas es independiente del nivel de fertilización utilizado; en tanto que otros investigadores indican que las distintas asociaciones de plantas forestales-hongos ectomicorrícicos no responden de igual forma a las dietas de fertilizante usadas y que cada caso debe estudiarse por separado (Martínez, 2,007).

Analizando las variaciones en el tamaño de las plántulas no es extraño que las características morfológicas de las plántulas inoculadas sean similares a las de las plántulas no inoculadas, ya que en viveros, donde son provistas de todos los elementos nutritivos necesarios para su óptimo crecimiento, las ectomicorrizas dejan de ser un factor importante para su desarrollo (Martínez, 2,007).

d) Pesticidas

Los fungicidas utilizados en vivero para controlar las enfermedades que afectan a las plantas pueden afectar también al desarrollo de las ectomicorrizas. Estudios en plántulas de pino muestran el efecto de varios fungicidas sobre el desarrollo de ectomicorrizas tanto naturales en condiciones de campo como las obtenidas por inoculación en vivero; estos resultados que implican diferentes especies de hongos y distintos fungicidas son diversos y en muchos casos contradictorios (Carrillo, 2,000).

Carrillo desarrolló un ensayo con el fin de determinar el efecto de diversos fungicidas de aplicación habitual en viveros forestales sobre la micorrización de *Pisolithus tinctorius* sobre *Pinus halepensis*; los fungicidas (Tachigaren, Previcur, Rovral, Benomilo, Tiram y Captan) se aplicaron de manera conjunta en distintas fases del cultivo de las plantas, alternándolos para evitar resistencias. Sus resultados le permitieron recomendar el uso de fungicidas incluso si se pretende realizar un programa de micorrización en vivero (62% de

plántulas ectomicorrizadas sin fungicidas, contra 35% de plántulas ectomicorrizadas usando fungicidas). No obstante, recomienda realizar pruebas preliminares sobre los efectos de los fungicidas a usar con las cepas ectomicorrícicas seleccionadas para el programa de inoculación (Carrillo, 2,000).

e) Momento de aplicación del inóculo ectomicorrícico

En sistemas acelerados de producción de plántulas el momento de inoculación es conflictivo, pues en general se recomienda inocular junto con la siembra de semillas en el contenedor para estimular la colonización micorrícica y dar tiempo al desarrollo de las micorrizas (Marx y Cordell, 1,990, citados por Martínez, 2,007), pero como demuestran varios ensayos, las altas dosis de fertilizantes inhiben el desarrollo de la simbiosis (Le Tacon *et al.*, citados por Martínez, 2,007).

En un ensayo para caracterizar la asociación ectomicorrícica usando el hongo *Rhizopogon roseolus* para micorrizar plántulas de *Pinus ponderosa* en vivero a tres diferentes dosis de fertilización (alta, media y baja), y en dos momentos de aplicación de las esporas del hongo ectomicorrícico (a dos semanas y a cuatro meses de la siembra sin fertilizaciones posteriores), los resultados indican que la micorrización es inhibida incluso utilizando un 50% de la dosis de fertilizantes empleada en viveros forestales y que las plantas inoculadas a 4 meses presentan un porcentaje de inoculación superior a las plantas inoculadas a 2 semanas después de la siembra, después de 10 meses en contenedor. Esto podría deberse a que las esporas aplicadas a los cuatro meses se vieron favorecidas para germinar y colonizar las raíces por la baja en el nivel de fertilización, mientras que las esporas aplicadas a las dos semanas de la siembra pudieron haber germinado durante la etapa de fertilización intensa, sin condiciones propicias para establecer la simbiosis (Martínez, 2,007).

Los autores recomiendan aplicar altos niveles de fertilización hasta la rustificación³, y luego extenderla ocho semanas aplicando niveles muy bajos de fertilizantes antes de aplicar el inóculo (Martínez, 2,007).

³ Rustificación: Fase de adaptación gradual, estructural y fisiológica, de las plántulas después de su emergencia de la semilla; en este período las plántulas incrementan la absorción de agua y minerales, antes de fotosintetizar por sí mismas. Es decir, es el período que una plántula necesita para pasar de heterótrofa a autótrofa (Bompadre *et al*, sf).

3.2.2 Descripción del área del experimento

El manejo y mantenimiento de las plántulas micorrizadas en contenedor se efectuó en los laboratorios de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El lugar se encuentra localizado en las coordenadas 14°35'11" latitud norte, y 90°35'08" longitud oeste, a una altura de 1,502 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 1,246.8 milímetros en 110 días, una humedad relativa de 79 por ciento, temperaturas alta, media y baja registradas en 24.7, 18.2 y 13.7 grados Celsius respectivamente (Ceballos, 2,007).

4 HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis de trabajo

La identificación de una cepa ectomicorrícica más eficiente permitirá producir plántulas de pino con mayores porcentajes de raíces tróficas micorrizadas.

5 OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar la eficiencia de formación de ectomicorrizas en la inoculación artesanal de cuatro cepas ectomicorrícicas en plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* en fase de vivero.

5.2 Específicos

Determinar la capacidad de formación de ectomicorrizas de las cuatro cepas ectomicorrícicas inoculadas artesanalmente en plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* en fase de vivero.

Identificar la más eficiente cepa formadora de ectomicorrizas en plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* en fase de vivero.

6 METODOLOGÍA

6.1 Identificación, colecta de hongos, y preparación de inóculos

- Al inicio de la época lluviosa, en mayo de 2004 y 2005, se colectaron hongos ectomicorrícicos en bosques de *Pinus* spp. y *Quercus* spp., en el Parque Ecológico Florencia.
- De los especímenes de *Pisolithus* sp. y *Scleroderma* sp. fueron extraídos 0.1 gramos de basidiosporas, los cuales fueron diluidos en 100 ml de agua purificada utilizando un dispersante, para formar los inóculos de *Pisolithus* y *Scleroderma*, respectivamente, que fueron llevados a una concentración de 10^5 esporas por mililitro.
- Los estípites (sombreros) de los especímenes de *Inocybe* sp. y *Laccaria* sp. fueron fragmentados utilizando morteros y pistilos; cinco gramos del material de cada espécimen fueron licuados en 100 gramos de agua destilada, para formar los inóculos de *Inocybe* y *Laccaria*, respectivamente, que fueron llevados a una concentración de 10^5 esporas por mililitro.

6.2 Inoculación

Se aplicaron 10 mililitros de inóculos de *Pisolithus*, *Scleroderma*, *Inocybe* y *Laccaria* a contenedores que contenían plántulas de *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa*, de 4 meses de edad, según los tratamientos.

6.3 Tratamientos

- Inóculo de *Pisolithus* en *Pinus oocarpa* (Pop)
- Inóculo de *Inocybe* en *Pinus oocarpa* (Poi)
- Inóculo de *Laccaria* en *Pinus oocarpa* (Pol)
- Inóculo de *Scleroderma* en *Pinus oocarpa* (Pos)
- Inóculo de *Pisolithus* en *Pinus maximinoi* (Pmp)
- Inóculo de *Inocybe* en *Pinus maximinoi* (Pmi)
- Inóculo de *Laccaria* en *Pinus maximinoi* (Pml)
- Inóculo de *Scleroderma* en *Pinus maximinoi* (Pms)

6.4 Manejo y mantenimiento de las plántulas micorrizadas en contenedor

- Las plantas inoculadas fueron manejadas en los laboratorios de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía, donde fueron regadas de forma continua, y fertilizadas a intervalos temporales de 2 meses.

6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones.

El experimento consistió en ocho tratamientos, distribuidos en 40 unidades experimentales, como se explica en el Cuadro 1.

Cuadro 5. Tratamientos y sus códigos.

No.	Código	Tratamiento
1	Pmp	<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Pisolithus</i> sp
2	Pmi	<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Inocybe</i> sp
3	Pml	<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Laccaria</i> sp
4	Pms	<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Scleroderma</i> sp
5	Pop	<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Pisolithus</i> sp
6	Poi	<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Inocybe</i> sp
7	Pol	<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Laccaria</i> sp
8	Pos	<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Scleroderma</i> sp

6.6 Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu_i + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en la ij-ésima unidad experimental

μ_i = Media general del porcentaje de micorrización

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental medido en la ij-ésima unidad experimental

6.7 Variables de respuestas evaluadas

- a) Presencia de ectomicorrizas: Se determinó la formación de ectomicorrizas mediante la presencia (**1**) o ausencia (**0**) de estructuras ectomicorrícicas en las raíces secundarias de las plántulas forestales.
- b) Porcentaje de micorrización: Se calculó el porcentaje de micorrización mediante la relación existente entre las raíces secundarias micorrizadas sobre las raíces secundarias totales de las plántulas de pino.

6.8 Recolección de datos

- La toma de datos se realizó cinco meses después de la inoculación. Para registrar estos datos se utilizó un cuadro de doble entrada (Apéndice 1), en el cual se consignó la presencia/ausencia de las estructuras ectomicorrícicas, el número de raíces secundarias micorrizadas, y el número total de raíces secundarias.

6.9 Análisis de la información recopilada

- La formación de ectomicorrizas fue analizada mediante el grado de afinidad que se manifiesta entre las distintas parejas de simbiontes.
- Para identificar la más eficiente cepa formadora de ectomicorrizas, inicialmente se realizó un análisis de varianza (andeva) de las medias de porcentaje de micorrización para diseño completamente al azar, usando el paquete estadístico SAS, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. Posteriormente estas medias de porcentajes de micorrización fueron sometidas a la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, para formar grupos estadísticos, e identificar el grupo más eficiente.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Determinación de la capacidad de formación de ectomicorrizas

En plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* inoculadas con *Scleroderma* sp., *Pisolithus* sp. y *Laccaria* sp. se observó la presencia de estructuras micorrícicas. La capacidad de formación de ectomicorrizas de *Inocybe* se determinó nula para las condiciones del experimento, según se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Formación de ectomicorrizas.

Tratamiento	Código	Presencia (1) / ausencia (0) de Hinchadas
<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Pisolithus</i> sp.	Pmp	1
<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Laccaria</i> sp.	Pml	1
<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Scleroderma</i> sp.	Pms	1
<i>Pinus maximinoi</i> + <i>Inocybe</i> sp.	Pmi	0
<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Pisolithus</i> sp.	Pop	1
<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Laccaria</i> sp.	Pol	1
<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Scleroderma</i> sp.	Pos	1
<i>Pinus oocarpa</i> + <i>Inocybe</i> sp.	Poi	0

Las hinchadas observadas, de coloración blanquecina y bifurcadas en forma de “Y” fueron frecuentes en los ápices radiculares de las raíces secundarias próximas a la superficie, circunstancia causada probablemente por el hecho de que las esporas contenidas en la dosis del inóculo se distribuyeron principalmente en un volumen próximo a la superficie superior del sustrato.

Aunque la formación de ectomicorrizas puede iniciarse desde el momento de la germinación de esporas (Domínguez *et al.*, 2,004), se aplicó el inóculo esporal después de tres meses de la germinación de las plántulas de *Pinus*, porque a partir de esa edad las plántulas desarrollan sus raíces secundarias, susceptibles de ser micorrizadas (Flores, comunicación personal).

La formación de ectomicorrizas es distinguible después de dos meses de la inoculación (Domínguez *et al.*, 2,004), por lo que cinco meses se considera un tiempo prudencial para

determinar su presencia. Es posible que la tasa de raíces secundarias micorrizadas aumente después de este intervalo de tiempo.

La formación de micorrizas entre una cepa ectomicorrícica y la planta es posible porque se manifiesta en simbioses con cierto grado de afinidad (Molina *et al.*, 2005; Bernaza, 2006). Este grado de afinidad, específico y determinado para cada par simbiótico, es reflejado en proporción directa en la tasa de micorrización; una nula micorrización corresponde a una nula afinidad entre el par simbiote.

7.2 Identificación de la cepa más eficiente

Pisolithus sp. y *Laccaria* sp, reflejan los mayores grados de afinidad con *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi*, ya que presentan los mayores porcentajes de micorrización, en tanto que *Inocybe* no presenta la capacidad de formación de micorrizas, como se observa en la Figura 2.

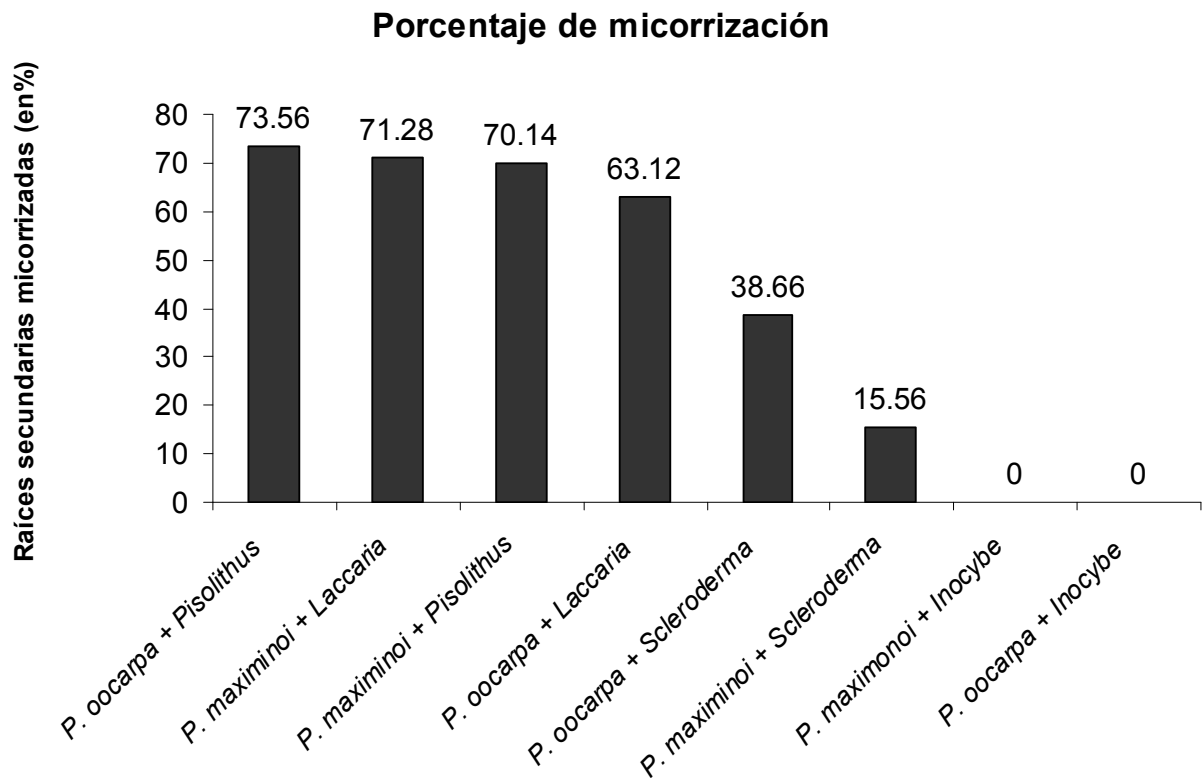


Figura 2. Porcentaje de micorrización para cada uno de los tratamientos

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los distintos tratamientos, se sometieron sus medias de porcentaje de micorrización al análisis de varianza (andeva). Estos resultados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 7. Resumen del Andeva para la respuesta porcentaje de micorrización

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	7	3.69131477	0.52733068	528.24	0.0001
Error Experimental	32	0.03194520	0.00099829		
Total	39	3.72325997			
				C. V. =	7.72%

Según el análisis de varianza, al menos uno de los tratamientos presentó diferencia significativa en los porcentajes de micorrización.

Para agrupar los porcentajes de micorrización e identificar el tratamiento que presenta la mayor tasa de micorrización se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey. Esta información se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey para porcentaje de micorrización

Tratamiento	Media (eficiencia de micorrización)	Grupo Tukey
Pop	0.7360	A
Pml	0.7128	A
Pmp	0.7014	A
Pol	0.6320	B
Pos	0.3380	C
Pms	0.1556	D
Pmi	0.0000	E
Poi	0.0000	E

Según la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, *Pisolithus* sp. (73.60% en *P. oocarpa* y 70.14% en *P. maximinoi*) y *Laccaria* sp. (71.28% en *P. maximinoi*) constituyen los más eficientes tratamientos formadores de micorrizas.

Laccaria sp., que micorriza 63.12% en *P. oocarpa*, conforma el segundo grupo estadístico.

Scleroderma sp. e *Inocybe* sp. forman los restantes grupos estadísticos, con tasas de formación de ectomicorrizas inferiores a 34% en ambas especies de forestales.

No es posible predeterminar en plantaciones el comportamiento de las plántulas de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* micorrizadas, ya que cada ectomicorriza producida por la combinación hongo-planta forestal responde de forma distinta a las características ambientales del sitio (Pera y Parladé, 2005). No obstante se esperaría encontrar aumentos en los índices de sobrevivencia, desarrollo y productividad en plántulas micorrizadas, pero estas conclusiones sólo pueden ser alcanzadas mediante el establecimiento de ensayos cuyos objetivos consisten en el monitoreo de estos comportamientos.

8 CONCLUSIONES

Se determinó que la cepas de *Pisolithus* sp., *Laccaria* sp. y *Scleroderma* sp. presentan la capacidad de formación de ectomicorrizas en plántulas de *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa*, en condiciones de vivero.

Se determinó que la cepa *Inocybe* sp. no forma ectomicorrizas en ninguna de las plántulas de *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa*, en condiciones de vivero.

Pisolithus sp. y *Laccaria* sp. son las más eficientes cepas formadoras de ectomicorrizas en *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa* en condiciones de vivero

9 RECOMENDACIONES

En proyectos de reforestación de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* micorrizar las plántulas con inóculos de *Pisolithus* sp. y *Laccaria* sp.

Continuar este estudio estableciendo parcelas de plántulas micorrizadas y plántulas no micorrizadas, con el objetivo de medir y comparar en campo sus índices de supervivencia, desarrollo y rendimiento.

Comprobar y medir la eficiencia de formación de micorrizas utilizando inóculos de hongos ectomicorrícicos nativos y plántulas de especies nativas de *Pinus* y *Quercus* que, empíricamente se sabe, forman micorrizas.

10 BIBLIOGRAFÍA

- 1 Berdúo, E. 2000. Evaluación de la eficiencia micorrícica de dos cepas de hongos, *Laccaria aff bicolor* y *Suillus aff brevipes*, aisladas en Guatemala, sobre plantas de *Pinus ayacahuite* Ehr, *Pinus rudis* Ende, y *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 50 p.
- 2 Bernaza, G; Acosta, M. 2006. Las micorrizas: alternativa ecológica para una agricultura sostenible (en línea). Colombia. Consultado 13 ago 2007. Disponible en <http://www.soil-fertility.com/micorhize/espagnol/index.shtml>
- 3 Carrillo, C. 2000. Técnicas de micorrización en vivero con hongos ectomicorrícicos, experiencias realizadas en el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”. In Curso Avanzado de Viveros y Producción de Planta Forestal (3, 2000, Guadalajara, España). Memorias. Guadalajara, España, s.e. 19 p.
- 4 CATIE, C. R. 2003. Árboles de Centroamérica (en línea). Costa Rica. Consultado 17 nov 2006. Disponible en http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/pinus_oocarpa.pdf
- 5 Ceballos Alecio, DA. 2007. Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y hojarasca de roble (*Quercus pedunculularis*) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* Ecs 110). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 42 p.
- 6 Domínguez, J *et al.* 2004. Influencia de la micorrización con trufa negra (*Tuber melanosporum*) en el crecimiento, intercambio gaseoso y nutrición mineral de plántulas de *Pinus halepensis*. Revista Investigación Agraria 13(2):317-327.
- 7 Flores, R *et al.* 2000. Hongos micorrícicos de bosques de pino y pinabete de Guatemala. Guatemala, USAC, Dirección General de Investigación. 50 p.
- 8 Harms K; Paine T. 2003. Regeneración en árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. Revista Ecosistemas 12(3): 03-16.
- 9 Martínez, D; Barroetaveña, C; Rajchenberg, M. 2007. Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en la etapa de vivero. Revista Bosque 28(3): 226-233.
- 10 Molina, M *et al.* 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 18(2):162-173.
- 11 Pera, J; Parladé, J. 2005. Inoculación controlada con hongos ecomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. Revista Investigación Agraria 14(3):419-433.

- 12 Torres Herrera, JA. 1989. Aislamiento, identificación y evaluación de hongos ectomicorrícicos de *Pinus* sp. de la cuenca del río Villalobos, Depto. de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 43 p.
- 13 UVG (Universidad del Valle de Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001. Guatemala. 90 p.
- 14 Urizar, M. 1999. Eficiencia en la producción de micorrizas y aumento de biomasa en plántulas de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) con *Laccaria laccata* (Scop. Es. Fr. Bk. E. Br.), *Pisolithus tinctorius* (Pers. Coker y Couch) y *Scleroderma* sp. (Pers) en contenedor. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 50 p.

11 APÉNDICES

11.1 Apéndice 1

Cuadro 9A. Cuadro de doble entrada, con resultados de raíces micorrizadas y raíces secundarias totales, para cada unidad experimental.

		Repeticiones									
		1		2		3		4		5	
		Raíces 2as		Raíces 2as		Raíces 2as		Raíces 2as		Raíces 2as	
Trat.	Presencia (1) / ausencia (0) de Hinchadas	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Pmp	1	152	216	166	234	156	228	198	272	224	324
Pml	1	176	280	186	266	178	274	226	288	202	252
Pms	1	36	258	36	224	44	246	36	256	42	275
Pmi	0	0	296	0	312	0	202	0	315	0	288
Pop	1	258	342	328	432	298	410	300	416	262	364
Pol	1	260	388	264	400	216	329	232	386	230	372
Pos	1	135	406	250	414	124	392	116	352	124	354
Poi	0	0	318	0	448	0	364	0	408	0	460

*M= micorrizadas; T=totales

Cuadro 10A. Porcentaje de micorrización para cada una de las unidades experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	1	2	3	4	5
Pmp	0.699	0.709	0.689	0.722	0.688
Pml	0.625	0.699	0.652	0.788	0.800
Pms	0.148	0.161	0.180	0.139	0.150
Pmi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pop	0.749	0.759	0.729	0.721	0.720
Pol	0.618	0.659	0.660	0.599	0.620
Pos	0.331	0.603	0.319	0.330	0.350
Poi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CAPÍTULO III
SERVICIOS

1 PRESENTACIÓN

Los servicios ejecutados en el Parque Nacional Naciones Unidas (PNNU), dentro del Ejercicio Profesional Supervisado, fueron planificados tomando como base el diagnóstico inicialmente ahí desarrollado. Mediante el diagnóstico se determinaron los procesos de funcionamiento y la problemática del PNNU.

Estos servicios estuvieron enmarcados en proyectos que abarcan desde la gestión del personal para ordenar las actividades operativas del PNNU, la capacitación de los guardarrecursos en principios silviculturales básicos para el manejo de las plantaciones forestales existentes, la repoblación forestal de zonas anteriormente reforestadas no obstante los limitados recursos materiales disponibles, el monitoreo y mitigación de actividades de saqueo de productos forestales en terrenos del PNNU, hasta la sistematización de los documentos bibliográficos generados por la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), institución encargada de coadministrar el Parque Nacional Naciones Unidas.

2 SERVICIOS

2.1 Servicio 1: *Planificación de las actividades operativas del PNUU*

2.1.1 Planteamiento del problema

El volumen de actividades de mantenimiento del PNUU es superior a las tareas que pueden ser ejecutadas por sus guardarrecursos, y por otro lado, los días de descanso de los guardarrecursos son asignados de forma arbitraria, limitando la planificación de actividades y provocando que ciertas labores se dejen de ejecutar. Es decir, los guardarrecursos numéricamente no son suficientes, sino además son subutilizados a causa de la desorganización a nivel de coordinación de personal.

2.1.2 Objetivo

Planificar las actividades operativas del PNUU

2.1.3 Metodología

Después de identificar los procesos operativos del PNUU y las habilidades de cada guardarrecurso, éstos fueron distribuidos en las actividades acordes a sus capacidades. De este modo se elaboró un calendario gráfico para dos semanas, que fue colocado anticipadamente en la zona de comedor, y en este calendario cada trabajador observaba el sitio de sus actividades así como sus días de descanso.

2.1.4 Resultados

Se obtuvo una base de datos sobre los días de descanso para cada guardarrecurso, y pudieron registrarse gráficamente las actividades de mantenimiento del PNUU (tabla 11). Por otro lado, se manejó un número constante de trabajadores diario, disminuyéndose este número los días martes y miércoles, cuando menor es la afluencia e visitantes al PNUU.

Cuadro 11. Calendario de las actividades operativas del PNUU.

Actividades del 1 al 14 de marzo de 2,004																
	Guardarrecurso	Área de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Carlos Morales	Reforestación 1	■	■						■	■					
2	Silvestre Utuy	Reforestación 2			■	■						■	■			
n	Antonio Machado	Patrullaje					■	■						■	■	
	Simbología															
		Descanso de medio día	■													
		Descanso de día completo	■													

2.2 Servicio 2: Capacitación técnica dirigida a los guardarrecursores del PNNU en proyectos de reforestación y manejo forestal

2.2.1 Planteamiento del problema

Las totalidad de actividades de mantenimiento del parque en general, y de manejo forestal, en particular, realizadas en el PNNU son realizadas sin haber existido previamente planificación ni inducción a los guardarrecursores que considere los mínimos criterios de ejecución de las tareas; por tal motivo hace falta un programa de capacitación general en actividades forestales, dirigido a dar al personal los criterios mínimos para poder tomar las decisiones más convenientes en cuanto al manejo de las reforestaciones existentes.

2.2.2 Objetivo

Formar en el personal de campo del Parque Nacional Naciones Unidas los criterios mínimos para el manejo forestal.

2.2.3 Metodología

Previo a la ejecución de las actividades de campo (producción de plántulas en vivero, plantación de las plántulas en el sitio de reforestación, identificación de rodales de *Pinus* spp. atacados por descortezadores, marcaje de árboles a ralea en rodales maduros, ejecución de labores culturales de mantenimiento de las plantaciones forestales, etc.), se conformaron en el mismo sitio de ejecución los grupos de trabajo que intervendrían, y en esas reuniones informales se establecieron flujos de información en ambas direcciones, desde el facilitador de información (epesista) hacia los guardarrecursores y viceversa, con el fin de explicar la naturaleza de las actividades, y la importancia de éstas en el Manejo Forestal.

2.2.4 Resultados

Se obtuvo que al ejecutar actividades de campo, como establecer un vivero forestal, elaborar un nivel tipo A, escarificar semillas, plantar plántulas forestales, mantenimiento de las jóvenes plantaciones, etc. los guardarrecursores abordaron y ejecutaron sus tareas utilizando criterios que evidenciaron un mínimo de conocimiento y vocabulario técnicos en las tareas realizadas.

2.3 Servicio 3: *Replanteo forestal y mantenimiento en tres reforestaciones del Parque Nacional Naciones Unidas localizadas en la Zona de Protección*

2.3.1 Planteamiento del problema

En la Zona de Protección existen tres reforestaciones que en conjunto miden 10 hectáreas aproximadamente, establecidas en cooperación con el Club Rotario Ciudad de Guatemala, durante los años 2,002 y 2,003. Sin embargo, estas reforestaciones tienen un prendimiento menor al 50%.

2.3.2 Objetivo

Repoblar y manejar las tres reforestaciones existentes en la Zona de Protección.

2.3.3 Metodología

Con semillas recolectadas de árboles semilleros dentro del PNNU, se produjeron 700 plántulas de *Juglans* sp, *Enterelobium ciclocarpum*, *Gliricidia sepium* y *Cassia grandis*, en el vivero del PNNU, y se recibió una donación de aproximadamente 2,000 plantas de *Cedrela odorata*, *Spathodea campanulata*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Grevillea* sp. y *Jacaranda* sp. del vivero de AMSA. Con estas plantas se repoblaron las tres reforestaciones en la Zona de Protección; no obstante, el replanteo no cubrió las necesidades de las reforestaciones, faltando un 25% del área por repoblar.

2.3.4 Resultados

Se repobló hasta el 75% las tres reforestaciones existentes en la Zona de Protección, y hasta diciembre de 2,004 se aplicaron las labores culturales de mantenimiento, manteniéndose a esa fecha prendimientos de 75%.

2.4 Servicio 4: *Monitoreo y control de factores de degradación del bosque*

2.4.1 Planteamiento del problema

El Parque Nacional Naciones Unidas presenta como amenazas constantes el robo y saqueo de leña y madera en los bosques maduros, así como la alta incidencia de incendios forestales, ocasionado por los pobladores de concentraciones humanas aledañas a los terrenos del Parque. Ante tal situación, se hace imperativa la implementación de estrategias que determinen e indiquen el mecanismo de acción que siguen estos saqueadores.

2.4.2 Objetivos

- Determinar la manera como actúan las personas que saquean los recursos forestales del Parque.
- Implementar medidas necesarias que mitiguen los saqueos de recursos forestales.

2.4.3 Metodología

El proyecto *Monitoreo y control de factores de degradación del bosque*, se inició con patrullajes diarios dentro de los terrenos del Parque, realizados por un guardarrecurso, patrullaje que se limitó a anotar en una libreta detalles acerca del número de personas sorprendidas en el Parque, género y edad (niños, jóvenes, adultos) y una aproximación del volumen que estas personas extraían; estos datos se consignaron en una base de archivos del PNU. Mientras tanto, se solicitó y obtuvo el auxilio de elementos del Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA), de la Policía Nacional Civil, quienes irregularmente llegaban al PNU 2 ó 3 veces por semana.

Después de un cierto tiempo (aproximadamente 1 mes) de alimentar dicha base de datos, los patrullajes estuvieron auxiliados por elementos de SEPRONA, quienes anotaban los datos personales de las personas sorprendidas en el PNU, confiscaban los bienes saqueados así como las herramientas de los saqueadores, y les advertían que en el supuesto caso de ser sorprendidos en reincidencia, serían consignados a los juzgados correspondientes, bajo cargos de Robo al Estado. Estos patrullajes se prolongaron, irregularmente, hasta finales de noviembre.

2.4.4 Resultados

En el tiempo que solamente el guardarrrecursos patrullaba por los terrenos del Parque, las personas que saqueaban recursos (no hubo diferencias entre hombres y mujeres, jóvenes o adultos) llegaron incluso a insultarlo, aunque el guardarrrecursos se limitaba solamente a observarlos, y anotar posteriormente los detalles. Según las estadísticas, diariamente fueron sorprendidas en promedio 3 mujeres jóvenes acompañadas de sus pequeños hijos, extrayendo cada una aproximadamente un tercio de leña y material leñoso arbustivo, esto en horas de la mañana y temprano por la tarde.

Con la presencia de los agentes de SEPRONA, se observó una baja en la frecuencia de extracción de recursos del bosque, además de que se mediante ellos se notificó la prohibición de paso a todos los habitantes de colonias adyacentes, que utilizaban terrenos del PNNU como paso para sus desplazamientos cotidianos. Ningún individuo fue sorprendido talando árboles, pero después de 3 semanas (dispersas en el tiempo) de patrullajes auxiliados por elementos de SEPRONA ya no se encontraron transeúntes como tampoco hombres ni mujeres extrayendo material leñoso del Parque.

2.5 Servicio 5: *Sistematización del material bibliográfico generado por la Fundación Defensores de la Naturaleza*

2.5.1 Planteamiento del problema

La Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), institución coadministradora del Parque Nacional Naciones Unidas, genera documentos bibliográficos como consecuencia de su manejo de las diferentes áreas protegidas del país; sin embargo toda esta información no ha sido ordenada bajo un sistema de fácil búsqueda para el público en general, por lo que se hace necesario elaborar un sistema de nomenclatura bibliográfica para la institución, clasificar todos los documentos bajo este sistema, y crear asimismo un sistema de búsqueda bibliográfica práctico.

2.5.2 Objetivos

- Elaborar un sistema de nomenclatura para la clasificación sistemática del material bibliográfico generado por la FDN.

- Clasificar todos y cada uno de los documentos bibliográficos generados institucionalmente por la FDN según el sistema de nomenclatura elaborado.
- Elaborar un sistema de búsqueda bibliográfica, en el Programa Access de Microsoft, integrado al sistema de nomenclatura, utilizando palabras clave para cada documento.

2.5.3 Metodología

Se elaboró un sistema codificado de nomenclatura tomando en cuenta el tipo de documento (tesis, seminario, ensayo, etc.), tema tratado (sociología, ecología, economía, etc.), año de publicación y orden correlativo según el año.

Se leyeron de manera exploratoria todos los documentos de la biblioteca de la Fundación, y de acuerdo a su información particular le fue asignado a cada documento una signatura topográfica según su código correspondiente. Se extrajeron asimismo las palabras clave que a criterio del clasificador mejor describían la naturaleza del documento y finalmente se identificó cada documento, pegando en el lomo su código, y en el interior su ficha respectiva con información de autor, título, palabras clave, etc.

Toda la información referente a cada texto (signatura topográfica, autor, título, palabras clave, etc.) fue ingresada a una base de datos en soporte electrónico, utilizando el Programa Access de Microsoft Access.

2.5.4 Resultados

Se elaboró un sistema de nomenclatura para la clasificación sistemática del material bibliográfico generado por la FDN, de acuerdo al tipo de documento (tesis de graduación, ensayos, etc.), tema tratado (ecología, ornitología, etc.), y año de publicación.

Se clasificaron y localizaron en cajas y anaqueles todos los documentos bibliográficos generados por la FDN.

Se creó un sistema de búsqueda bibliográfica, en el Programa Access de Microsoft, integrado al sistema de nomenclatura elaborado, que puede ser consultado en la sede de la FDN.