



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Enfermedades de los árboles forestales**

**Informe de Ingeniería para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Joaquin Paredes Velasco**

**ASESOR:**

**Ing. M.Sc. Jorge Sánchez Ríos**

**Tarapoto – Perú**

**2003**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

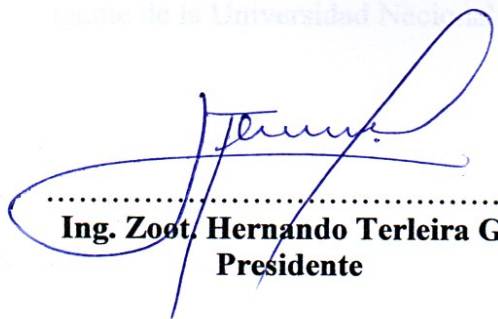


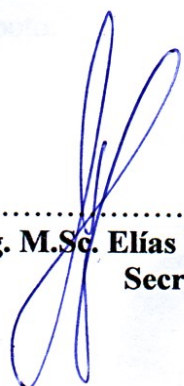
**Enfermedades de los árboles forestales**

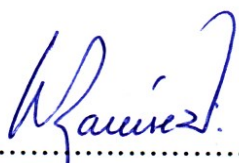
**AUTOR:**

**Joaquin Paredes Velasco**

**Sustentada y aprobada el 5 de noviembre del 2003, ante el honorable jurado:**

  
.....  
**Ing. Zoot. Hernando Terleira García**  
**Presidente**

  
.....  
**Ing. M.Sc. Elías Torres Flores**  
**Secretario**

  
.....  
**Ing. M.Sc. Williams Ramírez Navarro**  
**Miembro**

  
.....  
**Ing. M.Sc. Jorge Sánchez Ríos**  
**Asesor**

## Declaratoria de Autenticidad

Joaquin Paredes Velasco, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 01161537, con el informe de ingeniería titulada: **Enfermedades de los árboles forestales.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. El informe de ingeniería no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados que se presenten en el informe de ingeniería se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 5 de noviembre del 2003

.....  
Joaquin Paredes Velasco

DNI N° 01161537





**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: Paredes Velasco Joaquín	
Código de alumno : 94-026	Teléfono: 942912922
Correo electrónico : p11722@hotmail.com	DNI: 01161537

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de: Agronomía

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	( )	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	(X)		

**4. Datos de trabajo de investigación**

Título: En Fermedad de las Arboles Forestales
Año de publicación: 2003

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.


## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

18 / 12 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres:

Álvaro Paredes Ríos y Martha Velasco Grandes, como muestra de mi gratitud y cariño a quienes, con su esfuerzo, sacrificio tesonero, hicieron posible la culminación de mi carrera profesional.

## **Agradecimiento**

- Al Ing. M.Sc. Jorge Sánchez Ríos, asesor del presente trabajo por su colaboración y apoyo en el desarrollo del mismo.
- A mis hermanos Jonás Paredes Velasco y Santiago Paredes Velasco por brindarme siempre su apoyo moral y gesto de sincera estimación.
- A todas las personas y amigas que de una y otra forma me brindaron su apoyo durante mis estudios.



## Índice general

	<b>Página</b>
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Índice general .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
1.1. De las enfermedades forestales .....	2
1.2. De las pérdidas por enfermedades forestales .....	2
1.3. Causas de las enfermedades forestales.....	3
1.4. De la influencia sobre la ocurrencia y desarrollo de enfermedades.....	22
1.5. Complejo de enfermedades .....	23
1.6. De los problemas de enfermedades en viveros forestales.....	23
1.7. Micorrizas .....	24
1.8. De los principios del manejo de las enfermedades forestales .....	25
<b>CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## Resumen

El presente informe de ingeniería intitulado “Enfermedades de los árboles forestales” tuvo como objetivo afianzar los conocimientos en el significado de las pérdidas y causas de las enfermedades forestales, conocer las influencias de las enfermedades en los árboles y viveros forestales y conocer los principios del manejo de las enfermedades forestales, y en base a la referencias se analizó y se llegó a la siguientes conclusiones los extremos de temperatura o de humedad pueden causar un daño directo a los árboles, debilitándolos de tal manera que quedan predispuestos al ataque de microorganismos; en décadas recientes, la contaminación del aire ha llegado a niveles tan altos, que ha surgido una grave preocupación por el daño extenso tanto a los bosques como a los árboles urbanos en la mayor parte de las regiones industrializadas del mundo; las bacterias causan enfermedades en las especies de todas las familias importantes de las plantas superiores, pero pocas de ellas son las causas directas de enfermedades de los árboles forestales y de sombra; las actividades de los hongos producen tanto la mortalidad como la pérdida en crecimiento al causar las enfermedades más importantes y numerosas de los árboles forestales. Estas enfermedades varían enormemente en las especies y en las partes afectadas del árbol, en los síntomas que producen, y el tipo de daño que causan. En consecuencia, sus efectos sobre el rendimiento forestal y su significado para el manejo forestal también son variables, en tanto que otros pueden ser factores limitantes en el crecimiento y manejo de una especie; en el futuro, a medida que el manejo forestal sea más intensivo y a medida que los árboles se cultiven con turnos más cortos, las pérdidas por pudrición pueden volverse un factor menos importante que lo que es actualmente y las enfermedades cancerosas ocurren tanto en gimnospermas como en angiospermas, pero son más numerosas y de mayor significado en las Latifoliadas caducifolias.

Palabras clave: Árboles forestales, enfermedades cancerosas, perdidas y causas, contaminación de aire, ataque de microorganismos.

## Abstract

This engineering report entitled “Forest Tree Diseases” aimed to strengthen the knowledge about the meaning of losses and causes of forest diseases, to understand the influences of diseases on trees and forest nurseries and to know the principles of forest disease management. Based on the references, the following conclusions were reached: extremes of temperature or humidity can cause direct damage to trees, weakening them in such a way that they are predisposed to be attacked by microorganisms; in recent decades, air pollution has reached such high levels that a serious concern has arisen over extensive damage to both forests and urban trees in most industrialized regions of the world; bacteria cause disease in species of all important families of higher plants, but few of them are the direct causes of forest and shade tree diseases; fungal activities cause both mortality and growth loss by causing the most important and numerous forest tree diseases. These diseases vary widely in species and affected parts of the tree, in the symptoms they produce, and the type of damage they cause. Consequently, their effects on forest yield and their significance for forest management are also variable, while others can be limiting factors in the growth and management of a species. In the future, as forest management becomes more intensive and as trees are grown with shorter shifts, rot losses may become a less important factor than they are now, and cancerous diseases occur in both gymnosperms and angiosperms, but are more numerous and more significant in deciduous broadleaf trees.

**Key words:** Forest trees, cancerous diseases, losses and causes, air pollution, attack of microorganisms



## **Introducción**

Las enfermedades de árboles forestales generalmente son provocadas por agentes patógenos infecciosos como hongos y bacterias. Las condiciones del cambio climático pueden afectar la diseminación de enfermedades infecciosas y de sus agentes transmisores además de agregar factores de estrés a los árboles, haciéndolos más susceptibles a las enfermedades. Las enfermedades de los árboles también pueden ser la causa de condiciones abióticas como la contaminación ambiental, pero en este trabajo vamos a desarrollar principalmente los factores bióticos.

Desarrollo de larvas en agallas de forma redonda en las nervaduras centrales, los pecíolos y los tallos de las partes de nuevo crecimiento de los árboles jóvenes de eucalipto, los retoños y plantas en vivero. Los árboles gravemente afectados presentan caída de hojas, apariencia retorcida, pérdida de crecimiento y vigor, torsión, muerte progresiva, para terminar, en algunos casos, con la muerte del árbol (FAO, 1990).

El bosque constituye una compleja comunidad integrada por vegetales y otros organismos que cumplen funciones específicas, ocupando la amplia gama de microhábitats que ofrece en sus diferentes estratos; rasante, herbácea, arbustivo y arbóreo, algunos organismos se pueden transformar en un factor de disturbio al aumentar en número debido a cambios en las condiciones ambientales que pasan a serles favorables. El incremento poblacional los constituye en agentes perjudiciales, llegando a transformarse en enfermedades o plagas (FAO, 2000).

Por este motivo estudiamos el informe de investigación teniendo como objetivos de afianzar los conocimientos en el significado de las pérdidas y causas de las enfermedades forestales, conocer las influencias de las enfermedades en los árboles y viveros forestales y conocer los principios del manejo de las enfermedades forestales.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. De las enfermedades forestales

Según Patton (1993), el estudio de las enfermedades forestales se llama *patología forestal*. En su sentido más amplio, incluye el estudio de las enfermedades que producen daño o pérdida al bosque como unidad económica, enfermedades de los árboles de sombra y los ornamentales, así como el deterioro microbiológico de los productos forestales después de la cosecha. En la patología forestal interesa la influencia de las enfermedades en las prácticas de manejo forestal, y también en la influencia de éstas en la ocurrencia y desarrollo de las enfermedades.

### 1.2. De las pérdidas por enfermedades forestales

La pérdida total, incluyendo los diversos efectos resultantes de las enfermedades de los árboles, se llama *impacto de crecimiento*. Esto incluye tanto la *mortalidad* como la *pérdida de crecimiento*, incluyendo esto último una menor tasa de crecimiento, pérdidas de crecimiento acumuladas (por ejemplo, por descomposición), pérdidas de eficiencia en la utilización del sitio, así como pérdidas en calidad (Hepting, 1977).

Nuestros conocimientos de las pérdidas causadas por las enfermedades de los árboles forestales son muy inadecuados, y a falta de mejores cifras, se continúan citando las estimaciones que se hicieron en un tiempo en que el concepto de impacto de crecimiento surgió en 1952. Aunque los insectos producen las máximas pérdidas por mortalidad en los árboles, las pérdidas más grandes son mayores como resultado de las enfermedades de los árboles, tales enfermedades representan más del 50 por ciento o aproximadamente 170 millones de metros cúbicos de la pérdida de crecimiento anual en el bosque. Así, las pérdidas por enfermedades son en realidad enormes. Las reducciones en tales pérdidas representan un gran avance para aumentar el abasto de madera que se necesita para satisfacer la demanda futura.



Aunque existen diferencias en cuanto a la magnitud de los aumentos, todas las proyecciones recientes indican demandas notablemente mayores en los bosques nacionales en el futuro que en el presente. La cantidad de madera disponible ha aumentado a través del crecimiento de los árboles, en forma más rápida que el consumo total de madera, pero los costos crecientes de la madera en pie, procesamiento y comercialización de la madera, están reduciendo el suministro económico, incluso cuando aumente el inventario de madera. Sin embargo, después del año 2000, será necesario un mayor esfuerzo forestal si es que el suministro de madera ha de satisfacer la demanda. Las oportunidades para aumentar el suministro de madera se presentan por medio de un manejo forestal más intenso (ANÓN, 1977).

### **1.3. Causas de las enfermedades forestales**

La salud de los árboles forestales se puede afectar por diversos factores que someten a una tensión a los árboles. En cualquier momento, varios factores de tensión pueden estar funcionando simultáneamente, de manera que el estado de salud general de un árbol puede determinarse por el efecto total de todas las tensiones.

Sin embargo, con el fin de estudiar y obtener una mejor comprensión, se separa el tratamiento de estos factores en diversas disciplinas, como la patología y la entomología. En la patología forestal, las enfermedades causadas por estos factores pueden clasificarse de diversas maneras de acuerdo con el agente causal, la parte afectada del árbol, el proceso o función que haya sido alterado, o la etapa de desarrollo del árbol, tales como las plántulas de los almácigos (Smith, 1970).

#### **a) Agentes que producen enfermedades**

Seliskarl, (1964). Menciona que los agentes o factores que inducen las enfermedades en las plantas, incluyendo los árboles forestales, se clasifican en abióticos (no infecciosos, no parasitarios) o bióticos (infecciosos, parasitarios). Un agente biótico específico que produce una enfermedad se designa como un patógeno.

*Agentes abióticos o no infecciosos.* Varios de los agentes abióticos son causas de enfermedades de los árboles, incluyendo los extremos de humedad y

de temperatura, exceso o deficiencia de nutrientes, así como sustancias tóxicas en el aire o en el suelo. También la lesión mecánica puede ser causada por el granizo, el hielo, la nieve y las ventiscas; el dallo causado por los rayos solares puede redundar en la muerte de los árboles individuales o incluso de árboles en grupos. Las enfermedades causadas por los agentes abióticos a menudo son difíciles de diagnosticar, porque el agente causal ya no está presente o ya no es activo, o bien porque es difícil establecer la relación de causa-efecto.

Algunos de los problemas más complejos de las enfermedades forestales son los inducidos por las variaciones adversas en el ambiente.

Los extremos de temperatura o de humedad pueden causar un daño directo a los árboles, debilitándolos de tal manera que quedan predispuestos al ataque de microorganismos. El cáncer de la quemadura de sol en los árboles de corteza delgada a menudo se debe a una repentina exposición, por ejemplo, después del aclareo, en la cual las temperaturas superiores al descongelamiento en los días soleados, combinadas con las temperaturas de congelamiento en la noche, matan la corteza y hacen que se formen úlceras.

En las áreas locales pueden encontrarse condiciones de deficiencia o exceso de nutrientes o de otras sustancias químicas en el suelo, especialmente en los viveros o en las plantaciones forestales. Las plantaciones de pino y eucalipto han fracasado en África debido a la deficiencia en Boro, inmediatamente se mejoraron con una fertilización aérea de fosfato. A medida que el manejo forestal se vuelve más intensivo, la fertilización del bosque puede volverse casi rutinaria: pero también existe la probabilidad de daño debida a una variedad de sustancias químicas tales como los fertilizantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas y otros, si se aplican a tasas excesivas o en condiciones inadecuadas.

En décadas recientes, la contaminación del aire ha llegado a niveles tan altos, que ha surgido una grave preocupación por el daño extenso tanto a los bosques como a los árboles urbanos en la mayor parte de las regiones industrializadas del mundo.

Muchas sustancias químicas que son de alta toxicidad para los árboles y otras plantas se han introducido en la atmósfera, especialmente por medio de los vehículos de transporte, los procesos industriales y las plantas energéticas. El dióxido de azufre, debido a la combustión del carbón y de otros procesos industriales, y los contaminantes fotoquímicos, el ozono y el nitrato de Peroxiacetileno, los principales componentes del Smog urbano, son las principales causas del daño a las coníferas. En el Este, el pino blanco ha sufrido un daño considerable por efecto del dióxido de azufre y del ozono, y la enfermedad de la disminución clorótica del pino ponderosa en el sur de California se atribuye a una exposición prolongada a los oxidantes aéreos, sobre todo el ozono.

Los fluoruros han causado un daño local a los árboles forestales y de los huertos semilleros cuando se liberan en la atmósfera a partir de la reducción de minerales, fertilizantes e instalaciones de cerámica. El papel de la precipitación ácida en la forma como influye en el crecimiento de las plantas, especialmente el de los bosques, también está atrayendo atención considerable.

*Agente bióticos o infecciosos.* La mayoría de las enfermedades de los árboles forestales las causan diversos agentes bióticos, que incluyen virus, micoplasmas, bacterias, hongos, plantas parásitas superiores y nemátodos. Entre ellos, los hongos producen el mayor número de enfermedades, así como las máximas pérdidas totales. En las siguientes secciones se dan ejemplos de enfermedades causadas por estos agentes.

*Enfermedades causadas por virus, micoplasmas, bacterias y nemátodos.* Los virus son agentes infecciosos sumamente pequeños, visibles solamente en el microscopio electrónico. Aunque los virus de las plantas producen muchas enfermedades importantes en cosechas agrícolas de primer orden, las enfermedades Virósas conocidas de los árboles forestales, como el mosaico del olmo, los rayos lineales del abedul o la escoba de bruja de la acacia negra, aparentemente son de importancia secundaria. A medida que su incidencia llegue a conocerse mejor mediante la investigación, tal vez se les considere de mayor significancia en el futuro. Así mismo, debido a que la propagación

vegetativa perpetua los virus, la tendencia hacia la plantación forestal y algunas especies (por ejemplo, los álamos), un énfasis en la propagación vegetativa tenderá a poner de relieve la amenaza e importancia de las enfermedades producidas por virus en plantaciones comerciales forestales en todo el mundo.

Algunas enfermedades de los árboles, que se consideraba eran causadas por virus, se sabe que se deben a la infección por parte de organismos más pequeños de vida libre, llamados comúnmente *micoplasma*. Carecen de pared celular, pero poseen una membrana flexible y a menudo son de menor tamaño que las bacterias.

Las bacterias causan enfermedades en las especies de todas las familias importantes de las plantas superiores, pero pocas de ellas son las causas directas de enfermedades de los árboles forestales y de sombra. En muchas especies de árboles, un estado de exceso de agua en el duramen denominado “madera húmeda”, junto con el descoloramiento y la producción de gas (principalmente metano), está asociado con las bacterias, aparentemente como causa directa de la enfermedad. Las bacterias también son significativas en los procesos sucesionales que conducen al descoloramiento y a la descomposición de la madera de los árboles. Figuran entre los principales microorganismos precursores que invaden las lesiones e inician la sucesión de cambios que, en última instancia, dan como resultado la descomposición de la madera causada por hongos (Shigo, 1973).

Los *nematodos* parásitos de las plantas son gusanos microscópicos de gran importancia como plagas de las cosechas agrícolas y ornamentales, sin embargo, es poco el conocimiento que se tiene de las enfermedades causadas por nematodos en los árboles forestales. Esta situación puede deberse en parte a las dificultades para medir la pérdida de crecimiento en los árboles debida al daño en las raíces alimenticias.

Las pérdidas económicas en los viveros forestales se deben a ataques de nemátodos de las raíces, lo que conduce al marchitamiento y a anomalías en las raíces, la atrofia de la planta e incluso la mortalidad. La mayor parte de la

información que se tiene es acerca de la asociación de los nematodos con los árboles forestales en plantaciones o en bosques naturales, pero la evidencia de patogenicidad (prueba de parasitismo), está ausente en la mayor parte de los casos. Los síntomas pueden incluir la formación de agallas, puntas de la raíz desvitalizadas, y el oscurecimiento y deshilamiento de las raíces alimenticias, pero estos síntomas también pueden producirlos otros organismos o condiciones del suelo. La enfermedad se debe a una disminución en el área de absorción de agua y de nutrientes de las raíces alimenticias que da como resultado una decadencia lenta en los árboles (Ruehle, 1973).

***Enfermedades causadas por hongos.*** Los agentes causales más destructivos en las enfermedades en los árboles forestales son los hongos. Estos organismos por lo general se clasifican como plantas sin clorofila y con una estructura muy sencilla indiferenciadas en tallos, hojas y raíces. La unidad estructural básica de la mayor parte de los hongos es un filamento microscópico o tubo que contiene el citoplasma. Estos filamentos o hifas en conjunto constituyen el micelio o cuerpo vegetativo del hongo, según se aprecia en el crecimiento veloso del moho común del pan o en los abanicos miceliales blancos debajo de la corteza de la raíz de un árbol atacada por el hongo de la pudrición de la raíz, el cordón de zapato, *Armillariella* (*Armillaria*) *mellea*.

Los hongos que se producen por esporas producidas en cuerpos fructíferos varían en cuanto a complejidad desde una simple hifa hasta cuerpo complejos, como el hongo que brota del suelo o bien la “sombrija” sobre el tronco de un árbol con pudrición en el duramen. La mayoría de las esporas de los hongos se diseminan por medio del viento, pero también existe la posibilidad de que se distribuyan. Por agentes climáticos como las salpicaduras de lluvia, agua superficial y subterránea, insectos, aves y otros animales, e incluso por medio de los seres humanos. En un sustrato adecuado, la espora germina para formar una hifa simple o tubo de germen, que a continuación se alarga y ramifica para formar otro micelio. Los hongos viven de material orgánico, ya sea como saprofitos, de materia muerta, o como parásitos en las plantas o animales vivos.



La mayoría de los hongos son saprofitos, y el consumo de materia orgánica muerta por los hongos saprofitos a menudo se designa como pudrición o descomposición. La descomposición del duramen en los árboles vivos en el bosque es el resultado de una sucesión de actividades de los organismos saprofitos y es responsable de más del 70 por ciento de las pérdidas atribuidas a enfermedades en el bosque. La conversión de los restos muertos de plantas o animales sobre la superficie forestal en humus es un aspecto benéfico de los hongos saprofitos. Algunos hongos son parásitos y obtienen su alimentación de las plantas y de los animales vivos.

Las actividades de los hongos producen tanto la mortalidad como la pérdida en crecimiento al causar las enfermedades más importantes y numerosas de los árboles forestales. Estas enfermedades varían enormemente en las especies y en las partes afectadas del árbol, en los síntomas que producen, y el tipo de daño que causan. En consecuencia, sus efectos sobre el rendimiento forestal y su significado para el manejo forestal también son variables; algunos pueden ser intrascendentes, en tanto que otros pueden ser factores limitantes en el crecimiento y manejo de una especie.

#### **b) Pudrición de los árboles forestales**

*Pudrición del duramen.* Un objetivo fundamental de la dasonomía es la producción de madera. Cuando los hongos toman como alimento la madera del fuste, las paredes celulares se deterioran dando como resultado cambios en el color y en la textura, así como en las propiedades físicas y químicas de la madera. Este proceso se conoce como *descomposición o pudrición*, y una pudrición de la madera es la descomposición primaria de ésta producida por una especie determinada de hongo.

La descomposición es causada principalmente por hongos. La mayor parte de la descomposición ocurre en el núcleo central de la madera muerta, o “duramen”, del árbol ya menudo se le llama *pudrición del duramen*.

La albura es relativamente resistente a la pudrición en un árbol vivo y protege al duramen subyacente contra la invasión de la mayoría de los hongos

putrefactores. Sin embargo, en ciertas circunstancias, algunos hongos pueden descomponer tanto la albura como el duramen.

Las pudriciones de la madera se agrupan comúnmente en dos tipos principales, en pudriciones pardas y blancas. Estas se clasifican de acuerdo con el tipo de proceso de descomposición que sobreviene, pero los cambios del color predominante son realmente acompañamientos incidentales del proceso de descomposición. Los hongos de la pudrición parda descomponen la madera utilizando principalmente los carbohidratos (celulosa) de las paredes celulares, mientras que los hongos de la pudrición blanca utilizan tanto los componentes de carbohidratos como de lignina de la pared celular. Estas diferencias son importantes en el sentido de que pueden afectar el uso de la madera descompuesta. La resistencia disminuye en ambos tipos de descomposición, y la madera afectada no se utiliza para la construcción. Los rendimientos de pulpa con pudrición blanca pueden ser relativamente altos y de una calidad bastante buena, en tanto que la madera afectada de la pudrición parda no puede utilizarse.

La pérdida producida por la descomposición de la madera del duramen ya sea pérdida en volumen mediante la poca comercialización o por una mala calidad) tiene el mayor impacto de crecimiento en los árboles forestales de todos los agentes destructivos y representa más del 70 por ciento de la pérdida total atribuida a las enfermedades de los mismos. La pérdida del volumen de madera acumulada es el factor más significativo en esta pérdida y de las actividades de los hongos de la descomposición, ya que sus efectos son en gran parte en células muertas de la madera, son de escasa importancia en la mortalidad o en la reducción del vigor. Desde luego, las debilidades estructurales pueden provocar un mayor daño a causa de las tormentas.

Son muchas las especies diferentes de hongos que causan la pudrición del duramen, pero cada una tiene un comportamiento diferente y características distintivas. Algunas atacan a muchas especies diferentes de árboles. El hongo de la pudrición de la raíz “del cordón de zapato” *Armillariella (Armillaria) mellea*, que puede causar tanto la pudrición de la raíz como del duramen en los árboles de los bosques, tiene un amplio rango de huéspedes que se extiende a centenares

de plantas tanto leñosas como no leñosas. La descomposición aislada más importante, la pudrición del anillo rojo causado por el *Phellinus (Fomes) pini*, ocurre solamente en las coníferas. Otras, como el hongo de la pudrición blanca del tronco del álamo, que es importante *Phellinus (Fomes) igniarius*, están restringidas a ciertas especies de Latifoliadas. En algunas especies, como el álamo también, una o muy pocas especies de hongos de la descomposición representan la mayor parte del volumen de pérdidas por descomposición. En otras especies, como los robles y los arces, muchos hongos diferentes contribuyen de manera significativa a la pérdida total por descomposición. Es interesante observar que la susceptibilidad o resistencia a la descomposición de la madera del árbol vivo no es señal de durabilidad en el servicio de esa madera.

Los hongos de la descomposición penetran en la madera de diferentes formas, y estos umbrales de infección son en gran medida el resultado de heridas o daños a las barreras protectoras, como la corteza y la albura de un árbol. Los umbrales de infección pueden incluir tallos o ramas rotas, cabos de ramas muertas, ramas muertas y lesiones de todo tipo incluyendo las causadas por el transpone de trozas y, sobre todo, lesiones por incendios.

En años recientes, la decoloración y la pudrición en la madera de árboles forestales han llegado a reconocerse como procesos complejos que suponen sucesiones típicas de muchos organismos. Una variedad de organismos entre los que figuran las bacterias, los hongos que no pudren a la madera y los verdaderos hongos que, si lo hacen, parecen ser importantes en los procesos que llevan al descoloramiento y a la descomposición, aunque la pudrición definitiva de la madera puede deberse solamente a ciertas especies de hongos presentes en una situación determinada. Durante estos procesos, el árbol mismo también da una respuesta a esta invasión; la respuesta a menudo puede llevar a un confinamiento de la pudrición a cierta porción limitada del fuste del árbol.

El grado de descomposición en las comunidades forestales es sumamente variable. Por lo general, hay un aumento en el número de árboles afectados y en el volumen total de descomposición a medida que aumenta la edad de los árboles. Los acontecimientos en la historia del rodal influyen en la situación de

la pudrición de un bosque, por ejemplo, la ocurrencia de incendios internos, fuertes tormentas de cellisca o de hielo, y prácticas silvícolas pasada. El conocimiento de la cantidad de descomposición en determinados rodales es importante para la preparación de inventarios exactos de las existencias en pie actuales y, potenciales, que son básicos para un adecuado manejo forestal. Los ingenieros forestales pueden calcular la cantidad de descomposición en un rodal con la información de las mediciones de sitios de muestreo y el conocimiento de los indicadores externos de la pudrición, como los cuerpos frutescentes o “sombrillas”, nudos hinchados y puntas de las ramas. Las estimaciones de volúmenes brutos se corrigen a volúmenes netos mediante la aplicación de estas estimaciones de descomposición expresadas como factores de desecho o porcentajes de volumen bruto, permitiendo así las determinaciones exactas de los rendimientos, cortas permisibles, costos de venta y otros factores necesarios en el manejo forestal.

El control de la descomposición en el bosque se basa en gran medida en la aplicación de medidas preventivas. No hay “cura” para la descomposición una vez que se desarrolla en el árbol individual. Los métodos de control factibles están intentando: 1) obtener el mayor rendimiento en la cosecha de los bosques actualmente comerciales (principalmente vírgenes), y 2) reducir a un mínimo las pérdidas por descomposición en los bosques futuros.

La información de las pérdidas por descomposición tanto cualitativas como cuantitativas puede conducir a una utilización más estrecha. y de esta manera, hacia mayores rendimientos, de los árboles enfermos. El tamaño y otras características de la columna de pudrición pueden influir en la manera en que los árboles se utilizan y también en la ganancia en el abastecimiento. Las pérdidas por descomposición pueden reducirse por el perfeccionamiento de las prácticas tecnológicas y de aprovechamiento económico, incluso para usar el material descompuesto, sobre todo las pudriciones blancas en la pulpa o en varios productos especializados, incluyendo las chapas y el triplay.

***Pudrición de la raíz.*** Una porción considerable del árbol existe en el suelo, y en este muy complejo ambiente subterráneo se desarrollan enfermedades de la

raíz que figuran entre las causas de pérdidas más importantes y difíciles de controlar. Los hongos son los agentes más importantes de las enfermedades de la raíz.

Algunos pueden atacar solamente raíces jóvenes y suculentas como las alimenticias, produciendo esencialmente una decadencia del árbol por inanición. Otros, actuando como hongos destructores de la madera, producen la 'muerte de las raíces mediante ataques parasitarios y por la pudrición de las raíces muertas, causando una *pudrición de la raíz* en una parte o en todo el sistema radicular.

Las enfermedades de la raíz pueden producir mortalidad, e interferir con el vigor del, crecimiento, densidad, forma y composición de un bosque, desde la etapa de brinjal hasta el turno. Pueden incluso matar a los árboles dominantes y codominantes que, de lo contrario, formarían parte de la cosecha final. Algunos incluso pueden dar como resultado la *pudrición del tocón* (osea, la descomposición de la parte del tallo basal), produciendo pérdidas en crecimiento tanto en volumen como en calidad. La pudrición del sistema radicular hace que los árboles sean especialmente susceptibles al derribamiento por el viento. La difusión subterránea del hongo causada desde un punto focal de la infección. a menudo causa la ocurrencia de la enfermedad en fragmentos.

Una de las más importantes pudriciones de la raíz en los bosques a nivel mundial la produce el hongo melifluo, o el hongo de la pudrición de la raíz del cordón de zapato, *Armillariet*, (*Armillaria mellea*). Por lo general, la enfermedad alcanza su mayor gravedad en los árboles de vigor reducido, pero el hongo también puede atacar y matar a los árboles saludables. De un sistema radicular invadido, el hongo se extiende a través del suelo en filamentos negros. en forma de herradura de micelios (rizomorfos) que pueden penetrar en la corteza saludable de las raíces vivas. El hongo ataca el tejido vivo de las raíces como un parásito y continúa su actividad como un saprofito, causando la pudrición de la madera de las raíces y del tocón del árbol (ANÓN, 1977).

La pudrición de la raíz y del tocón producida por *Heterobasidion annosum* (*Fomes annosus*), es una de las enfermedades más importantes de los árboles



forestales en Europa, especialmente en plantaciones de coníferas. Otra medida preventiva que ha tenido éxito en los pinos, tanto en el Sur como en Inglaterra, es la aplicación a la superficie del tocón de una suspensión de esporas, de un hongo competitivo, *Peniophora gigantea*. Este hongo coloniza el tocón y evita el establecimiento del *Heterobasidion annosum*, pero en si no produce la enfermedad en los árboles residuales. Esta última técnica es un ejemplo excelente de la aplicación de control biológico en el manejo de las enfermedades forestales.

La reducción de las pérdidas por enfermedad de la raíz es una tarea formidable debido a las dificultades en el diagnóstico de la enfermedad de la raíz y la determinación de las relaciones complejas entre los patógenos de la raíz, el árbol anfitrión y el ambiente del suelo. A medida que se acumula la información, se integra con nuestro conocimiento de la silvicultura para formular las mejores prácticas de manejo posibles.

***Deterioro de los árboles muertos o dañados.*** Cuando los árboles mueren debido a diversos agentes como el fuego, derribamiento por vendavales o ataques de insectos, a albura muerta se deteriora tan rápidamente que, dentro de pocos años, salvarlos puede no ser económicamente posible. En los árboles vivos, la albura es relativamente resistente a la pudrición, pero después que los árboles mueren, la albura es fácilmente susceptible a la invasión por los microorganismos y los insectos. Primero, los hongos manchadores y los insectos barrenadores de la madera invaden la albura y luego la dañan las marcas estacionales a medida que se seca. A continuación, los hongos destructores de la madera atacan la albura; después, los mismos hongos u otros diferentes invaden el duramen. Cuanto más joven sea la madera, mayor será la rapidez con que se deteriore, debido a su menor tamaño y la mayor proporción de albura con relación al duramen.

Por otro lado, gran parte de la madera en bosques sobre maduros, de gran tamaño, sobre todo de especies con duramen relativamente resistente a la pudrición, como el abeto Douglas, puede salvarse durante muchos años después de que los árboles han muerto. La causa de la muerte, ya sean los insectos, el

fuego o cualquier otra causa, es un factor importante en la tasa de deterioro y en la sucesión de los organismos que intervienen; ambos influyen en el tiempo disponible para que el salvamento reduzca la pérdida causada por la catástrofe.

Uno de los aspectos benéficos de la pudrición en el bosque es la descomposición y pudrición del ramaje o residuos del abastecimiento. La eliminación económica del ramaje de la corta aún es un problema en la protección de incendios y en el mejoramiento de los bosques. La tasa de descomposición y de pudrición varía ampliamente en los principales tipos de bosques, y el conocimiento de la descomposición del ramaje tiene repercusiones importantes para la protección y manejo forestales, ya que la cantidad de ramaje está estrechamente relacionada con el riesgo de incendios y puede influir en el acame de las semillas en la reproducción natural.

***Manchas y pudrición de los productos forestales.*** De la misma manera que en los árboles en pie en el bosque, pueden formarse *manchas y pudriciones* en la madera después de que se corta el árbol, durante el almacenamiento, secado y utilización. Tal deterioro produce extensas pérdidas, que implican valores económicos de cientos de millones de dólares anualmente. Gran parte del deterioro puede controlarse con técnicas preventivas relativamente sencillas en el manejo o uso de los productos. Los métodos de control se derivan del conocimiento de las causas del deterioro de la madera y de los factores que favorecen a los agentes causales.

Las manchas de la madera se limitan en gran medida a la albura y dan como resultado decoloraciones desagradables de la madera, que la hacen inaceptable para muchos usos como muebles, tableros, envases para alimentos y productos similares, en los que es importante el aspecto. Las manchas de hongos ocurren principalmente durante el depósito de las trozas recién cortadas y en la madera y en las chapas verdes. La mancha más común de la albura es la “mancha azul”, por el azul grisáceo o negro que se imparte a la madera penetrada por las has de los hongos causales. Los mohos superficiales imparten diversos colores a la madera y a las chapas con las masas de sus esporas que pueden cepillarse fácilmente de las chapas. Menos importantes son las manchas causadas por las

reacciones enzimáticas, por el calor excesivo durante el procesamiento y por la intemperización. Las manchas de los hongos y los mohos se desarrollan bajo humedad favorable y condiciones de temperatura propicias, y ocurren con mayor frecuencia en tiempos cálidos y húmedos. La *prevención* es el único control para las manchas de hongos, y un secamiento rápido por el aire estacional o en una estufa es el método más eficiente para evitar las manchas. El humedecimiento con fungicidas y el tratamiento químico de las puntas de los troncos pueden ayudar a evitar las manchas donde es ineficiente el secamiento.

Los hongos destructores de la madera pueden producir la pudrición en los productos forestales cuando las condiciones son favorables para su crecimiento, incluyendo la presencia de oxígeno, temperaturas por lo general en la escala desde encima del punto de congelamiento hasta aproximadamente 35°C (95°F), y el contenido de humedad de la madera por encima del punto de saturación de la fibra, aproximadamente del 25 al 32 por ciento del peso seco de la madera. La exclusión del oxígeno por almacenamiento de las trozas y la pulpa en el agua o bajo sistemas de aspersión, es uno de los métodos para evitar la descomposición. Para la mayoría de estos productos, la clave para controlar la descomposición es secar la madera rápidamente hasta un contenido de humedad del 20 por ciento o menos y mantenerla seca. Donde la madera se utiliza en lugares de escaso riesgo de descomposición, las prácticas de construcción adecuadas reducirán al mínimo las pérdidas por pudrición. La durabilidad de la madera varía de acuerdo con la especie, y se ofrece cierta protección contra la descomposición a través de una selección adecuada de especies para usos determinados. Cuando el riesgo de descomposición es alto, como cuando la madera se coloca en contacto con el suelo, la *preservación* de la madera mediante tóxicos químicos puede controlar la descomposición. Una variedad de preservativos tanto solubles en agua como en aceite están comercialmente disponibles, y las aplicaciones varían desde el cepillado o inmersión hasta el tratamiento a alta presión.

**c) Complejo descortezador-hongo de la mancha azul**

Una relación interesante e importante entre hongos e insectos en el bosque es la asociación del hongo de la mancha azul y los descortezadores. Estos tienen un depósito especial donde transportan esporas de los hongos de la mancha azul.

Las esporas se inoculan en el árbol mediante las actividades de los escarabajos debajo de la corteza, y después de su germinación, el micelio crece en las células tanto del floema como del xilema. A la larga, se colonizan grandes sectores de albura, dando como resultado la muerte de las células, la mancha azul de la madera, circunscripción del tronco por albura no funcional, y una decadencia y muerte eventuales del árbol. Por tanto, no solamente los árboles se mueren rápidamente mediante la efectiva interacción del complejo simbiótico insecto-hongo, sino que la madera también es degradada por la mancha. Los esfuerzos para el control directo de la epidemia del descortezador por aspersiones químicas, el salvamento de las trozas u otras técnicas, tienen efectos que sólo son válidos temporalmente, pero éstos pueden complementar las prácticas preventivas de manejo que tienen por objetivo reducir la susceptibilidad del bosque.

**d) Enfermedades por cáncer**

Varios agentes causales, pero sobre todo una variedad de hongos, pueden producir la muerte de áreas relativamente localizadas de la corteza y tejidos de cambium sobre los fustes, ramas e incluso en las ramitas de los árboles. Estas lesiones se llaman “cánceres”, e incluso pueden ser causados por estímulos no relacionados, como agentes no vivos; muchas de las enfermedades cancerosas más peligrosas tienen semejanzas importantes. Los cánceres pueden ser anuales o perennes. Los perennes continúan en actividad durante años. Algunos pueden ser de un tipo difuso, en el cual el patógeno crece rápidamente a través de la corteza huésped con escaso o ningún desarrollo calloso, lo que da como resultado la circunscripción del tronco y la muerte. Otros son más duraderos y de extensión limitada, con una producción continua de tejido calloso, a menudo en surcos concéntricos o en capas (un cáncer “meta”), y un lento progreso del patógeno ya que amplifica gradualmente la lesión. Algunos hongos de los cánceres también se extienden dentro de la madera por debajo de la superficie del mismo y causan la pudrición del tronco, haciéndolo susceptible al derribo por el viento. Las enfermedades cancerosas ocurren tanto en gimnospermas como en angiospermas, pero son más numerosas y de mayor significado en las Latifoliadas caducifolias.

La mayoría de los cánceres perennes persistentes no producen mortalidad, pero son importantes para producir *malformación del tallo y decoloración* de la madera. Afectan la calidad y pueden dar como resultado una pérdida en el volumen, a menudo en la troza más baja y valiosa. Las características de tales enfermedades, como el cáncer de *Nectria* de muchas variedades de latifoliadas o del *Euypella* del arce de azúcar, son identificables e importantes para controlar estas enfermedades. Los bosques que se hallan bajo un manejo intensivo pueden manejarse de manera que los cánceres se reconozcan en su estado incipiente y los árboles jóvenes infectados se eliminen en una etapa inicial del rodal.

Tal vez la más notable de todas las enfermedades forestales, *la marchites del castaño*, producida por el hongo *Endothia parasitica*, es un cáncer del tipo difuso, de rápido desarrollo. Introducido aparentemente en plántulas importadas de Oriente, este hongo se hizo notar por vez primera en 1904 en el Parque Zoológico de Nueva York, y en menos de 50 años se habla extendido a través del territorio natural del castaño americano y lo destruyó como especie comercial. La marchites del castaño causó la devastación más espectacular que haya producido alguna vez cualquier enfermedad conocida de los árboles forestales. En la actualidad continúan apareciendo renuevos de los troncos persistentes y en los sistemas radiculares es, pero con el tiempo la enfermedad los mata antes de que maduren.

Otra enfermedad cancerosa mortal es el cáncer *Hypoxilon* del álamo. Está presente en todas las variedades de álamos y es una de las enfermedades más importantes en los estados de los Grandes Lagos. Puede diezmar bosques jóvenes enteros, y lamentablemente se desconocen métodos adecuados para combatirlo.

**e) Enfermedades de la marchites vascular**

Las enfermedades de la *marchites* vascular las causan hongos que crecen principalmente en los vasos del xilema. Su actividad reduce o inhibe la conducción normal de agua en el tallo y el árbol se marchita y muere. Las enfermedades de la *marchites* son de importancia primordial en las angiospermas, y algunas de las enfermedades de árboles que han recibido mayor

publicidad se encuentran en este grupo, incluyendo la marchites del *Verticillium*, la enfermedad del olmo holandés y la marchites del roble. En el caso de algunos de ellos, como la marchites del *Verticillium* la infección directa de las raíces ocurre desde el suelo; pero en el caso de otros, los hongos se mueven subterráneamente de un árbol a otro a través de los injertos de las raíces y por encima de la superficie por medio de insectos vectores.

La enfermedad del olmo holandés es la enfermedad más destructiva de los árboles de sombra en Estados Unidos en la actualidad, y el costo del control o de simplemente retirar los árboles muertos por el peligro que suponen, equivale a millones de dólares anualmente. El hongo causal lo transmiten por encima del terreno el descortezador del olmo europeo y el descortezador del olmo nativo. También es muy importante la difusión local desde un árbol enfermo a uno saludable a través de los injertos de las raíces, y ésta es la causa de gran parte de la mortalidad que ha ocurrido en las hileras de árboles en zonas urbanas.

La *marchites del roble*, producida por un hongo estrechamente relacionado con el patógeno de la enfermedad del olmo holandés, es una enfermedad nativa y tal vez sea la más seria en el caso de los robles en Estados Unidos del Norte y del Centro. Todas las especies de roble son susceptibles a este hongo, pero los síntomas y gravedad varían según si el árbol afectado es un miembro del grupo del roble rojo, donde la mortalidad es relativamente rápida, o del grupo de roble blanco, en el cual los síntomas de marchites se desarrollan más lentamente a través de varios años.

El control de la difusión local mediante los injertos de la raíz es costoso, pero eficiente, ya sea por zanjas mecánicamente hechas o exterminando partes de la raíz inyectando en el suelo fumigantes químicos, especialmente Vapam (N-metilditiocarbamato de sodio). La difusión por encima del terreno es difícil de controlar, y los principales objetivos de tales esfuerzos se han dirigido a reducir la abundancia del inóculo rodeando y eliminando los árboles enfermos y evitando las lesiones innecesarias.

**f) Hongos de la roya**

Los *hongos de la roya*, así llamados debido al color anaranjado de la roya como por las formas de muchas de sus esporas, abarcan un grupo de hongos parasitarios especializados, incluyendo las especies que atacan los conos de diversas coníferas, hojas tanto de Latifoliadas como de coníferas, y los troncos de las coníferas. Muchos, pero no todos los hongos de este grupo, son únicos en el sentido de que requieren dos plantas huéspedes y ampliamente diferentes para completar su ciclo vital. También la mayor parte de las royas producen cinco etapas diferentes de esporas que aparecen en una secuencia definida, aunque algunas especies tienen solamente una.

De esta manera, *Cronartium ribicola*, la causa de la enfermedad de la *roya ampulosa del pino blanco*, produce picniósporas (espermatas) y aeciósporas en el pino blanco y otras tres formas de esporas (urediósporas, teliósporas y basidiósporas) sobre plantas huéspedes alternas: grosello y grosella silvestre del género *Ribes*. La roya del tronco de las coníferas, especialmente la roya ampulosa del pino blanco y la roya fusiforme del pino del Caribe, son enfermedades de importancia primordial en bosques y plantaciones naturales.

La *roya fusiforme* de los pinos del Sur es un buen ejemplo de una enfermedad que se ha vuelto *importante como resultado de las actividades humanas en el bosque*. El pino resinoso y el pino del caribe los principales pinos huéspedes, son exterminados por el desarrollo de vejigas fusiformes o “cánceres”. en tanto que el pino palustre es relativamente resistente y el pino aristado es esencialmente inmune. Los robles son los huéspedes alternos en donde se producen las esporas que afectan a los pinos.

A diferencia de la roya ampulosa del pino blanco introducida, este hongo se había desarrollado a través de las épocas como parte de los ecosistemas forestales naturales en el sur de Estados Unidos. Antes de 1900 era raro y poco más que una curiosidad. Después de sacar las trozas del bosque virgen, la distribución de los huéspedes del pino se alteró notablemente. Con las extensas matarrasas de los bosques de pino palustre, su sustitución por otras especies, especialmente el muy susceptible pino del Caribe y pino resinoso, fue favorecida

por la protección contra los incendios y la restitución artificial del lugar por medio de la plantación. Esta corta tan extensiva también favoreció la liberación de los robles, que tuvieron mayor abundancia. Esta combinación de circunstancias favoreció la formación de la roya hasta un nivel tal que ahora existe una gran epidemia. En 1975 se calculó que las pérdidas anuales se estimaron en aproximadamente \$. 28 millones (OWER, 1975).

**g) Enfermedades del follaje**

Las enfermedades del follaje en las Latifoliadas son numerosas, pero la mayor parte de ellas rara vez se consideran serias. Las enfermedades de las hojas son, sobre todo, importantes cuando el resultado es una considerable defoliación o cuando la mayoría de las hojas son atacadas y dañadas de manera que se reduce su funcionamiento normal.

Esto puede reducir el crecimiento y el vigor del árbol, pero el tiempo del año del ataque y las características de los renuevos y del follaje influyen considerablemente en la cantidad del daño causado. A veces las enfermedades de las hojas pueden convertirse en factores limitantes en el crecimiento de una especie.

Un daño foliar extenso a las coníferas puede dar como resultado un daño intenso o la muerte. Comúnmente, la defoliación reduce el incremento en el crecimiento del árbol en proporción con el grado de defoliación, y por lo general existe una reducción proporcional en su vigor. La reducción en la calidad también es importante en los árboles ornamentales, especialmente en los árboles de Navidad, en cuyo caso el ataque en un solo año puede destruir por completo la comercialidad de la cosecha. El hongo *despendedor de acículas*, representado por el *Lophodermium*, a menudo produce epidemias espectaculares, especialmente en los viveros y en las plantaciones. Se ha logrado un éxito relativo en el caso de las aspersiones con fungicidas aplicados para proteger los brinzales de los viveros, y en los estados norcentrales, en árboles de pino silvestre en las plantaciones de árboles de Navidad.



## **h) Muérdagos**

Los muérdagos son verdaderas plantas con semillas, siempre vivas perennes, que son parásitas en los troncos o en las ramas de los árboles o arbustos. Los muérdagos frondosos, o los llamados verdaderos, en realidad son semiparásitos y son muy conocidos en gran medida por sus usos ornamentales y sentimentales en la Navidad.

Ocurren sobre todo en los árboles de Latifoliadas, pero algunos de ellos crecen sobre algunas especies de coníferas, especialmente el enebro, el ciprés y el cedro de incienso. Abundan sobre todo en las regiones más cálidas y especialmente en el árido Suroeste.

El crecimiento parasitario de estas plantas diminutas da como resultado una extremada reducción del crecimiento en el huésped, pues ocasiona el desarrollo de excrecencias ramificadas anormales en la copa conocidas como *escobas de brujas*, marchitamiento del vástago guía y de las ramas, y muerte eventual del árbol. La dispersión local del parásito en el rodal ocurre mediante la expulsión convulsiva de semillas pegajosas a distancias de 12 metros o más. Los nuevos centros de infección aislados pueden establecerse cuando las aves transporten las semillas.

El manejo de los bosques afectados para reducir las pérdidas tiene por objetivo las medidas directas de control: remoción física de los árboles infectados o de sus partes mediante la poda, envenenamiento, quema o corta. Los tratamientos de los árboles para aserrío u obtención de postes están diseñados para incorporar la erradicación del muérdago enano con prácticas silvícola con el fin de obtener y retener los bosques libres de muérdago enano después de la cosecha. Para algunas áreas se han desarrollado programas de simulación por computadora, de tal manera que permitan a los silvicultores examinar varias alternativas para manejar los bosques infectados de muérdago enano y ayudarlos a decidir sobre el mejor tratamiento para satisfacer sus objetivos.

#### 1.4. De la influencia sobre la ocurrencia y desarrollo de enfermedades

Baxter, (1937) indica que el bosque es una comunidad dinámica de plantas y animales que interactúan en un ambiente constantemente cambiante. Sigue un desarrollo sucesional gobernado por las interacciones entre todos los organismos vivos y la localidad. Además, el sitio también cambiará con el desarrollo sucesional del bosque.

Durante el curso del desarrollo de un bosque también hay una sucesión de enfermedades. Estas pueden influir no solamente en la supervivencia inicial de los árboles individuales, sino también en el desarrollo posterior del bosque. Este principio de interacción dinámica del bosque y de su ambiente destaca uno de los principales conceptos que se relacionan con las enfermedades.

Una enfermedad no necesariamente resulta de la simple yuxtaposición de un *huésped susceptible* y un *patógeno virulento*; también debe haber un *ambiente favorable*. Además, ellos tienen que interactuar en relación con el tiempo. El triángulo de las enfermedades de huéspedes-patógeno-ambiente se da en un aspecto tridimensional cuando estos componentes se relacionan en el tiempo para formar una *pirámide* de enfermedad (Horsfall, 1977).

Continuos *esfuerzos* por hacer que la oferta de madera satisfaga la demanda, inevitablemente dan como resultado prácticas de manejo forestal más intensivas. Esto acarrea tanto peligros: como beneficios. El riesgo de enfermedades puede ser mayor por las crecientes lesiones de los árboles residuales o por los tocones en los bosques aclarados, que sirven como umbrales de infección para los hongos de la pudrición de la raíz. Por otra parte, en el manejo de turnos cortos, las medidas de salvamento o de prevención de enfermedades pueden dar como resultado mejor protección y menores pérdidas. Las operaciones silvícola pueden cambiar las interrelaciones de los componentes de la pirámide de enfermedades de manera que la probabilidad de enfermedad y la pérdida consecuente se vean favorecidas o disminuidas.

### 1.5. Complejos de enfermedades

Anteriormente se hizo referencia al concepto de que el bosque es una unidad dinámica en la cual los organismos interactúan bajo la influencia de un ambiente constantemente cambiante. A menudo, los árboles son afectados por varios factores de tensión que actúan a la vez o en una sucesión, de manera que a veces es difícil asignar prioridad a uno más que a otro como agente productor de enfermedades. De esta manera, las enfermedades pueden deberse a la acción de los agentes causales en conjunto. La actividad o el resultado de la actividad por un agente causal específico también puede modificarse por las influencias ambientales, de tal manera que la iniciación o desarrollo de las enfermedades puede ocurrir o no.

### 1.6. De los problemas de enfermedades en viveros forestales

Las plántulas están expuestas a una amplia escala de enfermedades no infecciosas e infecciosas. Es poco lo que se sabe de las enfermedades de las plántulas bajo condiciones forestales, pero las enfermedades de las plántulas en los viveros forestales, según se sabe, producen extensas pérdidas en todas las etapas a partir de la semilla almacenada, pasando por la siembra, hasta el trasplante. Las enfermedades de los viveros también presentan una amenaza para los bosques cuando las plántulas infectadas se plantan en áreas forestadas donde el patógeno todavía no ha existido previamente. El ejemplo más notable de esto es la introducción del royo ampuloso del pino blanco en América del Norte. Entre las más importantes enfermedades de las plántulas están el damping-off, la pudrición de la raíz, marchites del tronco y de la hoja, y royas del tronco (Peterson y Smith, 1975).

El *damping-off* es el problema patológico más importante que se produce en los viveros y es uno de los principales obstáculos para el cultivo de las plántulas de coníferas, aunque varias especies de Latifoliadas también son susceptibles a ella. Este es en realidad un grupo de enfermedades similares causadas por muchos hongos, siendo las especies más comunes *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, y *Phytophthora*. Los ataques tempranos, o damping-off de preemergencia, pueden matar la plántula antes de que salga del suelo. La infección de postemergencia ocurre exactamente

dentro de la línea del terreno o un poco abajo de ella: los tejidos del tallo ceden y la plántula se derrumba.

La *podrición de la raíz*, ya sea en una etapa inicial o tardía, es otro aspecto de la enfermedad y las plántulas pueden morir, aunque permanezcan de pie. Con frecuencia, el control se logra mediante prácticas de cultivo, pero el control químico, ya sea por aplicación de fungicidas protectores de la semilla o por fumigación del suelo, suele ser un requisito necesario.

### 1.7. Micorrizas

Por la importancia que se ha dado en este capítulo a los hongos patógenos como agentes causales de las enfermedades de los árboles de los bosques, se podría tener la impresión equivocada de que todos los hongos son dañinos. Afortunadamente éste no es el caso, y uno de los principales aspectos benéficos de los hongos saprofitos es su papel en la conversión de la planta muerta y de los restos animales al humus esencial de suelo forestal. Otro papel benéfico importante de los hongos es la formación de las *micorrizas*, asociación simbiótica del micelio de un hongo con las raíces alimenticias de una planta superior en la cual se desarrolla una clara estructura morfológica (HacsKaylo, 1971).

Las micorrizas se deben a la infección de las células de la corteza de las raíces cortas por un simbionte fungal. Se establece un parasitismo fisiológicamente balanceado en una relación que es mutuamente benéfica para el huésped y para el simbionte fungal. En el mundo vegetal es tan vigente esta asociación, que las plantas no micorrizales están resultando ser la excepción. Sin las micorrizas, la mayor parte de las plantas, incluyendo nuestras importantes especies forestales y de horticultura, no podrían sobrevivir en las comunidades biológicas altamente competitivas en hábitat naturales de suelos.

Las micorrizas benefician a la planta huésped porque aumentan la solubilidad de los minerales del suelo, mejoran el ascenso de los nutrientes minerales, facilitan el movimiento de los carbohidratos de una planta a otra e incluso protegen las raíces

alimenticias contra la infección de ciertos patógenos de la raíz. A su vez, el huésped suministra al simbiote fungal carbohidratos, vitaminas y factores de crecimiento.

El desarrollo micorrizal recibe la influencia de la historia previa de la localidad. La mayoría de los suelos forestales parecen tener suficientes poblaciones de simbioses micorrizales, pero hay localidades que están vacías de micorrizas y en las cuales no crecerán los árboles hasta que los suelos no hayan sido inoculados con hongos micorrizales. Tales sitios incluyen, por ejemplo, suelos tipo pradera, material superficial que se dejó después de realizar la minería por franjas, y los “sucios” artificiales que se utilizan a menudo para cultivar plántulas en recipientes.

### **1.8. De los principios del manejo de las enfermedades forestales**

Los “productos” que ofrece el bosque dependen de los objetivos de los manejadores y usuarios de la tierra. Los diversos objetivos pueden incluirse en el concepto general de *uso múltiple*, que abarca el uso de bosques para múltiples propósitos, incluyendo la madera, la fauna silvestre, la protección de cuencas, la recreación y otros. Con base en esto, el control de las plagas forestales podría iniciarse solamente cuando se pueda demostrar que la actividad de una plaga interfiere de manera significativa con los objetivos de manejo de un bosque determinado. El manejo de las enfermedades tiene que convertirse en un componente que se une cada vez en el amplio campo forestal.

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Cada vez se sustituye más el “*manejo de enfermedades*” por el “*control de enfermedades*”. El uso del término manejo lleva el concepto de un proceso continuo y supone que las enfermedades son parte inherente del ecosistema forestal que deben tratarse sobre una base continua. La finalidad del manejo de las enfermedades es reducir el daño o la pérdida de las enfermedades hasta niveles económicamente aceptables. También se da creciente importancia al concepto de *manejo integrado de plagas*, mediante el cual se examinan todos los aspectos de un sistema de plaga huésped para suministrar al manejador de recursos una base informativa sobre la cual tomar una decisión.

La mayoría de los métodos de control de las enfermedades forestales son de naturaleza preventiva, en vez de interesarse en la curación de los individuos enfermos, y se dirigen hacia la protección de la cosecha futura. También la mayor parte del control de las enfermedades forestales es indirecto en el sentido de que se realiza mediante ajustes en las prácticas de manejo forestal. Las medidas de *control directo* son aquellas donde los trabajos y gastos se hacen de manera específica y exclusiva para controlar una enfermedad determinada.

Debido a que la prevención de las enfermedades es el principio más importante en el control de las enfermedades forestales, la mayoría de las estrategias de control son *medidas de cultivo*, como la selección del sitio y de las especies, la elección de un turno adecuado, así como el empleo de una variedad de operaciones de mejoramiento del rodal, incluyendo aclareos, quemas o podas.

El objetivo supremo del manejo de las enfermedades forestales podría ser el desarrollo de modelos predictivos para los ecosistemas forestales, mediante los cuales las decisiones de manejo pueden tomarse de tal manera que rindan los máximos beneficios al productor, al consumidor y al público en general.

Varios de los agentes abióticos son causas de enfermedades de los árboles, incluyendo los extremos de humedad y de temperatura, exceso o deficiencia de nutrientes, así como

sustancias tóxicas en el aire o en el suelo. También la lesión mecánica puede ser causada por el granizo, el hielo, la nieve y las ventiscas; el daño causado por los rayos solares puede redundar en la muerte de los árboles individuales o incluso de árboles en grupos.

La mayoría de las enfermedades de los árboles forestales las causan diversos agentes bióticos, que incluyen virus, micoplasmas, bacterias, hongos, plantas parásitas superiores y nemátodos. Entre ellos, los hongos producen el mayor número de enfermedades, así como las máximas pérdidas totales.

Uno de los aspectos del manejo forestal intensivo es la reducción del gran impacto sobre el crecimiento causado por enfermedades. Debido a los impactos económicos y ambientales adversos causados por el mayor uso de los sustitutos de la madera, son importantes los programas para producir mayores cosechas de madera; y la reducción de las pérdidas por medio del manejo de las enfermedades en nuestros bosques representa un reto y una oportunidad para los ingenieros forestales.

Los nematodos parásitos de las plantas son gusanos microscópicos de gran importancia como las plagas de las cosechas agrícolas y ornamentales, sin embargo, es poco el conocimiento que se tiene de las enfermedades causadas por nematodos en los árboles forestales.

Los agentes causales más destructivos en las enfermedades en los árboles forestales son los hongos. Estos organismos por lo general se clasifican como plantas sin clorofila y con una estructura muy sencilla indiferenciadas en tallos, hojas y raíces. La unidad estructural básica de la mayor parte de los hongos es un filamento microscópico o tubo que contiene el citoplasma.

Un objetivo fundamental de la dasonomía es la producción de madera. Cuando los hongos toman como alimento la madera del fuste, las paredes celulares se deterioran dando como resultado cambios en el color y en la textura, así como en las propiedades físicas y químicas de la madera. Este proceso se conoce como descomposición o pudrición, y una pudrición de la madera es la descomposición primaria de ésta producida por una especie determinada de hongo.

Una de las más importantes pudriciones de la raíz en los bosques a nivel mundial la produce el hongo melifluo, o el hongo de la pudrición de la raíz del cordón de zapato, *Armillariet, (Armillaria) mellea*. Por lo general, la enfermedad alcanza su mayor gravedad en los árboles de vigor reducido. pero el hongo también puede atacar y matar a los árboles saludables.

Cuando los árboles mueren debido a diversos agentes como el fuego, derribamiento por vendavales, o ataques de insectos, la albura muerta se deteriora tan rápidamente que, dentro de pocos años, salvarlos puede no ser económicamente posible. En los árboles vivos, la albura es relativamente resistente a la pudrición, pero después que los árboles mueren, la albura es fácilmente susceptible a la invasión por los microorganismos y los insectos.

De la misma manera que en los árboles en pie en el bosque, pueden formarse *manchas y pudriciones* en la madera después de que se corta el árbol, durante el almacenamiento, secado y utilización. Tal deterioro produce extensas pérdidas, que implican valores económicos de cientos de millones de dólares anualmente. Gran parte del deterioro puede controlarse con técnicas preventivas relativamente sencillas en el manejo o uso de los productos.

Varios agentes causales, pero sobre todo una variedad de hongos, pueden producir la muerte de áreas relativamente localizadas de la corteza y tejidos de cambium sobre los fustes, ramas e incluso en las ramitas de los árboles. Estas lesiones se llaman “cánceres”, e incluso pueden ser causados por estímulos no relacionados como agentes no vivos; muchas de las enfermedades cancerosas más peligrosas tienen semejanzas importantes.

Las enfermedades del follaje en las Latifoliadas son numerosas, pero la mayor parte de ellas rara vez se consideran serias. Las enfermedades de las hojas son, sobre todo importantes cuando el resultado es una considerable defoliación o cuando la mayoría de las hojas son atacadas y dañadas de manera que se reduce su funcionamiento normal.



## CONCLUSIONES

- Los extremos de temperatura o de humedad pueden causar un daño directo a los árboles, debilitándolos de tal manera que quedan predispuestos al ataque de microorganismos.
- En décadas recientes, la contaminación del aire ha llegado a niveles tan altos, que ha surgido una grave preocupación por el daño extenso tanto a los bosques como a los árboles urbanos en la mayor parte de las regiones industrializadas del mundo.
- Las bacterias causan enfermedades en las especies de todas las familias importantes de las plantas superiores, pero pocas de ellas son las causas directas de enfermedades de los árboles forestales y de sombra.
- Las actividades de los hongos producen tanto la mortalidad como la pérdida en crecimiento al causar las enfermedades más importantes y numerosas de los árboles forestales. Estas enfermedades varían enormemente en las especies y en las partes afectadas del árbol, en los síntomas que producen, y el tipo de daño que causan. En consecuencia, sus efectos sobre el rendimiento forestal y su significado para el manejo forestal también son variables, en tanto que otros pueden ser factores limitantes en el crecimiento y manejo de una especie.
- En el futuro, a medida que el manejo forestal sea más intensivo y a medida que los árboles se cultiven con turnos más cortos, las pérdidas por pudrición pueden volverse un factor menos importante que lo que es actualmente.
- Las enfermedades cancerosas ocurren tanto en gimnospermas como en angiospermas, pero son más numerosas y de mayor significado en las Latifoliadas caducifolias.

## RECOMENDACIONES

- a) Manejar los bosques naturales con una adecuada práctica cultural para no crear un microclima adecuado para las enfermedades.
- b) Al hacer la cosecha de los bosques, tratar de no lesionar a las plantas que encuentran en los diferentes estratos, para no crear factores que conlleven a la proliferación de enfermedades.
- c) En los viveros forestales, se recomienda manejar las semillas sexuales y asexuales libres de enfermedades, para la obtención de plántulas sanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anon, F. (1977). The nation's renewable resources-an assessment. U.S.D.A. For. Serv., For. Resour Rep. N° 21.
- Baxter, D. (1937). Development and succession of forest fungi and Diseases in forest plantations. Univ. Of Michigan.
- FAO. (1990). Folleto. "Ejemplo de introducción de plagas forestales y sus impactos". [www.fao.org](http://www.fao.org).
- FAO. (2000). Manual de campo. Plagas y Enfermedades de Eucaliptos y Pinos en el Uruguay. Proyecto PCT/URU/3002. "Apoyo a la defensa y protección de las plantaciones forestales en el Uruguay.
- Haeskeylo, E. (1 971). Mycorrhizae. U.S.D.A. For Serv., Misc. Publ. N° 1189.
- Hepting, G. (1977). Ann. Rey. Phytopathol., 12, 432.
- Horfall, J. (1977). Plant disease An Advance Treatise. Academic Press, Nueva York.
- Owers, H. (1975). Fusiform rust: Forest survey incidence data and financial impact in the South. U.S.D.A. For Serv., Res. Pap. 127.
- Peterson, G. (1975). Forest nurse diseases in the United. States U.S.D.A. For Serv. N° 470.
- Ruele, J. (1973). Ann. Rey. Phytopathol., 11, 99.
- Seliskar, C. (1964). Virus and viruslike disorders of forest trees. FAO, Naciones Unidas.
- Shigo, A. (1973). Ann. Rey. Phytopathol., 11, 197.
- Smith, W. (1970). Tree pathology: A short introduction. Academic Press, Nueva York.