



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Trabajo de Graduación

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

**AUTOR**

**Br. Alfonso Leonel García Valle**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc.**

**Carolina López Arguello**

**Ing. M.Sc.**

**Yanet Gutiérrez Gaitán**

**Managua – Nicaragua**

**Junio, 2009**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de Graduación**

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

**AUTOR**

**Br. Alfonso Leonel García Valle**

**ASESORES**

**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**

**Junio, 2009**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
SECRETARIA FACULTATIVA**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria como requisito parcial para optar al título profesional de:

**INGENIERO EN SISTEMA PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL**

Miembro del Tribunal Examinador

Lic. M.Sc. Verónica Guevara T.  
Presidente

Ing. M.Sc. Alberto Sediles J.  
Secretario

Ing. M.Sc. Nicolás Valle G.  
Vocal

Managua, 03 de Junio del año 2009

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios nuestro padre que nos guía y nos protege en todo momento, siempre que necesitamos de su ayuda, el está ahí para darnos fuerza y avanzar en todas las dificultades de la vida, por mas que tropecemos no nos dejará caer.

A mis padres Salomón García y Mercedes Valle, que me sostuvieron entre sus brazos desde el instante en que nací, que me han encaminado con alegría, entusiasmo y amor en los momentos mas difíciles y sus consejos siempre han sido palabras de sabiduría, ejemplos a seguir, igualmente a mis hermanos que me han apoyado en toda situación.

A mis docentes asesores Ing. M.Sc. Yanet Gutierrez e Ing. M.Sc. Carolina López, quienes me dirigieron y apoyaron incondicionalmente en la realización de mi trabajo de tesis.

A Maryuris Carolina Valle Peralta, quien ha sido una persona muy especial en mi vida y a quien quiero mucho.

A mis compañeros y amigos, Irma Eli Baltodano Altamirano y José Adrian Martínez Siles, partícipes indispensables en la investigación integrada de enfermedades en bosques de pino.

A Merlin Belén Cornejo Cáliz, compañera y buena amiga, con su sencillez y alegría será recordada por todos los que tuvieron la oportunidad conocerla, Dios la tenga en su santo reino.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso por iluminar mi mente en mis estudios, por no dejarme flaquear en las circunstancias complicadas que parecían ser obstáculo para culminar la carrera.

A mis padres Salomón García, Mercedes Valle, que han sido los pilares responsables de que pueda alcanzar mis metas, Dios los bendiga por ser padres ejemplares, a mis hermanos que me han dado todo su apoyo y comprensión.

A mis asesores Ing. M.Sc. Carolina López Arguello e Ing. M.Sc. Yanet Gutiérrez, por brindarme su apoyo incondicional en la realización y redacción de la tesis, a Don Mario Cerna por su apoyo en todo momento de la investigación, al Ing. Alberto Sediles e Ing. Lucía Romero, por darme la oportunidad realizar el presente trabajo y apoyarme en la logística del mismo.

Al Sr. Hugo Paredes, dueño de la propiedad donde se realizó el presente estudio.

Al apoyo logístico y económico facilitado por los proyectos: Fondos PACI/UNA y UNA-INAFOR/FC, para la realización este estudio.

A mis compañeros de clase con los que compartí momentos alegres y difíciles, siempre los recordaré, Dios los bendiga donde quiera que estén.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I.- Introducción	1
II.- Objetivos	3
2.1.- Objetivo general	3
2.2.- Objetivo. Específicos	3
III.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.- Caracterización del género <i>pinus</i> .	4
3.1.1.- Descripción	4
3.1.2.- Distribución en Centro América	4
3.1.3.- Especies de pino presentes en Nicaragua	4
3.1.4.- Descripción de especies y distribución en Nicaragua	5
3.1.4.1.- <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>Hondurensis</i> (Sénécl.) Barr. & Golf.	5
3.1.4.1.1.- Descripción botánica	5
3.1.4.1.2.- Distribución	5
3.1.5.- <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schlecht. subsp. <i>Oocarpa</i>	6
3.1.5.1.- Descripción botánica	6
3.1.5.2.- Distribución	6
3.1.6.- <i>Pinus patula</i> Schiede & Deppe subsp. <i>tecunumanii</i> (Eguiluz & Perry)	
Styles Sinónimo: <i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz & Perry.	7
3.1.6.1.- Descripción botánica	7
3.1.6.2.- Distribución	7
3.1.7 - <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.	8
3.1.7.1.- Descripción botánica	8
3.1.7.2.- Distribución	8
3.2.- Síntomas foliares en especies de pino	9
3.2.1.- Manchas foliares	9
3.2.2.- Tizones	9
3.2.3.- Chancros	9
3.2.4.- Royas	9
3.2.5.- Marchitamientos	9
3.3.- Principales géneros de hongos causantes de enfermedades en bosques de pino	10
3.3.1.- Tizón de las acículas causado por <i>Mycosphaerella pini</i> Rostr. In Munk.	10
3.3.1.1.- Distribución en América	10
3.3.1.2.- Etiología	11
3.3.1.3.- Síntomas	11

3.3.1.4.- Daños -----	12
3.3.1.5.- Epidemiología -----	12
<b>3.3.2.- Mancha parda de las acículas por <i>Mycosphaerella dearnessii</i> (Dearn) Sigger.</b>	<b>12</b>
3.3.2.1.- Distribución en América -----	13
3.3.2.2.- Etiología-----	13
3.3.2.3.- Síntomas -----	13
3.3.2.4.- Daños -----	13
3.3.2.5.- Epidemiología -----	14
<b>3.3.3.- Tizón de las acículas por <i>Lophodermium pinastri</i> (Fr.) Chev.</b>	<b>14</b>
3.3.3.1.- Etiología -----	14
3.3.3.2.- Síntomas -----	15
3.3.3.3.- Epidemiología -----	15
<b>3.3.4.- Mancha foliar por <i>Pestalotiopsis funerea</i> (Desm) Steyaert</b>	<b>15</b>
3.3.4.1.- Síntomas -----	16
3.3.4.2.- Daños -----	16
3.3.4.3.- Epidemiología -----	16
<b>3.3.5.- Marchites de los brotes y chancros por <i>Sphaeropsis sapinea</i> (Fr.) Dyko y Sutton</b>	<b>17</b>
3.3.5.1.- Distribución en América -----	17
3.3.5.2.- Síntomas -----	17
3.3.5.3.- Infección y Daños -----	18
3.3.5.4.- Epidemiología -----	18
<b>3.3.6.- <i>Phoma pomorum</i> (Thum)</b>	<b>19</b>
3.3.6.1.- Síntomas y daños -----	19
3.3.6.2.- Epidemiología -----	19
<b>3.4.- Géneros de hongos que causantes de chancros</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1.- Chancro resinoso por <i>Fusarium circinatum</i> Nirenberg &amp; O'Donnell</b>	<b>20</b>
3.4.1.1.- Distribución en América -----	20
3.4.1.2.- Etiología -----	20
3.4.1.3.- Síntomas -----	20
3.4.1.4.- Daños -----	21
3.4.1.5.- Epidemiología -----	21
<b>3.4.2.- Chancro en tallos y ramas por <i>Nectria sp.</i></b>	<b>21</b>
3.4.2.1.- Síntomas -----	22
3.4.2.2.- Daños -----	22
3.4.2.3.- Epidemiología -----	22
<b>3.4.3.- Chancro producido por <i>Phoma sp.</i> Sacc.</b>	<b>22</b>
3.4.3.1.- Síntomas y daños -----	23
3.4.3.2.- Epidemiología -----	23
<b>3.4.4.- Chancro producido por <i>Botryosphaeria rhodina</i> (Berk &amp; M. A. Curtis) Ayr.</b>	<b>23</b>
3.4.4.1.- Síntomas y epidemiología -----	23
<b>3.5.- Roya en conos y tallos</b>	<b>24</b>
<b>3.5.1.- Royas en conos y tallos por <i>Cronartium conigenum</i> Hedge, y N. Hunt.</b>	<b>24</b>
3.5.1.1.- Distribución en América -----	24
3.5.1.2.- Síntomas -----	24
3.5.1.3.- Daños -----	24
3.5.1.4.- Epidemiología -----	25

<b>3.6.- Hongos causantes de enfermedades vasculares</b>	<b>25</b>
<b>3.6.1.- Fusarium spp.</b>	<b>25</b>
3.6.1.1.- Síntomas	25
3.6.1.2.- Epidemiología	26
<b>3.7.- Enfermedades vectoreadas en pinos</b>	<b>26</b>
<b>3.7.1.- Enfermedad del azulado de la madera por <i>Ophiostoma</i> sp. Syd.&amp; P. Syd</b>	<b>27</b>
3.7.1.1.- Etiología	27
3.7.1.2.- Síntomas	28
3.7.1.3.- Daños	28
3.7.1.4.- Epidemiología	28
<b>3.7.2.- Mancha negra de la raíz por <i>Leptographium wageneri</i> (Kendrick).</b>	<b>29</b>
3.7.2.1.- Etiología	29
3.7.2.2.- Síntomas	30
3.7.2.3.- Epidemiología	30
<b>3.7.3.- Marchitamiento por <i>Graphium</i> sp. Fase asexual</b>	<b>30</b>
3.7.3.1.- Etiología	31
3.7.3.2.- Síntomas	31
3.7.3.3.- Daños	31
3.7.3.4.- Epidemiología	31
<b>IV.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>32</b>
<b>4.1.- Descripción de la finca Las Tapias, Municipio de San Fernando</b>	<b>32</b>
4.2.- Delimitación de los sitios en las parcelas	33
4.3.- Condiciones naturales de las parcelas	34
4.3.1.- Bosque de regeneración natural	34
4.3.2.- Bosque maduro	34
<b>4.4.- Variables evaluadas</b>	<b>35</b>
4.4.1.- Incidencia de las enfermedades foliares	35
4.4.2.- Severidad de enfermedades en acículas	35
4.4.3.- Diámetro y altura de árboles de pino en bosque maduro	35
<b>4.5.- Metodología para estimación de severidad de enfermedad en acículas</b>	<b>35</b>
<b>4.6. Muestreo</b>	<b>35</b>
<b>4.7.- Procesamiento de muestras</b>	<b>36</b>
<b>4.8.- Medios de cultivo de microorganismos</b>	<b>36</b>
<b>4.8.- Análisis de datos</b>	<b>37</b>
4.8.1.- Análisis descriptivo	37
4.8.2.- Análisis estadístico	37
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
<b>5.1.- Caracterización de la finca Las Tapias</b>	<b>40</b>
<b>5.1.1.- Caracterización de la especie de pino estudiada</b>	<b>40</b>
<b>5.1.2.- Caracterización del bosque en la finca Las Tapias</b>	<b>40</b>
5.1.2.1.- Bosque de regeneración natural	40
5.1.2.2.- Bosque maduro	40
<b>5.1.3.- Resultados físico-químico de suelo en la finca Las Tapias</b>	<b>41</b>



<b>5.1.3.1.- Análisis físico</b>	<b>41</b>
<b>5.1.3.2.- Análisis químico</b>	<b>41</b>
5.1.3.2.1.- Regeneración natural	41
5.1.3.2.2.- Bosque maduro	42
<b>5.2.- Enfermedades en bosques de pino (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl), en la finca Las Tapias – San Fernando</b>	<b>43</b>
5.2.1.- Síntomas de enfermedades foliares en bosques de pino	43
<b>5.2.2.- Géneros de hongos encontrados asociados a enfermedades en pino</b>	<b>44</b>
<b>5.3.- Géneros de hongos causantes de manchas foliares o tizones en las acículas de pino en la finca Las Tapias</b>	<b>45</b>
<b>5.3.1.- Mancha parda de las acículas por <i>Lecanosticta</i> sp.</b>	<b>45</b>
5.3.1.1.- Síntomas	45
<b>5.3.2.- Banda roja de las acículas por <i>Dothistroma</i> sp.</b>	<b>46</b>
5.3.2.1.- Síntomas	47
5.3.2.2.- Daños	47
<b>5.4.- Géneros de hongos causantes de chancros en tallos y ramas en bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias</b>	<b>48</b>
5.4.1.- Síntomas	49
5.4.2.- Daños	49
5.4.3.- Condiciones pre-disponedoras a la aparición de chancros	50
<b>5.5.- Marchitez en brotes y ramas por <i>Sphaeropsis</i> sp.</b>	<b>51</b>
5.5.1.- Síntomas	51
<b>5.6.- Roya en conos por <i>Cronartium</i> sp.</b>	<b>52</b>
5.6.1.- Síntomas	52
<b>5.7.- Géneros de hongos asociados a enfermedades vasculares y vectoreadas en bosque de regeneración finca Las Tapias</b>	<b>52</b>
5.7.1.- Síntomas asociados a marchitamientos vasculares	52
<b>5.9.- Análisis de datos</b>	<b>55</b>
<b>5.9.1.- Análisis descriptivo</b>	<b>55</b>
5.9.1.1.- Comportamiento de los tizones y tasa de incremento en bosque de regeneración natural finca Las Tapias	55
5.9.1.2.- Comportamiento de los tizones y tasa de incremento en bosque maduro finca Las Tapias	56
5.9.1.3.- Incidencia de chancros en bosque de regeneración natural finca Las Tapias	57
<b>5.10.- Análisis estadístico</b>	<b>58</b>
5.10.2.- Análisis de varianza en regeneración natural y bosque maduro	58
5.10.1.- Análisis de regresión lineal y comparación de pendientes de las enfermedades	59
<b>VI.- CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
<b>VII.- RECOMENDACIONES</b>	<b>63</b>
<b>VIII.- LITERATURA CITADA</b>	<b>64</b>
<b>IX.- ANEXOS</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Total de árboles muestreados en los bosques de pino de la finca Las Tapias 2007-2008. -----	34
<b>Cuadro 2.-</b> Escala de severidad en enfermedades en acículas de pino -----	36
<b>Cuadro 3.</b> Resultado químico del suelo de los bosques en la finca Las Tapias -----	42
<b>Cuadro 4.</b> Géneros de hongos asociados a tizones, manchas foliares y marchitamientos vasculares en bosques de pino en la finca Las Tapias, 2 008 -----	45
<b>Cuadro 5.</b> Incidencia de chancros en tallos y ramas por sitio en el bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias -----	58
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza de las variables evaluadas -----	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Datos meteorológicos de las estaciones de San Fernando (Precipitación) y de la estación de Ocotal (Humadad relativa y temperatura) en Nueva Segovia (INETER, 2007 - 2008).-----	33
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de la severidad en acículas en bosque de regeneración de la finca Las Tapias (2007-2008) -----	55
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de la severidad en acículas en bosque maduro en la finca Las Tapias (2007-2008) -----	56
<b>Figura 4.</b> Regresión lineal en los datos de severidad en bosque de regeneración natural de la finca Las Tapias -----	60
<b>Figura 5.</b> Regresión lineal en los datos de severidad en bosque maduro de la finca Las Tapias -----	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Plano de campo de la parcela de regeneración natural, finca Las Tapias -----	69
<b>Anexo 2.</b> Plano de la parcela de bosque maduro finca Las Tapias -----	70
<b>Anexo 3.</b> Condiciones de crecimiento natural de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl. ----	71
<b>Anexo 4.</b> Distribución ecológica de los bosques de pino en Nicaragua (INETER, 1993) -	72
<b>Anexo 5.</b> Dasometría de árboles de bosque maduro Finca Las Tapias -----	73
<b>Anexo 6.</b> Roya en conos en árboles maduros aledaños a la parcela evaluada de bosque Maduro en la finca Las Tapias -----	74
<b>Anexo 7.</b> Cálculo de tasa o incremento de la enfermedad en acículas de pino en los bosques de la finca Las Tapias. -----	74
<b>Anexo 8.</b> Incidencia de chancros en bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias -----	76
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza y separación de medias en bosque de la finca Las Tapias -----	76
<b>Anexo 10.</b> Comparación de enfermedades a través de las pendientes -----	78

## RESUMEN

Este estudio, tiene importancia especial, por la limitada información que existe, acerca de las enfermedades que afectan los pinares en Nicaragua, donde recientemente se han encontrado daños, que han provocado mortalidad de árboles. La etapa de campo de la investigación se realizó en los meses de octubre 2007 a julio 2008, en la finca Las Tapias del municipio de San Fernando, Nueva Segovia, en dos bosques naturales de pino, uno de regeneración natural y otro de bosque maduro. El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento (incidencia y severidad) de las enfermedades en pino y las condiciones que favorecen su desarrollo. Se estableció un transepto, por cada tipo de bosque con cinco sitios fijos de observación que constituyó una parcela en bosque maduro y una en regeneración natural. Cada sitio, con un área de 100 m<sup>2</sup> y 25 m<sup>2</sup> respectivamente. Se evaluó la severidad e incidencia de las enfermedades en acículas mensualmente así como la medición del diámetro y altura de los árboles. Se cuantificaron las enfermedades en ambos bosques de la finca Las Tapias. El reconocimiento de los patógenos asociados a las enfermedades y el análisis físico químico de suelo se realizaron en los laboratorios de la UNA. La severidad de las enfermedades en acículas se estimó visualmente, ésta alcanzó un máximo de 15.8 % en regeneración natural y 17.8 % en bosque maduro. Los principales géneros de hongos reconocidos en acículas fueron: *Dothistroma* sp, *Lecanosticta* sp, *Mycosphaerella* spp, *Sphaeropsis* sp, *Phoma* sp., *Pestalotia* sp. y *Phyllosticta* sp. La enfermedad conocida como chancros en ramas, se presentó en bosque de regeneración natural y alcanzó un 40 % de incidencia, encentrándose asociados los géneros de hongos, *Chrysosporthe* sp. *Nectria* sp. *Lasiodiplodia* sp, *Botryosphaeria* sp y *Phoma* sp. En raíces y tallos se identificaron los géneros de hongos: *Fusarium* sp. *Ophiostoma* sp y *Graphium* sp. como causantes de marchitez. El daño en acículas, amarillamiento del follaje y muerte de arboles, está asociado a factores bióticos y abióticos.

## ABSTRACT

This study has special importance, now that, in Nicaragua there is not a lots of information about pine forest diseases, where recently have appeared some damage that have caused death to the trees. It carried out a field age since October, 2007 until July, 2008, in this investigation in Las Tapias farm in San Fernando Township Nueva Segovia, in two sorts of natural forests, one natural regeneration and an old forest. The purpose of this work is to evaluate the behavior (Incidence and Severity) of pine diseases and the conditions that were in favor of its progress. It established a walk to every sort of forest with sure five sites of observation that constituted a parcel in natural regeneration and one in old forest, with an area of 25 m<sup>2</sup> and 100 m<sup>2</sup> orderly. It was evaluated in way monthly the severity and incidence of noodle diseases, such as diameter and height of the trees. Every disease in both of forests in the farm was quantified. The recognizing of the pathogen associated to diseases and the ground physical analysis was carried out in UNA laboratories, the severity in the noodles was evaluated visually, this got a percentage of 15% in natural regeneration and 17% in old wood. The main fungi genera recognized in noodles were: *Dothistroma* sp, *Lecanosticta* sp, *Mycosphaerella* spp, *Sphaeropsis* sp, *Phoma* sp., *Pestalotia* sp. y *Phyllosticta* sp. The disease known as cancer in branches was only present in natural regeneration getting an incidence of 40%, whose fungi associated to this disease were: *Chrysosporthe* sp. *Nectria* sp. *Lasiodiplodia* sp, *Botryosphaeria* sp y *Phoma* sp. There were three fungi genera identified in roots and shoots: *Fusarium* sp. *Ophiostoma* sp y *Graphium* sp. Causing wilt, the damage on noodles, foliage yellowing and tree death , is associated to biotic and no biotic agents.

## I.- INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, los bosques de pino (*Pinus spp*), cubren unas 450 000 a 500 000 ha. Los cuales presentan su mayor distribución en la región autónoma del atlántico norte (RAAN), otra gran parte se presenta en la zona central norte y mayormente en el departamento de Nueva Segovia, predominando la especie (*Pinus oocarpa Schiede ex Schlech.*). Estos bosques son considerados uno de los recursos más valiosos por su importancia económica, la diversidad de su uso, tanto para madera preciosa como para la obtención de subproductos de la misma, además que representan un gran potencial turístico, que puede generar divisas, atraer inversiones importantes al país, contribuir a la generación de oxígeno para nuestro planeta, al equilibrio climático y a la proporción y preservación de un hábitat natural indispensable para la vida silvestre.

Durante los años 1999 al 2001, los bosques de pino de la región central-norte sufrieron un severo ataque por insectos de la corteza, principalmente por el descortezador *Dendroctonus frontalis* (Zimm), y otros insectos descortezadores asociados. Debido al daño directo producido por el ataque de estos insectos y las medidas de control físico aplicadas al bosque, se eliminó aproximadamente el 50 % del área forestal del departamento de Nueva Segovia, ocasionando pérdidas cuantiosas (INAFOR, 2002).

Para el año 2005 los árboles de regeneración natural presentaron serios daños en el follaje y algunos muerte de los mismos, los daños producidos fueron atribuidos a los insectos descortezadores, sin embargo, estos daños también estaban relacionados a la presencia de enfermedades. Actualmente los daños por agentes que producen enfermedades en los árboles de pino de la zona han incrementado, cuyo síntomas se presentan en las acículas como manchas o tizones, amarillamiento generalizado del follaje, enrojecimiento y muerte de los árboles, principalmente en regeneración natural (<sup>1</sup>Alcaldía San Fernando, 2007, com. per.)

Patton, (2003) refiere que los hongos que atacan al follaje de los pinos como: *Dothistroma pini* (Hulbary) y *Lecanosticta acícola* (Thuem) y complejo de hongos asociados, ocasionan crecimiento anormal de los árboles, reducción en el crecimiento e inclusive la muerte, siendo las plantaciones jóvenes más susceptibles.

Considerando la nueva problemática presentada en los bosques de pino, con la aparición de tizones, marchitamientos e incluso muerte de árboles, sobretodo en regeneración natural, ha surgido la necesidad de su estudio para la búsqueda de soluciones prácticas y sostenibles a estos problemas que tienen un impacto negativo en el ámbito socioeconómico y ecológico de los ecosistemas forestales.

Este estudio tiene especial importancia debido a la escasa información acerca de las enfermedades que afectan los pinares en Nicaragua, ya que no se ha realizado ninguna investigación que contribuya al conocimiento de estas enfermedades, actualmente presentes en los bosques de pino, así como el comportamiento que presentan. Dado que esta problemática antes descrita se ha presentado en el municipio de San Fernando en Nueva Segovia, se escogió la finca Las Tapias de este municipio, con el objetivo:

## **II.- OBJETIVOS**

### **2.1.- Objetivo general**

Documentar la problemática sanitaria que afecta los pinares en la finca Las Tapias del municipio de San Fernando, Nueva Segovia.

### **2.2- Objetivos específicos**

Reconocer los agentes causales de enfermedades en acículas, ramas, tallos y raíces en bosques de pino de regeneración natural y bosque maduro.

Evaluar el comportamiento de las enfermedades en acículas de pino.

Determinar las condiciones potenciales que favorecen el desarrollo de enfermedades en bosques de pino.



### III.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1.- Caracterización del género *Pinus*

##### 3.1.1.- Descripción

Según Styles (1994), el género *pinus* perteneciente a la familia de las *pinaceas*, es una de las tres gimnospermas presentes en Nicaragua, las cuales no producen flores y sus semillas se forman en conos leñosos o estructuras modificados de conos, las hojas de los pinos se denominan acículas (forma de aguja) y se forman en fascículos de 2-6 rodeadas por vainas basales de brácteas, los conos consisten en escamas que se ponen duras y leñosas a la madurez.

##### 3.1.2.- Distribución en Centro América

Styles (1994), de los 60 taxones (especies, subespecies y variedades) solamente 4 se encuentran en Nicaragua, disminuyéndose su distribución de norte a sur empezando por México con 56 taxones, 10 en Guatemala, 2 en Belice, 7 en el Salvador y 7 en Honduras.

Nicaragua presenta el límite de distribución natural con *pinus caribaea* var. *hondurensis*, ubicada en Laguna del Pinar al norte de Bluefield (12·13'N)

##### 3.1.3.- Especies de pino presentes en Nicaragua

En Nicaragua se reportan cuatro especies de pino las cuales son:

- *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénécl.) Barr. & Golf.
- *Pinus maximinoi* H.E. Moore.
- *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht. *Subs. oocarpa*
- *Pinus patula* Schiede & Deppe *Subs. tecunumanii* (Eguiluz & Parry) Styles.

### **3.1.4.- Descripción de especies y distribución en Nicaragua**

#### **3.1.4.1.- *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénécl.) Barr. & Golf.**

##### **3.1.4.1.1.- Descripción botánica**

Según Styles (1994), esta especie presenta árboles de 25-35 m de altura (raramente mayor de 40 m) y 35 cm diámetro a la altura del pecho (DAP), con copa irregular y cónica, con corteza áspera, café grisácea, el follaje es verde claro, rígido y erecto. Presenta generalmente 3 acículas por fascículo, a veces 4 ó 5 de 12-28 cm de longitud, usualmente de 2-3 canales resinosos internos, los conos son elongados-oblongos (forma de barril), 6-13 cm de largo y de 4-7.5 cm de ancho, con pedúnculo corto de hasta 1.0 cm de longitud, los conos caen sin pedúnculo, las escamas son delgadas, flexibles. Los conos maduran de mayo a junio.

##### **3.1.4.1.2.- Distribución**

Styles (1994), ésta especie de pinos tiene la existencia 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. Su distribución se puede dividir en dos áreas bastante distintas:

La sabana costera desde el nivel del mar hasta 100 m.s.n.m. generalmente en tierras planas y bajas sobre suelos de marga gravosa con cuarzo, sobre una capa de barro de un pH de aproximadamente 6.5. Estos rodales son de calidad pobre debido a la extensiva explotación en el pasado, quemas no controladas durante la temporada seca y perturbación por ganado.

Las poblaciones del interior del país en las estribaciones al sur de la Sierra de Dipilto que ascienden a 700-800 m.s.n.m. con suelos que se derivan de granito dando lugar a marga arenosa ácida con abundante cuarzo y de buen drenaje. Se presenta en un área más seca del interior del país a lo largo de los ríos en los Departamentos de Nueva Segovia, Matagalpa y Jinotega.

### **3.1.5.- *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht. subsp. *oocarpa***

#### **3.1.5.1.- Descripción botánica**

Esta especie presenta un árbol normalmente de hasta 36 m de altura, algunas veces alcanzando los 48 m con un (DAP) de 50-65 cm. Corteza áspera, café oscura o negruzca; profundamente fisurada, descascarándose en plaquetas gruesas, follaje verde oscuro, erecto o esparcido. 5 acículas por fascículo (raramente 6) gruesas y toscas de 12-28 cm de longitud; 3-8 canales resinosos, conos ampliamente ovoides (forma de huevo) abriéndose para formar una roseta, muy variable en tamaño, pero usualmente de 2.5-10 cm de largo y de 4.0-7.5 cm de ancho; café mate; nacen en pedúnculos rígidos de hasta 3 cm de longitud, maduran de Enero a Marzo. (Styles, 1994).

#### **3.1.5.2.- Distribución**

Styles (1994), *P. oocarpa* se encuentra ampliamente distribuido en América Central formando extensos rodales puros. En Nicaragua se presenta entre 700 y 1300 m.s.n.m. 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.

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. Generalmente estos suelos son ácidos (pH 5.5 - 6.0) y de buen drenaje. Debido a que *P. oocarpa* son bosques más secos, cuenta con más sotobos-que estacional sobre todo gramíneas, las que se disminuyen en la temporada seca.

**3.1.6.- *Pinus patula* Schiede & Deppe subsp. *tecunumanii* (Eguiluz & Perry) Styles**  
**Sinónimo. *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry**

**3.1.6.1.- Descripción botánica**

Según Styles (1994), es un árbol grande de fuste recto, de hasta 45 m de altura y 110 cm de (DAP), más comúnmente de hasta 30-40 m de altura y 50-90 cm dap. Corteza grisácea, tosca y fisurada a la base del fuste en árboles viejos, más lisa y delgada arriba, follaje ralo, verde claro, esparcido, más o menos péndulo. Usualmente 4 acículas por fascículo, algunas veces 3 o 5 y de 12-25 cm de longitud.

Los conos son persistentes, pequeños, duros, café, barnizados y brillantes, estrechamente conoidales, puntiagudos al ápice, redondos y asimétricos a la base; de 4-8 cm de largo por 3-5 cm de ancho; nacen individualmente o en pares, en pedúnculos de hasta 2.0 cm de longitud; las escamas de los conos angostas con apófisis alzados, a veces con espinas proyectadas hacia adelante. Los conos maduran en enero y febrero.

**3.1.6.2.- Distribución**

Styles, (1994), *P. patula* subsp. *tecunumanii* tiene una amplia distribución por toda la región de las tierras altas del noroeste de Nicaragua en los departamentos de Nueva Segovia, Matagalpa, Estelí, Jinotega, Madriz y también en Chinandega y León. Su rango altitudinal varía desde 650 m.s.n.m. (Santa Clara), hasta 900 m.s.n.m. 1 400 (1 500 m.s.n.m. en el Volcán Yalí).

Generalmente crece en suelos ácidos, arenosos de marga derivados de rocas basálticas o andesitas de buen drenaje, presentándosele más frecuentemente en los sitios fértiles de los valles o los cañones de los ríos. Requiere una precipitación anual de más de 1 400 mm anual.

### **3.1.7.- *Pinus maximinoi* H. E. Moore**

Sins. *P. tenuifolia* Benth. (nombre ilegítimo) "*P. pseudostrobus*" de varios autores.

#### **3.1.7.1.- Descripción botánica**

Este árbol puede crecer hasta 35 m de altura, ocasionalmente 40 m y de 40-90 cm (DAP). Copa muy densa y en forma de cúpula, la corteza joven es grisácea, delgada y lisa; cuando vieja se quiebra en plaquetas alongadas, con fisuras color café rojizo. Follaje denso, verde azulado mate o verde grisáceo, vainas persistentes, 12-18 mm de longitud, usualmente 2 canales resinosos medios. 5 acículas por fascículo, delgadas de 20 – 28 cm de longitud.

En Nicaragua los conos maduran en marzo, abril o mayo, son tempranamente caedizos, ovoides, con un pedúnculo oblicuo que se mantiene unido a la base del cono cuando éste se cae, presenta escamas suaves y el número de conos producidos en cualquier estación nunca es muy grande (Styles, 1994),

#### **3.1.7.2.- Distribución**

Según Styles (1994), la distribución de *P. maximinoi* en Nicaragua está restringida, encontrándose entre 1 000-1 600 m.s.n.m. a lo largo de las tierras altas de la Sierra de Dipilto. De las especies nativas es la menos común y su distribución se limita a los departamentos norteños; de Estelí, Jinotega, Madriz y Nueva Segovia.

Los bosques puros de esta especie se presentan en suelos de marga de buen drenaje sobre una capa de suelo volcánico terciario, (pH aprox. 5.7 en los estratos superiores). Este árbol prefiere los sitios más húmedos en los valles con una precipitación de entre 1 200-1 400 mm anual.

## **3.2.- Síntomas de enfermedades en pinos**

### **3.2.1.- Manchas foliares**

Son lesiones localizadas que se desarrollan de forma concéntrica en el área de las hojas, lo que produce clorosis inicial que con el tiempo se diseminan en todo el tejido aumentando de tamaño, necrosando el tejido.

### **3.2.2.- Tizones**

Son lesiones color café caracterizadas por una quemadura sobre los órganos foliares de las plantas, los cuales se van necrosando hasta alcanzar la muerte del tejido.

### **3.2.3.- Chancros**

Zona necrótica muerta de tonalidad negra hundida, con frecuencia sumida bajo la superficie del tallo o ramita de las plantas leñosas, las lesiones en ramas aumentan de tamaño y grosor superior al del tallo.

### **3.2.4.- Royas**

Pequeñas manchas sobre las acículas que forman pequeñas agallas que se desarrollan como hinchamiento en forma de huso o agalla, sobre las ramas y tallos principalmente en arboles jóvenes, también produce crecimiento excesivo de los conos sin producir semillas.

### **3.2.5.- Marchitamientos**

Es un síntoma generalizado en el que los árboles pierden turgencia y se cuelgan debido a las alteraciones en el sistema vascular de las raíces o el tallo.

### 3.3.- Principales géneros de hongos causantes de enfermedades en bosques de pino

#### 3.3.1.- Tizón de las acículas causado por *Mycosphaerella pini* Rostr. In Munk

(sin. *Scirrhia pini*) Punk & A. K. Parker. Fase sexual

*Dothistroma pini* Hulbary (sin. *Dothistroma setospora*) (Doroguine) Morelet. Fase asexual

**Phyllum:** Ascomycota.

**Clase:** Ascomycetes

**Orden:** Dothiadales.

**Nombres comunes:** Tizón de las acículas, banda roja.

**Hospederos:** Muchas especies de *Pinus*, especialmente *P. nigra*, *P. ponderosa*, *P. radiata* en plantaciones (Patton, 2003) En Centroamérica *P. maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. carideae* (Evans, 1984, citado por CABI y EPPO, s.f.).

#### 3.3.1.1.- Distribución en América

**Norte América:** Canadá (British Columbia, Saskatchewan to Newfoundland), USA (California, Florida, Hawaii, Iowa, Idaho, Illinois, Maryland, Minnesota, Montana, Nebraska, Ohio, Oklahoma, Oregon, Virginia, Washington).

**Centro América y Caribe:** Costa Rica, Guatemala, Honduras, según (Evans 1984, citado por CABI y EPPO, s.f.) , Jamaica, Nicaragua.

**Sur América:** Argentina, Brazil (Parana, São Paulo), Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay.

Según Patton (2003), refiere que desde de la descripción en las acículas en *Pinus nigra* en Illinois en 1941, la marchitez causada por *Dothistroma* ha sido considerada una enfermedad muy importante en los bosques de pino a nivel mundial, se conocen mas de 300 especies de pino que son hospedantes y 29 de ellas se encuentran en América del norte, reportándose como susceptibles las especies *P. nigra*, *P. contorta* y *P. ponderosa*, aunque también las plantaciones de *P. radiata* han presentado severos daños por la enfermedad, pero esta no se ha reportado en bosques naturales.

Esta enfermedad ha sido más perjudicial en bosques de pinos exóticos en especial en *P. radiata*, reportándose mayor incidencia en Chile, Brasil y Estados Unidos. En Centroamérica en plantaciones de *P. caribea* y *P. oocarapa* en Costa Rica (Araya 1988, citado por Arguedas, 1996); González, 2004, reporta esta enfermedad en *Pinus oocarapa* Schiede ex Schltdl en Guatemala. En especies nativas de Centroamérica es reportada por (Evans, 1984, citado por CABI y EPPO, s.f.).

*Mycosphaerella pini* es un hongo autóctono en los bosques densos de América central (Honduras, Guatemala) en altitudes desde 1 600 a 2 200 m.s.n.m. (Evans 1984, Citado por CABI y EPPO, s.f.), refiere que su presencia es común en este ambiente, pero nunca presenta daños severos.

### **3.3.1.2.- Etiología**

Las conidias, según Patton (2003), aparecen en estomas negros errumpentes a través de la epidermis en manchas o partes necróticas en las acículas. Una vez que las esporas maduran son diseminadas por salpicadura de lluvia, las conidias germinan en condiciones de humedad, éstas se dirigen hacia los estomas positivamente donde se desarrolla un apresorio que ejerce la penetración, que una vez realizada, el hongo produce una toxina dothistromina y una difurantraquina que se difunde dentro del tejido matando las células provocando su colapso y la producción de síntomas característicos de la enfermedad.

### **3.3.1.3.- Síntomas**

El primer síntoma es la aparición de manchas de color amarillo a marrón que luego forman anillos amarillentos o bandas cloróticas acuosas y translúcidas que al tiempo toman un color de pardo a pardo rojizo. Eventualmente una acícula infectada puede presentar varias lesiones, estas se vuelven necróticas primero en la punta y luego de forma longitudinal y se caen prematuramente, que al vez pueden causar la muerte distal a partir de los puntos de infección (Patton, 2003).



### 3.3.1.4.- Daños

A consecuencia del ataque, el efecto mas inmediato en los árboles es la reducción del crecimiento en altura y diámetro por causa de la defoliación, debido a que, con un 50% de pérdida foliar, el crecimiento en diámetro se reduce a la mitad y disminuye el crecimiento en altura, si bien una fuerte defoliación puede causar la muerte de los árboles, pero es poco probable. La enfermedad es más severa cuando el árbol ha sido afectado en más del 25% de su follaje, cuando la enfermedad alcanza niveles del 80% del follaje los árbol detiene su crecimiento y muere (Patton, 2003).

### 3.3.1.5.- Epidemiología

Los factores mas importantes que determinan la infección y desarrollo de la enfermedad son temperaturas entre 12° y 24° C y la humedad libre influenciada por la lluvia, las temperaturas entre 12° y 18° C favorecen la esporulación del hongo, la cual alcanza niveles epidémicos con facilidad ya que el viento y la lluvia diseminan el inóculo. Los árboles de menos de 10 años son los más susceptibles al ataque de esta enfermedad, observándose ataques más severos en las partes bajas de la copa de los árboles (Patton, 2003).

### 3.3.2.- Mancha parda de las acículas por *Mycosphaerella dearnessii* (Dearn.) Siggers.

(sins. *Scirrhia acicola* (Dearn.) Siggers. Fase sexual.

*Lecanosticta acicola* (Thuem).Fase axesual

**Phyllum:** Ascomycota

**Clase:** Ascomycetes

**Orden:** Dothidiales

**Nombre común:** mancha parda de las acículas.

**Hospederos:** Esta enfermedad es considerada como un obstáculo importante en las plantaciones de *Pinus palustris* en Estados Unidos y árboles de navidad de pino silvestre. (Patton, 2003).

### **3.3.2.1.- Distribución en América**

**Norte America:** Canada (British Columbia, Saskatchewan to Newfoundland), **USA** (California, Florida, Hawaii, Iowa, Idaho, Illinois, Maryland, Minnesota, Montana, Nebraska, Ohio, Oklahoma, Oregon, Virginia, Washington).

**América central y el Caribe:** Costa Rica, Guatemala, Honduras, Jamaica, Nicaragua.

En centro América este patógeno es endémico y omnipresente en bosques nativos de pinos como: (*P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. patula*), (Evans, 1984, citado por CABI y EPPO, s.f.).

### **3.3.2.2.- Etiología**

Los conidios se desarrollan en estromas negros en acérvulos y son exudados en una masa pegajosa en condiciones de humedad y diseminadas por salpicadura de lluvia, son cilíndricas, curvadas de color verde oliva a pardo y tienen de uno a cuatro septos, las conidias son descargadas durante periodos de humedad y son diseminadas por el viento y salpicadura de lluvia (Patton, 2003).

### **3.3.2.3.- Síntomas**

Primeramente produce lesiones de forma circular amarillentas con un borde oscuro, tomando un color marrón que después se necrosa, las acículas infectadas normalmente presentan la punta muerta, a medida que el tiempo de infección avanza las lesiones matan a la mayoría de los tejidos de las acículas, produciendo defoliación. (Patton, 2003).

### **3.3.2.4.- Daños**

Según Patton (2003), la mancha parda, causa severa defoliación que se traduce en una reducción en el crecimiento de los árboles ya que ésta enfermedad detiene el aumento en diámetro. Las plántulas y plantas jóvenes pueden llegar a morir después de repetidas defoliaciones.

### 3.3.2.5.- Epidemiología

La penetración en el follaje es a través de los estomas, las infecciones primarias se llevan a cabo cerca del extremo apical de las acículas por ascosporas y conidias las que intensifican la enfermedad y propagan el hongo, cuando las acículas mueren toman un color pardo y se caen (Patton, 2003).

Por evidencia de su difusión y distribución en USA, se considera altamente adaptable a nuevos hospederos y nuevos ambientes y por lo tanto una mayor amenaza fuera de norteamérica, esto fue corroborado por el hallazgo en la severidad de daño en *P. radiata* en el altiplano de Colombia. (Gibson, 1980, citado por CABI y EPPO, s.f.).

### 3.3.3.- Tizón de las acículas por *Lophodermium pinastri* (Fr.) Chev. Fase sexual.

*Leptostroma pinastri* Desm. Fase asexual.

**Phyllum:** Ascomycota

**Clase:** Ascomycetes.

**Orden:** Helotiales

**Nombre común:** Tizón de las acículas por *Lophodermium*.

**Hospederos:** Especies de pinos, *P. pinaster*, *P. sylvestri*, *P. laricio*, *P. jalepensis* y *P. insignis*. (Torres, 2003). En Guatemala se encontró en *P. oocarpa* y *P. maximinoi* (González, 2004).

### 3.3.3.1.- Etiología

Los peritecios empiezan a formarse en el invierno terminando su desarrollo a finales de abril o inicio del mes de mayo sobre las acículas maduras caídas o a punto de caer, la presencia de lluvia permite que los peritecios se abran mediante una línea media para liberar las ascosporas cuando se embeben de agua y son transportadas por fuertes vientos húmedos y la lluvia, germinando sobre otras acículas iniciando la infección a mediados del mes de julio.

Los picnidios de la fase anamorfa de *Lophodermium* se observan a simple vista en las acículas caídas, son de color negro brillante, estrechos y alargados, inicialmente se encuentran por debajo de la epidermis de la acícula pero luego se abren longitudinalmente por desgarradura de la epidermis (Torres, 2003).

### **3.3.3.2.- Síntomas**

Según Torres, (2003), este es un hongo que produce ataques en árboles jóvenes poco desarrollados y débiles produciendo enrojecimiento, inicialmente se presenta una clorosis observándose puntos amarillentos sobre la superficie de las acículas, que luego se vuelven rojizo-marrón que se necrosan y mueren colapsándose del árbol, reduciendo de esta manera la fotosíntesis. La defoliación se lleva a cabo como un mecanismo de defensa del árbol ya que para desprenderse de las acículas enfermas el árbol produce una capa suberosa entre la unión de la ramilla con la acícula.

### **3.3.3.3.- Epidemiología**

Los veranos lluviosos y los inviernos templados y húmedos contribuyen en su mayoría a la propagación de la enfermedad, puesto que bajo estas condiciones favorecen el desarrollo, diseminación y virulencia del hongo. Los bosques con altas densidades constituyen un factor de predisposición de los árboles ya que se pueden encontrar en competencia por nutrientes y pueden encontrarse relativamente débiles, las temperaturas moderadamente altas, comprendidas entre los 18° – 30° C con una cierta humedad (Miguez y Castelao, s.f.).

### **3.3.4.- Mancha foliar por *Pestalotiopsis funerea* (Desm) Steyaert**

**Sinonimia:** *Pestalotia funerea* (Desm).

**Phyllum:** Deuteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Melancoliales

**Nombre común:** Mancha foliar

**Hospedantes:** Típicamente coníferas.

#### **3.3.4.1.- Síntomas**

Según Muñoz *et al.*, (2003), inicialmente las acículas colonizadas de los pinos débiles muestran una necrosis parcial, ataca principalmente tejido joven, y cuando penetran a través de heridas en la corteza de hospedante débiles, la lesión prospera anularmente, determinando la muerte del ramillo cuyas hojas presentan síntomas generalizados de marchitez, pueden producirse secreciones de resina a través de los tejidos infectados, cuando inicia la enfermedad produce una necrosis parcial.

#### **3.3.4.2.- Daños**

Generalmente son parásitos oportunistas que colonizan los árboles con cierto grado de debilidad, su presencia esta asociada a otros problemas, tanto abióticos como la sequía o suelos con deficiencia nutricional y factores bióticos, como ataques de insectos, hongos u organismos primarios. Este patógeno provoca la formación de pequeños canchales en los ramillos de distintas especies de pino, y a la vez tienen la capacidad de colonizar sus hojas, tiene mayor incidencia en árboles jóvenes, en viveros forestales, o en las repoblaciones de plantaciones con suelos pobres. (Muñoz *et al.*, 2003).

#### **3.3.4.3.- 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 la lluvia y penetran a través de heridas en tejido débil o joven, donde estos se reproducen con mucha facilidad. (Muñoz *et al.*, 2003).

### **3.3.5.- Marchitez de los brotes y chancros por *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko y Sutton**

**Sinonimia:** *Diplodia sapinea* (Desmaz) J. Kickx. *Botryodiplodia pinea* (Desm.)

**Phyllum:** Deuteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Sphaeropsidales

**Nombre comunes:** Marchitez de los brotes y chancros.

**Hospedantes:** Todas las especies de pinos, muy sensible *Pinus radiata*.

#### **3.3.5.1.- Distribución en América**

Es un parásito oportunista de distribución mundial. En Venezuela, *S. sapinea* fue detectado por primera vez causando manchado azul en el tallo de Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). (Mohali, (1997), citado por Cedeño *et al.*, 2001). En 1975, causando muerte regresiva en la punta e invasión del tronco de árboles en *P. radiata* y *P. pinastri* en las islas Molokai y Lanai de Hawaii (Bega *et al.*, (1978), citado por Cedeño *et al.*, 2001). En Uruguay en *P. radiata*, *P. halepensis*, *P. silvestres*, *P. ponderosa* y otras coníferas de otros géneros (Baldini *et al.*, 2006), en Chile se reportó esta enfermedad en *P. radiata* (Osorio, (1973), citado por Morales, 2007).

#### **3.3.5.2.- Síntomas**

Los conos colonizados por este hongo pueden, reducir, secar 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, puede causar damping-off en las plántulas (Stanosz, 2003).

Los brotes se tornan marchitos y se produce la muerte de los brotes jóvenes cuando se da el alargamiento de las acículas, en ocasiones lo brotes que son rápidamente colonizados mueren antes que las acículas se expandan.

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. La superficie lisa de las ramas con partes deprimidas, necróticas y pardas indica la presencia de chancros, producidos por la marchitez de los brotes y conos infectados.

Los chancros viejos en ramas y tallo se pueden presentar delimitados por un tejido calloso que le impide expandirse sobre el tejido, causando un crecimiento deforme sobre el mismo, una vez que el chancro anilla las ramas o el tronco, se provoca la muerte de las partes distales produciendo un marchitamiento del follaje y luego toma un color pardo (Stanosz, 2003).

### **3.3.5.3.- Infección y daños**

Las conidias de *S. sapinea* 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).

Los daños se resumen a infección de los conos, los cuales reducen su crecimiento y se necrosan, reducción de la germinación de la semillas, pudriciones, infección de las raíces y muerte de plántulas, muerte de los brotes jóvenes y consecuentemente reducción del crecimiento del árbol, puede ocasionar la muerte de árboles enteros que presenten alto porcentaje afectado. (Torres, 2003; Baldini *et al.*, 2006).

### **3.3.5.4.- Epidemiología.**

Las precipitaciones deficientes, suelos secos, vegetación en competencia, el estrés de humedad y la alteración de la nutrición del huésped, han sido relacionadas al aumento de la infección, también los árboles que presentan heridas por insectos, por heladas y podas también se encuentra susceptibles a la enfermedad. Según Stanosz (2003), el hongo pasa el invierno como esporas en picnidios o como hifa en material huésped colonizado.

### **3.3.6.- *Phoma pomorum* (Thum)**

**Phyllum:** Deuteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Sphaeropsidales

**Hospederos:** Puede contaminar la semilla de muchos árboles forestales. Entre las especies de *Phoma* reportadas en pino se encuentran *Phoma indianensis* (Deshpande & Mantri) Boerema, Dorenb. & Kest. Boerema *et al.*, 1968), *P. pomorum* (Boerema *et al.*, 1971; Dorenbosch *et al.*, 1973) y *P. sorguina* (Sacardo) Boerema, Dorenbosch y Van Kesteren (White y Morgan-Jones, 1983). (Mahali, 1998)

Sutton (1980) citado por Mohali, (1998), reporta a *Phoma pomorum* en *Pinus caribaea* Morelet var *hondurensis* Barr. Y Golf)

#### **3.3.6.1.- Síntomas y daños**

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).

#### **3.3.6.2.- Epidemiología**

La presencia de éste patógeno se encuentra asociado a la presencia de áfidos que causan heridas en la epidermis de la acícula lo que favorece la entrada de éste hongo en las acículas, por lo tanto es considerado un patógeno oportunista o débil, también puede entrar al árbol por heridas que éste presente (Boerema, *et al.*, 1965-1973; Dorenbosch *et al.*, 1970, citados por Mohali, 1998), Las conidias son transportadas por el viento y la lluvia.



### **3.4.- Géneros de hongos causantes de chancros**

#### **3.4.1.- Chancro resinoso por *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell**

**Telemorfo:** *Gibberella circinata*

**Hospederos:** muchas especies de pino, en especial *Pinus radiata* como más susceptible.

**3.4.1.1.- Distribución en América:** sudeste de Estados Unidos, costa central de California y México, Haití y Chile.

Esta enfermedad es principalmente un problema en las plantaciones y paisajes urbanos, aunque se puede encontrar en masas naturales no representa un problema mayor, en México se reportan serios daños en plantaciones por este hongo, el cual produce mucha resinación en el área de la infección (Dwinell y Kuhlman, 2003).

#### **3.4.1.2.- Etiología**

Este hongo anteriormente era conocido como *Fusarium subglutinans* f.sp. pini, actualmente recibe el nombre de *Fusarium circinatum* con su telemorfo: *Gibberella circinata*. Sus esporas germinan y desarrollan el micelio que invade los tejidos vegetales. Las hifas penetran generalmente en las plantas sanas a través de las heridas de poda, picaduras de ciertos insectos, lesiones producidas por las heladas, granizo y el viento o puede penetrar por las lenticelas de los brotes o de los estomas en las hojas. (Iturrutxa, *et al.*, 2006).

#### **3.4.1.3.- Síntomas**

Según (Iturrutxa, *et al.*, 2006), los síntomas, en ocasiones se confunden con los desarrollados por la infección de *Sphaeropsis sapinea*. Este es hongo capaz de atacar en todos las etapas de desarrollo de los árboles, los ataques producen debilitamiento de los árboles propiciando el ataque de insectos principalmente del género *Ips*, *Pityophthorus* y *Conophthorus*.

Las acículas se tornan de amarillas a rojizas, luego llegan a una desecación total y se produce defoliación de los brotes, seguido a esto puede producirse la muerte de la punta del árbol por estrangulamiento y el árbol completo puede morir, generalmente las acículas permanecen adheridas al árbol, por lo que todo esta embebido de resina . En Sudáfrica, este hongo causa daños severos en la raíz en viveros de *Pinus patula* (Cibrian *et al.*, 2007).

#### **3.4.1.4.- Daños**

Puede infectar conos, ramillos, troncos causando exudaciones resinosas de hospederos susceptibles de todas las edades. El árbol a manera de defensa ante el ataque de ésta enfermedad empieza a producir resina por exceso en los puntos donde se inicia la infección, llegando a provocar taponamientos, ocasionando que la madera se llene de resina lo que termina en un debilitamiento del árbol y consecuentemente la muerte (Cibrián *et al.*, 2007).

#### **3.4.1.5.- Epidemiología**

Las plantas son más susceptibles en condiciones de estrés y debilidad. El estrés hídrico o nutricional, favorece el desarrollo de la enfermedad, la cual puede ser transmitida por semillas y plántulas de vivero infectadas, mediante esporas por el aire, los insectos pueden actuar como vectores de la enfermedad, especialmente se han detectado como vectores los insectos del género *Ips*, *Pityophthorus* y *Tomicus* (Dwinell y Kuhlman, 2003; Iturrutxa, *et al.*, 2006; Cibrián *et al.*, 2007).

#### **3.4.2.- Chancro en tallos y ramas por *Nectria sp.***

**Phyllum:** Ascomycota

**Clase:** Ascomycetes

**Orden:** Hypocreales

**Hospederos:** Produce chancro en ramas y tallos en muchos árboles forestales, principalmente en roble encino (*Quercus spp*) en México.

### **3.4.2.1.- Síntomas**

Agrios (2004), los chancros recién formados son pequeñas zonas circulares café, más tarde su parte central se deprime y ennegrece en tanto que sus bordes se proyectan por el tejido sano circundante, cuando las condiciones son favorables, el hongo se desarrolla con lentitud, el hospedante produce un callo en torno al cancro 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 descascaran y desprenden mostrando el tejido leñoso muerto y el lomo del callo.

### **3.4.2.2.- Daños**

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.

### **3.4.2.3.- Epidemiología**

Estos chancros se desarrollan en torno a cicatrices de yemas, tocones de ramitas o en las bifurcaciones de los vástagos. Los conidios son diseminados por el viento y la lluvia durante la temporada lluviosa y también por insectos. Las ascosporas son diseminadas con mayor abundancia a fines de verano, pero también en otras épocas. (Agrios, 2004).

### **3.4.3.- Chancro producido por *Phoma* sp. Sacc.**

**Phyllum:** Duteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Sphaeropsidales

**Hospederos:** Este hongo causa el chancro globoso del ciprés (*Cupressus sempervirens*), reportado como su hospedero principal en México (Cibrián *et al.*, 2007).

### **3.4.3.1.- Síntomas y daños**

Se presenta con lesiones pequeñas de forma oval, con la corteza fracturada y con abundante resina y a veces con exposición del cambium. La muerte de la rama se produce cuando el chancro estrangula la rama, primeramente en las ramillas muertas, el cambium se presenta de color del follaje en verde – amarillento, luego amarillo – café y por último un color café – grisáceo. El chancro puede estar en la rama sin que la planta presente decoloración en el follaje, sino hasta que el chancro estrangule la rama, que luego como consecuencia de este daño, se produce una reducción de la copa viva, afectación de la estructura del árbol y llevándolo a un debilitamiento general del mismo (Cibrian *et al.*, 2007).

### **3.4.3.2.- Epidemiología**

Las esporas son diseminadas por el viento y la infección tiene éxito cuando estas esporas caen sobre heridas recientes en el follaje o en las ramillas tiernas, esta enfermedad se puede presentar en árboles de diferentes edades, las heridas producidas por insectos o daño mecánico, representan el factor esencial para la infección (Cibrian *et al.*, 2007).

### **3.4.4.- Chancro producido por *Botryosphaeria rhodina* (Berk & M. A. Curtis) Axr. Anamorfo: *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maulb.**

#### **3.4.4.1.- Síntomas y epidemiología**

Este hongo tiene cientos de especies hospedantes, ataca árboles de hoja ancha y coníferas, causa daños en arboles bajo condiciones de estrés, en los árboles que presentan quemaduras por el sol, se desarrollan chancros que agravan la lesión y esto puede ocasionar la muerte de los árboles al alimentarse de carbohidratos en el xilema y floema. Las esporas son diseminadas por el viento y la lluvia, las esporas que caen sobre heridas o tejido débil tienen muchas probabilidades de sobrevivir y penetrar con éxito en el hospedante. Este hongo tiene alta capacidad de sobrevivir, primeramente el patógeno se presenta como endófito, cuando el árbol presente niveles de estrés el hongo se vuelve patógeno e inicia los síntomas característicos de la enfermedad (Cibrián *et al.*, 2007).

### **3.5.- Roya en conos y tallos**

#### **3.5.1.- Roya en conos y tallos por *Cronartium conigenum* Hedge, y N. Hunt.**

**Phyllum:** Basidiomycota

**Clase:** Basidiomycetes

**Orden:** Uredinales

**Hospederos:** es común en los bosques de pinos y llega a ocasionar severos daños en aéreas o rodales destinados para semilleros.

**3.5.1.1.- Distribución en América:** Estados Unidos, sur de Arizona, México, en Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua.

#### **3.5.1.2.- Síntomas**

En conos produce crecimiento excesivo y anormal de 2 a 4 veces más del tamaño normal y ocasionalmente hasta 10 veces. Conos carnosos y la superficie esta diferenciada por escamas, aparecen infecciones en el tronco. Los aecios producidos hacen que los conos infectados se vuelven color naranja brillante (Geils, 2003).

En ramas y tallos se forman agallas, principalmente en pinos jóvenes, dichas agallas pueden extenderse de 5 a 12 cm por año y con frecuencia cubren el tallo o la rama ocasionando muerte, la infección en plántulas puede ocasionar la muerte en 4 años (Geils, 2003).

#### **3.5.1.3.- Daños**

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. Se observa la presencia de troncos deformados, canchales profundos que se rompen fácilmente con viento fuerte. Hiperplasia e hipertrofia y formación de agallas en troncos y tallos. Los conos jóvenes infectados no producen semillas afectando la regeneración natural y artificial. (Geils, 2003).

### **3.5.1.4.- Epidemiología**

El viento transporta aeciosporas del hongo a las hojas jóvenes en proceso de expansión del roble, donde se forman pústulas uredinales de color anaranjado en un lapso de cuatro días y produce uredosporas de febrero a mayo. Las uredosporas reinfectan a un número mayor de hojas de roble y producen más uredosporas, las teliosporas sobre telios y las basidiosporas son transportados por el viento.

Es una enfermedad macrocíclica alternándose en roble y pino. Forma espermagonios y aecios en los tallos y ramas del pino y las uredias y telias en las hojas del roble. (Agrios, 2004).

## **3.6.- Hongos causantes de enfermedades vasculares**

### **3.6.1.- *Fusarium* spp.**

**Phylum:** Deuteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Moniliales

Este género de hongo pueden actuar en asociación con otros patógenos y según la especie, estos producen micotoxinas que interfieren en distintos procesos metabólicos de las plantas. Entre las especies mas destacadas se han encontrado *F. solanum*, *F. oxysporum* (Cepas de diferente agresividad), *F. stilboides*, *F. semitectum*, *F. graminearum* en plantaciones jóvenes en Uruguay (Baldini *et al.*, 2006).

#### **3.6.1.1.- Síntomas**

Primeramente aparece un amarillamiento generalizado que avanza hasta causar la muerte a su hospedero, ya que el punto de infección es el sistema radicular y debido al ataque afecta la conducción de sustancias. *F. semitectum* se encontró asociado a clorosis y muerte regresiva en parcelas jóvenes de pinos. El síntoma en acículas se presenta en manchas cloróticas que se secan a partir de la lesión.

En ataques severos se nota que las acículas pasan de una coloración normal a una clorosis, que luego toma un color herrumbre, los ápices mueren y en casos de gravedad en plantas jóvenes puede provocar muerte regresiva. (Baldini *et al.*, 2006).

### **3.6.1.2.- Epidemiología**

La aparición y desarrollo de este patógeno de suelo se le atribuye al desbalance nutricional de los árboles, las zonas altas, que favorecen la germinación de las estructuras de resistencia del hongo, pobre simbiosis de micorriza-pinos en los suelos, a una asociación entre *Fusarium* y nematodos del género *Meloidogyne* que causan lesiones en las raíces y aumentan los puntos de infección.

*F. oxysporum* *F. stilboides*, *F. semitectum*, se han aislado de troncos de árboles jóvenes de distintas alturas, que en algunos casos el micelio se encuentra tapando los vasos, estas especies se han encontrado afectando árboles desarrollados. (Baldini *et al.*, 2006).

### **3.7.- Enfermedades vectoreadas en pinos**

Se conocen como enfermedades vectoreadas, a aquellas que son transmitidas por insectos o por herramientas de labores silviculturales, que transportan las estructuras fructíferas de los patógenos las cuales son dejadas en los árboles produciendo la infección.

Los vectores más importantes son los insectos, los cuales en bosques de pino son denominados insectos de la corteza de los pinos, estos pertenecen al Orden Coleóptera, de los cuales los más importantes pertenecen a los géneros *Dendroctonus* e *Ips*. Se considera al género *Dendroctonus* como el principal vector de enfermedades en bosques de pino ya que este es un insecto que inicia ataques en árboles vivos, por lo tanto es el primero en ingresar el patógeno al árbol al transportar sus estructuras en el cuerpo, y es aquí donde se produce la infección en la madera (Solheim, 2003).

### 3.7.1.- Enfermedad del azulado de la madera por *Ophiostoma* sp. Syd.& P. Syd

**Anamorfo:** *Leptographium* sp. Lagerberg & Melin.

**Phyllum:** Ascomycota

**Orden:** Ophiostomales

**Familia:** Ophiostomataceas

**Hospederos:** Esta enfermedad se puede presentar en la mayoría de las coníferas, en donde son introducidos por escarabajos de corteza principalmente los géneros *Dendroctonus*, *Ips* y *Scolytus*, entre estos se reportan, *D. frontalis* Zimmerman asociado con *Ophiostoma minus*, *D. ponderosae* Hopkins, asociado con *O. clavigerum* (Robinson-Jeffrey & Davidson) atacando a *Pinus contorta*, e *Ips typographus* L. asociado con *Ceratocystis polonica* (Siemazcko) Moreau (sin. *Ophiostoma polonicum* Siemazcko). (Solheim, 2003).

#### 3.7.1.1.- Etiología

La enfermedad es introducida a los árboles por medio de escarabajos vectores que portan las estructuras fructíferas del hongo convirtiéndose este sistema en un mecanismo único y especializado de diseminación y colonización de material hospedero nuevo.

Las esporas fúngicas son transportadas por los escarabajos perforadores de la corteza en orificios que tienen sus exoesqueletos, permitiéndoles recolectar variedades de esporas antes que los escarabajos abandonen las galerías.

Las estructuras fructíferas se desarrollan en la zona corteza-madera, de esta forma cuando los escarabajos que se mueven entre las galerías obtienen las pegajosas esporas que se adhieren a sus cuerpos de los mismos, también pueden portar el hongo en su interior al alimentarse del mismo (Solheim, 2003).



### **3.7.1.2.- Síntomas**

Inicialmente el síntoma que se presenta es el aserrín alrededor de los orificios producidos por la entrada de los escarabajos de la corteza, seguido de un marchitamiento en el follaje a las dos semanas posteriores al ataque, la mayoría de los escarabajos de la corteza son vectores de los hongos que producen el azulado, que son introducidos al árbol por estos escarabajos, empezando a colonizar los tejidos, de aquí la albura se torna de un color azul de 2 – 3 semanas después de la infestación, esto dependiendo de la especie del árbol y la temperatura.

La relación que existe en las infestaciones entre *Ips typographus* con *Ceratocystis polonica* y la de *Dendroctonus ponderosae* con *Ophiostoma clavigerum* son de tipo superficial limitado a los orificios de la penetración fúngica de la albura, mientras que la infección fúngica que sigue después del ataque de *Dendroctonus frontalis* es mas compleja con infecciones mas severas (Solheim, 2003)

### **3.7.1.3.- Daños**

Una vez que los hongos del azulado son introducidos en el árbol, empiezan a desarrollarse en el floema y la albura, en el floema las manchas crecen en su mayoría de forma longitudinal, el crecimiento en la albura es principalmente a lo largo de los radios medulares y otras células vivas de la albura como lo son las células epiteliales de los conductos resinosos, los hongos del azulado primeramente viven de nutrientes fácilmente disponibles como carbohidratos en las células. Los hongos del azulado en asociación con los escarabajos perforadores matan a los árboles vivos. (Solheim, 2003).

### **3.7.1.4.- Epidemiología**

Las condiciones de estrés, la edad de los rodales y la alta densidad en la masa forestal pueden constituir un aumento en las poblaciones de escarabajos de la corteza y consecuentemente la propagación de la enfermedad del azulado debido a la relación que existe entre los escarabajos de la corteza y los hongos que producen dicha enfermedad (Solheim, 2003).

### 3.7.2.- Mancha negra de la raíz por *Leptographium wageneri* (Kendrick)

**Teliomorfo:** *Ophiostoma wageneri* (D. J. Goheen & F. W. Cobb) **sin.** *Ceratocystis wageneri* (D. J. Goheen & F. W. Cobb)

**Phyllum:** Ascomycota

**Orden:** Ophiostomatales

**Orden:** Ophiostomataceas

**Hospederos:** Especies de pinos como: *P. ponderosa*, *P. monophylla*, *P. contorta* y especies no coníferas.

**Nombre común:** Mancha negra de las raíces.

#### 3.7.2.1.- Etiología

Son hongos conidiales con características morfológicas y comportamiento de esporulación que facilitan la dispersión por los insectos. Usualmente las esporas son transportadas por los escarabajos de la corteza.

Esta especie de *L. wageneri*, en coníferas, causa la enfermedad de marchitamiento, colonizando el sistema vascular y obstaculizando el transporte de agua. Estos hongos avanzan verticalmente dentro del árbol, mucho más allá del punto de introducción. Sin embargo, la mayoría de las especies de *Leptographium* colonizan preferentemente las células del parénquima radiomedular; la colonización es principalmente radial en el tronco. Estos son los hongos del azulado, corrientemente asociados con los escarabajos de la corteza quienes ejercen su diseminación (Hansen, 2003).

Tres variedades de *L. wageneri*, se relacionan a la enfermedad de la mancha negra de las raíces, estas son: la variedad *wageneri*, en *P. edulis*, Var. *Ponderosum* sobre *P. ponderosa*, *P. contorta* y en *Tsuga mertensiana*, y Var. *Pseudotsugae* sobre *Pseudotsuga menziesii*.

Los insectos vectores crean un potencial importante para la dispersión y el avance de la enfermedad. (Hansen, 2003).

### **3.7.2.2.- Síntomas**

Los síntomas foliares de esta enfermedad son similares a los causados por otros hongos que causan enfermedades en las raíces, excepto que se desarrollan más rápidamente. Primero se muestra pérdida de las acículas viejas, seguida de una reducción del crecimiento terminal, clorosis, a veces una producción de «conos estresados», y muerte. Eventualmente se observa la característica mancha negra en el xilema en la línea del suelo.

En sección transversal, las manchas aparecen en forma de media luna y siguen los anillos anuales. Este diseño de manchas contrasta con los sectores radiales o con las manchas más difusas asociadas con otras especies de *Leptographium* (Hansen, 2003).

### **3.7.2.3.- Epidemiología**

*L. wagneri* puede crecer unos pocos centímetros de raíz a raíz a través del suelo y de los injertos de raíz. Sin embargo, los insectos son su medio principal de dispersión. Si las heridas producidas por la alimentación de los insectos llegan hasta el xilema, y si el insecto es portador del hongo, puede aparecer una nueva infección.

Los árboles mueren por el ataque de la enfermedad en focos de infección que se extienden irregularmente, pudiendo llegar a muchas hectáreas de terrenos ocupados por pinos, los pinos de todas las edades pueden morir (Hansen, 2003).

### **3.7.3.- Marchitamiento por *Graphium* sp. Fase asexual**

#### ***Ceratocystis* sp. Fase sexual**

**Phyllum:** Deuteromycota

**Clase:** Deuteromycetes

**Orden:** Moniliales

### **3.7.3.1.- Etiología**

Se encuentra frecuentemente como patógeno vascular causando marchitez en árboles o como saprofito. Algunas especies son el estado imperfecto de *Ceratocystis*, el modo de desarrollo de las conidias es variable en las diferentes especies. (Barnet y Hunter 1998).

### **3.7.3.2.- Síntomas**

Lesiones largas en la corteza y oclusiones en forma de cuña en la albura, bajo el punto de inoculación. Los síntomas foliares se muestran con clorosis en las hojas que en estado avanzado cambian a un color rojo marrón.

### **3.7.3.3.- Daños**

Oclusión de toda la albura y coloración azulada en la madera, afectándola comercialmente. Los efectos sobre el bosque es que este hongo, ayuda a los escarabajos descortezadores a matar árboles. El hongo por si solo es capaz de causar la muerte del árboles huéspedes con altas dosis de inóculos.

### **3.7.3.4.- Epidemiología**

El hongo se desarrolla en galerías hechas por insectos descortezadores al alimentarse bajo la corteza del árbol, una vez establecido, los peritecios empiezan a liberar las ascosporas, posteriormente se da la fase sexual del ciclo patológico del hongo, invadiendo el xilema, decolorando el tallo infectado formando anillos xilémicos decolorados. El escarabajo sale de las galerías portando las esporas del hongo transportándolas a árboles sanos. (Agrios, 2004).

## IV.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1.- Descripción de la finca Las Tapias, Municipio de San Fernando

En el departamento de Nueva Segovia, municipio de San Fernando se ubica la finca Las Tapias. El territorio municipal es una zona montañosa de difícil acceso, rica en recursos naturales y con suelos aptos para el cultivo de granos básicos, posee extensas zonas de pino catalogadas como reserva forestal del país. Posee una extensión territorial de 339 km<sup>2</sup> ubicado a 350 km. de la ciudad de Managua. 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.

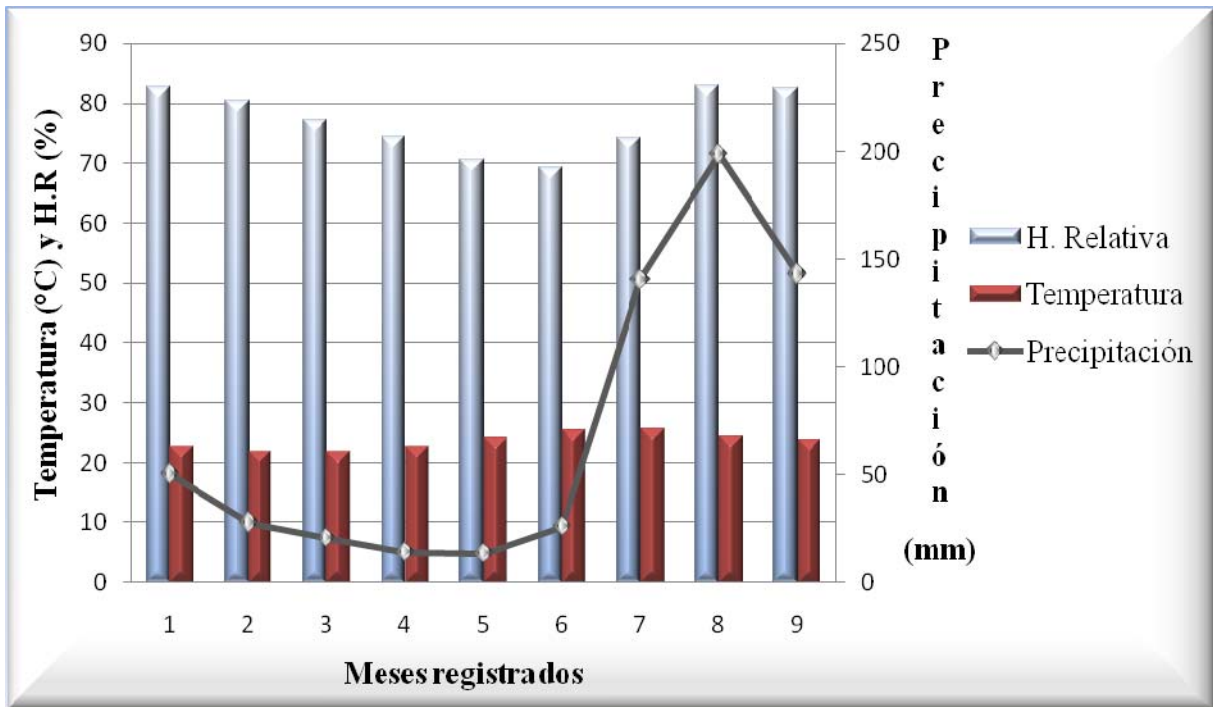
La investigación se realizó en el período comprendido entre octubre 2007 y Julio 2008 en la finca Las Tapias, en una zona montañosa a 6 km. al norte del casco urbano del municipio de San Fernando con coordenadas de, 13° 43'51'' latitud Norte y 86° 18'05'' longitud Oeste, a una altitud aproximada de 1 002 m.s.n.m.

En la finca se establecieron dos parcelas correspondientes a dos tipos de bosque: Bosque de regeneración natural y bosque maduro.

Denominamos árboles de regeneración natural a aquellos que se encuentran en sus primeras etapas de crecimiento y desarrollo que han pasado por un proceso de germinación que no ha sido inducido por la influencia humana.

Llamamos árboles de bosque maduro a aquellos que han alcanzado una altura y diámetro comercialmente deseado, estos arboles producen grandes cantidades de conos los cuales son los responsables de la regeneración natural.

Las condiciones meteorológicas promedio presentadas durante la investigación fueron de: 77.17 % para la humedad relativa, 23.5° C para la temperatura y de 70.6 mm para la precipitación (Figura 1).



**Figura 1. Datos meteorológicos de las estaciones de San Fernando. Precipitación (mm) y de la estación de Ocotál (Humedad relativa (%) y temperatura (°C) en Nueva Segovia (INETER, 2007 - 2008).**

#### 4.2.- Delimitación de los sitios en las parcelas

Se estableció un transecto para ambos tipos de bosque en dirección diagonal adecuado a las características del bosque o rodal seleccionado y se identificaron cinco sitios a distancias entre 50 m y 100 m. En el transecto se identificaron árboles como puntos fijos, para medir el radio de las parcelas.

En cada sitio se estableció un radio de 2.82 m y se delimitaron parcelas circulares de 25 m<sup>2</sup>, en bosque de regeneración natural (Anexo 1). El radio, para bosque maduro fue de 5.64 m equivalente a parcelas circulares de 100 m<sup>2</sup>. (Anexo 2). Para el establecimiento de los sitios, se tomó en cuenta lo indicado por el INTECFOR, 1993; Martínez y Melgar, 1999, adaptado al presente estudio.

Todos los árboles dentro del área del radio se numeraron y se marcaron con spray rojo y con spray de color blanco el árbol del centro del sitio, tomado como referencia.

En la finca se muestrearon un total de 20 árboles en los 5 sitios establecidos en bosque maduro y 53 árboles en los 5 sitios en la parcela de bosque de regeneración natural, para un total de 73 árboles estudiados en la finca (Cuadro 1). En bosque maduro se tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP), a los árboles con un diámetro mayor de 5 cm; en regeneración natural solamente se estimó el dato de altura de los árboles.

**Cuadro 1. Total de árboles muestreados en los bosques de pino de la finca Las Tapias, 2007-2008.**

Descripción	Sitios					Total	Población estimada de árboles
	1	2	3	4	5		
Número de árboles en bosque de regeneración natural	9	6	14	14	10	53	4 240 Árboles por hectárea
Número de árboles en bosque maduro	5	6	2	1	6	20	400 Árboles por hectárea
Número de árboles evaluados en la finca						73	

#### 4.3.- Condiciones naturales de las parcelas

##### 4.3.1.- Bosque de regeneración natural

La parcela se situó al lado del bosque maduro de la finca, la topografía del terreno presentaba pendiente pronunciada, con excepción del primer sitio, ubicado en un área plana. Los sitios presentaban alta exposición a la erosión hídrica, por el suelo desprotegido y por la circulación de ganado que deteriora el suelo, así como por deslizamientos de tierra a causa de lluvia. Se observó un bosque densamente poblado y presencia de otras especies arbóreas, así como: Gramíneas, Nancite, zarza, entre las más representativas.

##### 4.3.2.- Bosque maduro

Esta parcela presentaba una pendiente pronunciada, con deslizamiento de tierra, poca maleza y sombra moderada. Se observó una combinación de árboles adultos de pino y de regeneración natural, así como un bosque ralo que ha sido perturbado.

#### **4.4.- Variables evaluadas**

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

**4.4.2.- Severidad de enfermedades en acículas:** Se estimó visualmente en cada árbol el porcentaje del área afectada por la enfermedad, conforme la escala propuesta. (Cuadro 2).

**4.4.3.- Diámetro y altura de árboles de pino en bosque maduro:** Estos parámetros se midieron en campo, utilizando instrumentos como la cinta diamétrica y clinómetro.

#### **4.5.- Metodología para estimación de severidad de enfermedad en acículas**

Se estableció una escala, la cual consistió en un estimado del porcentaje afectado de área foliar (acículas) con respecto al total del follaje del árbol, se utilizó una escala basada en lo expuesto por Horsfall y Barrat (1945), quienes refieren que la apreciación de la visión humana permite distinguir con más exactitud grados de escala que progresan en pasos logarítmicos y que de 0% a 50 % del follaje, se tiende a juzgar el porcentaje de área foliar afectada, mientras que de 50% a 100% se juzga el porcentaje del área foliar que permanece sano, de acuerdo a este criterio se elaboró la escala por el colectivo de investigadores de la UNA (Cuadro 2), para la evaluación de enfermedades en acículas de pinos.

#### **4.6. Muestreo**

Para evaluar el comportamiento de las enfermedades se realizaron muestreos mensuales de incidencia y severidad estimadas visualmente (Binoculares) a partir del 16 de Noviembre del año 2007 hasta el 11 de Julio del 2008 obteniéndose un total de nueve datos de severidad.

Se llevó un registro de observaciones cualitativas de la apariencia del follaje de los árboles, para caracterizar de forma descriptiva el avance de la severidad de los tizones en las acículas en las diferentes fechas de muestreo.



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

<b>Porcentaje</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>0</b>	<b>El árbol completamente sano</b>
<b>5</b>	<b>El 5 % del follaje con clorosis</b>
<b>10</b>	<b>El 10% de clorosis</b>
<b>15</b>	<b>El 15% de clorosis</b>
<b>20</b>	<b>El 20 % de clorosis</b>
<b>25</b>	<b>El 25% de clorosis</b>
<b>30</b>	<b>El 30% de clorosis en el follaje</b>
<b>35</b>	<b>El 35% de clorosis en el follaje</b>
<b>40</b>	<b>El 40% follaje con clorosis generalizada</b>
<b>40 a 65</b>	<b>Clorosis generalizada con acículas necrosadas</b>
<b>65 a 85</b>	<b>Porcentaje de follaje con necrosis generalizada</b>
<b>85 a 95</b>	<b>Tejido del árbol verde con follaje completamente muerto</b>
<b>95 a 100</b>	<b>Árbol muerto con defoliación</b>

#### **4.7.- Procesamiento de muestras**

Se recolectaron muestras de acículas, ramas, tallos, raíces y suelo, utilizando machete, palas, tijeras en cada sitio de muestreo para su debido análisis patológico en el laboratorio. Estas muestras fueron procesadas en los laboratorios de Microbiología, Micología y Suelos 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).

#### **4.8.- Medios de cultivo de microorganismos**

Las muestras llevadas al laboratorio fueron previamente clasificadas de acuerdo a los síntomas presentes en las acículas y tejidos, luego de la misma manera se procedió a colocar las muestras en cámara húmeda así como a sembrar en medios de cultivos.

Los medios utilizados fueron Agar–Acícula, para proporcionar condiciones nutricionales de crecimiento a los patógenos foliares. Agar–Agua, para inducir la esporulación de estructuras reproductivas del patógeno. PDA (Papa Dextrosa Agar), medio general para hongos.

<sup>1</sup> Gutiérrez, Y. 2008  
Docente UNA

AN (Agar Nutritivo), medio general para bacterias. Una vez obtenidas las estructuras fructíferas en medios de cultivo se hicieron montajes en porta objetos y se procedió a su debida identificación observando las estructuras en el microscopio electrónico y comparándolas con los libros de claves de estructuras de hongos de (Barnett y Hunter, 1998).

#### **4.8.- Análisis de datos**

##### **4.8.1.- Análisis descriptivo**

Para explicar el comportamiento de la severidad de las enfermedades en acículas, se insertaron datos de severidad el programa de cálculo Excel, para visualizar en un grafico de línea, la tendencia de la severidad en las diferentes fechas de muestreo. De la misma manera se insertaron los datos de incidencia de chancros en ramas y tallos en el programa para visualizar en un grafico de columna, la mayor incidencia presentada por sitio.

También se calculó la tasa de incremento de la enfermedad (**r**), para explicar la intensidad de las enfermedades foliares, usando el modelo logístico según Vander Plank, 1963,1968 citado por Campbell y Madden, 1990.

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

**Donde:**

r = tasa de incremento de la enfermedad

1 = constante (tejido sano)

t<sub>2</sub> = tiempo (segunda evaluación)

t<sub>1</sub> = tiempo (primera evaluación)

log e = logaritmo natural

##### **4.8.2.- Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de datos mediante el programa estadístico JMP versión 7 del SAS, para conocer la correlación entre las variables.

A los datos de severidad de la enfermedad estimados, se les hizo un análisis de regresión mediante la fórmula:  $y = a \pm b(x)$ .

**Donde:**

y = Es la cantidad de enfermedad.

a = Es el intercepto.

b = Es la pendiente que nos indica cuanto aumenta o disminuye la enfermedad de un tiempo a otro

x = Es la variable independiente (tiempo).

Se realizó una comparación de las pendientes de la severidad de la enfermedad, para saber si son iguales o diferentes, mediante la fórmula de comparación de parámetros de modelos por Campbell y Madden, 1990.

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

**Donde:**

$(\Theta_1 - \Theta_2)$ : Parámetros estimados (pendientes de las dos líneas de ecuación de regresión)

p: Número de parámetros

$n_1$  y  $n_2$ : Número de observaciones en las dos curvas de la enfermedad

t(.): Valor crítico de tabla t de students, con nivel de significancia P y  $n_1 + n_2 - (2p)$  grados de libertad.

s(d): Error estándar de los parámetros estimados, calculado como la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de los dos parámetros estimados, representada en la fórmula:

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

**Donde:**

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

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

$$S^2 = (X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2 / n$$

X = Promedio

$X_i$  = Promedio equivalente a cada fecha de muestreo

n = Número de muestreos

**Hipótesis nula [Ho]:  $\Theta_1 = \Theta_2 = 0$**

**Hipótesis alternativa [Ha]:  $\Theta_1 \neq \Theta_2 \neq 0$**

Si el intervalo de confianza no incluye al 0, se rechaza la hipótesis nula que representa igualdad de los parámetros y se acepta la hipótesis alternativa de desigualdad.

## **V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1.- Caracterización de la finca Las Tapias**

#### **5.1.1.- Caracterización de la especie de pino estudiada**

En la finca Las Tapias donde se realizó el estudio la especie de pino predominante fue *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl, esta especie pertenece a la familia *Pinacea*. Salas (2002), refiere que en Nicaragua ésta especie se encuentra desde los 700 a 1 300 msnm al norte de las montañas estacionalmente secas del occidente de los departamentos de León, Chinandega, Estelí, Jinotega y Nueva Segovia, a una temperatura promedio anual de 24° C.

En Centroamérica se le conoce como pino colorado o pino ocote, es una especie pionera que se adapta a diferentes tipos de suelo, erosionados e infértiles, delgados, arenosos, pedregosos y accidentados, con pH de ácidos a neutros (4.5-6.8), pero con buen drenaje, (OFI-CATIE, s.f).

#### **5.1.2.- Caracterización del bosque en la finca Las Tapias**

##### **5.1.2.1.- Bosque de regeneración natural**

El bosque de regeneración natural presentó árboles delgados rozándose entre sí y defoliados en el área inferior del follaje debido a la cercanía entre los mismos, alrededor de los árboles se observó la presencia de otras especies arbóreas, especialmente en el sitio dos (Cuadro 1), el cual presentó menos árboles de pino que los otros sitios de muestreo. Los árboles de regeneración natural tienen una altura estimada de 4.5 m.

##### **5.1.2.2.- Bosque maduro**

El bosque maduro se observó perturbado, con señales de haber sido sometido a mucha intervención, presentó un rodal con una altura promedio de los árboles en los sitios de muestreo de 11.24 m y diámetro promedio de 17, 22 cm. (Anexo 5), combinado con pocos

árboles de regeneración natural y poca presencia de otras especies arbóreas. Los árboles adultos se encontraron dispersos en el bosque aun así, presentaron buena densidad (400 arboles / ha). Por consulta con técnicos de la zona, el criterio de densidad por experiencia de campo expresado fue de, 4 000 a 6 000 árboles / ha encontrados en el bosque de regeneración natural, y de 250 a 400 árboles / ha para bosque maduro (cuadro 2).

Para una plantación a establecer se recomiendan entre 1 200 y 2 000 plantas por hectárea según el objetivo y el índice de sitio (Capacidad del suelo para que los árboles alcancen un diámetro y altura determinada a los 20 años de edad). Para una plantación con manejo de poda y espaciamiento de tres metros entre plantas y tres metros entre surcos hasta 1 100 plantas por hectárea (INTECFOR; IRENA; UNA; INATEC, 1993).

### **5.1.3.- Resultados físico-químico de suelo en la finca Las Tapias**

#### **5.1.3.1.- Análisis físico**

El análisis físico de suelo realizado por el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA-Managua), encontró que las muestras de suelo examinadas pertenecían a la clase textural franco arenoso, con una composición en porcentaje de 69.6 de arena, 14 de limo y 16.4 de arcilla, para el bosque de regeneración natural y de 67.6 de arena, 16 de limo y de 16.4 de arcilla para bosque maduro.

#### **5.1.3.2.- Análisis químico**

##### **5.1.3.2.1.- Regeneración natural**

El bosque de regeneración natural presentó un pH ligeramente ácido de 6.30, con alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y hierro con nivel de potasio disponible, contenido medio de calcio, magnesio y zinc, y muy bajo contenido de cobre y con presencia de manganeso. (Cuadro 3).

### 5.1.3.2.2.- Bosque maduro

En bosque maduro, los pinos están sobre un suelo con pH de 5.60 medianamente ácido, con alto porcentaje de materia orgánica, nitrógeno, magnesio y hierro con nivel de potasio disponible, cantidad media de calcio, presenta bajo contenido de cobre, muy bajo nivel de zinc y presencia de manganeso. (Cuadro 3)

INAFOR (2006), refiere que el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son los elementos más esenciales para los arboles de pinos. El (N) es el elemento más importante en el desarrollo de las acículas y los conos, los cuales constituyen las partes más esenciales del árbol, las acículas para la producción de nutrientes orgánicos en la fotosíntesis y los conos que constituyen la continuación de la especie. El (P), es esencial para el desarrollo de las raíces y la rápida madurez del fruto y el (K), es el elemento responsable del fortalecimiento de los árboles así como de su vigor.

En el presente estudio el (N) no está disponible, el fósforo (P) no se encontró, el (K) se encontró en bajos niveles siendo esenciales para el buen desarrollo de los pinos (crecimiento, desarrollo y reproducción). (Cuadro 3)

**Cuadro 3. Resultado químico del suelo de los bosques en la finca Las Tapias**

DESCRIPCIÓN	RUTINA					BASES			MICROS			
	pH	MO	N	P-disp.	CE	K-disp.	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	H <sub>2</sub> O	%			us/pm	me/100 g			ppm			
<b>Regeneración Natural</b>	6.3	4.6	0.23	nd	15.7	0.19	2.59	0.92	144	1.1	3.7	4.1
<b>Bosque maduro</b>	5.7	5.4	0.27	nd	52.9	0.17	4.23	1.15	121	1.2	2	3.8

Las muestras de suelo analizadas, presentaron un pH ácido, lo que genera que el suelo presente poca actividad bacteriana, indispensable para la transformación de la materia orgánica y el nitrógeno en minerales disponibles para los árboles, el fósforo no se detectó, ya que éste se encuentra adherido al alto nivel hierro (Fe) encontrado, y el tipo de suelo de la finca favorece la lixiviación de los nutrientes, por lo tanto, este suelo es catalogado de forma general por estas condiciones, un suelo nutricionalmente pobre, ya que, aunque éstos elementos se encuentran en rangos de medios a altos, la mayoría de éstos no se encuentran disponibles para ser absorbidos por los árboles, en especial el nitrógeno (N). (Leonardo García, com. per.).

Según, INTECFOR; IRENA; UNA; INATEC, (1993), en estudios realizados, refieren que la mayoría de los nutrientes están presentes en el suelo en forma de iones (partículas cargadas eléctricamente), siendo de esta manera absorbidos por las plantas, sin embargo algunos de estos iones son difíciles de absorber debido a que se encuentran en forma de compuestos que son difíciles de disolver.

## **5.2.- Enfermedades en bosque de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl), en finca Las Tapias-San Fernando**

Durante los meses en que se realizó el estudio, en las diferentes parcelas de la finca se apreció diversidad de síntomas en las acículas de los árboles, así como amarillamiento generalizado en algunos árboles dispersos en la misma.

### **5.2.1.- Síntomas de enfermedades foliares en bosques de pino**

Los síntomas que más se observaron fueron, la presencia de acículas con puntos cloróticos dispersos en la misma, algunos de forma alterna, la mayoría con un punto rojizo en el centro de la decoloración en forma de anillo o banda, puntos negros sobre la superficie con halo clorótico alrededor, lesiones color café prolongadas longitudinalmente a la acícula y con la punta necrosada. En menor proporción se observaron otros síntomas como: manchas amarillentas, puntos necróticos, puntos cloróticos y acículas completamente necróticas, así también la presencia de chancros en ramas y tallos en árboles de regeneración natural.

<sup>1</sup> García, L. 2009 Docente UNA



Evans (1988), citado por CABI y EPPO, sf; Patton (2003); González (2004), en estudios realizados en bosques de pino en Centro América y Estados Unidos, definen a estos síntomas en las acículas antes descritos como tizones de las mismas.

### **5.2.2.- Géneros de hongos encontrados asociados a enfermedades en pino**

De acuerdo a las muestras procesadas en el laboratorio de Micología de la Universidad Nacional Agraria, se encontraron un complejo de hongos relacionados con los síntomas presentes en las acículas (Cuadro 4). Los géneros de hongos asociados principalmente a tizones en acículas son: *Lecanosticta sp.*, y *Dothistroma sp.* causantes de la mancha parda y banda roja respectivamente, y la fase sexual de estos en el género *Mycosphaerella*. Otros géneros de hongos encontrados son *Phoma sp.* *Sphaeropsis sp.* *Phyllosticta sp.* y *Pestalotia sp.*

Los resultados de laboratorio revelan que los géneros de hongos encontrados con mayor frecuencia fueron: *Lecanosticta sp* (mancha parda de las acículas), seguido por *Dothistroma sp* (banda roja) y *Mycosphaerella*. *Phoma Sphaeropsis*, *Phyllosticta* y *Pestalotia* se encontraron con menor frecuencia. Según Muñoz *et al.*, (2003); y Patton, (2003) reportan a estos últimos géneros como secundarios y asociados a las manchas foliares en las acículas de pino.

En bosque de regeneración natural la enfermedad conocida como chancro, se reconoció afectando ramas y tallos. Un complejo de géneros de hongos se encontraron relacionados a este tipo de daño los cuales fueron: *Chrysosporthe sp*, *Nectria sp*, *Lasiodiplodia sp*, *Botryosphaerea sp* y *Phoma sp*.

El género *Sphaeropsis sp*, se encontró causando marchitez en brotes y en ramas.

En los síntomas de marchitamientos vasculares se presentaron los síntomas en el follaje como: amarillamiento generalizado, marchitez, enrojecimiento del follaje y muerte en algunos árboles aledaños a las parcela de bosque de regeneración natural. Los géneros de hongos encontrados en raíces y tallos fueron: *Fusarium sp.* *Ophiostoma sp.* y *Graphium sp.* Estos dos últimos relacionados a potenciales insectos vectores.

**Cuadro 4. Géneros de hongos asociados a tizones, manchas foliares y marchitamientos vasculares en bosques de pino en la finca Las Tapias, 2 008**

Tejido vegetal afectado	Bosque de la Finca Las Tapias	
	Regeneración natural	Bosque maduro
Daño foliar 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 <i>Mycosphaerella</i> spp.	<i>Lecanosticta</i> sp. <i>Dothistroma</i> sp. <i>Phoma</i> sp. <i>Pestalotia</i> sp.
Daño vascular en raíces tallos y ramas	<i>Ophiostoma</i> sp. <i>Graphium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	
Daño en tallos y ramas por chancro	<i>Chrysoporthe</i> sp. <i>Nectria</i> sp. <i>Lasioidipdia</i> sp. <i>Botryosphaerea</i> sp. <i>Phoma</i> sp.	
Daño en conos por roya		<i>Cronartium</i> sp.

El cuadro 4 muestra que la presencia de géneros de hongos y enfermedades fue mayor en bosque de regeneración natural que en bosque maduro.

### **5.3.- Géneros de hongos causantes de manchas foliares o tizones en las acículas de pino en finca Las Tapias**

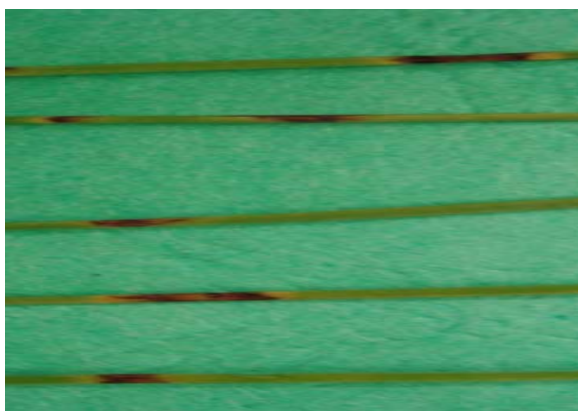
#### **5.3.1.- Mancha parda de las acículas por *Lecanosticta* sp.**

##### **5.3.1.1.- Síntomas**

Las acículas recolectadas presentaban variados síntomas, el mas general fue la presencia de puntos cloróticos, a medida que avanzó la enfermedad, algunos de éstos se oscurecieron tornándose en lesiones color café, prolongadas longitudinalmente, observándose la epidermis de la acícula comprimida en la zona de la lesión ligeramente necrosada (Foto 1), Se observó la presencia de acículas con la punta muerta y lesiones generalizadas, (Foto 2), sobre ésta lesión se observó en estereoscopio masas de esporas (acículas en cámara húmeda).

El género *Lecanosticta* fue el más encontrado en las muestras de ambos bosques procesadas en el laboratorio, éste género presenta su fase sexual como *Mycosphaerella sp.*

Patton (2003), reporta que ésta enfermedad es causada por el hongo *Lecanosticta*, el cual penetra a través de los estomas de las acículas. Evans, 1984, citado por CABI y EPPO, sf. refiere que ésta enfermedad inicialmente presenta lesiones amarillas de forma circular que a medida que avanza la enfermedad, la lesión se torna de un color café-oscuro y se necrosa, además reporta esta enfermedad en las especies de pino; *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. patula*, de Centro América.



**Foto 1.** Síntoma avanzado de *Lecanosticta* en acículas.



**Foto 2.** Lesiones en toda la acícula y muerte del ápice.

### **5.3.2.- Banda roja de las acículas por *Dothistroma sp.***

La banda roja es una enfermedad en acículas, la cual se reporta que causa tizones en árboles de pino localizados en diferentes partes del mundo, en Centroamérica se reporta en Guatemala (González, 2004) y Costa Rica (Araya, 1988, citado por Arguedas, 1996).

La enfermedad llamada banda roja se caracteriza porque las lesiones que causa en las acículas, inician con manchas cloróticas que se tornan de color rojizo-marrón formando anillos o bandas. Éste género *Dothistroma sp.* presenta su fase sexual como *Mycosphaerella sp* (Patton, 2003).

### 5.3.2.1.- Síntomas

En el presente estudio las muestras de acículas presentaron puntos cloróticos los cuales eventualmente se tornaron de color rojo-marrón formando un anillo o banda alrededor de la acícula (Foto 3). Los puntos cloróticos se presentaron varios sobre las acículas (Foto 4). Las acículas infectadas se colapsaron a partir del área de la lesión debido a la degradación del tejido, produciendo defoliación (Diagnóstico de campo), frecuentemente se encontraron acículas quebradas en el sitio de la lesión, aún adheridas a la misma.

Se observó sobre el punto rojo levantamiento de la epidermis de la acícula en forma de pústulas. Estos síntomas también fueron reportados y descritos por González, 2004 en Guatemala sobre acículas del género, *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

### 5.3.2.2.- Daños

Según el registro de campo, la defoliación parcial presentada en bosque de regeneración natural, fue en las acículas mas viejas localizadas en el área inferior del árbol, estas acículas mostraban los síntomas de tizones y marchitamiento. Durante la época seca no se observó desprendimiento de acículas de los arboles. La defoliación tuvo lugar, en los meses de Junio y Julio, considerando varios factores causales tales como: las enfermedades, daño físico de las acículas y renovación del follaje.



**Foto 3.** Síntoma inicial de *Dothistroma* sp.



**Foto 4.** Puntos cloróticos sobre las acículas.

Otros géneros de hongos encontrados causando tizones en las acículas fueron: *Sphaeropsis*, *Phoma*, *Phyllosticta* y *Pestalotia*, los cuales son reportados como patógenos oportunistas y la presencia de estos, fue con menos frecuencia que *Dothistroma* y *Lecanosticta* en las muestras analizadas en laboratorio.

En estudios realizados por Mohali, (1979) citado por Cedeño *et al.*, (2001); Torres, (2003); Stanosz, (2003); Baldini *et al.*, (2006), refieren que la aparición de éstos hongos: *Sphaeropsis* sp, *Phoma* sp, *Phyllosticta* sp y *Pestalotia* sp, es debido al daño por agentes u organismos principales que causaron un estado de debilidad en los árboles, o bien condiciones desfavorables para el desarrollo normal de los pinos, los cuales ocasionaron estrés en los árboles, lo que permitió a estos hongos colonizar las acículas.

La presencia de estos hongos oportunistas en el bosque de regeneración natural de la finca Las Tapias, se explica por la alta densidad en el bosque, que se traduce en competencia de los árboles por las condiciones adecuadas para su desarrollo normal tales como: luz, espacio y nutrientes. Estos últimos no se encontraron disponibles o en bajos niveles tales como el nitrógeno, fósforo y potasio, siendo esenciales para el desarrollo de las acículas, por lo cual estas pudieron mostrarse susceptibles al ataque de los hongos ya mencionados.

#### **5.4.- Géneros de hongos causantes de chancros en tallos y ramas en bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias**

Los patógenos que producen chancro en los pinos, son hongos oportunistas, que necesitan condiciones de cierto grado de debilidad del árbol para colonizar, por ello la presencia de estos se deben a condiciones pre-disponedoras que favorecen su ataque. (Márquez *et al.*, 1994, citado por Cedeño *et al.*, 2001; Agrios, 2004; Stanosz, 2003, Baldini *et al.*, 2006, Cibrián *et al.*, 2007).

En las muestras extraídas del campo afectadas con chancro, que fueron estudiadas en laboratorio, se encontraron asociados los géneros de hongos: *Chrysosporthe* sp, *Nectria* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Botryosphaerea* sp y *Phoma* sp. Esta enfermedad fue encontrada solamente en el bosque de regeneración natural, el cual presentó severos daños en ramas.

De los géneros de hongos encontrados asociados a los síntomas de chancros en ramas en el bosque de regeneración natural, solamente el género *Lasiodiplodia*, *Botriosphaera*, *Phoma* están reportados causando chancros en coníferas (Cibrián *et al.*, 2007), los otros géneros no han sido reportados en enfermedades en pinos en estudios anteriores.

Stanosz (2003), refiere que los árboles de regeneración constituyen un ambiente propicio para la aparición de esta enfermedad, ya que los árboles se encuentran en crecimiento, y las acículas y los brotes jóvenes al expandirse son susceptibles al ataque.

#### **5.4.1.- Síntomas**

El síntoma presente en las ramas de los pinos fue, una zona ovalada necrótica hundida de color negra y partida longitudinalmente mostrando el tejido leñoso (Foto 5), en algunos limitado por un callo formado alrededor de la lesión en respuesta del árbol al ataque (Foto 6), se observó levantamiento de la corteza en la zona de la lesión (Foto 7), algunos con ensanchamiento del tejido del tallo, a veces, ramas delgadas muertas y sin acículas mostrando un color blanco en medio del chancro y puntos negros localizados alrededor, en la base de las ramitas se observó una coloración negra rodeando el tallo (Foto 8).

#### **5.4.2.- Daños**

Los chancros en ramas pueden causar la muerte de las mismas, primeramente, las acículas de las ramas infectadas toman un color amarillo, que luego se vuelven de color rojizo y posteriormente la rama se seca principalmente en las ramitas jóvenes (Agrios, 2004).

Éste síntoma antes descrito, se presentó en el sitio cinco de regeneración natural, de forma gradual las acículas de la rama se tornaron amarillas, luego de color rojo y la rama se mostró muerta, además se observaron algunas ramas con chancro que se encontraban muertas y sin acículas. Baldini *et al.*, 2006, en su estudio refiere que la muerte de la rama se da por obstrucción del paso de sustancias por los tejidos conductores una vez que la enfermedad alcanza los mismos.

### 5.4.3.- Condiciones pre-disponedoras a la aparición de chancros

Los árboles se encontraban cercanos entre sí, presentando alta densidad, lo que representa competencia por luz, nutrientes y espacio entre los árboles de pino y otras especies arbóreas.

A la vez, ubicados en una pendiente, en suelos con deficiencia de nutrientes y maltratados por el paso de ganado que lo compacta y descubre al alimentarse de la cobertura. Esto favorece la erosión hídrica, la que fue muy frecuente por la pendiente del terreno. También el estrés hídrico debido a la estación seca del verano y la ausencia de un manejo en el bosque, son condiciones que contribuyeron a que el bosque presentara niveles de estrés, que llevaron a un debilitamiento de los árboles, haciéndolos susceptibles a las enfermedades como los chancros.

Los síntomas de chancro encontrados en la finca coincidieron con los descritos por Agrios (2004), igualmente reporta que, el chancro producido por *Nectria sp*, necesita de condiciones que le facilitan la entrada como: heridas, cicatrices en las yemas, podas en ramas o bifurcaciones de las ramillas.

En la finca sobre las ramas inferiores de los árboles se observó daño físico, lo que pudo constituir puntos de entrada de los hongos causantes del chancro, además por la deficiencia nutricional del suelo, los árboles no evidenciaron mecanismos de defensa ante el ataque de la enfermedad.



Foto 5. Puntos negros (estructuras fructíferas) alrededor del chancro



Foto 6. Tejido ensanchado y agrietado



Foto 7. Chancro en tallo, corteza levantada



Foto 8. Chancro en el tallo y base de ramas

## 5.5.- Marchitez en brotes y ramas por *Sphaeropsis* sp.

### 5.5.1.- Síntomas

Los síntomas que presentaron los árboles fueron la presencia de deformaciones en el tallo y ramas torcidas de los brotes jóvenes, presentando marchitez, principalmente en regeneración natural, mostrándose algunas acículas totalmente amarillo-rojizas debido a la lesión causada en el tallo, ocasionalmente se observaron algunas ramillas defoliadas completamente.

Según Stanosz, (2003), los síntomas antes descritos son causados por el hongo *Sphaeropsis sapinea*, el cual ocasiona marchitez en los brotes jóvenes al expandirse, causando la muerte de los mismos. Baldini *et al.*, 2006, reporta que, éste patógeno al colonizar los brotes, produce una depresión en forma de chancro que interrumpe el transporte de sustancias por obstrucción de los vasos conductores produciendo la muerte de las ramitas.

Stanosz (2003), Torres, 2003; Baldini *et al.*, (2006), Cibrián *et al.*, (2007), refieren que *Sphaeropsis*, es un hongo que coloniza los árboles débiles de pino o a través de daños causados por factores externos, sin embargo, Márquez *et al.*, 1994, citado por Cedeño, *et al.*, 2001, refiere que, el déficit hídrico fue el principal factor que favoreció el ataque de *S. sapinea* en plantaciones de pino Caribe en Venezuela y descarta que, la alta densidad de la plantación, la pobreza nutricional y escasa capacidad de retención de humedad del suelo, como los factores pre-disponedores primarios, sin excluir la posibilidad que hayan contribuido a incrementar la severidad de los daños.



## **5.6.- Roya en conos por *Cronartium* sp.**

### **5.6.1.- Síntomas**

Se observó en algunos árboles aledaños a los sitios de muestreo en bosque maduro, la presencia de conos con crecimiento anormal excesivo, los cuales presentaban un color anaranjado sobre la superficie de los mismos, en este punto no se encontraron árboles de roble encino (*Quercus* sp.) aledaños a los pinos, que pudieran contribuir al desarrollo del ciclo biológico de la enfermedad y consecuentemente la infección en los árboles de pino (Anexo 6).

## **5.7.- Géneros de hongos asociados a enfermedades vasculares y vectoreadas en bosque de regeneración natural finca Las Tapias**

Un complejo de géneros de hongos, se encontró afectando, parte de raíces y tallos en muestras de árboles extraídos con síntomas de marchitamiento, amarillamiento generalizado y muerte del follaje. En cortes realizados a la raíz de estas muestras se observó una decoloración del tejido, el cual se torna en un color café claro cubriendo los tejidos conductores (Foto 9 y 10) lo que ocasiona un deficiente transporte de sustancias en el árbol produciendo marchitamiento, amarillamiento del follaje y muerte de los árboles. *Fusarium* sp, se encontró en raíces y tallos. En muestras de tallos que presentaban galerías, se evidenciaron daños por insectos descortezadores y se encontraron los géneros de hongos *Ophiostoma* sp y *Graphium* sp.

### **5.7.1.- Síntomas asociados a marchitamientos vasculares**

Inicialmente se presentó un follaje verde-amarillo, presentándose los árboles decaídos, luego marchitamiento del follaje, amarillamiento generalizado, muerte del follaje, donde las acículas mostraron un color rojo oscuro. De estos árboles se recolectaron muestras de raíces que presentaban decoloración del tejido, de consistencia flácida y manchas negras en los tejidos del tallo. Los árboles de donde se seleccionaron las muestras, ya habían detenido su crecimiento y se encontraban en la etapa terminal de su ciclo de vida a consecuencia del ataque, siendo estos árboles de regeneración natural.

El género de hongo *Fusarium*, se encuentra en el suelo, siendo el sistema radicular el punto de infección y puede entrar al árbol por medio de los insectos de la corteza, por heridas o por otros factores que predisponen a los árboles al ataque (Baldini *et al.*, 2006).

Este género de hongo fue encontrado en muestras de raíces con tejidos decolorados de forma longitudinal (Foto 9 y 10).

Según Agrios, (2004), una vez que este hongo alcanzó el sistema radicular causó el amarillamiento de los árboles de pino por obstrucción de tejidos conductores, afectando el transporte de nutrientes y agua en todo el árbol, debido a que éste patógeno invade el xilema de las raíces y tallo interfiriendo el flujo ascendente de sustancias. La obstrucción se da, debido al crecimiento de cuerpos fructíferos o sustancias producidas por el patógeno o bien por sustancias emanadas por el árbol en respuesta al ataque, observándose a la vez decoloración en el tejido infectado.



Foto 9. Coloración blanca (micelio)



Foto 10. Decoloración del tejido

El género *Ophiostoma sp.*, es un hongo que posee una importante relación con los escarabajos de la corteza, principalmente los del género; *Dendroctonus*, e *Ips*, ya que son los principales responsables de la diseminación de ésta enfermedad en los árboles de pino. Las estructuras del hongo se desarrollan entre la zona corteza-madera y cuando los insectos salen del tejido y se mueven entre las galerías, las pegajosas esporas del hongo se adhieren a sus cuerpos transportando la enfermedad a otros sitios (Solheim, 2003).

En la muestra extraída se observaron manchas longitudinales en la madera (Foto 11). Solheim, (2003), refiere, que la decoloración de la madera es un síntoma característico de la enfermedad del azulado de la madera causada por *Ophiostoma sp.* El cual fue aislado de árboles que presentaban galerías de insectos y a la vez mostraban marchitamiento y amarillamiento avanzado en las acículas, algunas de estas se observaron necrosadas. Un corte longitudinal realizado al árbol extraído, revela una coloración gris oscura de forma longitudinal en la madera (Foto 11), de donde se aisló el género de hongo *Ophiostoma sp.*

Solheim (2003), el género de hongo *Graphium* es la fase sexual de *Ceratocystis*, y reporta que este patógeno es introducido al árbol mediante insectos que ingresan al mismo en busca de alimentos, los cuales los obtienen al alimentarse de la corteza de los pinos, éstos insectos son llamados escarabajos de la corteza y los géneros principales responsables de diseminar estos hongos son: *Dendroctonus spp*, *Ips spp.* y *Scolytus*.

El insecto reconocido en las galerías presentes en las muestras de los árboles (Foto 12) pertenece al género *Ips sp.* Pero no se descarta la posibilidad que antes haya estado presente *Dendroctonus sp.* en el ataque inicial al árbol.

Solheim, (2003), refiere que los insectos de la corteza producen serios daños en los árboles de pino y estos hongos, también llamados hongos del azulado de la madera ayudan a los insectos a matar los árboles vivos.



**Foto 11.** Coloración gris en la madera, síntoma producido por *Ophiostoma*.



**Foto 12.** Galerías de *Ips spp.* sobre la madera.

## 5.9.- Análisis de datos

### 5.9.1.- Análisis descriptivo

#### 5.9.1.1.- Comportamiento de los tizones y tasa de incremento en bosque de regeneración natural finca Las Tapias

La severidad de los tizones se registró a partir de la primera toma de datos con 7.2 % de severidad, en el mes de Noviembre 2007, de aquí mostró un incremento, presentando su máximo valor con 15.8 % en el mes de Abril 2008, cuando se aproximan las lluvias del invierno, luego la enfermedad se mantuvo estable con el mismo porcentaje de severidad, en los meses de Mayo y Junio, presentando un pequeño descenso en el mes de Julio del mismo año (Figura 2).

La tasa o incremento de la enfermedad en las acículas de pino de regeneración natural fue de 0.0053, lo que significa que la enfermedad aumentó 0.53 % por día transcurrido desde el 16 de Noviembre del 2007 al 25 de Abril del 2008. (Anexo 7)

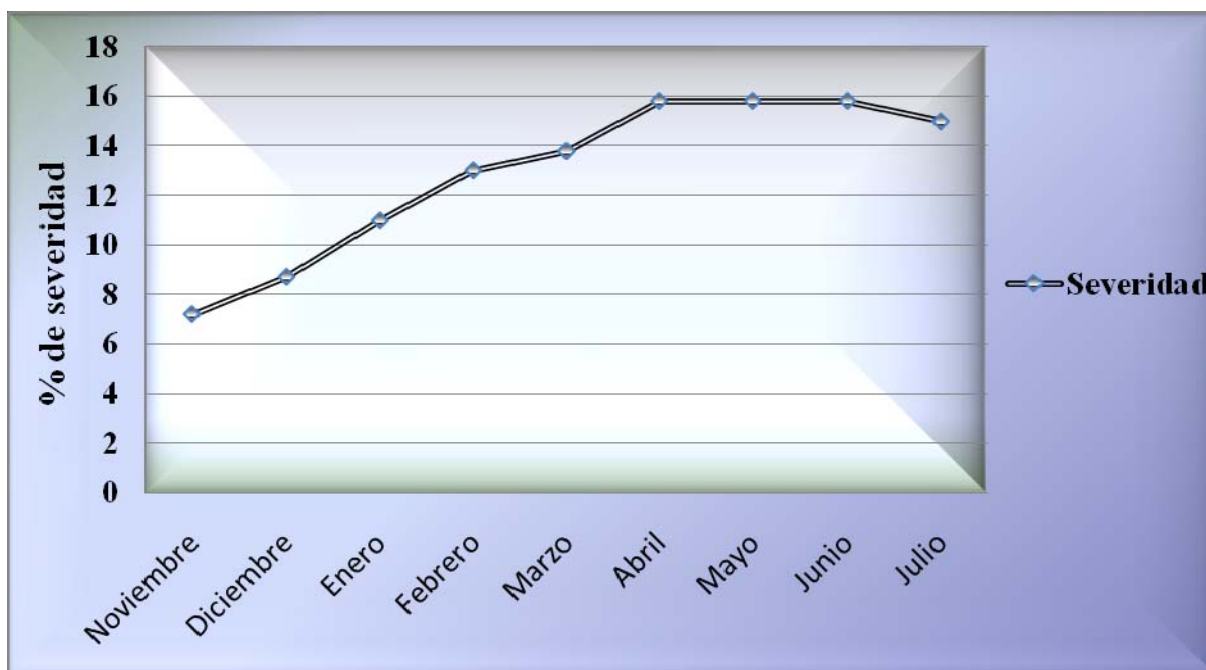
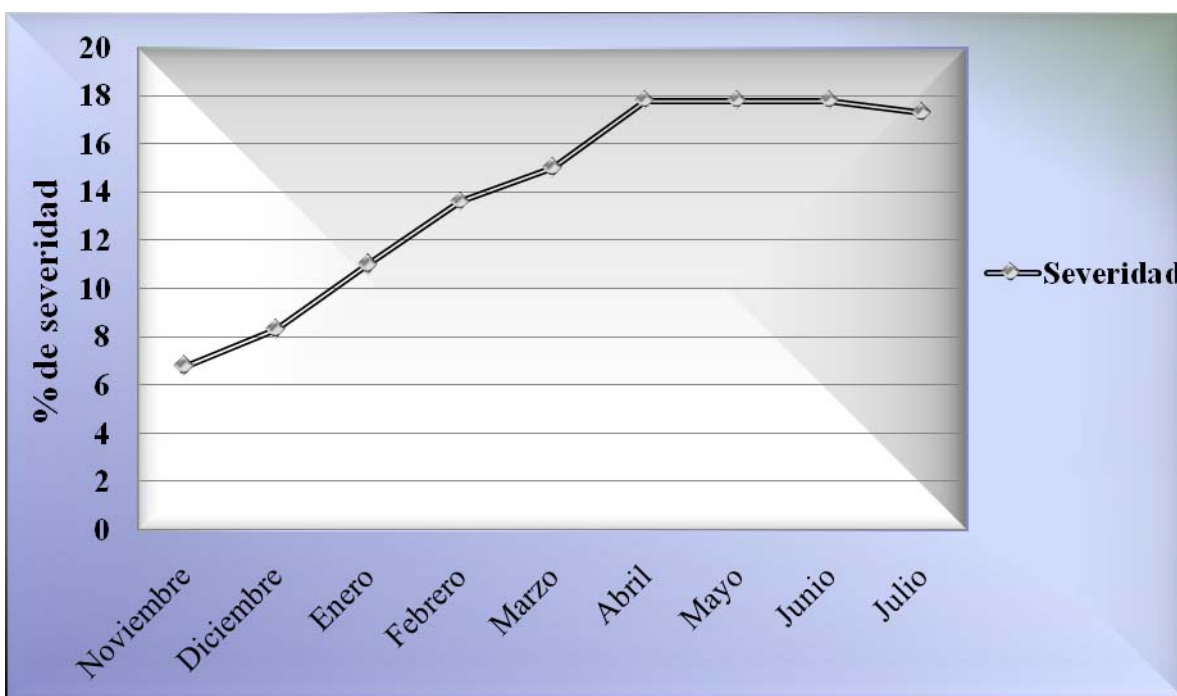


Figura 2. Comportamiento de severidad en acículas en bosque de regeneración natural finca Las Tapias (2007-2008).

### 5.9.1.2.- Comportamiento de los tizones y tasa de incremento en bosque maduro finca Las Tapias

El comportamiento de la enfermedad en acículas de pino en bosque maduro, fue similar al del bosque de de regeneración natural. En el mes de noviembre se registró un valor de severidad de 6.8 %, desde ésta fecha la enfermedad presentó un comportamiento ascendente, alcanzando un 17.8 % en abril del 2008 (Figura 3), luego se mantuvo estable en los meses de Mayo y Junio, disminuyendo la severidad en Julio del mismo año.

La tasa o incremento de la enfermedad que mostraron las acículas de pino de bosque maduro fue de 0.0065, lo que significa que la enfermedad aumentó 0.65 % por día transcurrido desde el 16 de Noviembre del 2007 al 25 de Abril del 2008. (Anexo 7)



**Figura 3. Comportamiento de la severidad en acículas en bosque maduro finca Las Tapias, (2007-2008).**

Las enfermedades foliares como manchas o tizones en las acículas en los bosques de regeneración natural y bosque maduro, a medida que aumentaba la época seca del verano, eventualmente los árboles se presentaron decaídos y coloración verde claro.

El pequeño descenso de la severidad que se muestra en el mes de julio (Figura 2 y 3) es debido a que las lluvias establecidas, han contribuido a que los árboles se recuperen del estrés de un verano caluroso, por lo tanto los árboles presentaron una renovación de follaje, desprendiéndose de acículas viejas, enfermas y algunas que han sido dañadas por el roce entre los árboles especialmente en regeneración natural.

La severidad de la enfermedad en las acículas fue más evidente en el periodo comprendido desde Noviembre a Abril, momento en que se presenta un déficit hídrico por ausencia de precipitaciones y altas temperaturas, lo que es normal en la estación del verano en esta zona (Figura 1).

Según González 2004, encontró que la severidad en las acículas sobre plantaciones de pino en Guatemala, aumentó a medida que las precipitaciones disminuyeron, para llegar a esta conclusión, tomaron datos de severidad y precipitaciones. En este mismo estudio, los patógenos encontrados asociados a los síntomas foliares fueron los géneros de hongos: *Dothistroma sp* y *Lophodermium sp*, sobre acículas de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttdl, y *Lophodermium sp*, en acículas de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, por lo tanto la severidad en las acículas es más alta en períodos con ausencia de precipitaciones, que períodos con precipitaciones constantes.

#### **5.9.1.3.- Incidencia de chancros en bosque de regeneración natural, finca Las Tapias**

Tallos y ramas de los árboles de pino se encontraron dañados con síntomas característicos de chancros, en bosque de regeneración natural. La incidencia de chancros fue de un 40% del total de árboles evaluados (Cuadro 4).

El mayor porcentaje de incidencia lo presentó el sitio 2 con 83 % el cual se evaluaron menos árboles que los demás sitios muestreados, así también la presencia de otras especies de árboles, por lo tanto la competencia por condiciones favorables fue mayor que en los demás sitios de muestreo.

El porcentaje de chancro presente en este bosque podría estar relacionado al estrés hídrico, a la pobreza nutricional del suelo, al daño mecánico producido por el roce entre los árboles debido a la alta densidad y a la perturbación por el ganado, donde los dos últimos probablemente produjeron heridas en la corteza de ramillas o tallos y de esta manera facilitaron la entrada de los hongos que produjeron los chancros.

**Cuadro 4. Incidencia de chancros en tallos y ramas por sitio, en el bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias**

Descripción	Sitios					Totales
	1	2	3	4	5	5
Número de árboles por sitio	9	6	14	14	10	53
Número de árboles infectados con chancro	4	5	3	6	3	21
Porcentaje (%) de incidencia por sitio	44	83	21	43	30	
<b>Porcentaje (%) total de arboles infectados</b>						<b>40</b>

## 5.10.- Análisis estadístico

### 5.10.1.- Análisis de varianza en bosque de regeneración natural y bosque maduro

En el análisis realizado a los datos de severidad en las acículas registrados durante la investigación en bosque de regeneración natural y bosque maduro, resultaron iguales para ambos bosques.

En regeneración natural, el análisis de varianza realizado a las variables: fecha y sitio, mostraron diferencias altamente significativas (**Prob > F. <,0001**) con respecto a la variable severidad. Así también la interacción fecha\*sitio y número de árboles\*sitio, mostraron diferencias altamente significativas en los datos del bosque de regeneración natural. (**Prob > F. <,0001**). (Anexo 9).

En bosque maduro, el análisis de varianza realizado a las variables fecha y sitio, mostraron diferencias altamente significativas (**Prob > F.** <,0001) con respecto a la variable severidad. Así también la interacción fecha\*sitio y número de árboles\*sitio, mostraron diferencias altamente significativas en los datos de severidad en las acículas de bosque maduro. (**Prob > F.** <,0001). (Anexo 10).

**Cuadro 6. Análisis de varianza de las variables evaluadas**

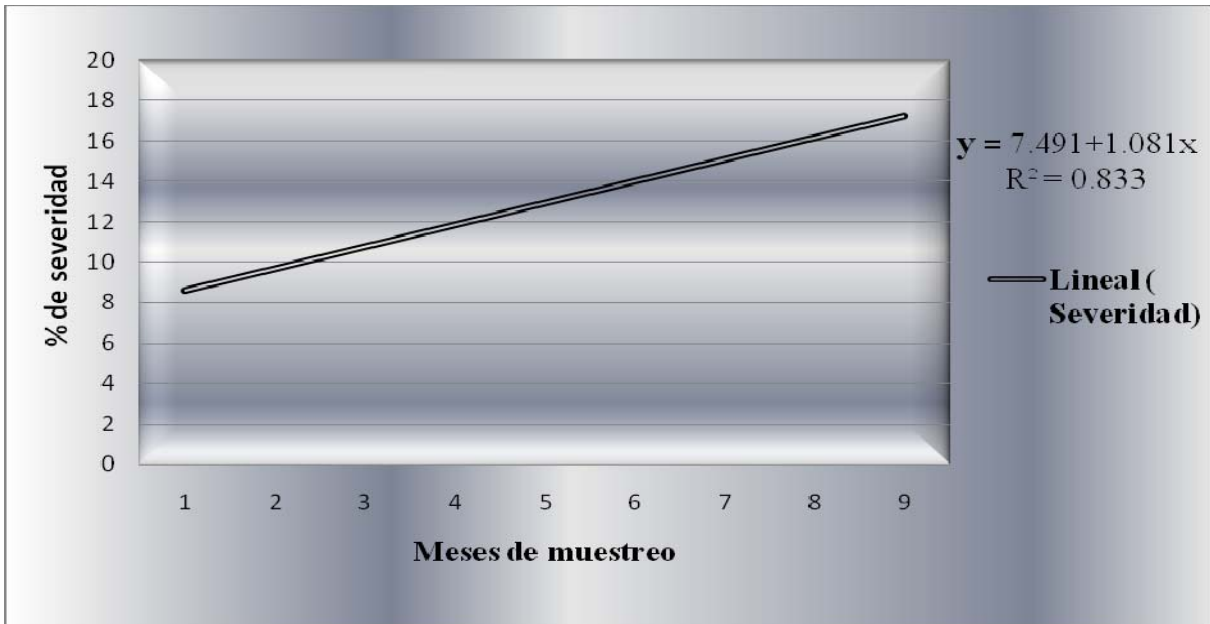
<b>Fuente</b>	<b>Bosque Maduro</b>	<b>Regeneración Natural</b>
Sitio	***	***
Fecha	***	***
Fecha*sitio	***	***
Número de árbol*sitio	***	***

La separación de medias realizada a las variables sitio y fecha mostró; que el sitio 3, categoría (A), presentaba mayor severidad que los demás sitios, el sitio que presentó menos severidad fue en sitio 1, categoría (C). La separación de medias en la variable fecha mostró; que las fechas 5, 6, 7, 8 y 9 pertenecen a la misma categoría (A), siendo estas fechas las que mostraron mayor severidad en ambos bosques, la fecha que presentó menos severidad fue la fecha 1, categoría (E). (Anexo 9). Este análisis estadístico fue igual para ambos boques.

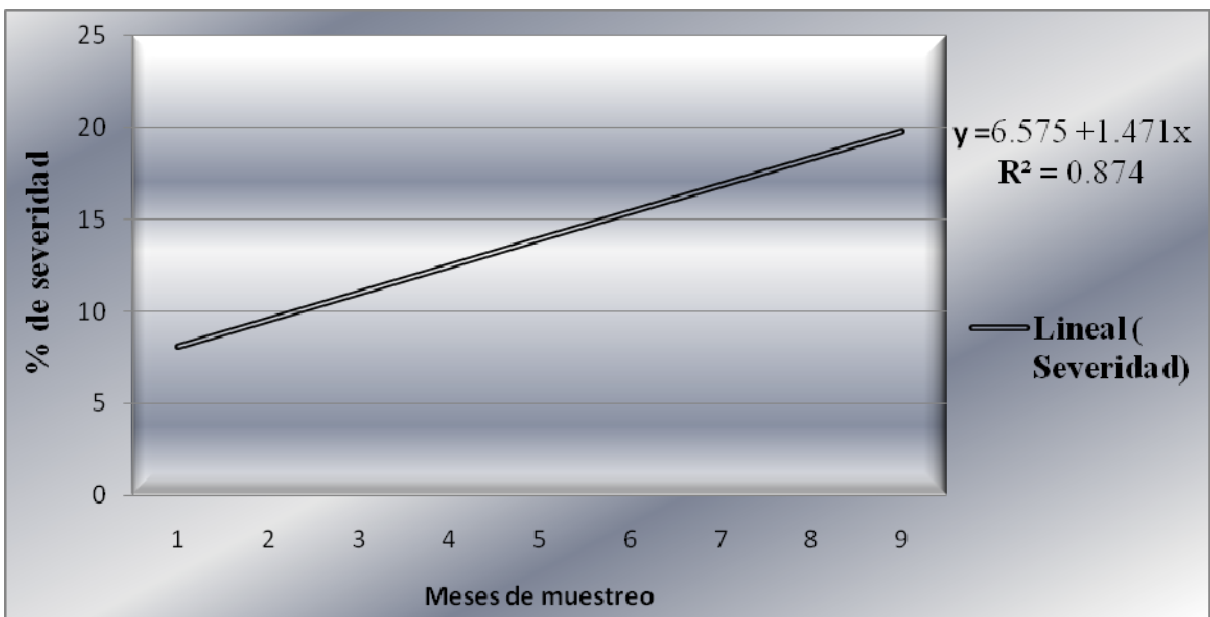
### **5.10.2.- Análisis de regresión lineal y comparación de pendientes de las enfermedades**

El análisis de regresión lineal realizado a los datos de severidad en acículas de pino en bosque de regeneración natural y bosque maduro mostraron una pendiente o incremento de 1.081, y 1.47 respectivamente (Figura 5 y 6); presentando menor incremento de la enfermedad en bosque de regeneración natural, o sea que la severidad fue mayor en el bosque maduro, sin embargo, los arboles aledaños a la parcela de regeneración natural presentaron mortalidad de árboles, por lo tanto de forma general la severidad fue mayor en bosque de regeneración natural.





**Figura 4. Regresión lineal en los datos de severidad en bosque de regeneración natural finca Las Tapias.**



**Figura 5. Regresión lineal en los datos de severidad en bosque maduro finca Las Tapias.**

En el resultado de la comparación de las pendientes de las enfermedades, el valor del intervalo de confianza  $[-13.29 \leftrightarrow 11.19]$  incluye al (0), por lo tanto se acepta la hipótesis nula de igualdad de los parámetros (pendientes), lo que significa que la pendientes o tasas de las enfermedades en bosque de regeneración natural y bosque maduro son estadísticamente iguales, por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa de desigualdad de las enfermedades.

## VI.- CONCLUSIONES

Los principales síntomas de enfermedades en árboles de pino causados por hongos fueron: manchas o tizones en acículas, chancros en tallos y ramas y marchitamientos vasculares.

Un complejo de géneros de hongos, son causantes de manchas o tizones en acículas, siendo los más frecuentes los géneros *Lecanosticta* sp (mancha parda); *Dothistroma* sp (banda roja); presentando la fase sexual en el género *Mycosphaerella* spp; los de hongos *Phoma* sp. *Pestalotia* sp. *Phyllosticta* sp y *Sphaeropsis* sp. fueron considerados como secundarios.

Los géneros de hongos: *Chrysosporthe* sp, *Nectria* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Botryosphaeria* sp, y *Phoma* sp, se encontraron asociados a chancro en tallos y ramas de árboles de pino de regeneración natural; que expresó una incidencia de 40 % de la población de árboles evaluados.

Relacionados a la producción de marchitamientos en árboles de regeneración natural se encontraron los géneros de hongos: *Fusarium* sp, *Ophiostoma* sp y *Graphium* sp, asociando la aparición de estos dos últimos a la presencia de *Ips* sp, como potencial insecto vector.

En ambos bosque la severidad de los tizones en las acículas, tuvo un comportamiento similar de forma ascendente entre los meses de Noviembre a Abril, siendo el bosque maduro el que presentó mayor severidad. Igualmente la tasa de incremento de los tizones en las acículas fue mayor para el bosque maduro.

El análisis de regresión lineal mostró que la severidad de la enfermedad tuvo una pendiente de 1.081 en regeneración natural y 1.47 en bosque maduro siendo este el que presentó una pendiente más alta, no obstante estas pendientes que expresan el incremento de la enfermedad son estadísticamente iguales.

El análisis de varianza mostró que las variables sitio, fechas, la interacción fecha\*sitio y número de árbol\*sitio tienen diferencias altamente significativas con respecto a la severidad de la enfermedad.

El daño presente en las acículas, el amarillamiento del follaje y muerte de los árboles, así como los chancros en ramas, se vio favorecido por: deficiencia nutricional e hídrica, altas temperaturas, alta densidad del bosque, así como la intervención humana, por lo cual la presencia de estas enfermedades se relacionan a una asociación entre factores bióticos, abióticos y ausencia de manejo.

## VII.- RECOMENDACIONES

Continuar estudios sobre los géneros de hongos que se encontraron con mayor frecuencia en las muestras examinadas en laboratorio, para determinar la intensidad del daño que éstos puedan producir en el follaje de los árboles, así como entender la diferencia en los niveles de severidad presentados en las acículas en ambos bosques.

Realizar pruebas de patogenicidad con los géneros de hongos que se encontraron asociados a la producción de tizones en las acículas, marchitamientos vasculares y chancros en ramas.

Realizar estudios dirigidos a los géneros de hongos *Ophiostoma* spp y *Graphium* spp. que se encontraron causando enfermedades vasculares en bosque de regeneración natural y clasificar la relación de estos, con insectos descortezadores que atacan los árboles de pinos y que actúan como vectores de la enfermedad tales como: *Dendroctonus* spp e *Ips* spp.

Proporcionar un plan de manejo a los boques que incluya, manejo de malezas, protección contra el ganado, regulación de la densidad del bosque, remoción de tejidos enfermos y quema de los mismos fuera de los bosques especialmente en regeneración natural, así como una protección contra los incendio forestales.

Iniciar un plan de monitoreo del comportamiento de las enfermedades en los bosques de pino y relacionar su desarrollo con respecto a los cambios de clima a consecuencia del calentamiento global, de este manera determinar si la aparición de estas enfermedades está directamente relacionado al cambio climático.

## VIII.- LITERATURA CITADA

Agrios, GN. 2004. FITOPATOLOGÍA. 1ra. Ed. México. LIMUSA, S.A de C.V. 431, 432, 433, 312, 313, 368, 369 p.

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.; Alfenas, 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, LH.; Hunter, BB. 1998. ILLUSTRATED GENERA OF IMPERFECT FUNGI. 4ta. Ed. Acid-free paper. Minnesota, United States of America. 512 p. solamente esta pagina.

Bega, RV. 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](http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf)

Boerema, GH.; Dorenbosch, MM.; 1965-1973. EN. Mohalí, 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.pdf> mahali 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.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/pinus\\_oocarpa.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/pinus_oocarpa.pdf)

Cibrián, TD.; García, DS.; Alvarado, RD.; Colomo, GI.; Palacios, HG.; Meléndez, HF.; Sámano, MJ. 2007. EN: Cibrián, TD.; Alvarado, RD.; García, DS. 2007. Enfermedades Forestales en México. 1ra. Ed. México, Universidad Autónoma de Chapíngo. 104 a 107, 142, 154,156, 158, 160, 161, 166, 178, 190 a 180, 289 a 305

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 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/QUARANTINE/fungi/Mycosphaerella\\_dearnessii/SCIRSP\\_ds.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/fungi/Mycosphaerella_dearnessii/SCIRSP_ds.pdf)

French, ER. Hebert, TT. 1982. Métodos de Investigación Fitopatológica. 1ra. Ed. San José, Costa Rica, IICA. 190 y 191 p.

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

Gibson, IA. 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/QUARANTINE/fungi/Mycosphaerella\\_dearnessii/SCIRSP\\_ds.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/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 confieras. 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%20Metodol%C3%B3gicas%20para%20el%20Manejo%20Forestal/GUIA%20TECNICA%20DE%20APOYO%20AL%20PRODUCTOR%20FORESTAL%20PARA%20ESTABLECIMI.pdf](http://www.inafor.gob.ni:8080/documentos_tecnicos/pdf/Guias%20Metodol%C3%B3gicas%20para%20el%20Manejo%20Forestal/GUIA%20TECNICA%20DE%20APOYO%20AL%20PRODUCTOR%20FORESTAL%20PARA%20ESTABLECIMI.pdf)

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.

Iturriria, E.; Ortiz, BA. 2006. FUSARIUM CIRCINATUM, EL HONGO CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD DEL CHANCRO RESINOSO (en línea) Consultado el 14 de Julio 2008. S.n.t. disponible en: <http://www.basoa.org/datos/documentos/T%C3%A9cnica%20Forestal%2072.pdf>

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: COLEOPTEROS 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](http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf)

Miguez, T. Castela, B. s.f. Enfermedades de hojas en coníferas: *LOPHODERMIVM PINASTRI*, *Mycosphaerella pini* 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/Enfer1.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](http://www.interciencia.org/v26_05/lezama.pdf)

Mohali, 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.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 confieras. 2da. Ed. España, Ediciones Mundi-Prensa. 56, 57, 58 p.

Salas, J. 2002. Biogeografía de Nicaragua. 1a. Ed. Managua, NI. INAFOR. 204 p. (solo esta página).



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

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

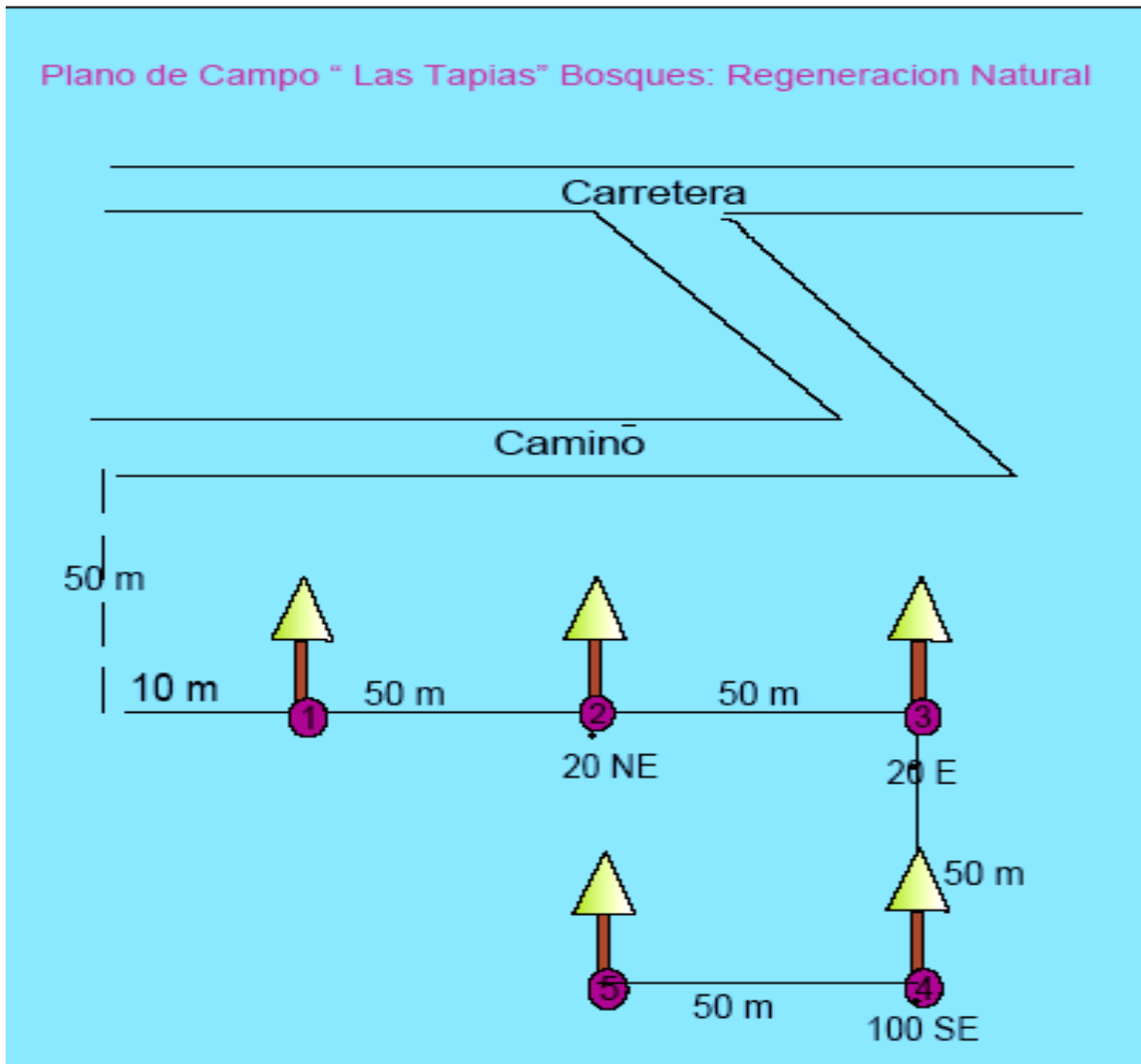
Styles, 1994. EN: Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales. MARENA-DANIDA. 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, NI. Hispamer. 48 p.

Sutton, B. 1980. EN. Mohalí, S. 1998. ASOCIACIÓN DE 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.pdf> mahali 1998

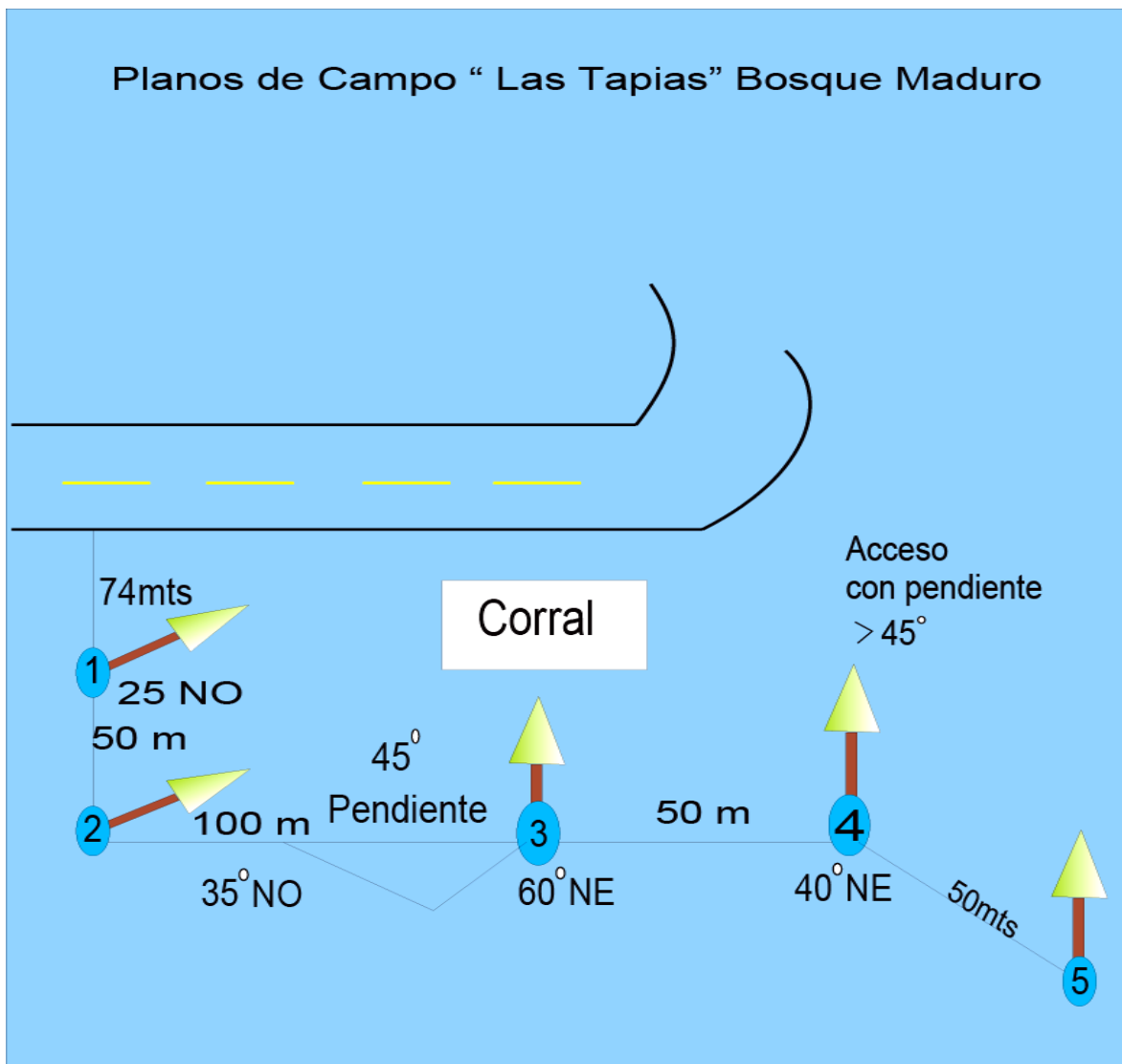
Torres, J. 2003. Patología Forestal. 2da. Ed. Ediciones Mundi Prensa. 270 p.

## IX.- ANEXOS

### Anexo 1. Plano de campo de la parcela de regeneración natural, finca Las Tapias



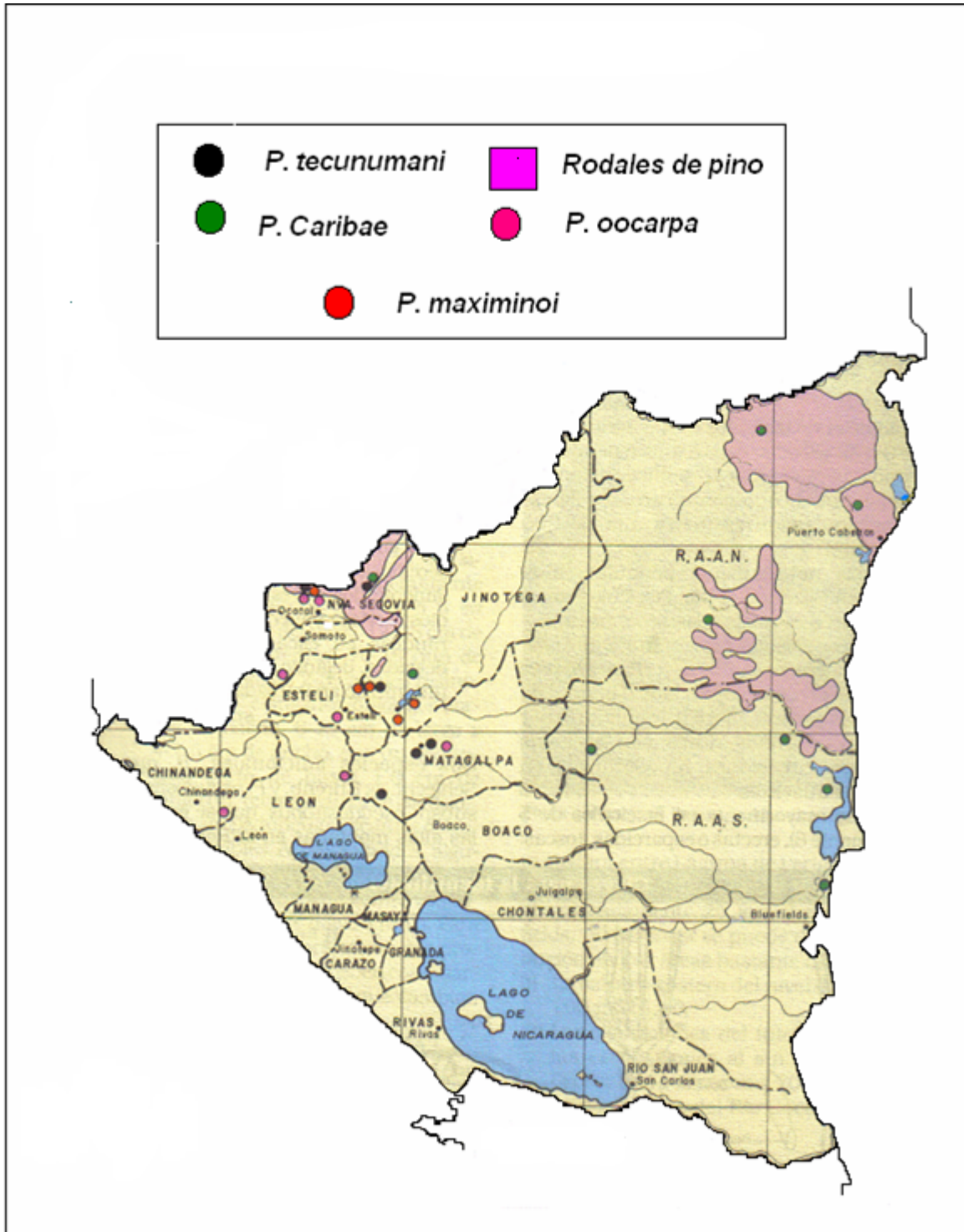
Anexo 2. Plano de la parcela de bosque maduro finca Las Tapias



**Anexo 3. Condiciones de crecimiento natural de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.**

Clima y suelo en condiciones naturales				Condiciones favorables	Factores limitantes
<b>Pluviometría</b>	>650	<b>Suelos</b>	Profundos bien drenados limo – arcillosos a arenosos	Crece en una amplia gama de condiciones con suelos arenosos, pedregosos, delgados e infértiles, ácidos a neutro pero alcanza su mayor desarrollo en suelos profundos con buen drenaje.	No prospera en suelos inundables, es de lento crecimiento inicial, poco resistente a vientos fuertes, susceptible a deficiencias nutricionales y enfermedades de las acículas, su copa rala, permite el crecimiento de malezas que aumentan el riesgo de incendios.
<b>Estación Seca</b>	5 – 6 meses	<b>Textura</b>	Media a ligera		
<b>Altitud</b>	600 - 2000	<b>pH</b>	Ácido a neutro		
<b>T° max. Media</b>	21 - 34°C	<b>Drenaje</b>	Bueno		
<b>T° min. Media</b>	7 - 20°C	<b>Pendiente</b>	Moderada a frecuentemente ondulada		
<b>T° media anual</b>	13 - 23°C				

Anexo 4. Distribución ecológica de los bosques de pino en Nicaragua (INETER, 1993)



### Anexo 5. Dasometría de árboles de bosque maduro Finca Las Tapias

Sitio	Número de árbol	Altura (m)	Diámetro (cm)
1	1	25	42
<b>Promedios</b>		<b>25</b>	<b>42</b>
2	1	9.5	17
2	2	5.3	7.6
2	3	7.27	10.4
2	4	8	11
2	5	6.4	8.5
2	6	12	16.9
<b>Promedio</b>		<b>8.1</b>	<b>11.9</b>
3	1	20.5	33
3	2	18.5	25
<b>Promedio</b>		<b>19.5</b>	<b>29</b>
4	1	6.5	8.5
<b>Promedio</b>		<b>6.5</b>	<b>8.5</b>
5	1	15.5	14.3
5	2	15	7.6
5	3	7	10.5
5	4	5.75	22.5
5	5	6.5	23.5
<b>Promedio</b>		<b>9.95</b>	<b>15.68</b>
<b>Promedio total</b>		<b>11.248</b>	<b>17.22</b>

**Anexo 6. Roya en conos en árboles maduros aledaños a la parcela evaluada de bosque maduro en la finca Las Tapias**



**Roya en cono en finca Las Tapias (UNA-2008)**

**Anexo 7. Cálculo de tasa o incremento de la enfermedad en acículas de pino en la finca Las Tapias.**

**Bosque de regeneración natural**

$$r = (1/(t_2 - t_1)) [(\log_e (y_2/(1 - y_2))) - (\log_e (y_1/(1 - y_1)))]$$

$$t_2 = 161, y_2 = 15.8\%$$

$$t_1 = 1, y_1 = 7.2\%$$

Donde:  $y_1$  y  $y_2$  es la severidad encontrada en los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente.

$$r = [1/(161 - 1)] [(\log_e(0.158/(1 - 0.158))) - \log_e(0.072/(1 - 0.072))]$$

$$r = [1/161] [\log_e(0.187) - \log_e(0.077)]$$

$$r = [1/161] [(-1.676) - (-2.563)]$$

$$r = [1/161](-1.676 + 2.563)$$

$$r = 0.006 (0.887)$$

$$r = \mathbf{0.0053}$$

En el bosque de regeneración natural la enfermedad presentó una tasa de 0.0053, lo significa que la enfermedad aumentó 0.53% por cada día transcurrido desde el 16 de Noviembre del 2007 al 25 de Abril del 2008.

### **Bosque maduro**

$$r = (1/(t_2 - t_1)) [(\log_e (y_2/(1-y_2))) - (\log_e (y_1/(1-y_1)))]$$

$$t_2 = 161, y_2 = 17.8\%$$

$$t_1 = 1, y_1 = 6.8\%$$

Donde:  $y_1$  y  $y_2$  es la severidad encontrada en los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente.

$$r = [1/(161-1)] [(\log_e(0.178/(1-0.178))) - \log_e (0.068/(1-0.068))]$$

$$r = [1/161] [\log_e (0.216) - \log_e (0.072)]$$

$$r = [1/161] [(-1.532) - (-2.631)]$$

$$r = [1/161](-1.532 + 2.631)$$

$$r = 0.006 (1.099)$$

$$r = \mathbf{0.0065}$$

Durante el período en que la enfermedad se mostró ascendente, presentó una tasa de 0.0065, lo que significa que la severidad aumentó 0.65 % por cada día transcurrido desde el 16 de Noviembre del 2007 al 25 de Abril del 2008.



**Anexo 8. Incidencia de chancros en bosque de regeneración natural en la finca Las Tapias**



**Anexo 9. Análisis de varianza y separación de medias en bosques de la finca Las Tapias**

**Regeneración natural**

$$R^2 = 0,859228$$

$$Pr. = 0.0001, 0.0139$$

**Prueba de significancia**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Prob > F
F	8	4135,646	516.955	33,8738	<,0001
S	4	5474,890	1368.7225	89,6862	<,0001
F*S	32	817,904	25.5595	1,6748	0,0139
NA[S]	48	24692,854	514.4344	33,7086	<,0001

**Separación de medias de fechas en bosque de regeneración natural**

Nivel	Categorías					medias
6	a					15,871429
7	a					15,871429
8	a					15,871429
9	a	b				15,073016
5	a	b				13,777778
4		b	c			12,865079
3			c	d		10,773016
2				d	e	8,849524
1					e	7,136825

### Separación de medias en sitios de regeneración natural

Nivel	Categorías			Medias
3	a			28,888889
2		b		14,444444
5		b		13,796296
4		b		12,777778
1			c	7,444444

### Bosque maduro

R<sup>2</sup> = 0,923702

Pr. = 0,0001

### Prueba de significancia

Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Prob > F
F	8	2216,2690	277,0336	31,8238	<,0001
S	4	5946,9907	1486,7476	170,7875	<,0001
F*S	32	930,0926	29,0653	3,3388	<,0001
NA[S]	15	2794,5370	186,30246	21,4012	<,0001

### Separación de medias de fechas en bosque maduro

Nivel	Categorías				Medias	
6	a				19,633333	
7	a				19,633333	
8	a				19,633333	
9	a	b			18,966667	
5	a	b			17,100000	
4		b	c		15,233333	
3			c	d	12,200000	
2				d	e	9,666667
1					e	7,166667

### Separación de medias en sitios de bosque maduro

Nivel	Categorías			Medias
3	a			28,888889
2		b		14,444444
5		b		13,796296
4		b		12,777778
1			c	7,444444

## Anexo 10. Comparación de enfermedades a través de las pendientes

$$(\Theta_1 - \Theta_2) \pm t. [(P/2; n_1+n_2-(2p))] * s (d) = \mathbf{0.39 \pm (2.1448) * 5.06}$$

$$(\Theta_1 - \Theta_2) = (1.471 - 1.081) = \mathbf{0.39}$$

$$[(P/2; n_1+n_2-(2p))] := 0.025; 9+9-(2*2) = 0.025:14 \text{ gl} = \mathbf{2.1448}$$

$$S (d) = [S^2 (\Theta_1) + S^2 (\Theta_2)]^{1/2} = [(16.5 + 9.17)]^{1/2} = \mathbf{5.06}$$

Donde:

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

$$S^2 (\Theta_1) := [ (7.2-12.8)^2 + (8.7 - 12.8)^2 + (11-12.8)^2 + (13-12.8)^2 + (13.8-12.8)^2 \\ + (15.8-12.8)^2 + (15.8-12.8)^2 + (15.8-12.8)^2 + (15-12.8)^2 ] / 9$$

$$S^2 (\Theta_1) := \mathbf{9.17}$$

$$S^2 (\Theta_2) := [ (6.8-13.9)^2 + (8.3 - 13.9)^2 + (11-13.9)^2 + (13.6-13.9)^2 + (15-13.9)^2 \\ + (17.8.-13.9)^2 + (17.8-13.9)^2 + (17.8-13.9)^2 + (17.3-13.9)^2 ] / 9$$

$$S^2 (\Theta_2) := \mathbf{16.5}$$

$$\Theta_1 - \Theta_2 \pm t. [(P/2; n_1+n_2-(2p))] * s (d) = \mathbf{0.39 \pm (2.1448) * 5.06}$$

$$\mathbf{0.39 \pm 10.8 = [0.39 + 10.8 \leftrightarrow 0.39 - 13.68] = [11.19 \leftrightarrow -13.29]}$$

### RESULTADO

<b>Intervalo [11.19 ↔ -13.29] incluye al cero</b>
---