



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Estudio del comportamiento de
enfermedades en bosques de pino (*Pinus
caribaeae* Schiede ex Schltdl), en el municipio
de San Fernando en Nueva Segovia**

AUTOR

Br. José Adrián Martínez Siles

ASESORAS

Ing. M.Sc. Carolina López Arguello

Ing. M.Sc. Yanet Gutiérrez Gaitán

**Presentado al honorable tribunal examinador para
optar al grado de Ingeniero en Sistemas de
Protección Agrícola y Forestal**

**Managua – Nicaragua
Julio, 2009**

DEDICATORIA

A mis padres quienes amo y aprecio, Ileana Martínez una mujer profesional, trabajadora incansable preocupada por su familia. Mario Barrantes de virtudes que representan un ejemplo a seguir en mi vida, personas que siempre me corrigen e impulsan a hacer lo correcto y salir adelante en mis estudios y en la vida.

A mi abuelita Norma Martínez madre de 11 hijos, una persona que amo y admiro, fundamental en mi formación como persona, le dedico esta tesis como una pequeña retribución al amor, esfuerzo y sacrificio que ha tenido para sostener y educar a la familia.

A mi abuelito Gutemberg Martínez q.e.p.d y a un angelito que esta en el cielo Ileana Eli q.e.p.d.

A toda mi familia, tíos, primos, sobrinos y en especial a mi hermana valentina quien amo mucho, para que este trabajo el cual le estoy dedicando le sirva como inspiración para prepararse y hacerle frente a la vida.

A todos mis compañeros y profesores de clase por todos los momentos de enseñanza y calidad que compartimos durante el transcurso de la carrera. Con mucho cariño a mis asesoras M.Sc. Carolina López y M.Sc. Yanet Gutiérrez, sin sus consejos y ayuda no hubiese sido posible la elaboración de este trabajo.

A mi novia, amiga y compañera de clase Irma Eli Baltodano, por todo el amor que me ha brindado, por estar siempre a mi lado durante toda la carrera y ser la persona con quien he compartido el tiempo de mayor calidad de mi vida, su amor me ha inspirado a ser un mejor ser humano.

AGRADECIMIENTO

A DIOS porque todo, absolutamente todo en el cielo y en la tierra, visible e invisible...todo comenzó en él y para los propósitos de él. Colosenses: 1:16.

A mis padres y mi familia por todo el apoyo y sacrificio que me han brindado para poder culminar mi carrera.

A mis asesoras M.Sc. Yanet Gutiérrez y M.Sc. Carolina López por todos sus aportes y compartir sus conocimientos para hacer posible la elaboración de este trabajo. Al apoyo logístico y económico facilitado por los proyectos: Fondos PACÍ/UNA y UNA-INAFOR/FC, para la realización de este estudio. Al Ing. Alberto Sédiles e Ing. Lucía Romero, por brindarme la oportunidad de ser participe en este proyecto.

Al M.Sc. Arnulfo Monzón por sus correcciones y aportes en este trabajo de tesis y al MSc Oscar Gómez por ayudarme en los análisis estadísticos.

A los Srs. Armando Centeno y Alcides Centeno, propietarios Finca San Nicolás y a Erick Gómez Martínez, técnico de la finca San Nicolás, por todo su apoyo brindado en el campo.

A Irma Baltodano y Alfonso García compañeros de estudio por toda su colaboración en este trabajo de tesis.

Al Sr. Mario Cerna por su apoyo en el laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|---|--------|
| DEDICATORIA ----- | i |
| AGRADECIMIENTO ----- | ii |
| ÍNDICE GENERAL ----- | iii |
| ÍNDICE DE CUADROS ----- | viii |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS ----- | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS ----- | x |
| ÍNDICE DE FOTOS ----- | xi |
| RESUMEN ESPAÑOL ----- | xii |
| RESUMEN INGLÉS ----- | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN ----- | 1 |
| II. OBJETIVOS ----- | 3 |
| III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ----- | 4 |
| 3.1 Bosque de pino en Nicaragua----- | 4 |
| 3.1.1 Sabana de Pino en Nicaragua----- | 4 |
| 3.1.2 Caracterización de las especies de <i>Pinus</i> spp en Nicaragua----- | 5 |
| 3.1.3 Descripción botánica de <i>Pinus caribaea</i> ----- | 6 |
| 3.1.3.1 Distribución geográfica de <i>Pinus caribaea</i> ----- | 7 |
| 3.1.4 Descripción botánica de <i>Pinus oocarpa</i> ----- | 7 |
| 3.1.4.1 Distribución geográfica de <i>Pinus oocarpa</i> ----- | 7 |
| 3.2 Enfermedades de las coníferas----- | 8 |
| 3.2.1 Enfermedades fungosas de las coníferas----- | 8 |
| 3.2.2 Clasificación de las enfermedades fungosas de las coníferas----- | 9 |
| 3.2.2.1 Manchas foliares y tizones----- | 9 |
| 3.2.2.2 Enfermedades Vasculares----- | 9 |
| 3.2.2.3 Chancros----- | 10 |
| 3.2.2.4 Pudrición de raíces----- | 10 |
| 3.2.2.5 Royas----- | 10 |
| 3.3 Principales enfermedades en acículas----- | 11 |
| 3.3.1 Mancha Marrón de acículas <i>Lecanosticta</i> sp----- | 11 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.3.1.1 | Síntomas y Daños----- | 11 |
| 3.3.1.2 | Epidemiología----- | 12 |
| 3.3.2 | Banda roja de acícula por <i>Dothistroma pini</i> hulbary----- | 12 |
| 3.3.2.1 | Síntomas y Daños----- | 12 |
| 3.3.2.2 | Epidemiología----- | 13 |
| 3.3.3 | Mancha foliar por <i>Pestalotia</i> ----- | 13 |
| 3.3.3.1 | Síntomas y Daños----- | 13 |
| 3.3.3.2 | Epidemiología----- | 14 |
| 3.3.4 | Marchitez de brotes y acículas <i>Sphaeropsis sapinaea</i> ----- | 14 |
| 3.3.4.1 | Síntomas y Daños----- | 14 |
| 3.3.4.2 | Epidemiología----- | 15 |
| 3.3.5 | Tizón en acículas por <i>Phoma</i> sp----- | 15 |
| 3.3.5.1 | Síntomas y Daños----- | 15 |
| 3.3.5.2 | Epidemiología----- | 16 |
| 3.4 | Enfermedades vasculares----- | 16 |
| 3.4.1 | Marchitez de tallo y ramas por <i>Botryodiplodia</i> sp----- | 16 |
| 3.4.1.1 | Epidemiología----- | 16 |
| 3.4.1.2 | Enfermedades vasculares----- | 16 |
| 3.4.2 | Marchitez vascular por <i>Ophiostoma</i> sp----- | 17 |
| 3.4.2.1 | Epidemiología----- | 17 |
| 3.4.2.2 | Enfermedades vasculares----- | 18 |
| 3.5 | Chancro en tallo y ramas por <i>Nectria cinnabarina</i> ----- | 18 |
| 3.5.1 | Epidemiología----- | 18 |
| 3.5.2 | Enfermedades vasculares----- | 19 |
| 3.6 | Roya fusiforme en conos y tallos por <i>Cronartium</i> sp----- | 19 |
| 3.6.1 | Epidemiología----- | 20 |
| 3.6.2 | Enfermedades vasculares----- | 20 |

| | | |
|-----------|---|----|
| IV | MATERIALES Y MÉTODOS ----- | 21 |
| 4.1 | Descripción de la zona de estudio----- | 21 |
| 4.2 | Delimitación de las parcelas y sitios de muestreo en la Finca San Nicolás----- | 22 |
| 4.3 | Número de árboles muestreados por parcela en la finca San Nicolás ----- | 23 |
| 4.4 | VARIABLES evaluadas----- | 23 |
| 4.4.1 | Incidencia de las enfermedades----- | 23 |
| 4.4.2 | Severidad de enfermedades en las acículas----- | 24 |
| 4.4.3 | Diámetro y altura de árboles de pino----- | 24 |
| 4.5 | Muestreo----- | 25 |
| 4.6 | Fase de diagnóstico en Laboratorio----- | 25 |
| 4.6.1 | Análisis patológico de material vegetativo----- | 25 |
| 4.6.1.1 | Medios de cultivos----- | 25 |
| 4.6.2 | Técnicas de aislamiento para hongos, bacterias y nematodos----- | 25 |
| 4.6.2.1 | Cámara húmeda----- | 26 |
| 4.6.2.2 | Siembra de trozos de acícula con estructuras fructíferas en AA----- | 26 |
| 4.6.2.3 | Siembra tejido infectado de acículas, ramas, tallo y raíces en PDA y AN----- | 26 |
| 4.6.3 | Análisis patológico de suelo----- | 26 |
| 4.6.3.1 | Métodos de aislamiento y cultivo de hongos, bacterias y nematodos----- | 26 |
| 4.6.4 | Identificación de Hongos----- | 27 |
| 4.7 | Análisis físico químico de suelo----- | 27 |
| 4.8 | Plan de Manejo en Bosques de finca San Nicolás ----- | 27 |
| 4.9 | Análisis de Datos----- | 28 |
| 4.9.1 | Análisis descriptivo----- | 28 |
| 4.9.1.1 | Tasa de Incremento de la enfermedad----- | 28 |
| 4.9.2 | Análisis estadísticos (ANDEVA, Correlaciones y Regresión Lineal)----- | 29 |
| 4.9.2.1 | Comparación de parámetros de las pendientes de dos curvas de enfermedades en bosque maduro y bosque de regeneración natural (Campell y Madden, 1990)----- | 29 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| V | RESULTADOS Y DISCUSIÓN ----- | 31 |
| 5.1 | Caracterización del bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás----- | 31 |
| 5.1.1 | Caracterización del bosque maduro en la finca San Nicolás----- | 31 |
| 5.1.2 | Caracterización del bosque de regeneración natural finca San Nicolás----- | 32 |
| 5.2 | Resultados de análisis físico químico de suelo finca San Nicolás----- | 33 |
| 5.3 | Principales enfermedades diagnosticadas en árboles de pino en bosque maduro y regeneración natural finca San Nicolás----- | 34 |
| 5.3.1 | Principales hongos causantes de manchas o tizones en acículas Finca San Nicolás----- | 36 |
| 5.3.1.1 | Mancha parda en acículas (<i>Lecanosticta</i> sp Fase asexual) <i>Mycosphaerella</i> sp Fase sexual ----- | 36 |
| 5.3.1.2 | Banda roja (<i>Dothistroma</i> sp.)----- | 37 |
| 5.3.1.3 | Hongos secundarios asociados a manchas o tizones en acículas bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás----- | 37 |
| 5.4 | Condiciones favorables al desarrollo de manchas o tizones en bosques de pino maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás----- | 38 |
| 5.5 | Progreso de la enfermedad de manchas o tizones en acículas en bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás----- | 39 |
| 5.6 | Tasa de la enfermedad manchas o tizones en acículas para bosque maduro y bosque de regeneración natural----- | 42 |
| 5.7 | Porcentaje de severidad de manchas o tizones en acículas y número de árboles por sitio de muestreo en bosque maduro----- | 42 |
| 5.8 | Porcentaje de severidad de manchas o tizones en acículas y número de árboles por sitio de muestreo bosque de regeneración natural----- | 43 |
| 5.9 | Análisis de Regresión lineal de la severidad de manchas foliares en acículas en bosque maduro y bosque de regeneración natural ----- | 44 |
| 5.10 | Comparación de las pendientes de las curvas de progreso de la enfermedad de manchas o tizones de bosque maduro y regeneración natural, finca San Nicolás----- | 46 |
| 5.11 | Análisis de varianza ----- | 46 |
| 5.12 | Análisis de correlaciones----- | 46 |

| | | |
|------|------------------------|----|
| VIII | LITERATURA CITADA----- | 49 |
| IX | ANEXOS----- | 54 |

ÍNDICE DE CUADRO

| CUADRO | | PÁGINA |
|--------|--|--------|
| 1. | Número de árboles muestreados para cada tipo de bosque----- | 23 |
| 2. | Escala de Severidad en enfermedades de acículas de pino----- | 24 |
| 3. | Estimación de número de árboles por hectárea para cada sitio de muestreo en bosque maduro----- | 32 |
| 4. | Estimación de número de árboles por hectárea para cada sitio de muestreo en bosque de regeneración natural----- | 33 |
| 5. | Géneros de hongos asociados a daños en diferentes partes del árbol----- | 36 |
| 6. | Resultados de los análisis de correlaciones----- | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|--------|---|--------|
| 1. | Progreso de la enfermedad de manchas foliares en acículas(<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) en bosque maduro finca San Nicolas (2007-2008)----- | 41 |
| 2. | Progreso de la enfermedad de manchas foliares en acículas(<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) en bosque de regeneración natural finca San Nicolas (2007-2008)---- | 41 |
| 3. | Severidad de manchas o tizones en acículas (<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) y número de árboles por sitio bosque maduro finca San Nicolás (2007-2008)----- | 43 |
| 4. | Severidad de manchas o tizones en acículas (<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) y número de árboles por sitio bosque de regeneración natural finca San Nicolás (2007-2008)----- | 44 |
| 5. | Análisis de regresión lineal de la severidad de manchas o tizones en acículas (<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) bosque maduro (2007-2008)----- | 45 |
| 6. | Análisis de regresión lineal de la severidad de manchas o tizones en acículas (<i>Lecanosticta</i> sp, <i>Dothistroma</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Pestalotia</i> sp, <i>Phyllosticta</i> sp, <i>Sphaeropsis</i> sp) bosque de regeneración natural (2007-2008)----- | 45 |

INDICE DE FOTOS

| FOTO | | PÁGINA |
|-------------|---|---------------|
| 1 | Síntoma inicial de mancha parda por <i>Lecanosticta sp</i> ----- | 36 |
| 2. | Síntoma avanzado de mancha parda por <i>Lecanosticta sp</i> ----- | 36 |
| 3. | Síntoma en acícula de Banda roja por <i>Dothistroma sp.</i> ----- | 37 |
| 4. | Cuerpos fructíferos de <i>Sphaeropsis sp</i> ----- | 38 |
| 5. | Cirros de <i>Pestalotia sp</i> ----- | 38 |
| 6. | Cuerpos fructíferos por <i>Phyllosticta</i> y <i>Phoma</i> ----- | 38 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | PÁGINA |
|-------|---|--------|
| 1. | Mapa de distribución geográfica de <i>Pinus caribae</i> var. <i>Hondurensis</i> Barret y Galfari, (1962)----- | 54 |
| 2. | Condiciones meteorológicas promedios registradas en las estaciones de Ocotal y San Fernando en el año 2008----- | 54 |
| 3. | Plano de campo parcelas de regeneración natural y bosque maduro Finca San Nicolás----- | 55 |
| 4. | Árbol con 30 % de severidad----- | 56 |
| 5. | Resultados de datos dasometricos obtenidos en bosque maduro Finca San Nicolás----- | 56 |
| 6. | Método de dilución de suelo (Castaño-Zapata, 1986)----- | 57 |
| 7. | Métodos de extracción de nematodos (Herrera, 2004)----- | 57 |
| 8. | Principales características de <i>Pinus caribae</i> var. <i>Hondurensis</i> Barret y Galfari, (1962)----- | 58 |
| 9. | Resultados de análisis físico-químico del suelo----- | 59 |
| 10. | Foto de acículas afectadas por <i>Lecanosticta</i> sp----- | 59 |
| 11. | Rama afectada procesada en laboratorio, la cual resultó afectada por <i>Sphaeropsis</i> sp----- | 60 |
| 12. | Regresión lineal Bosque Maduro----- | 60 |
| 13. | Regresión lineal bosque de Regeneración natural----- | 60 |
| 14. | Análisis de varianza y separación de medias en bosques finca San Nicolás Bosque Maduro----- | 61 |

RESUMEN

Los bosques de pino en Nicaragua, son considerados como uno de los recursos más valiosos, por la gran importancia socioeconómica y bioecológica que tienen, principalmente en la zona de Nueva Segovia y el norte del país. En lo que respecta a la sanidad forestal de Nicaragua, los bosques de pinos se han visto afectados gravemente por los insectos descortezadores durante el periodo 1999-2001 dónde se destaca *Dendrocionus* spp, actualmente estas especies de pino también se han visto afectadas por otros agentes como los que causan enfermedades foliares y sistémicas. Este estudio tiene especial importancia dado que en el país no se ha llevado a cabo ninguna investigación que contribuya al esclarecimiento de la etiología de estas enfermedades, así como también por la escasa información que se tiene acerca del tema en Nicaragua y Centroamérica. Este estudio se llevó a cabo en la finca San Nicolás del Municipio de San Fernando, del Departamento de Nueva Segovia, con el objetivo de contribuir al conocimiento de la problemática sanitaria en bosques de pino en la finca San Nicolás municipio de San Fernando. Para este estudio se estableció un transepto en la cual se tomaron como lugar de muéstreos y de observación, dos tipos diferentes de bosque; bosque maduro y bosque de regeneración natural, con un área de 500 m² y 125 m² respectivamente. En cada área por finca se establecieron cinco parcelas fijas de observación. Las variables evaluadas mensualmente fueron incidencia y la severidad de manchas y tizones en acículas. La incidencia fue de un 100 % tanto para bosque de regeneración natural como para bosque maduro. En cuanto al porcentaje de severidad promedio, en bosque maduro se presentó menor porcentaje de severidad con un 15.1 % y en bosque de regeneración natural de 17.2 % de severidad. En la finca San Nicolás Se presentaron condiciones de alta densidad poblacional, suelos arenosos, ácidos y pobres, favorables para el desarrollo de enfermedades en acículas. Las principales enfermedades diagnosticadas causando tizones en acículas fueron mancha parda, ocasionada por el género *Lecanosticta* y banda roja por *Dothistroma* Se encontraron otros géneros de hongos asociados a manchas foliares y tizones pero con menor importancia, estos son: *Sphaeropsis* sp., *Pestalotia* sp., *Phoma* sp. y *Phyllosticta* sp.

ABSTRACT

Pine forests in Nicaragua, are considered as one of the most valuable due to the large biological and economic importance that are primarily in the department of Nueva Segovia and the north zone of the country. In addition to the damage caused by *Dendroctonus* spp, which presented severe damage in Nicaragua in the period 1999-2001. However in Nicaragua and Central America at present these species of pine have also been affected by other agents such as those that cause systemic and foliar diseases. This study is particularly important given that the country has not conducted any research which contributes to the elucidation of the etiology of these diseases, as well as the limited information available about the issue in Nicaragua and Central America. This study was carried out on the farm of San Nicolás at Municipality of San Fernando, Department of Nueva Segovia, with the aim of contributing to the knowledge of the health problem in pine forests in the San Nicolás municipality of San Fernando. For this study it was established a transept in which sampling took place and observing two different types of forest, mature forest and natural forest regeneration, with an area of 500 m² and 125 m² respectively. In each area five farm plots were established per observation. The variables studied were monthly the incidence and severity. The incidence was 100% for natural forest regeneration to mature forest. As for the percentage of average severity in mature forest was less severe with a rate of 15.1% and forest regeneration was obtained on average 17.2% of severity. The conditions (temperature, density, sandy soils, acidic and poor) that occur in the farm San Nicolás, favored the development of diseases in needles. The main diseases diagnosed in fire blight causing needles are brown spot, caused by species of *Lecanosticta* and *Dothistroma*. Other genera of fungi associated with leaf spot and fire blight but with less importance, these are: *Sphaeropsis* sp. *Pestalotia* sp. *Phoma* sp. and *Phyllosticta* sp. were also found.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de pino en Nicaragua son considerados uno de los recursos más valiosos, por su importancia económica como en la diversidad de sus usos, por la obtención de madera preciosa y la de subproductos. Además estos bosques representan un gran potencial turístico, que puede generar divisas, atraer inversiones importantes al país, contribuir a la generación de oxígeno para nuestro planeta, al ciclo del carbono, al equilibrio climático y proporcionar un hábitat natural indispensable para la vida silvestre (INAFOR, 2001).

Las especies de pino se encuentran concentradas en el departamento de Nueva Segovia, al norte de Nicaragua, predominando la especie *Pinus oocarpa*, *Schiede ex Schlecht*. En Nicaragua los bosques de pino se han visto afectados por los insectos descortezadores, dónde se destaca *Dendroctonus* spp, que ocasionó severos daños en el período 1999-2001, en la actualidad estas especies de pino, también se han visto afectadas por otros agentes causales de enfermedades (INAFOR, 2001).

Estudio reciente refiere que la mortalidad de muchos árboles en bosques, se debe por lo general a factores múltiples e interrelacionados, que van de la sequía a las plagas insectiles y enfermedades. La determinación de una causa de mortalidad única sería poco realista; los factores de estrés ligados al clima juegan un rol preponderante en la aparición de muchos brotes graves de insectos y enfermedades forestales (Desprez-Loustau *et. al.*, 2006; Raffa *et al.*, 2008, citado por Allen, 2009).

Entre las enfermedades está la presencia de tizones en las acículas, entre las más importantes se reportan la mancha marrón de las acículas por (*Lecanosticta acicola* Thuem. Syd. Petr) y la banda roja de las acículas (*Dothistroma pini* Hulbary). Estas enfermedades provocan debilitamiento, escaso desarrollo, disminución en la calidad y cantidad de los productos a obtener e inclusive la muerte, siendo las plantaciones más jóvenes las más susceptibles a los ataques de enfermedades, impidiendo que los árboles alcancen su máximo desarrollo (Hansen, *et al.* 2008).

Las enfermedades en el follaje tienen una gran relevancia en la sanidad forestal y su impacto en el manejo forestal, ya que se estima que estas enfermedades puedan incrementarse en respuesta al cambio climático (Sanfuentes, 2007)

Considerando la problemática de las enfermedades en los árboles de pino y la aparición de manchas o tizones en acículas, marchitamientos e incluso muerte de árboles principalmente en pinos de regeneración natural se ha valorado la necesidad de esclarecer la etiología de agentes causales de estas enfermedades, así como estudiar el comportamiento de las mismas, lo cual ha ocasionado un impacto negativo en el ámbito socioeconómico y ecológico de los ecosistemas forestales.

Este estudio tiene especial importancia dado que en el país no se ha llevado a cabo ninguna investigación acerca de las enfermedades que afectan los árboles de pino y para tal fin se seleccionó la finca San Nicolás, del municipio de San Fernando, Nueva Segovia, debido a que la problemática antes descrita se ha presentado en los bosques de pino de la zona.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Contribuir al conocimiento de la problemática sanitaria que afectan los árboles de pino finca San Nicolás, municipio San Fernando, Nueva Segovia

Objetivos específicos

- Identificar los agentes causales de enfermedades en acículas, ramas, tallos y raíces en bosques de pino maduro y bosque de regeneración natural
- Evaluar la incidencia y severidad de las manchas o tizones en acículas de pino
- Describir condiciones favorables al desarrollo de las enfermedades en bosques de pino maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Bosque de pino en Nicaragua

El bosque de pino de las tierras altas de Nicaragua está restringido a la zona norcentral, desde el departamento de Matagalpa hacia el norte, con excepción de rodales pequeños en los volcanes septentrionales de la zona pacífica. La mayor parte de rodales de pinos se encuentran en los suelos ácidos bien drenados derivados de granito y esquístos, y son menos comunes en suelos volcánicos. La precipitación varía desde unos 1 000 a 2 500 mm y la elevación es por lo general sobre los 650 m. Estos bosques se encuentran generalmente en las laderas altas y medias pero a menudo son reemplazados por bosques caducifolios en las cumbres y en los valles. Los árboles más comunes asociados a este tipo de vegetación son especies de *Quercus* (roble-encino) pero en ocasiones se encuentran árboles de *Arbutus xalapensis* (guayabillo), *Acacia pennatula* (carbón) y muchas otras especies. La vegetación herbácea es rica y diversa, pero está dominada por *Poaceae*, *Cyperaceae* y *Fabaceae* (Stevens, 2005).

Los bosques de pino presentan árboles maduros y árboles de regeneración natural, un bosque maduro es aquel que ha alcanzado el desarrollo óptimo de producción, los bosques en su estado natural pueden regenerarse por sí solos, sin embargo los períodos para producir un bosque maduro varían de 25 hasta más de 100 años, según el tipo de bosque y las especies que lo componen. Un bosque de regeneración natural, es una vegetación arbórea que se encuentra en las primeras fases de crecimiento y desarrollo como parte del proceso natural de renovación del bosque (INAFOR 2007).

3.1.1 Sabana de pino en Nicaragua

La sabana de pino se encuentra en forma de parches dispersos, a menudo extensos, a lo largo de la costa del Atlántico, desde la Laguna de Perlas en el sur hasta Honduras en el norte. Los parches están atravesados por bosque de galería e irregularmente se entremezclan con bosque húmedo caducifolio. La precipitación varía desde unos 2 500 a 3 500 mm y los suelos son extremadamente pobres, en su mayoría varían desde arena hasta grava. Las quemadas son

frecuentes y son un aspecto predominante de la ecología. El árbol dominante es *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.)Barr. & Golf, que puede formar manchas densas, pero por lo general están espaciados y a menudo se encuentran grandes extensiones sin un solo árbol en los suelos más pobres y frecuentemente inundados (Stevens, 2005).

3.1.2 Caracterización de las especies de (*Pinus* spp) en Nicaragua

Clase: *Coniferae*

Orden: *Pinales*

Familia: *Pinaceae*

Los pinos son árboles resinosos, con follaje adulto, marcadamente dimorfo, formadas de fascículos de hoja angosta, aciculares, fotosintéticas, que representan brotes enanos deciduos y hojas escamosas café, tallos jóvenes, conos femeninos maduros leñosos con brácteas fusionadas, sus semillas entre un ala biunguiculada bien desarrollada, cotiledones 4-20 (Stevens,2005).

Styles, 2003 afirma que en Nicaragua existen solo 4 especies de pinos, que aunque pocas son de suma importancia genética, estas son:

- *Pinus caribaea* Morelet var. *Hondurensis* (Sénécl.)Barr. & Golf.
- *Pinus maximinoi* H.E.Moore
- *Pinus oocarpa*, *Schiede ex Schlecht.* subsp. *oocarpa*
- *Pinus patula* Schiede & Deppe subsp. *tecunumanii* (Eguiluz & Perry) Styles.

El género *Pinus* (familia *Pinaceae*) es uno de tres géneros de gimnospermas que se encuentran en Nicaragua. Las gimnospermas no producen flores y sus semillas se forman en conos leñosos o en estructuras modificadas de conos. *Pinus* se diferencia fácilmente de sus dos parientes *Cupressus* (*Cupressaceae*) y *Podocarpus* (*Podocarpaceae*) por el hecho de que las hojas (acículas) nacen en fascículos de 2-6 rodeadas por vainas basales de bráctea. Los conos consisten de escamas que se ponen duras y leñosas a la madurez (Styles, 2000).

El género *Pinus* alcanza su límite sur de distribución en Nicaragua, la existencia natural más meridional de pino registrada (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) se encuentra al norte de Bluefields en Laguna del Pinar, Zelaya (12°13'N) (Styles, 2000).

A pesar del pequeño número de especies, hasta hace muy poco se aclaró su taxonomía y se definieron sus distribuciones geográficas y ecológicas. *P. caribaea*, que por varias décadas ha sido explotado en la Costa Atlántica, es ahora categorizado bajo la variedad *hondurensis*. *P. maximinoi* (un pino de tierra alta) con una historia taxonómica muy confusa, anteriormente fue denominado *P. pseudostrobus* y *P. tenuifolio*. *P. oocarpa* que antes fue confundido mucho con el siguiente taxón (*P. patula* subsp. *tecunumani*) es ahora considerado como subespecie distinta a una que se encuentra más al norte en México. El cuarto taxón, *P. patula* subsp. *tecunumanii* fue descrito hasta hace poco (Styles 1985). Debido a que los 4 taxones se encuentran al límite sur de su distribución son de suma importancia genética, hecho que ha quedado en evidencia a través del rendimiento de por lo menos dos de ellos en los ensayos internacionales de procedencias. En Nueva Segovia las especies que predominan son: *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa* (Styles, 1994)

3.1.3 Descripción botánica de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénécl.) Barr. & Golf

Los árboles de *Pinus caribaea* alcanzan alturas de 25-35 m (raramente mayor de 40 m) y 35 cm diámetro a la altura del pecho (DAP) con copa irregular y cónica.. Corteza áspera, usurada, café grisácea. Follaje verde claro, rígido y erecto. Generalmente 3 acículas por fascículo, a veces 4 ó 5 en poblaciones del interior del país: 12-28 cm de longitud; vainas persistentes, 10-16 mm de longitud. Usualmente de 2-3 canales resinosos internos. Conos elongados-oblongos (forma de barril), 6-13 cm de largo x 4-7.5 cm de ancho, con un pedúnculo corto de hasta 1.0 cm de longitud, tempranamente caedizos, caen sin pedúnculo; escamas delgadas, flexibles. Apófisis alzados, algunas veces encorvados, el umbón con espina terminal persistente (Styles, 1994).

3.1.3.1 Distribución geográfica *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. (Sénécl.) Barr. & Golf

Pinus caribaea es la especie de pino más común en Nicaragua y su distribución es la más meridional de todos los pinos latinoamericanos. Su límite sur lo alcanza en la angosta faja costera entre Laguna de Perlas y el océano en la cercanía de Laguna del Pinar a 12°13'N, aproximadamente 25 km al norte de Bluefields. En esencia se puede dividir su distribución en dos áreas bastante distintas, la sabana costera del nivel del mar hasta 100 msnm. Las poblaciones del interior del país en las estribaciones al sur de la Sierra de Dipilto que ascienden a 700-800 msnm y en los valles del Río Coco (Styles, 1994). (Anexo 1)

3.1.4 Descripción botánica de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht. subsp. *oocarpa*.

Pinus oocarpa presenta árboles normalmente de hasta 36 m de altura, algunas veces alcanzando 48 m con un DAP de 50-65 cm. Copa cónica pero irregular en árboles viejos con ramas más o menos péndulas. Corteza áspera, café oscura o negruzca; profundamente fisurada, descascarándose en plaquetas gruesas, elongadas e irregulares; anaranjado rojizo en las fisuras. Follaje verde oscuro, erecto o esparcido, tosco y grueso. 5 acículas por fascículo (raramente 6) gruesas y toscas 12-28 cm de longitud; vainas persistentes, amplias, café oscuras, ásperas y escamosas, de 10-30 cm de longitud. 3-8 canales resinosos, la mayoría septales (que tocan tanto al hipodermo como al endodermo). Conos ampliamente ovoides (forma de huevo) abriéndose para formar una roseta, muy variable en tamaño, pero usualmente de 2.5-10.0 cm de largo x 4.0-7.5 cm de ancho; café mate; nacen en pedúnculos rígidos de hasta 3.0 cm de longitud; escamas gruesas, planas o ligeramente convexas con apófisis alzados. Los conos maduran de enero a marzo (Styles, 1993).

3.1.4.1 Distribución geográfica de pino *oocarpa* Schiede ex Schlecht.

P. oocarpa se encuentra ampliamente distribuido en América Central formando extensos rodales puros. Se presenta entre 700 y 1300 msnm en las montañas del norte en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Estelí, León, Jinotega y Chinandega. Generalmente

los rodales son muy irregulares y degradados por la sobre explotación y los fuegos frecuentes. Hacia el este *P. oocarpa* aparentemente desaparece, dando paso a *P. patula* subsp *tecunumanii* a altitudes similares (Styles, 1994).

La distribución de *P. oocarpa* subsp. *oocarpa* está restringida a los sitios ecológicos más pobres y secos con una precipitación anual de entre 800-1200 mm. Los rodales son abiertos, muchas veces crecen en suelos superficiales con poco humus, o a veces sobre rocas descubiertas. Generalmente los suelos se derivan de granito dando paso a arenas con abundante cuarzo, o de rocas volcánicas, principalmente toba riolítica e ignimbritas. Estos son ácidos (pH 5.5 - 6.0) y de buen drenaje. Debido a que los bosques de *P. oocarpa* son más secos, tienden a contar con más sotobosque estacional sobre todo gramíneas, los que se disminuyen en la temporada seca (Styles, 1994).

3.2 Enfermedades en las coníferas

Las principales enfermedades que atacan a los bosques de pino son causadas por hongos, casi no se presentan daños por bacterias debido a las características químicas (ph ácido) del suelo. Las condiciones favorables para manchas o tizones son temperaturas moderadamente altas (18 a 30 °c). El tiempo seco es desfavorable. El viento y la lluvia son factores determinantes en la diseminación (Hansen y Lewis 2008).

Varias de las enfermedades foliares de las coníferas han sido calificadas como “pérdida de acículas o marchites de acículas” dependiendo de si se hace hincapié en el síntoma de la enfermedad o en los organismos causales. La pérdida de las acículas se refiere normalmente a una enfermedad que causa la abscisión prematura de las acículas, pero se ha usado también más generalmente para referirse a las enfermedades del follaje causados por los hongos denominados de la pérdida de las acículas y el término marchites de las acículas para describir las enfermedades en que las acículas muertas permanecen unidas a las ramas (Stone, 2003).

3.2.1 Enfermedades fungosas de las coníferas

Las micosis constituyen las enfermedades más importantes en las masas forestales. Un alto número de especies fúngicas aprovechan el más mínimo estado de debilidad que presentan los árboles, produciendo todo tipo de alteraciones en los tejidos de los diferentes órganos de éstas plantas. Si bien del conjunto de hongos presentes en o sobre los tejidos vegetales sólo algunos pueden considerarse parásitos primarios, el marcado carácter oportunista de la gran mayoría de ellos les convierte rápidamente en los causantes de la muerte de los árboles afectando la función que éstos realizan siendo en muchos casos vital y concluye a medio o corto plazo con la muerte del árbol (Muñoz, 2007).

3.2.2 Clasificación de las enfermedades fungosas en las coníferas.

Entre las principales enfermedades fungosas que provocan daños en las diferentes especies de pinos están manchas foliares y tizones, enfermedades vasculares, pudrición de raíces chancros y royas.

3.2.2.1 Manchas foliares y tizones

Estas enfermedades afectan las acículas de las coníferas y casi siempre producen una mancha de una tonalidad de verde claro a amarillo, que inmediatamente o después se empardece o se vuelve roja, rodea a las agujas o bien puede ocurrir que se desarrollen en ellas nuevas infecciones aisladas, debido a ello es frecuente que las acículas mueran y se mantengan en el árbol durante un cierto tiempo lo cual hace que ésta tenga una apariencia pardo rojiza, aunque es probable que se desprendan, dando como resultado la defoliación parcial o total de un árbol (Agrios,2004).

3.2.2.2 Enfermedades Vasculares

Marchitamiento más o menos rápido, pérdida de color, muerte de hojas y vástagos succulentos del árbol, causando la muerte, debido a la invasión vascular del patógeno propagándose internamente por los vasos xilémicos con las hojas cloróticas que pierden turgencia (Agrios, 2004). Los patógenos causantes de estas enfermedades son capaces de penetrar la madera, utilizando componentes de la célula de la madera, son hongos especializados que tienen sistemas capaces de degradar la lignina (Harrington, 2005).

3.2.2.3. Chancros

Los chancros se desarrollan en torno a cicatrices de yemas, tocones de ramitas o en las bifurcaciones de los vástagos. Los chancros recién formados son pequeñas zonas circulares cafés, más tarde su parte central se deprime y ennegrece en tanto que sus bordes se proyectan por el tejido sano circundante (Torrez, 2003)

3.2.2.4 Pudrición de raíces

Los síntomas del árbol reflejan destrucción del sistema radicular. por encima de la superficie de la tierra toda la copa se ve afectada, mostrando síntomas de estrés hídrico crónico (crecimiento reducido, clorosis y pérdida de acículas) cuando se secan los suelos. Este tipo de enfermedades, con frecuencia están asociadas con suelos mal drenados e inundaciones estacionales (Hansen, 2003).

3.2.2.5 Royas

Las royas atacan principalmente a las hojas y a los tallos y en ocasiones a los frutos y flores, Por lo común las infecciones causadas por las royas tienen el aspecto de numerosas manchas rojizas anaranjadas, amarillas o inclusive de color blanco que ocasionan el rompimiento de la epidermis, la formación de hinchamientos e incluso agallas (Geibs, 2003).

3.3 Principales enfermedades en acículas

Existen una gran cantidad de hongos que causan enfermedades en las acículas, entre los más importantes se describen:

3.3.1 Mancha marrón de acículas *Lecanosticta acicola* Thuem. Syd. Petr Fase Asexual

Phyllum: *Deuteromycota*

Clase: *Coelomycetes*

Orden: *Melanconiales*

Familia: *Melanconinaceae*

Mycosphaerella dearnessii Barr. (*Ascomycota*, *Dothidiomycetes*,
Mycosphaerellaceae) Fase sexual

Lecanosticta acicola Thuem. Syd. Petr (Fase Asexual)

Hospedante: Este hongo ataca a la mayoría de las especies de pinos, especialmente *Pinus radiata*, *P. palustris*, *P. sylvestris*

3.3.1.1 Síntomas y Daños

Genera dos tipos de lesiones unas circulares color crema que coalescen formando áreas alargadas de ese color marrón claro, con borde más oscuro y otra con bandas amarillentas infiltradas de resina con un punto marrón, que es el cuerpo fructífero del hongo. Los bordes de la mancha se tornan oscuros y posteriormente la punta se necrosa y muere (Muñoz, 2007).

Los daños que ocasionan son defoliación severa en acículas, que cuando es activa durante varios años ocasiona muerte de ramillas y pérdida gradual de la copa reduciendo el crecimiento del árbol. El mayor daño en el árbol es en el estrato bajo del fuste (Muñoz, 2007).

3.3.1.2 Epidemiología

Las conidias esporulan mayormente a bajas temperaturas y son diseminadas por salpicaduras de lluvia y viento húmedo, penetrando a través de estomas. La infección secundaria se produce durante el crecimiento, cuando la estación avanza el progreso interno del hongo y la coalescencia de las lesiones matan a la mayoría de los tejidos de las acículas causando defoliación (Muñoz, 2007).

Los factores mas importantes que determinan la infección y desarrollo de la enfermedad son temperaturas entre 12 °C y 24 °C y la humedad libre influenciada por la lluvia, temperaturas entre 12 °C y 18 °C favorecen la esporulación del hongo la cual alcanza niveles epidémicos ya que el viento y la lluvia diseminan el inoculo (Muñoz, 2007).

3.3.2 Banda roja de acícula por *Dothistroma pini* Hulbary

Phyllum: *Deuteromycota*

Clase: *Coelomycetes*

Orden: *Sphaeropsidales*

Familia: *Sphaeropsidaceae*

Dothistroma pini Hulbary; *D. septospora* (Doroguine) Morelet Fase Asexual

Mycosphaerella pini Rostr. In Munk (Ascomycota, Dothidiomycetes, Mycosphaerellaceae)

Fase Sexual

Scirrhia pini Punk y A.K. Parker Sinonimia

Hospedante : Muchas especies de pinos especialmente *Pinus radiata*, *P. nigra*, *P. halepensis*, *P. ponderosa*.

3.3.2.1 Síntomas y Daños

Bandas amarillentas que luego se tornan pardas rojizas, visibles en acículas del estrato bajo del árbol. Si hay manchitas dispersas, el extremo de la acícula vira a marrón y se seca, cuando la mancha se torna en forma de banda, la acícula se anilla y se corta. La base de la acícula

permanece verde un tiempo, luego el hongo fructifica y a finales del invierno la acícula atacada muere y cae en verano. El ataque es más importante en verticilos inferiores .La infección es más frecuente en acículas de un año. En período seco se observan sobre la acícula estromas negros en las rajaduras detectables en las manchitas rojizas o en los extremos de la acícula cortada (Muñoz, 2007).

Presenta daños tales como defoliación severa y cuando ocurre durante varios años incide en el crecimiento del árbol. La infección es más severa en la parte baja de la copa, árboles menores de 10 años son más susceptibles. La reducción del crecimiento puede medirse cuando ha muerto el 25% del follaje y con el 50% de pérdidas de aumento de diámetro se reduce la mitad y disminuye el crecimiento de la altura (Muñoz, 2007).

3.3.2.2 Epidemiología

El hongo sobrevive en el invierno o durante las condiciones secas del verano en el follaje del árbol. Las esporas maduran un poco antes de la estación lluviosa y son diseminadas por salpicaduras de la lluvia, la infección se produce como consecuencia de la germinación de los conidios y de los tubos germinativos vía estomática. Al patógeno le favorecen suelo con bajo nivel nutricional, árboles expuestos a estrés y bajo drenaje (Muñoz, 2007).

3.3.3 Mancha foliar por *Pestalotia* sp.

Phyllum: *Deuteromycota*

Orden: *Coelomycetes*,

Familia: *Melanconiales*

Pestalotia sp Fase Asexual

Pestaliopsis funerea (Desm.)Steyaert Sinonimia

Hospedante: Este patógeno ataca a la mayoría de las coníferas.

3.3.3.1 Síntomas y Daños

Ataca principalmente tejido joven, y penetran a través de heridas en la corteza, en condiciones de debilidad del hospedante, la lesión prospera anualmente, determinando la muerte del ramillo cuyas hojas presentan síntomas generalizados de marchites y atabacamiento, pueden producirse traslaciones de resina a través de los tejidos infectados, cuando inicia la enfermedad produce una necrosis parcial. Los signos de este hongo fructifican formando acérvulos de color negro y la emisión de los conidios tiene lugar por medio de cirros de color negro. (Hansen, 2003). Provocan la formación de pequeños chancros en las ramillas de distintas especies de pino, teniendo la capacidad de colonizar sus hojas, tienen mayor incidencia en árboles jóvenes, en viveros forestales, y en suelos pobres. (Hansen, 2003).

3.3.3.2 Epidemiología

La supervivencia de este hongo queda asegurada en los restos de material vegetal enfermo o muerto por otras causas, en tiempos húmedos se forman los acérvulos que emiten masas de conidios infectivos que son transportados por lluvias y son capaces de penetrar a través de heridas en el tejido debilitado o joven, donde estos se reproducen con mucha facilidad. (Hansen, 2003).

3.3.4 Marchitez de brotes y acículas *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyoko y Sutton

Phyllum : *Deuteromycota*

Orden: *Coelomycetes*

Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyoko y Sutton Fase sexual

Diplodia pinea (Desm.)Kickx; *Macrophoma sapinea*; *M. pinea* Sinonimias

Hospedante: Todas las especies de Pino y especie muy sensible como *Pinus radiata*.

Es un importante patógeno que coloniza diferentes partes de los árboles como: acículas, brotes, conos, semillas, ramas y troncos, puede ocasionar la muerte de árboles enteros que presentan alta incidencia. Este patógeno también puede afectar árboles jóvenes, pero la

enfermedad comúnmente es más progresiva y destructiva en árboles cerca de los 30 años, muchas especies de pinos son hospederos de esta enfermedad. (Torrez, 2003)

3.3.4.1 Síntomas y Daños

Los brotes se tornan marchitos y se produce la muerte de los brotes jóvenes cuando se dá el alargamiento de las acículas, en ocasiones lo brotes que son rápidamente colonizados mueren antes que las acículas se desarrollen. (Torrez, 2003), El follaje presenta una coloración pardo-rojiza, las acículas muertas con frecuencia permanecen unidas en los brotes doblados, ondulados, curvados y secos, generalmente cubiertos de resina. Las áreas donde se observa la superficie lisa de las ramas con partes deprimidas, necróticas y pardas indican la presencia de chancros, producidos por la marchitez de los brotes y conos infectados (Stanosz, 2003).

Los conos colonizados por este hongo pueden, reducirse, secarse o volverse necróticos, la exudación de resina es un signo característico de la enfermedad que presentan las partes afectadas del árbol. Las semillas presentan una reducción de la germinación, pudrición, descomposición de las radículas emergentes, puede causar damping-off en las plántulas. (Torres, 2003).

3.3.4.2 Epidemiología

Las conidias son liberadas durante la época húmeda y son diseminadas por el viento y salpicaduras de gotas de lluvia, las esporas germinan con facilidad en presencia de humedad y los tubos germinativos se fijan y penetran por los estomas en las acículas jóvenes, la penetración en los brotes jóvenes se da cuando estos se expanden ya que son susceptibles a la infección, la enfermedad puede infectar a los conos del segundo año (Stanosz, 2003).

3.3.5. Tizón en acículas por *Phoma* sp

Phyllum: *Deuteromycota*

Clase: *Coleomycetes*

Orden: *Sphareopsidales*

Familia: *Sphaeropsidaceae*

Phoma pomorum Tum especie reportada

Macrophoma sp; *Phyllosticta* sp Sinonimias

Hospedante: Toda especie de Pino

3.3.5.1 Síntomas y daños

En tizones en acículas, el género *Phoma* causa una muerte regresiva de estas, seguida de la defoliación (Mohali, 1998) (Sagro *et al*, 2004). En acículas verdes se observa formando una hendidura de color marrón que se pronuncia sobre la superficie de la epidermis, en éstas hendiduras se observa la formación de estructuras fructíferas del hongo, el daño se presenta cuando la masa micelial penetra la epidermis y el parénquima de la acícula, causando la muerte del tejido y por consiguiente su colapso (Mohali, 1998).

3.3.5.2.- Epidemiología

Las conidias son transportadas por el viento y la lluvia, aunque la presencia de éste patógeno se encuentra asociado a heridas en la epidermis de la acícula lo que favorece la entrada de éste hongo en el tejido, por lo que es considerado un patógeno oportunista o débil, (Boerema, *et al.*, 1973;Dorenbosch 1970, citados por Mohali, 1998).

3.4. Enfermedades vasculares

3.4.1 Marchitez de tallo y ramas por *Botryodiplodia* sp (Desm.)J. Kicks

Phyllum: *Deuteromycota*

Clase: *Coleomycetes*

Orden: *Sphaeropsidales*

Familia : *Sphaeropsidaceae*

Diplodia sp Sinonimia

3.4.1. Síntomas y daños

Los árboles afectados muestran ramas muertas, con un patrón disperso en la copa. Manchas oscuras en la madera, el floema adyacente se colapsa y adquiere la misma coloración, al remover la corteza se aprecia el cambio de color se expone longitudinalmente (Cibrián, 2007)

3.4.1. Epidemiología

En árboles debilitados por sequía se presentan mortalidad en grupos. Las esporas se dispersan con el viento y son arrastradas por la lluvia, entrando al hospedante por heridas de acículas, ramillas, troncos y raíces. Cuando los árboles son vigorosos pueden vivir como un hongo endófito, pero en condiciones adversas, se puede desarrollar generando un debilitamiento, pudiendo causar la muerte de brotes, ramas o del árbol completo (Cibrián, 2007)

3.4.2. Marchitez vascular por *Ophiostoma* Syd. y Halst.

Phyllum: *Ascomycota*

Orden: *Ophiostomales*

Familia: *Ophiostomataceae*

A diferencia de otras enfermedades vasculares, esta es una enfermedad vectoreada, porque el patógeno no es capaz de penetrar e infectar a su hospedante sin la ayuda de un insecto vector, en su mayoría estos insectos vectores son escarabajos de la corteza, y tienen una relación simbiótica con el patógeno (Harrington, 2005). *Ophiostoma* spp. Es un hongo que invade los vasos xilémicos causando marchitez vascular, dispersados por insectos descortezadores *Dendroctonus*, *Ips* y *Scolytus*. Hay especies del género asociadas a la enfermedad de mancha negra de la raíz y otras a la mancha azulada de la madera. La especie asociada a mancha negra es *O. wagneri* con su fase sexual en *Leptographium wagneri*. Las especies asociadas a los hongos azulados son varias entre estas *O. novo ulmi*, *O. minus*, *O. clavigenum*, *O. ips* con sus fases asexuales en los géneros *Leptographium*, *Pesotum*, *Sporothrix*, *Hyalorhinochlaedia* y *Hyalodendron* (Hansen, 2003).

3.4.2.1. Síntomas y Daños

Presenta manchas oscuras que se extienden desde las raíces hasta el tronco, en la sección transversal, las manchas aparecen en forma de media luna y siguen los anillos anuales. Las manchas pierden color después de la muerte del árbol (Solheim, 2 003). Los daños que provoca son primeramente pérdidas de acículas viejas seguida de reducción de crecimiento. Terminal, clorosis, a veces producción de cono estresado y muerte. Pinos de todas las edades pueden morir, sin embargo los árboles jóvenes son más susceptibles. Los árboles mueren en focos de infección que se extienden irregularmente, pudiendo llegar a muchas hectáreas (Solheim, 2 003).

3.4.2.2 Epidemiología

Los insectos proporcionan el principal medio de dispersión. Estos insectos se reproducen en raíces gravemente afectadas por el patógeno y otros agentes, no tienen relación obligada con el hongo, pero son muy eficientes en buscar raíces infestadas por la mancha negra, incluso antes de que los síntomas puedan apreciarse en la copa. Pasan el invierno en estado de pupa en las galerías escurbadas en el punto de contacto entre el xilema y el floema y emergen como adulto en verano. Los adultos vuelan, siguiendo aparentemente los impulsos olfativos despedidos por árboles afectados. Una vez en tierra excavan hasta llegar a las raíces y se alimentan del floema de éstas. Si las heridas producidas por alimentación de los insectos, llegan hasta el xilema, el insecto portador de esporas del hongo causa una nueva infección (Solheim, 2 003).

3.5.1 Chancro en tallo y ramas por *Nectria cinnabarina* (Tode) Fr.

Phyllum: *Ascomycota*

Clase: *Pyromycetes*

Orden: *Hypocreales*

Familia: *Nectraceae*

Hospedante: Todas las especies de pin

3.5.1.1 Síntomas y daños

Cuando las condiciones son favorables, el hongo se desarrolla con lentitud, el hospedante produce un callo en torno al chancro y el contorno de este último se abre, los tejidos que se encuentran por debajo de la corteza negra del cancro son muertos, secos y esponjosos y se desprenden mostrando el tejido leñoso muerto y el lomo del callo en torno a la cavidad (Agrios, 2004). Durante años de infección el hongo invade más tejidos y debido a ellos la planta forma nuevos rebrotes de tejido del callo que se mantiene ligado estrechamente unido e irregularmente concéntrico, la corteza de la zona cancerosa se deforma y agrieta pero no se desprende, y los lomos sucesivos al callo quedan a cierta distancia (Agrios, 2004).

3.5.1.2 Epidemiología

Los conidios se forman por lo general a principios de la estación de crecimiento, pero también en verano. Son diseminados por el viento y la lluvia durante las temporadas lluviosas y también por insectos (Agrios, 2004). Los peritecios aparecen en los chancros a fines de verano y en el mismo estroma que produjo en primer término conidios, a los cuales eventualmente sustituye. Las ascosporas son expulsadas con fuerza y llevadas por el viento o bien salen del peritecio cuando hay suficiente humedad y son lavadas por la lluvia o transportadas por los insectos. Las ascosporas son diseminadas con mayor abundancia a fines de verano, pero también en otras épocas (Agrios, 2004).

3.6. Roya fusiforme en conos y tallos por *Cronartium* sp

Varias especies de *Cronartium* son causantes de un gran número de royas que producen pérdidas considerables en árboles

Phyllum *Basidiomycota*

Orden *Uredinales*

Familia *Teliomycitidae*,

Cronartium conigenum *C. Quercus*, *C. cerebrum* Fase sexual

Hospedante; La mayoría de las especies de pinos

3.6.1 Síntomas y Daños

En cono es un crecimiento excesivo y anormal de 2 a 4 veces mas del tamaño normal y ocasionalmente 10 veces mas .Conos carnosos y la superficie esta diferenciada por escamas .También aparecen infecciones en el tronco. Los aecios producidos hacen que los conos infectados se vuelven color naranja brillante. En ramas y tallos: Forma agallas sobre las ramas y troncos, principalmente en pinos jóvenes, dichas agallas pueden extenderse de 5 a 12 cm por año y con frecuencia cubre el tallo o la rama ocasionando muerte. La infección en plántulas mueren en unos 4 años (Geibs, 2003). Las plántulas mueren al cabo de 1 a 4 años, mientras que los jóvenes infectados se ramifican excesivamente durante cierto tiempo y muestran crecimiento exuberante. Troncos deformados, cancro profundos que se rompen fácilmente cuando el viento sopla con fuerza. Hiperplasia e hipertrofia y formación de agallas en troncos y tallos. En conos reduce la producción de semillas afectando la regeneración natural y artificial (Geibs, 2003)

3.6. 2 Epidemiología

Aecios producidos por toda la superficie, en las agallas aparecen masas amarillentas de espermacios y posteriormente aeciosporas de color naranja. Inverna como micelio en agallas fusiformes; forma espermacios de febrero a abril y en poco tiempo produce aeciosporas en agallas. El viento lleva las aeciosporas del hongo a las hojas jóvenes en proceso de expansión del roble donde se forman pustulas uredinales de color anaranjado en término de cuatro días y produce uredospora de febrero a mayo. Las uredosporas re infecta a un numero mayor de hojas de roble y producen mas uredosporas, las teliosporas sobre telios y las basidiosporas son transportados por el viento (Geibs, 2003).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en el período comprendido entre octubre 2007 y julio 2008 en la finca San Nicolás, en una zona montañosa ubicada a 6 km del casco urbano del municipio de San Fernando.

El municipio de San Fernando fue fundado en 1920, posee una extensión territorial de 339 km² ubicado a 350 km. de la ciudad de Managua, capital de Nicaragua. Sus límites son: al Norte: Municipios de: El Júcaro y Murra. Sur: Municipios de San Sebastián de Yalí y Santa María de Pantasma. Este: Municipio de Wiwilí. Oeste: Municipio de San Juan del Río Coco. Tiene una población de 22 987 habitantes. (Censo Nacional 1995). El área urbana con: 4 201 habitantes, y la zona Rural con: 18 786 habitantes su densidad poblacional es de: 68 hab/km²

El municipio de San Fernando se encuentra en la Región Ecológica II (Nortcentral), a 500 msnm, con una temperatura anual de 24 °C (fresca, subtropical). Posee tierras volcánicas terciarias y suelos profundos y ácidos, lluvias suceden en forma de llovizna 9 meses al año con alta humedad relativa (Bautista, 2002).

La ubicación del territorio municipal es en una zona montañosa de difícil acceso, rica en recursos naturales y con suelos aptos para el cultivo de granos básicos, posee extensas zonas de pinos catalogadas como reserva forestal del país.

Las condiciones meteorológicas promedio que se presentan en la zona hasta el año 2008 son 77.17 % de humedad relativa, 23.5 °C de temperatura y 70.6 mm de precipitación (Anexo 2).

4.2. Delimitación de las parcelas y sitios de muestreo en la Finca San Nicolás

Se establecieron dos parcelas, una de bosque maduro y otra de bosque de regeneración natural. Según INAFOR, 2007, un bosque maduro es aquel que ha alcanzado el desarrollo óptimo de producción. Los bosques en su estado natural pueden regenerarse por sí solos, sin embargo los períodos para producir un bosque maduro varían de 25 hasta más de 100 años, según el tipo de bosque y las especies que lo componen. Un bosque de regeneración natural, es una vegetación arbórea que se encuentra en las primeras fases de crecimiento y desarrollo como parte del proceso natural de renovación del bosque

La parcela de bosque maduro comprendió un área de 500 m² y la parcela de bosque de regeneración natural un área de 125 m². En cada tipo de bosque se ubicaron cinco sitios de muestreo. En la parcela de bosque maduro cada sitio de muestreo con una superficie de 100 m² y en la parcela de bosque de regeneración natural cada sitio de muestreo presentó una superficie de 25 m² (Anexo 3).

En las parcelas se seleccionó un árbol al azar en cada sitio de muestreo, el cual se tomó como punto fijo para establecer el perímetro del área circular muestreada. Se utilizó el radio correspondiente calculado para cada parcela. En bosque maduro resultó un radio de 5.64 m y en bosque de regeneración natural un radio de 2.82 m. Para estimar el radio correspondiente a cada sitio de muestreo, se despejó el radio de la fórmula del área del círculo ($A_c = \pi r^2$) $\leftrightarrow r = \sqrt{(A_c / \pi)}$. Los sitios se delimitaron a partir de la metodología, según INTECFOR (1993) y Martínez Melgar (1999).

El árbol que se tomó como punto fijo se marcó y numeró con spray de color blanco, los demás árboles encontrados dentro del radio se marcaron con spray rojo, además se utilizaron cintas plásticas de color rojo las cuales se ataron a los árboles correspondientes a cada sitio para reconocimiento del mismo en el bosque.

El número de plantas promedio por hectárea se estimó a través del levantamiento de parcelas circulares. Para obtener el número de plantas por hectárea, se contó el número de plantas dentro del círculo y se multiplicó por cien. (INTECFOR 1993).

Mediante un GPS portátil se obtuvo la ubicación geográfica de las parcelas. La parcela de bosque maduro, se sitúa 13° 45'64'', latitud norte, 086°13'96'', longitud oeste y a una altitud de 642 msnm. La parcela de bosque de regeneración natural se encuentra a 13°45'82'', latitud norte 086°13'81'', longitud oeste y a una altitud de 679 msnm.

4.3 Número de árboles muestreados por parcela en la finca San Nicolás

Se muestrearon un total de 22 árboles en bosque maduro y 67 árboles en bosque de regeneración natural obteniendo un total de 89 árboles estudiados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de árboles muestreados para cada tipo de bosque

| SITIO | Bosque Maduro | Regeneración Natural |
|--------------|---------------|----------------------|
| 1 | 7 | 10 |
| 2 | 3 | 13 |
| 3 | 2 | 8 |
| 4 | 7 | 16 |
| 5 | 3 | 20 |
| Total | 22 | 67 |

4.4 Variables evaluadas

4.4.1 Incidencia de las enfermedades: Se contabilizó el número de árboles enfermos entre el total de árboles muestreados expresado en porcentaje.

4.4.2. Severidad de enfermedades en las acículas: El colectivo de investigación de la UNA¹ con fines de facilitar la realización de este estudio, propuso una escala para medir el porcentaje de severidad del complejo de enfermedades de las acículas del pino, cuya escala se basó en la metodología de Martínez *et al.*, 2008 (Cuadro 2). La cual consistió en la estimación visual del porcentaje afectado de área foliar (acículas) con respecto al total del follaje del árbol; basada en el principio de Horsfall y Barratt (1945), esta medición visual se realizó con la ayuda de binoculares. (Anexo 4).

Cuadro 2. Escala de severidad en enfermedades de acículas de pino

| PORCENTAJE | DESCRIPCIÓN DEL DAÑO |
|-------------------|---|
| 0 | Árbol completamente sano |
| 5 | 5 % del follaje con clorosis |
| 10 | 10% de clorosis |
| 15 | 15% de clorosis |
| 20 | 20 % de clorosis |
| 25 | 25 % de clorosis |
| 30 | 30 % de clorosis en el follaje |
| 35 | 35 % de clorosis en el follaje |
| 40 | 40 % follaje con clorosis generalizada |
| 40 a 65 | Clorosis generalizada con acículas necrosadas |
| 65 a 85 | Porcentaje de follaje con necrosis generalizada |
| 85 a 95 | Tejido del árbol verde con follaje completamente muerto |
| 95 a 100 | Árbol muerto con defoliación |

4.4.3 Diámetro y altura de árboles de pino: Estos parámetros se midieron en campo, utilizando, la cinta diamétrica y clinómetro. En bosque maduro se tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP), a los árboles con un diámetro menor de 5 cm no se les midió DAP (Anexo 5).

¹ Martínez, Adrián., García, Alfonso. Tesis., Gutiérrez, Yanet., López, Carolina. Docentes, DPAF-UNA.

4.5. Muestreo

Para evaluar el comportamiento de las enfermedades se realizaron muestreos mensuales de incidencia y severidad a partir del 16 de Noviembre del año 2007 hasta el 11 de Julio del 2008 obteniéndose un total de nueve datos de severidad. También se realizaron anotaciones en el cuaderno de campo describiendo los síntomas y daños que presentaron los árboles muestreados.

4.6. Fase de diagnóstico en Laboratorio

Se recolectó muestras de acículas, ramas tallos, raíces y suelo, para ello se utilizó machete, palas y tijeras, en cada sitio de muestreo para su debido análisis patológico y de suelo. Las muestras fueron procesadas en los laboratorios de Microbiología, Micología y Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria en el km. 12 ½ carretera norte, Managua – Nicaragua. La identificación de hongos fue realizada por Gutiérrez, (2008).²

4.6.1. Análisis patológico de material vegetativo

4.6.1.1. Medios de cultivos

Los medios utilizados fueron Agar-Agua (AA), para inducir la esporulación de estructuras reproductivas del patógeno. Papa dextrosa agar (PDA), medio general para hongos. Agar nutritivo (AN), medios general para bacterias.

4.6.2. Técnicas de aislamiento para hongos, bacterias y nematodos

La técnica que se utilizó la técnica de inducción de crecimiento de hongos y bacterias, a partir de tejido vegetal enfermo y se sembró en medios de cultivos artificiales, así como medios específicos para el aislamiento de patógenos de suelo.

² Yanet Gutierrez,. Fitopatologa Universidad Nacional Agraria

4.6.2.1. Cámara húmeda

Las muestras de tejido vegetal enfermo (acículas, ramas, tallos) se colocaron en platos petri o cajas plásticas con papel filtro, humedecido con agua destilada estéril. Para inducir a la esporulación de estructuras fructíferas de los hongos y su posterior identificación mediante el uso de microscopio.

4.6.2.2. Siembra de trozos de acícula con estructuras fructíferas en AA

Primeramente se tomó acículas donde se formaron cuerpos fructíferos y con esporulación, se realizaron pequeños cortes en la acícula de manera que solo quedara en la lesión la estructura como tal, luego se dejó reposar en agua destilada estéril por un minuto, se seco con papel filtro y se dejó reposar por 30 segundos, finalmente se sembró en platos petri con Agar-Agua (AA). El objetivo de este procedimiento es el de inducir desarrollo y crecimiento de estructuras de reproducción, tanto de fase sexual (esclerocios, peritecios, apotecios, etc.) como asexual (cleistotecios, picnidios, acérvulos etc.).

4.6.2.3. Siembra tejido infectado de acículas, ramas, tallo y raíces en PDA y AN

Se realizó cortes en la lesión del tejido, luego se desinfectó con alcohol histológico al 95 % por 1 minuto, posteriormente se seco en papel filtro y se dejó reposar en agua por 30 segundos y nuevamente se secaron con papel filtro. Finalmente se sembró en medios de cultivos generales: Agar nutritivo (AN), para bacterias y papa dextrosa agar (PDA), para hongos.

4.6.3. Análisis patológico de suelo

4.6.3.1 Métodos de aislamiento y cultivo de hongos, bacterias y nematodos

El método utilizado para cultivo de hongos y bacterias de suelo fue el Método de dilución de suelo (Anexo 6). El método utilizado para extracción de Nematodos de suelo fue el de tamices mas filtro de algodón (Anexo 7).

4.6.4. Identificación de Hongos

Los géneros de hongos encontrados fueron identificados mediante la utilización de claves taxonómicas de las diferentes clases de hongos; y la observación en microscopio de sus características morfológicas; y características de crecimiento en medio de cultivo (color, forma de crecimiento, elevación de micelio y estructuras fructíferas).

4.7. Análisis físico químico de suelo

Se realizó análisis físico químico de suelo en laboratorios de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

4.8. Plan de Manejo en Bosques de finca San Nicolás

La finca San Nicolás, posee bosques naturales de pino, sin embargo se desarrolla un plan de manejo para bosque maduro y bosque de regeneración natural.³

4.8.1. Actividades de manejo en bosque maduro

- Eliminación de malezas para evitar incendios forestales
- Raleo comercial para evitar la alta densidad e incrementar su volumen de producción
- Extracción de los árboles con diámetros ya aprovechables y diámetro menores que estén afectando a otros árboles en el aprovechamiento de luz y nutrientes
- Eliminación de árboles enfermos atacados por plagas y enfermedades.

³ Armando Centeno, Com. Pers. Propietario finca San Nicolás

4.8.2 Actividades de manejo en bosque de regeneración natural

- Eliminación de árboles enfermos atacados por plagas y enfermedades
- Manutención de las densidades adecuadas esto se realiza mediante poda de formación
- y eliminación de plantas defectuosas para garantizar la repoblación del área con plantas de buena calidad, para esto se realizan chapeos, rondas y mantención de la vigilancia en época seca con el fin de evitar los incendios forestales.

4.9. Análisis de Datos

4.9.1 Análisis descriptivo

Para explicar el comportamiento de la severidad de las enfermedades en acículas, se aplicó un análisis de datos mediante el programa de cálculo Excel, para visualizar en un grafico de línea, la tendencia de la severidad en las diferentes fechas de muestreo.

4.9.2 Tasa de Incremento de la enfermedad

Se calculó la tasa de incremento de la enfermedad (**r**), para explicar la intensidad de las enfermedades foliares, usando el modelo logístico (Vander. Plank, 1963,1968 citado por Cornide *et al.*, 1985).

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\log_e \frac{y_2}{1 - y_2} \right) - \left(\log_e \frac{y_1}{1 - y_1} \right)$$

r = tasa de incremento de la enfermedad

1 = constante (tejido sano)

t₂ = tiempo (segunda evaluación)

t₁ = tiempo (primera evaluación)

log_e = logaritmo natural

Y₁ = Porcentaje de severidad en la primera fecha de muestreo

Y₂ = Porcentaje de severidad en la última fecha de muestreo

4.9.2 Análisis estadísticos (ANDEVA, Correlaciones y Regresión Lineal)

Se realizó un análisis de varianza con el fin de comprobar si el efecto de los diferentes sitios de muestreo y el efecto de las distintas fechas de muestreo son significativos con respecto a los datos promedios de severidad obtenidos en los 5 sitios de muestreo para cada tipo de bosque y en las 9 fechas de muestreo que mensualmente se realizaron en la finca San Nicolás.

Se realizaron correlaciones entre las variables diámetro de los arboles y severidad, y altura de los arboles y severidad, Este análisis se realizó para determinar estadísticamente si el diámetro y altura que miden el desarrollo del árbol se vieron afectados por el porcentaje de severidad que mide el grado de afectación de los árboles.

Para estimar el incremento del porcentaje de severidad de las enfermedad durante el tiempo de muestreo, se calculó la pendiente de la curva de la enfermedad en cada tipo de bosque, mediante un análisis de regresión lineal para los datos promedios de severidad para cada fecha de muestreo. Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico JMP versión 7 (Copyright © 2009 SAS Institute Inc).

4.9.2.1 Comparación de parámetros de las pendientes de dos curvas de enfermedades en bosque maduro y bosque de regeneración natural (Campell y Madden, 1990), para comprobar estadísticamente si las epidemias de ambos tipos de bosque son similares.

$$(\Theta_1 - \Theta_2) \pm t. [(P/2; n_1+n_2-(2p)] * s (d)$$

$(\Theta_1 - \Theta_2)$: Diferencia entre los parámetros de las dos líneas estimadas por el mismo modelo, en este caso las pendientes de cada línea. Bosque maduro y regeneración natural.

$[(P/2; n_1+n_2-(2p)]$: t es el valor tabulado con la probabilidad P y grados de libertad de $n_1+ n_2-(2p)$ donde $n_1+ n_2$ son el número de observaciones para las líneas 1 y 2, respectivamente, y p es el número de parámetros del modelo.

$$S(d) = [S^2(\Theta_1) + S^2(\Theta_2)]^{1/2}$$

$S^2(\Theta_1)$: Varianza del parámetro de la primera línea, o sea, el error estándar al cuadrado. (Línea de comportamiento regeneración natural)

$S^2(\Theta_2)$: Varianza del parámetro de la segunda línea, o sea, el error estándar al cuadrado. (Línea de comportamiento bosque maduro)

$$S^2 = (X_1 - \bar{X})^2 + (X_n - \bar{X})^2 \dots / n$$

\bar{X} = promedio

X_i = promedio equivalente a cada fecha de muestreo

n = Numero de muestreos

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| La hipótesis nula [H_0]: | $\Theta_1 = \Theta_2 = 0$ |
| La hipótesis alternativa [H_a]: | $\Theta_1 \neq \Theta_2 \neq 0$ |

Cuando el intervalo estimado incluye el valor cero (0), no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias entre los coeficientes estimados. La hipótesis alternativa se acepta, y se concluye que los coeficientes estimados por las dos diferentes líneas no son iguales, cuando el intervalo no incluye el valor cero.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización del bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás

La especie de pino que se encontró en la finca de San Nicolás tanto en bosque maduro como en bosque de regeneración natural es la especie *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénécl.) Barr. & Golf. Esta información fue suministrada y comprobada por el técnico de la finca, el cual explicó in situ las principales características morfológicas que permiten identificar a esta especie de pino, estas características fueron descritas por Barret y Galfari, en 1962 (Anexo 8).

5.1.1 Caracterización del bosque maduro en la finca San Nicolás

En bosque maduro los árboles presentaron una altura promedio de 17.6 m y un diámetro promedio de 23 cm. Por lo general con un relieve muy accidentado, principalmente en los sitios uno, dos y tres, en estos sitios el suelo se encontraba erosionado, y con alta presencia de malezas. Los árboles de estos tres sitios eran árboles maduros, en general estos tres sitios resultaron con las mismas características. El sitio cuatro, presentó combinaciones de árboles maduros y de regeneración natural con una alta densidad poblacional. El sitio cinco se encontró con bastante vegetación herbácea como Poáceas y Ciperáceas.

Partiendo del número de árboles por sitio se estimó que el número promedio de árboles por hectárea de los cinco sitios de muestreo es equivalente a 440. Según INTECFOR, (2001). el criterio de densidad por experiencia de campo expresado es de 250 a 400 árboles por hectárea para bosque maduro, lo que refleja que la densidad poblacional promedio de los cinco sitios de muestreo para bosque maduro se encontró ligeramente por encima del rango normal. La estimación del número de árboles por hectárea en los sitios, uno y cuatro resultaron con 700 árboles por hectárea lo que significa que existe una densidad poblacional por encima de los rangos recomendados, a diferencia de los demás sitios (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estimación de número de árboles por hectárea para cada sitio de muestreo en bosque maduro

| Sitio | Bosque Maduro |
|-----------------|------------------------------------|
| 1 | 700 árboles ha ⁻¹ |
| 2 | 300 árboles ha ⁻¹ |
| 3 | 200 árboles ha ⁻¹ |
| 4 | 700 árboles ha ⁻¹ |
| 5 | 300 árboles ha ⁻¹ |
| Promedio | 440 árboles ha⁻¹ |

5.1.2 Caracterización del bosque de regeneración natural finca San Nicolás

Todos los sitios presentaron las mismas características, los árboles presentaron las mismas edades. Se presentó un terreno con pendiente moderada, un suelo cubierto por una capa de acículas secas que brindan protección al suelo. Este bosque presentó una gran diversidad de vegetación herbácea como Poáceas y Cyperaceas, las cuales contribuyen a la protección del suelo contra la erosión hídrica.

Según INTECFOR, (2001). El criterio de densidad por experiencia de campo expresado es de, 4 000 a 6 000 árboles ha⁻¹ en bosque de regeneración natural, En este estudio se obtuvo una población promedio de los cinco sitios de muestreo de 5 360 árboles ha⁻¹, lo que refleja que la densidad poblacional promedio de los árboles para bosque de regeneración natural se encuentra en un rango aceptable. No obstante en la estimación del número de árboles por hectárea para los sitios cuatro y cinco resultaron con una densidad de 6 400 y 8 000 árboles ha⁻¹ respectivamente, lo que quiere decir que las densidades de estos sitios no son las adecuadas para el desarrollo saludable de los árboles. Los otros sitios de muestreo resultaron con densidades dentro del rango recomendado. (Cuadro 4.)

Cuadro 4. Estimación del número de árboles por hectárea para cada sitio de muestreo en bosque de regeneración natural

| Sitio | Bosque de Regeneración Natural |
|-----------------|---------------------------------------|
| 1 | 4 000 árboles ha ⁻¹ |
| 2 | 5 200 árboles ha ⁻¹ |
| 3 | 3 200 árboles ha ⁻¹ |
| 4 | 6 400 árboles ha ⁻¹ |
| 5 | 8 000 árboles ha ⁻¹ |
| Promedio | 5 360 árboles ha⁻¹ |

5.2 Resultados de análisis físico químico de suelo finca San Nicolás

En los análisis físicos de suelo resultaron suelos francos arenosos, con mayor porcentaje de partículas de arena y menor en partículas de limo y arcilla, esto igual para las tres fincas, tanto en bosque maduro como en bosque de regeneración natural. En los análisis químico los suelos de las tres fincas resultaron suelos ligeramente ácido a medianamente ácido, con alto porcentaje de materia orgánica.

Los suelos de la finca San Nicolás presentaron alto contenido de nitrógeno, no obstante son considerados pobres nutricionalmente, ya que el nitrógeno no estaba disponible para los árboles, esto debido a la lixiviación de los nutrientes por ser suelos francos arenosos y por la poca actividad y diversidad bacteriana que contribuyen a que el nitrógeno se encuentre disponible en forma de nitrato en el suelo. El nitrógeno es un factor importante para la salud y el buen desarrollo del árbol, INAFOR (2006) afirma que aunque los pinos crecen en suelos de baja fertilidad, ácidos, delgados, arenosos y con buen drenaje, estos requieren de suelo con niveles considerables de nitrógeno disponible para el desarrollo de las acículas y la formación de los conos.

El fósforo no fue detectado en la parcela de bosque maduro, mientras que en la parcela de regeneración natural se encontró en niveles muy bajos. Según INAFOR, (2006), el fósforo es muy importante para el desarrollo radicular y la madurez rápida del fruto.

El potasio otro elemento primordial para la salud del árbol resultó en rangos muy bajos en los análisis de laboratorio. Un macronutriente que según INAFOR, (2007), juega un papel importante en la salud y vigor del árbol.

En cuanto a los micronutrientes los suelos presentaron rangos bajos a medios de calcio, magnesio, cobre y zinc. Esto debido al tipo de suelo franco arenoso de la finca en donde existe lixiviación de estos elementos. El hierro se presentó con altos niveles y es muy probable que el fósforo este adherido al hierro. El suelo de la finca San Nicolás es ácido, propiciando que exista poca diversidad y actividad bacteriana, que son importantes en la fijación de nitrógeno y la transformación de la materia orgánica. La textura franco arenoso de los suelos de la finca San Nicolás y el bajo nivel de capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de saturación de base (% SB), confirman que en estos suelos no existe acumulación de los elementos (NPK), a causa de la lixiviación de nutrientes. Los bosques de pino de la finca San Nicolás son naturales, y aunque los contenidos de materia orgánica sean considerables estos son bajos en relación a suelos de bosques de pinos naturales ⁴ (Anexo 9).

5.3. Principales enfermedades diagnosticadas en árboles de pino en bosque maduro y regeneración natural finca San Nicolás

Los árboles resultaron afectados por un complejo de hongos causantes de diferentes enfermedades. Los síntomas de dichas enfermedades son muy similares entre si, al inicio se muestran como un amarillamiento en las acículas, luego cuando las enfermedades están más avanzadas las acículas adquieren una coloración parda a rojiza, hasta que la acícula se necrosa y se da la abscisión de la misma.

Los agentes causales de dichas enfermedades son hongos de diversos géneros. En este estudio, las principales enfermedades diagnosticadas causando manchas o tizones en acículas

⁴ Leonardo García. Com. Pers. Especialista en Suelo Universidad Nacional Agraria

son: mancha parda, ocasionada por el género *Lecanosticta* y banda roja por *Dothistroma*. Estos géneros de hongos presentaron a nivel de laboratorio su fase sexual en el género *Mycosphaerella*. Estos hongos causantes de tizones en acículas son reportados por diferentes autores de distintas partes del mundo (Evans 1984, Patton 2003 y Muñoz, 2003) reportan estas enfermedades en Estados Unidos y Centro America (Cuadro 5).

Se encontraron otros géneros de hongos asociados a manchas o tizones en acículas, pero con menor importancia, estos son: *Sphaeropsis* sp., *Pestalotia* sp., *Phoma* sp. y *Phyllosticta* sp. Los cuales son reportados como patógenos secundarios y oportunistas en ataques a las acículas (Patton, 2003). Los hongos *Phyllosticta* sp y *Sphaeropsis* sp se presentaron en muestras de acículas únicamente en bosque de regeneración natural. En este bosque los árboles se encontraban más afectados por daños físicos y defoliación, como consecuencia de la alta densidad poblacional, debido a que había menos espacio entre los árboles y estos por efecto del viento se rosan y a medida que crecen se provoquen daños entre sí. (Cuadro 5).

No se encontraron ningún tipo de patógenos (marchites, chancros y royas) en las muestras de suelo, tallos y raíces procesadas en el laboratorio. No obstante esto no significa que este tipo de enfermedades que afectan tallos y raíces estén completamente ausentes y no se encuentren afectando los árboles de pino de San Nicolás. Probablemente no se encontraron patógenos debido a que en esta finca existe un plan de manejo, en donde esta contenido la extracción y eliminación de material vegetal enfermo de los árboles, por lo que esto hizo difícil encontrar patógenos asociados a este tipo de enfermedades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Géneros de hongos asociados a daños en diferentes partes del árbol

| TIPO DE ENFERMEDAD | FINCA SAN NICOLÁS | |
|--------------------|--|---|
| | Bosque maduro | Bosque Regeneración Natural |
| Foliar | <i>Dothistroma</i> sp <i>Phoma</i> sp <i>Pestalotia</i> sp <i>Lecanosticta</i> sp | <i>Dothistroma</i> sp <i>Lecanosticta</i> sp <i>Phoma</i> sp <i>Pestalotia</i> sp <i>Phyllosticta</i> sp <i>Sphaeropsis</i> sp |

5.3.1. Principales hongos causantes de manchas o tizones en acículas Finca San Nicolás

5.3.1.1. Mancha parda en acículas (*Lecanosticta* sp Fase asexual) *Mycosphaerella* sp Fase sexual

La mancha parda fue la enfermedad que se encontró con más frecuencia en las muestras de acículas llevadas al laboratorio. Los síntomas que se observaron fueron mancha amarillenta en forma de banda en las ramillas donde se encuentra este daño, luego el centro de la banda amarilla adquiere una coloración parda rojiza, posteriormente esta se necrosa. En el campo estos síntomas se observan como tizones y las puntas de algunas acículas se observan necrosadas, los árboles sufren desprendimiento de tejido enfermo. Esta descripción coincide con lo citado por Muñoz (2007), que describe los síntomas como manchas amarillentas en forma de banda, con puntos necróticos y luego se da el avance de la enfermedad y la abscisión de las acículas (Foto 1 y 2) (Anexo 10).



Foto 1. Síntoma inicial de mancha parda por *Lecanosticta* sp



Foto 2. Síntoma avanzado de mancha parda por *Lecanosticta* sp.

5.3.1.2 Banda roja (*Dothistroma* sp.)

La banda roja de las acículas es la enfermedad que resultó con mayor frecuencia en los análisis de laboratorio después de la mancha parda. En noviembre se observó el síntoma inicial, que es la formación de pequeñas manchas cloróticas alternas que poco a poco se distribuye por toda la acícula. Los síntomas observados en las muestras procesadas fueron bandas cloróticas que luego adquieren una coloración rojiza.

El color rojo que se forma sobre la banda se debe a la acumulación de la toxina dothistromicina, que produce este hongo en los tejidos de la acícula (Cibrián *et al* 2007). La descripción de los síntomas observados en campo y los resultados del diagnóstico en el laboratorio, concuerdan con lo citado en Muñoz (2007) que describe los síntomas iniciales como pequeños moteados cloróticos que luego se convierten en bandas hasta adquirir un tono rojizo, luego se prolongan en toda la acícula necrosándola y provocando su caída. Esta enfermedad ha sido reportada afectando *Pinus oocarpa* sp en Costa Rica por Evans (1984) y en Guatemala por González (2003) (Foto 3)



Foto 3. Síntoma en acícula de Banda roja por *Dothistroma* sp.

5.3.1.3 Hongos secundarios asociados a manchas o tizones en acículas bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás

Los hongos *Sphaeropsis* sp, *Pestalotia* sp, *Phoma* sp y *Phyllosticta* sp, se encontraron asociados a daños secundarios, ya que estos hongos se aislaron de muestras de acículas que ya presentaban algún tipo de daño primario, ya sea por factores físicos como heridas o lesiones que presentaban los árboles o en asociación con otros patógenos como los géneros *dothistroma* y *lecanosticta*. Los síntomas iniciales que se observaron en el campo consistieron

en un amarillamiento, y posteriormente cuando la afectación avanzaba los síntomas mostraban una coloración pardo-rojiza. Las acículas muertas usualmente permanecían unidas en los brotes doblados, ondulados y secos. Los daños asociados a estos síntomas encontrados fueron marchitez y muerte de ramillos, En los ramillos marchitos, no se desarrollaba bien el follaje. Stanosz (2003); Torres (2003); Baldini *et al*, (2006) y Cibrián *et a*, (2007); reportan estos hongos como oportunistas ya que atacan árboles débiles, o con lesiones y heridas, condiciones desfavorables o que ya han sido atacados por otros hongos primarios como *dothistroma* sp y *Lecanosticta* sp, las que son indispensables para el éxito de la infección en el mismo (Foto. 4, 5, 6) (Anexo 11).



Foto 4: Cuerpos fructíferos de *Sphaeropsis* sp



Foto 5. Cirros de *Pestalotia* sp



Foto 6: Cuerpos fructíferos por *Phyllosticta* y *Phoma*

5.4 Condiciones favorables al desarrollo de manchas o tizones en bosques de pino maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás

Según los resultados del análisis físico- químico de suelo en la finca San Nicolás, estos no presentaron características óptimas para que exista un equilibrio nutricional en la fisiología de los árboles de pino. Siendo este un factor que esta muy relacionado a la afectación por enfermedades. Según Chaboussou, (1967), en su teoría de la trofobiosis, afirma que la vulnerabilidad de las plantas al ataque de enfermedades es una cuestión de desequilibrio

nutricional. La planta equilibrada no es nutritiva para el parasito (hongo, bacteria, insecto, etc.), ya que nutricionalmente no posee en su savia alimento soluble para el parasito, debido a que estos parásitos a diferencia de las plantas carecen de la capacidad de descomponer proteínas extrañas (proteolisis). Es decir que las defensas orgánicas de los vegetales están determinadas por una nutrición equilibrada y estos son más resistentes al ataque de patógenos.

Algunos sitios de muestreo presentaron alta densidad poblacional, por lo cual los árboles se encontraban separados a poca distancia entre si, permitiendo que el viento provocara heridas, y defoliación, una alta competencia por nutrientes, luz y espacio de los árboles producto del roce entre estos.

Las condiciones edafoclimaticas y ambientales antes descritas se presentaron en las parcelas de bosques maduro y regeneración natural en la finca San Nicolás. Según Muñoz (2007) los factores mas importantes que determinan la infección y desarrollo de estas enfermedades son temperaturas frescas y la humedad libre influenciada por la lluvia, lo cual permite alcanzar niveles epidémicos ya que el viento y la lluvia diseminan el inculo. Además a estos patógenos le favorecen suelo con bajo nivel nutricional y árboles expuestos a estrés.

Este mismo estudio se realizó en la finca Las tapias, también ubicada en el Municipio de San Fernando, Nueva Segovia. Los resultados de daños por enfermedades a los árboles en la finca Las Tapias resultó mayor, presentándose afectaciones por una diversidad de enfermedades de origen fungosa, enfermedades vasculares, pudrición de raíces, royas y principalmente se presentó alta incidencia de afectación por chancros en ramas (García, 2009). En la finca Las Tapias, a diferencia de San Nicolás, no existe un plan de manejo que contribuya a contrarrestar la incidencia de las enfermedades que afectan los árboles de pino de la zona.

5.5 Progreso de la enfermedad de manchas o tizones en acículas en bosque maduro y bosque de regeneración natural finca San Nicolás

La incidencia de manchas o tizones en acículas fue de un 100 % tanto en bosque maduro como en bosque de regeneración natural. El porcentaje promedio de severidad en las 9 fechas de muestreo en bosque maduro fue menor con un 15.1 % y en bosque de regeneración natural

obtuvo un promedio de 17.2 % de severidad. En bosque de regeneración natural se presentó alta densidad poblacional en algunos sitios de muestreo.

Los resultados de severidad de manchas o tizones en acículas, reflejan un comportamiento similar para bosque maduro y bosque de regeneración natural. Los promedios de severidad en la primera fecha de muestreo en noviembre del año 2007 fueron de 5.8 % para bosque maduro y 10.6 % para bosque de regeneración natural (Figuras 1 y 2).

El porcentaje de severidad se incrementó en los meses de diciembre del 2007 hasta abril del 2008. El mayor incremento se observó en el mes de abril y fue de 20 % para bosque maduro y 20.6 % para bosque de regeneración natural. En ambos tipos de bosque la enfermedad mantuvo el mismo porcentaje de severidad desde el mes de abril del 2008 hasta junio del mismo año.

Finalmente en la última fecha de muestreo en julio del 2008, los árboles se presentaron con un ligero descenso en el porcentaje de severidad, obteniendo 19 % para bosque maduro y 19.4 % para bosque de regeneración natural. Los árboles recibieron lluvia durante los meses de mayo y junio, lo cual les ayudó a recuperarse del estrés hídrico y esto se reflejó en un leve declive en cuanto al porcentaje de severidad, Asimismo favoreció la recuperación de los árboles al ataque de enfermedades y se produjo nuevos brotes durante el tiempo lluvioso pudiéndose observar los árboles con un follaje más verde (Figuras 1 y 2).

Según González (2004), en un estudio similar realizado en Guatemala afirma que la severidad de estos tipos de enfermedades en coníferas, disminuye a medida que la precipitación aumenta, y el porcentaje de severidad se vió en aumento durante los meses más calidos. Aunque, según Muñoz (2007) las altas precipitaciones, la alta humedad relativa y temperaturas frescas que se presentan durante los meses de invierno, son factores favorables que propician la diseminación de estas enfermedades, en donde se da la fructificación y producción de inóculo, no es hasta en la temporada seca que se pueden observar los síntomas y la afectación de estas enfermedades, esto debido al ciclo anual de este tipo de enfermedades (Miquez y Castela, 2008) (Figuras 1 y 2).

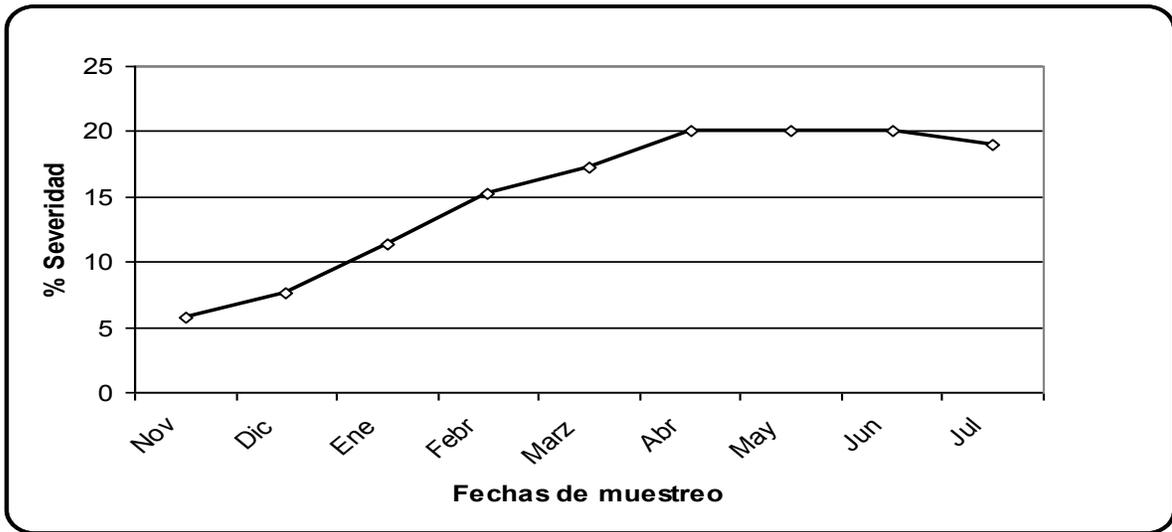


Figura 1. Progreso de la enfermedad de manchas foliares en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) en bosque maduro finca San Nicolas (2007-2008)



Figura 2. Progreso de la enfermedad de manchas foliares en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) en bosque de regeneración natural finca San Nicolas (2007-2008)

5.6 Tasa de la enfermedad manchas o tizones en acículas para bosque maduro y bosque de regeneración natural

En el período muestreado en bosque maduro la tasa de enfermedad fue 0.0089, esto indica que la enfermedad aumentó 0.89 % por cada día, mientras que en bosque de regeneración natural la tasa de la enfermedad fue 0.005, esto indica que la enfermedad tuvo un incremento diario de 0.5%. Para ambos tipos de bosques, se calculó la tasa correspondiente al periodo que es del 16 de noviembre del 2007 al 25 de abril de 2008, este fue el periodo en donde el porcentaje de severidad de manchas foliares o tizones se mantuvo en ascenso, en los meses posteriores el porcentaje de severidad de manchas o tizones en acículas se mantuvo constante sin mostrar incremento.

5.7 Porcentaje de severidad de manchas o tizones en acículas y número de árboles por sitio de muestreo en bosque maduro

El mayor porcentaje de severidad se presentó en los sitios tres y el sitio cinco con 27 % y 22.4 % de severidad respectivamente, siendo los sitios que presentaron menor número de árboles (Figura 3). En estos sitios los suelos se encontraron erosionados a causa de deslizamientos de tierras, y a la alta presencia de malezas como *Ciperáceas* y *Poaceas*, estos factores podrían limitar la disponibilidad de agua y nutrientes a los árboles, los pinos de estos sitios eran maduros, Stannosz (2003) afirma que los árboles maduros son más susceptibles al ataque de hongos oportunistas.

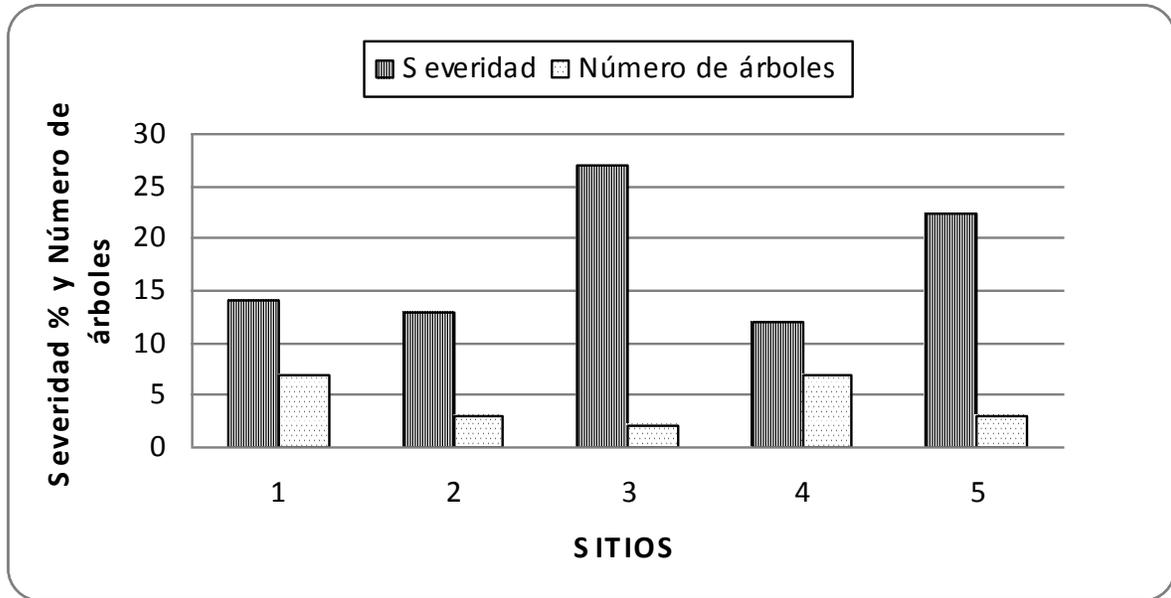


Figura 3. Severidad de manchas o tizones en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) y número de árboles por sitio bosque maduro finca San Nicolás (2007-2008)

5.8 Porcentaje de severidad de manchas o tizones en acículas y número de árboles por sitio de muestreo bosque de regeneración natural

Los sitios que presentaron el mayor porcentaje de severidad de las manchas o tizones en acículas fueron: el sitio dos, el sitio cuatro y el sitio cinco, obtuvieron 18.7 %, 18.3 % y 20.5 % de severidad respectivamente. Según la caracterización de estos sitios, el sitio 4 con una estimación de 6400 ha⁻¹ y el sitios 5 con una estimación de 8000 ha⁻¹ presentaron una densidad poblacional por encima del rango recomendado según INTECFOR, (2001) que es de 4 000 a 6 000 árboles ha⁻¹, pudiendo ser este un factor predisponedor al ataque de enfermedades debido al estrés, roce, daño competencia por luz nutriente y espacio entre los árboles (Figura 4).

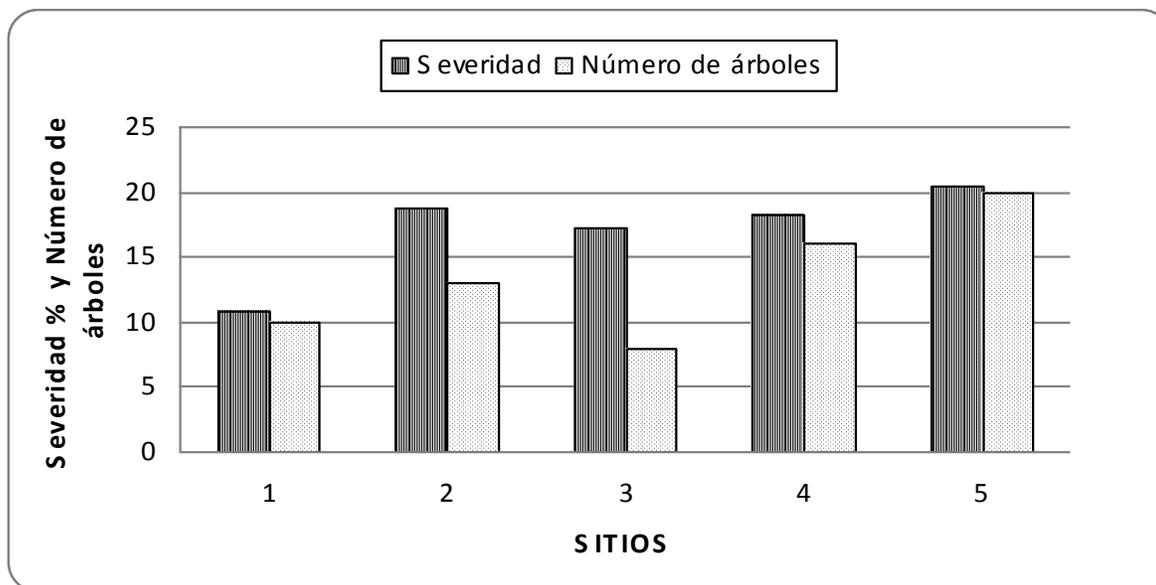


Figura 4. Severidad de manchas o tizones en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) y número de árboles por sitio bosque de regeneración natural finca San Nicolás (2007-2008)

5.9 Análisis de Regresión lineal de la severidad de manchas foliares en acículas en bosque maduro y bosque de regeneración natural

La pendiente de la curva de la enfermedad de manchas o tizones en acículas durante el desarrollo de la epidemia para bosque maduro fue de 1.866, es decir que a partir del primer día de muestreo el 16 de noviembre del 2007 hasta el último día de muestreo en julio, la enfermedad tuvo un incremento del 1.866 %. ($R^2 = 0.842$). (Figura 5) (Anexo 12).

La pendiente de la curva de la enfermedad de manchas o tizones en acículas durante el desarrollo de la epidemia para bosque de regeneración natural fue de 1.273. Es decir que a partir del primer día de muestreo el 16 de noviembre de 2007 hasta el último día de muestreo en julio, la enfermedad tuvo un incremento del 1.273 %. ($R^2 = 0.810$) (Figura 6 (Anexo 13).

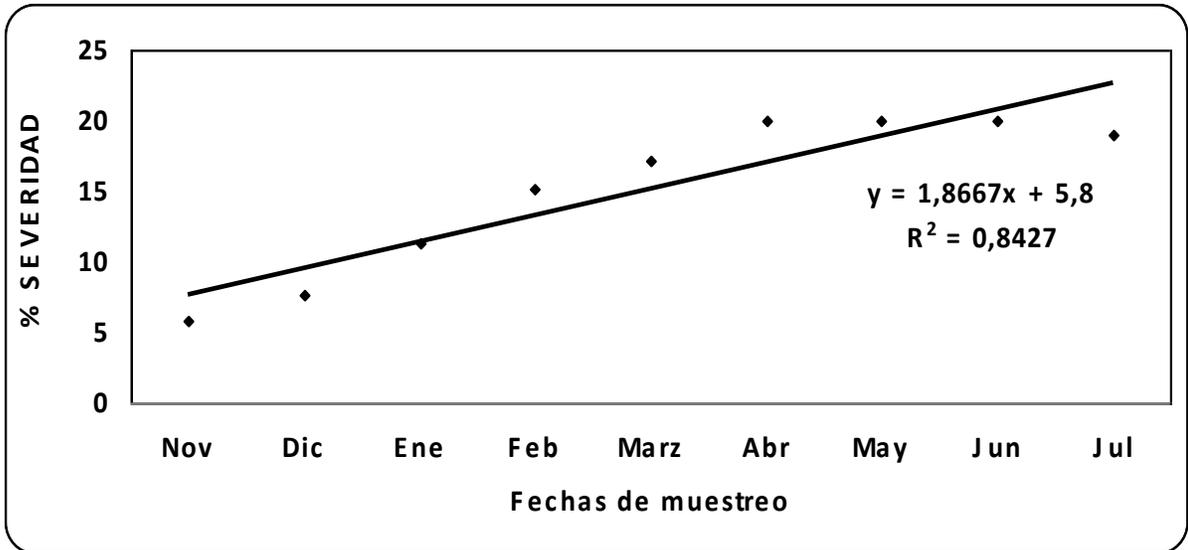


Figura 5. Analisis de regresion lineal de la severidad de manchas o tizones en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) bosque maduro (2007-2008)

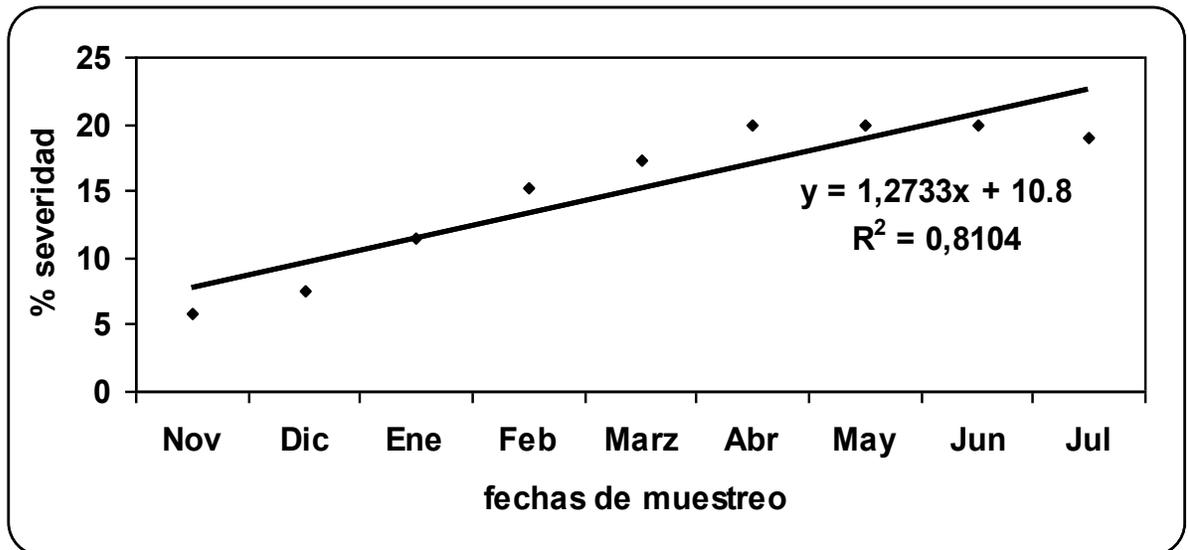


Figura 6. Analisis de regresion lineal de la severidad de manchas o tizones en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) bosque de regeneración natural (2007-2008)

5.10 Comparación de las pendientes de las curvas de progreso de la enfermedad de manchas o tizones de bosque maduro y regeneración natural, finca San Nicolás

Al comparar los parámetros de las curvas del progreso de la enfermedad de manchas o tizones en acículas, el intervalo de confianza estimado incluye al cero (-13.8 ↔ 14.27), lo que significa que el comportamiento de la enfermedad de manchas o tizones en acículas fue similar para bosque maduro y bosque de regeneración en la finca San Nicolás.

5.11 Análisis de varianza

Ambos tipos de bosque muestran los mismos resultados, los análisis de varianza (Sitio*Severidad), (Fechas*Severidad) y (Sitio.Fecha*Severidad), resultaron significativas, es decir que los sitios contribuyeron a que existieran diferencias entre los datos promedios de severidad alcanzados en los distintos sitios de muestreo, así como también las fechas de muestreo contribuyeron a que existieran diferencias entre los datos promedios de severidad en las distintas fechas de muestreo (Anexo 14).

5.12 Análisis de correlaciones de severidad de manchas o tizones en acículas vs diámetro y altura de árboles

Existe una baja asociación entre las variables altura y diámetro de árboles con respecto al porcentaje de severidad promedio por árbol. La altura y el diámetro de los árboles no se ven afectados por el porcentaje de severidad promedio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Correlaciones de severidad de manchas o tizones en acículas (*Lecanosticta* sp, *Dothistroma* sp, *Phoma* sp, *Pestalotia* sp, *Phyllosticta* sp, *Sphaeropsis* sp) vs. diámetro y altura de árboles

| <i>Correlación</i> | <i>Coficiente de correlación</i> | <i>Probabilidad</i> |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Severidad vs. Altura | 0.5378 | 0.0317 |
| Severidad vs. Diámetro | 0.5807 | 0.0239 |
| Severidad Altura vs. Diámetro | 0.6361 | 0.0081 |

VI. CONCLUSIONES

Las principales enfermedades diagnosticadas causando manchas o tizones en acículas en todos los sitios de muestreo fueron: mancha parda, ocasionada por el género *Lecanosticta* y banda roja por *Dothistroma*.

Se encontraron otros géneros de hongos asociados a manchas foliares o tizones pero con menor importancia, estos son: en bosque maduro se encontraron *Pestalotia* sp y *Phoma* sp y en bosque de regeneración natural; *Sphaeropsis* sp., *Pestalotia* sp., *Phoma* sp. y *Phyllosticta* sp.

La incidencia de las enfermedades en acículas fue de un 100 % tanto para bosque de regeneración natural como para bosque maduro. En cuanto al porcentaje de severidad promedio, en bosque maduro se presentó menor porcentaje de severidad con un 15.1 % y en bosque de regeneración natural se obtuvo un promedio de 17.2 % de severidad.

La tasa de incremento de las manchas foliares en acículas para bosque maduro fue 0.89 % y en bosque de regeneración natural la tasa de enfermedad fue 0.5 %.es decir el incremento diario que mostraron las curvas de comportamiento para ambos bosque hasta el 25 de abril del año 2008.

El análisis de regresión lineal mostró que la severidad de las manchas o tizones en acículas presentó una pendiente de 1.866 para bosque maduro y 1.273, para regeneración natural, no obstante estas curvas de enfermedad estadísticamente se consideran iguales.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios afines al diagnóstico y comportamiento de estas enfermedades, dando un enfoque más específico de muestreo, en cuanto a la diversidad de enfermedades que se presentan.

Realizar estudios relacionando las diferentes técnicas de manejo de la finca con la incidencia de enfermedades presentes en el bosque.

Estudiar el comportamiento específico para los principales patógenos tomando datos de microclima en los sitios de muestreo.

Realizar pruebas de patogenicidad específicas para los principales patógenos encontrados

Estudiar las enfermedades a nivel de vivero para analizar las enfermedades en diferentes etapas fonológicas de los árboles de pino.

Realizar estudios acerca de las condiciones edafoclimáticas (suelos con bajo nivel nutricional) y ambientales (altas densidades y árboles expuestos a estrés), dado que dichas condiciones pueden estar favoreciendo el desarrollo de enfermedades de manchas o tizones en acículas en los bosques de pino de la finca San Nicolás

VIII. LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. 2004. FITOPATOLOGÍA. Ira. Ed. México. LIMUSA, S.A de C.V. 431, 432, 433, 312, 313, 368, 369 p.

Alien, C. D. 2009. Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? Disponible en. www.fao.org/forestry/unasyl va

Araya, C. 1988. EN: Arguedas, M. 1996. Inventario de especies forestales en Costa Rica. REVISTA FORESTAL CENTROAMERICANA. N° 15. 20 - 24 p

Balbini, A.; Carballo, R.; Telechea, N.; Porcile, J.; Alienas, A. 2006. MANUAL DE CAMPO: PLAGAS Y ENFERMEDADES DE EUCALIPTOS Y PINOS EN EL URUGUAY. "APOYO A LA DEFENSA Y PROTECCIÓN DE LAS PLANTACIONES FORESTALES EN EL URUGUAY" 121, 123, 125, 127 p.

Barnett, L.H.; Hunter, B.B. 1998. ILLUSTRATED GENERA OF IMPERFECT FUNGI 4ta. Ed Acid-free paper. Minnesota, United States of America. 512 p.

Bega, R.V. 1978. EN. Cedeño, L.; Carrero, C.; Franco, W.; Torres, A. 2001. *Sphaeropsis sapinea* ASOCIADO CON QUEMA DEL COGOLLO, MUERTE REGRESIVA Y CÁNCER EN TRONCOS, RAMAS Y RAÍCES DEL PINO CARIBE EN VENEZUELA (en línea) Consultado el 27 de Septiembre 2008. Disponible en http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf

Boerema, G.H.; Dorenbosch, M.M.; 1965-1973. ERMohali, S. 1998. ASOCIACIÓN DE LOPHODERMIIUM AUSTRALE Y PHOMA POMORUM EN ACÍCULAS DE PINO CARIBE, (en línea) consultado 12 de enero 2007. Disponible en <http://www.ciens.ula.ve/~cires/recol-v5n3a02.odfmahali> 1998

Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Instituto Forestal de Oxford (OFI). s.f. *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. s.n.t. (en línea). Consultado el 12 de marzo, 2009. Disponible en: http://herbaria.plantsox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies__v_anexos/pinus^_opcarpa.pdf

Cibrián, TD.; García, DS.; Alvarado, RD.; Colomo, GL; Palacios, HG.; Meléndez, HF.; Sámano, MJ. 2007. EN: Cibrián, TD.; A 64 , RD.; García, DS. 2007. Enfermedades Forestales en México. Ira. Ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 104 a 107, 142, 154,156, 158, 160, 161, 166, 178, 190 a 180, 289 a 305

Chaboussou, F. 1967. La trophobiose ou les rapports nutritinnels entre la Plante-hôte et ses parasites. "Ann. Soc. Ent. Fr.", 3(3). 797-809.

Dwinell, LD.; Kuhlman, EG. 2003. En: Hansen EM.; Lewis, KJ. 2003. Plagas y enfermedades de las confieras. 2da. Ed. España. 45, 46 p.

Evans, HC. 1984. EN: CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux International) and EPPO (Regional Plañí Protection Organization for Europe) s.f. *Mycosphaerella pini* and *Mycosphaerella dearnessii* (en línea) Consultado 12 de Agosto 2008. s.n.t. Disponible en http://www.eppo.org/QUARANTINE/fungi/Mycosphaerella_dearnessii/SCIRSP_ds.pdf

French, ER. Hebert, TT. 1982. Métodos de Investigación Fitopatológica. Ira. Ed. San José, Costa Rica, IICA. 190 y 191 p.

García, A. 2007. Tesis, Estudio de Comportamiento de Enfermedades en Bosques de Pino Finca las Tapias, Municipio de San Fernando, Nueva Segovia

Geils, G. 2003 EN. Hansen, EM.; Lewis, KJ, 2003. Plagas y enfermedades de las coníferas. 2da. Ed. España, Ediciones Mundi-Prensa. 50 p.

Gibson, I A. 1979. EN: CABI (Commonwealth Agricultural Bureaux International) and EPPO (Regional Plant Protection Organization for Europe) s.f. Mycosphaerella pini and Mycosphaerella dearnessii (en línea) Consultado 12 de Agosto 2008. s.n.t. Disponible en. http://www.eppo.org/OUARANTINE/fungi/Mycosphaerella_dearnessii/SCIRSP_ds.pdf

González, S. 2004. Caracterización del complejo de patógenos causales del tizón de las acículas del pino en la finca Saquichaj, Coban, Alta Verapaz. (en línea) Guatemala. Consultado el 24 de Enero 2008. Disponible en <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia/parasitologia/tesis1.pdf>

Hansen, EM. 2003. En: Hansen, EM.; Lewis, KJ. 2003. Plagas y enfermedades de las coníferas. 2da. Ed. España. 8, 9 p.

INAFOR- POSAF. 2006 GUÍA TÉCNICA II; ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE REGENERACIÓN NATURAL DE PINOS y/o PLANTACIONES (ENRIQUECIMIENTO) (En línea). Consultado 25 de marzo del 2009. Disponible en. http://www.inafor.gob.ni:8080/documentos_tecnicos/pdf/Guias%20Metodo1%C3%B3gicas%20Opara%20el%20Manejo%20Forestal/GUIA%20TECNICA%20DE%20APOYO%20AL%20PRODUCTOR%20FORESTAL%20PARA%20ESTABLECIMIPdf

INETER, 1993. EN. Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales MARENA-DANIDA. 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, NI. Hispamer. 48 p.

INTECFOR.; IRENA.; UNA-MANAGUA.; INATEC. 1993. Manual Técnico Forestal, 1a. Ed. Managua, NI INTECFOR/INATEC. 30, 54, 58 p

La Prensa, 15 de Enero 2001. San Fernando "Un Pueblo de Cheles Cafetaleros", pag A-6

Madden, VL; Campbell, LC 1990. INTRODUCTION TO PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY. 2da. Ed. United States of América. 173, 174, 195 y 196 p

Maes, MJ 1992 PLAGAS INSECTILES DE NICARAGUA: COLEÓPTEROS ASOCIADOS CON *Pinus oocarpa* SCHIEDE. Nicaragua, s.n.t. 13 a 15 p.

Márquez, O. 1994. EN. Cedeño, L.; Carrero, C.; Franco, W.; Torres, A. 2001. *Sphaeropsis sapinea* ASOCIADO CON QUEMA DEL COGOLLO, MUERTE REGRESIVA Y CÁNCER EN TRONCOS, RAMAS Y RAÍCES DEL PINO CARIBE EN VENEZUELA (en línea) Consultado, 27 de Sept. 2008. Disponible en: http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf

Miguez, T. Castelao, B. s.f. Enfermedades de hojas en coníferas: *LOPHODERMIMUM PINASTRI*, *Mycosphaerellapini* E. Rostrup ap. Munk. *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Barr. (en línea) Venezuela. Consultado 24 de Julio 2008. s.n.t Disponible en <http://webs.uvigo.es/esilanes/Enferl.pdf>

Mohali, S. 1997. EN. Cedeño, L.; Carrero, C.; Franco, W.; Torres, A. 2001. *Sphaeropsis sapinea* ASOCIADO CON QUEMA DEL COGOLLO, MUERTE REGRESIVA Y CÁNCER EN TRONCOS, RAMAS Y RAÍCES DEL PINO CARIBE EN VENEZUELA (en línea) Consultado el 27 de Septiembre 2008. Disponible en http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf

Mohali, S. 1998. ASOCIACIÓN DE *LOPHODERMIMUM AUSTRALE* Y *PHOMA POMORUM* EN ACÍCULAS DE PINO CARIBE, (en línea) consultado 12 de enero 2007 Disponible en. <http://www.ciens.ula.ve/~cires/recol-v5n3a02.pdf> mahali 1998

Muñoz, LC.; Pérez, FV.; Cobos, SP.; Hernández, AR.; Sánchez, PG 2003. Sanidad Forestal: GUÍA EN IMÁGENES DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y OTROS AGENTES PRESENTES EN LOS BOSQUES. 2da. Ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 352 p. (solo esta página).

Osorio, OM 1973. EN. Morales, RR. 2007. Evaluación de la patogenicidad de *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & Sutton colectado en material de *Pinus radiata* D Don, en Valdivia y la

Costa de Arauco (en línea) consultado 22 de enero 2009. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifm828e/doc/fifm828e.pdf>

Patton, RF. 2003. En: Hansen, EM.; Lewis, KJ. Plagas y enfermedades de las coníferas. 2da. Ed. España, Ediciones Mundi-Prensa. 56, 57, 58 p.

Salas, J. 2002. Biogeografía de Nicaragua, 1a. Ed. Managua, NI. INAFOR. 204 p.

Sanfuentes, E. 2009. Enfermedades Foliaras en Coníferas, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Junio 2009. Disponible en <http://Centrobiotecnología.el/index.php>

Solheini, H. 2003. En: Hansen, EM.; Lewis, KJ. Plagas y enfermedades de las coníferas. 2da Ed. España, Ediciones Mundi-Prensa. 18, 19p.

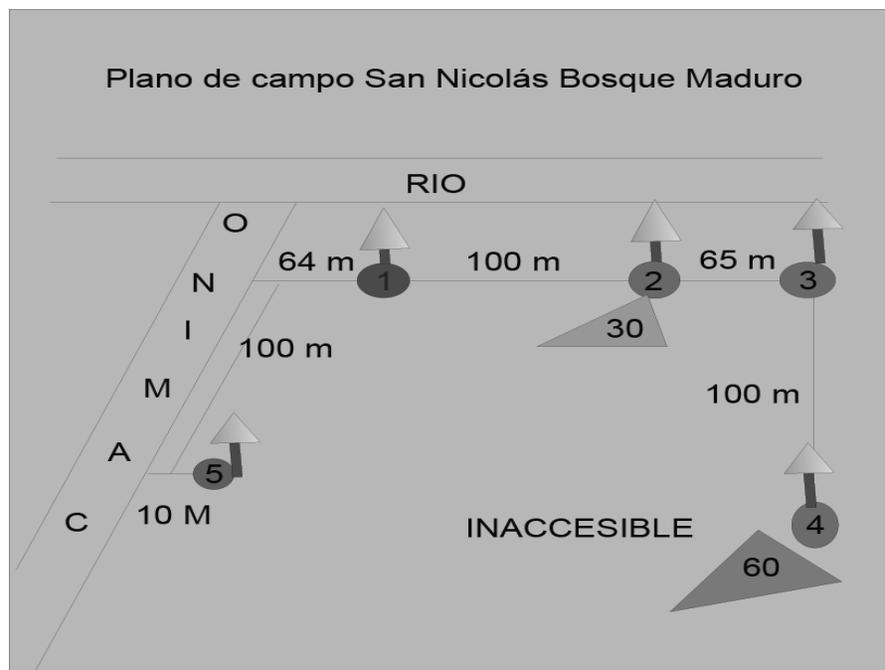
Stanosz, G. 2003. En: Hansen EM.; Lewis KJ. 2003. Plagas y enfermedades de las coníferas. 2da. Ed. España, Ediciones Mundi-Prensa 42, 43 p.

Styles, 1994. EN: Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales. MARENA-DANIDA. 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, NI. Hispamer. 48 p

Sutton, B. 1980. EN. Mohalí, S. 1998. ASOCIACIÓN DE LOPHODERMIVM AUSTRALE Y PHOMA POMORUM EN ACÍCULAS DE PINO CARIBE (en línea) consultado 12 de enero 2007 Disponible en: <http://www.ciens.ula.ve/~cires/recol-v5n3a02.pdfmahali> 1998

Torres, J. 2003. Patología Forestal. 2da. Ed. Ediciones Mundi Prensa. 270 p.

Anexo 3: Plano de campo parcelas de regeneración natural y bosque maduro Finca San Nicolás



Anexo 4: árbol con 30 % de severidad



Anexo 5. Resultados de datos dasometricos obtenidos en bosque maduro Finca San Nicolás

| Sitio | Número árbol | altura | diámetro |
|-------|--------------|---------|----------|
| 1 | 1 | 12 m | 18 cm |
| 1 | 2 | | |
| 1 | 3 | 11 m | 11 cm |
| 1 | 4 | | |
| 1 | 5 | 16 m | 15,5 cm |
| 1 | 6 | 19 m | 23 cm |
| 1 | 7 | | |
| 2 | 1 | 20,5 m | 27 cm |
| 2 | 2 | 11,0 m | 15 cm |
| 2 | 3 | 16,25 m | 32 cm |

| | | | |
|---|---|---------|-------|
| 3 | 1 | 16 m | 20 cm |
| 3 | 2 | 20 m | 23 cm |
| 4 | 1 | 23 m | 37 cm |
| 4 | 2 | | |
| 4 | 3 | 18 m | 30 cm |
| 4 | 4 | | |
| 4 | 5 | | |
| 4 | 6 | 10 m | 11 cm |
| 4 | 7 | 16,30 m | 37 cm |
| 5 | 1 | 28 m | 27 cm |
| 5 | 2 | 28 m | 29 cm |
| 5 | 3 | 17 m | 20 cm |

Anexo 6. Método de dilución de suelo (Castaño-Zapata, 1986)

Procedimiento:

1. Remover el suelo pesar 1 g poner en 99 ml H₂O estéril. Se deja su reposo 5 min. (dilución 1:10⁻²)
2. 1 ml de la dilución 10⁻² se transfiere asépticamente al tubo con 9 ml de agua estéril (10⁻³). Se mezcla bien el inóculo golpeando el tubo con el dedo índice.
3. De manera analógica s transfiere al tercer tubo hasta la dilución 10⁻⁶
4. De la dilución 10⁻⁴ sembrar 0.2 ml en PDA y de la dilución 10⁻⁶ sembrar 0.2 ml en medio AN y se distribuye por toda la superficie con espátula Drigalski.

Anexo 7. Métodos de extracción de nemátodos (Herrera, 2004)

Esta práctica consistirá de dos actividades:

- Extracción de nemátodos del suelo
- Extracción de nemátodos de material vegetal

Materiales.

Suelo, raíces con nemátodos, embudos Baerman, pichel plástico, tamices. 0.045, 0.100, 0.250 y 0.425 mm de diámetro, licuadora, platos y tamices de extracción, filtros de algodón, tijeras, papel toalla, beaker, pipeta, pizeta. Embudos Baerman más filtro de algodón.

Procedimiento:

- 1.- Se tomo 1 kilo de suelo que corresponde a la muestra obtenida en el campo, se homogenizo y se tamizo para descartar terrones y residuos vegetales.
- 2.- Del suelo tamizado se tomo 100 gr. de suelo, los cuales se pusieron en un pichel con 1 litro de agua y se agito hasta desbaratar el suelo.

- 3.-La suspensión se dejó reposar por 30 segundos y el sobrenadante se decantó cuidadosamente sobre los cuatro tamices, los cuales han sido colocados en orden ascendente de la siguiente manera: 0.045, 0.100, 0.250 y 0.425 mm de diámetro.
- 4.- El suelo que queda asentado en el pichel se le volvió a echar agua, un litro, repitiendo la operación anterior una vez más.
- 5.- Con un poco de agua, proveniente de una manguera, se lavaron los residuos que han quedado en los tamices de mayor diámetro (0.425 y 0.250 mm), los que posterior a esto se descartaron.
- 6.- El suelo que quedó en los tamices de menor diámetro (0.045 y 0.100), se lavó con una pizeta y se depositó directamente en el tamiz de extracción al que previamente se le colocó el papel filtro.
- 7.- Finalmente el tamiz de extracción se colocó en un plato de extracción el cual contiene 100 cc de agua. El tamiz de extracción se dejó reposar por 24 horas.
- 8.- Pasadas las 24 horas se tomó del plato de extracción la solución con nemátodos, la cual se depositó en un beaker, y se procedió a observar la muestra en el microscopio, para la identificación y conteo de los nemátodos.

Anexo 8. Principales características de *Pinus caribae* var. *Hondurensis* Barret y Galfari, (1962)

| | |
|-----------------|--|
| HOJAS | CON 3 AGUJAS A VECES 4 O 5 POR FASCÍCULO |
| Tamaño de conos | 5 a 10 cm |
| Semilla | Semillas con alas articuladas y se desprende fácilmente |
| Altitud | 0 a 850 msnm |
| Temperatura | 20 a 27 °C |
| Clima | Sub-húmedo |
| Precipitación | 950-3500 mm |
| Meses secos | 2 a 6 meses |
| Tipo de suelos | Franco arenosos; ligeramente ácidos de 4.0 a 6.5 y con buen drenaje; poco fértiles |

Anexo 9. Resultados de análisis físico-químico del suelo

| Características | San Nicolás | |
|---------------------|----------------------|------------------|
| | Regeneración Natural | Bosque Maduro |
| Tipo de Suelo | Franco Arcilloso | Franco Arcilloso |
| pH | 6.27 | 6.47 |
| MO % | 4.0 | 2.1 |
| N % | 0.20 | 0.11 |
| P- disp | 0.07 | Nd |
| CE $\mu\text{s/cm}$ | 17.00 | 14.20 |
| K-disp | 0.17 | 0.15 |
| Ca me/100 g suelo | 2.81 | 1.86 |
| Mg me/100 g suelo | 0.72 | 0.66 |
| Fe | 115.00 | 48.50 |
| Cu | 1.20 | 1.00 |
| Zn ppm | 2.30 | 1.10 |
| Mn | 4.50 | 3.00 |

Anexo 10: Foto de acículas afectadas por *Lecanosticta* sp



Anexo 11. Rama afectada procesada en laboratorio, la cual resultó afectada por *Sphaeropsis* sp



Anexo 12. Regresión lineal Bosque Maduro

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,91 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0,84 |
| R ² ajustado | 0,82 |
| Error típico | 2,36 |
| Observaciones | 9 |

| | <i>Gl</i> | <i>SC</i> | <i>CM</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------------|
| Regresión | 1 | 209,06 | 209,06 | 37,51 | 0,00047 |
| Residuos | 7 | 39,01 | 5,57 | | |
| Total | 8 | 248,08 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Intercepción | 5,8 | 1,71 | 3,38 |
| Variable X 1 | 1,87 | 0,30 | 6,12 |

Anexo 13. Regresión lineal bosque de Regeneración natural

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,92 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0,89 |
| R ² ajustado | 0,84 |
| Error típico | 2,3 |
| Observaciones | 9 |

| | GI | SC | CM | F | Valor crítico de F |
|-----------|----|--------|--------|------|--------------------|
| Regresión | 1 | 256.02 | 256.02 | 40.4 | 0,00089 |
| Residuos | 7 | 40.44 | 6, 33 | | |
| Total | 8 | 296.46 | | | |

| | Coeficientes | Error típico | Estadístico t |
|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Intercepción | 10.8 | 1,50 | 3,81 |
| Variable X 1 | 1.27 | 0,36 | 6, 95 |

Anexo 14. Análisis de varianza y separación de medias en bosques finca San Nicolás

Bosque Maduro

Pruebas de Significancia

| Fuentes de variación | N parm | DF | Suma de cuadrados | F calculado | Prob > F |
|----------------------|--------|----|-------------------|-------------|----------|
| Fecha | 8 | 8 | 4078,1833 | 31,3868 | <,0001 |
| Sitio | 4 | 4 | 3636,1352 | 55,9694 | <,0001 |
| Fecha*Sitio | 32 | 32 | 1111,5921 | 2,1388 | 0,0014 |

| Nivel | | | | | | medias |
|-------|---|---|---|---|---|-----------|
| 6 | A | | | | | 19,690476 |
| 7 | A | | | | | 19,690476 |
| 8 | A | | | | | 19,690476 |
| 9 | A | B | | | | 18,928571 |
| 5 | A | B | | | | 17,500000 |
| 4 | | B | C | | | 15,119048 |
| 3 | | | C | D | | 11,309524 |
| 2 | | | | D | E | 7,666667 |
| 1 | | | | | E | 5,952381 |

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferente

| nivel | | | | medias |
|-------|---|---|---|-----------|
| 5 | A | | | 22,407407 |
| 2 | A | | | 19,444444 |
| 1 | | B | | 14,047619 |
| 4 | | B | | 12,460317 |
| 3 | | | C | 6,944444 |

Regeneración Natural

Pruebas de Significancia

| F. de V. | GL | Suma de cuadrado | F. Calculado | Prob > F |
|----------|----|------------------|--------------|----------|
| F | 8 | 6417,5124 | 59,8322 | <,0001 |
| S | 4 | 1391,8057 | 25,9524 | <,0001 |
| f*s | 32 | 632,6255 | 1,4745 | 0,0478 |

| nivell | | | | | medias |
|---------------|---|---|---|---|---------------|
| 6 | A | | | | 19,833654 |
| 7 | A | | | | 19,833654 |
| 8 | A | | | | 19,833654 |
| 5 | A | | | | 18,969231 |
| 9 | A | B | | | 18,877885 |
| 4 | | B | | | 16,869231 |
| 3 | | | C | | 14,196154 |
| 2 | | | | D | 11,825962 |
| 1 | | | | D | 10,616346 |

| nivel | | | | medias |
|--------------|---|---|---|---------------|
| 5 | A | | | 18,944444 |
| 4 | A | | | 17,847222 |
| 2 | | B | | 16,572650 |
| 3 | | B | C | 15,833333 |
| 1 | | | C | 14,611111 |