

Serie Técnica  
Manual Técnico N° 3

# Plagas y enfermedades forestales en América Central

## MANUAL DE CONSULTA

Publicación patrocinada por el  
Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA)  
CATIE-ROCAP 596-0117

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA,  
CATIE

Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido  
Área de Producción Forestal y Agroforestal  
Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple - MADELEÑA -  
Turrialba, Costa Rica, 1991

*Este "Manual" fue preparado bajo una consultoría patrocinada por el Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, Madeleña, del CATIE. El contenido técnico no necesariamente refleja el punto de vista del CATIE. El mismo es de la responsabilidad de los consultores, quienes recopilaron la información de campo, la procesaron y prepararon el presente Manual, de acuerdo a los términos de referencia de la consultoría.*

#### Consultores:

Luko Hilje Q. 1/  
Carlos Araya F. 2/  
Félix Scorza R. 3/  
Manuel Víquez C. 4/

---

Los consultores son miembros del Programa Interinstitucional de Protección Forestal, PIPROF, Costa Rica

1/ Entomólogo de la Universidad Nacional (UNA)  
2/ Fitopatólogo de la Universidad Nacional (UNA)  
3/ Agrónomo, de la Dirección General Forestal, DGF  
4/ Consultor forestal privado.

## PRESENTACION

Como consecuencia del apoyo que ha venido dando la investigación silvicultural a los países centroamericanos se ha experimentado, en los últimos años, un acelerado crecimiento del interés por el cultivo de árboles. Este interés es fácilmente observado a lo largo de las comunidades donde empiezan a aparecer bosquetes de distintas especies.

En este proceso, los Proyectos Leña y Madeleña, desarrollados por el CATIE en los países centroamericanos de 1980 a 1991, con el apoyo económico de ROCAP, ha incrementado este interés y ha aumentado el número de especies que hoy día están siendo utilizadas.

En este proceso de investigación han sido considerados los distintos aspectos que intervienen en el desarrollo de la silvicultura, para convertirla en una actividad productiva, capaz de competir con las actividades productivas tradicionales. En este sentido, el Proyecto Madeleña consideró como fundamental complementar los esfuerzos hechos en el campo de la silvicultura, con un estudio fitosanitario de las 14 especies calificadas como prioritarias. Este estudio abarcó el reconocimiento de plagas y enfermedades, presentes en los distintos estados del desarrollo de los árboles, desde la etapa de semillas y viveros hasta la etapa de bosques maduros.

Este campo de la investigación también es básico para garantizar el éxito de las inversiones que se realizan en el establecimiento de plantaciones forestales. Es sabido que en la medida que aumentan las poblaciones de una especie forestal, también aumenta el riesgo de la presencia de plagas o enfermedades que interfieren con la actividad.

La evaluación fitosanitaria realizada a nivel regional fue complementada con la preparación de una "Guía de Campo y un Manual de consulta de plagas y enfermedades forestales".

Se espera que estos dos documentos se conviertan en una herramienta de gran utilidad, tanto para el investigador que se dedica al estudio de plagas y enfermedades de especies forestales tropicales, como para el educador y el extensionista, en especial para este último quién es el que debe fungir como observador para atender las necesidades del productor.

Rodolfo Salazar  
Lider Proyecto Madeleña

## AGRADECIMIENTOS

Esta obra es el resultado del esfuerzo y la cooperación de muchas personas e instituciones; a todas ellas deseamos hacerles llegar nuestro agradecimiento; en especial, cabe mencionar a:

- Ronnie de Camino, Rodolfo Salazar y Hernán Rodríguez, funcionarios de CATIE, cuya confianza y apoyo incondicionales fueron fundamentales para culminar con éxito esta consultoría.

- Francisco Hodgson, quien a partir de material preservado, fotografías y varios textos de referencia trazó con exactitud y habilidad los dibujos que ilustran el texto.

- a George N. Agrios (Universidad de Gainesville, Florida), Francisco A. Ferreira (Universidad Federal de Vicosa, Brasil) y la editorial Academic Press, que permitieron que algunas ilustraciones de "Plant Pathology" y "Patología Florestal" se utilizaran como base para algunas de las ilustraciones de este manual.

- Oscar Araya, Hazel Zúñiga y Elsa Pérez, que mecanografiaron el texto.

- Marcela Arguedas y Luis Quirós, quienes contribuyeron significativamente con sus valiosos aportes desde PIPROF.

- Nuestros compañeros de trabajo, que nos brindaron apoyo constante e incondicional.

- Nuestras familias, que entendieron nuestro trabajo y aceptaron nuestras grandes ausencias durante todo este tiempo.

Los consultores.

## PREFACIO

*Muchos seres vivos suelen pasar desapercibidos para el hombre, a menos que interfieran con sus actividades o intereses. Durante los últimos años, con el establecimiento de plantaciones forestales más o menos extensas y homogéneas, en América Central han ido surgiendo problemas fitosanitarios de cierta relevancia, los cuales nunca antes se habían manifestado como tales.*

*En algunos casos, por efecto de la alarma y de la emergencia, se han aplicado soluciones drásticas como la tala in extenso, o la aplicación masiva de plaguicidas. Pocas veces se ha analizado con rigor y detenimiento el potencial dañino del organismo nocivo, el riesgo de expansión, el ámbito de hospederos, a fin de adoptar medidas menos radicales y costosas; esta situación puede caracterizarse en dos palabras: desconocimiento y desesperación.*

*¿Cómo superar el desconocimiento? ¿Cómo no desesperarse ante situaciones críticas? No hay respuestas fáciles, pero es preciso empezar a buscarlas. A partir de una orientación teórica adecuada, hay que observar, analizar, experimentar nuevas técnicas, y sistematizar experiencias a fin de contar con información útil que ayude a resolver los problemas de campo. Esto es, en gran medida, lo que hemos hecho en Costa Rica desde el año 1984, como miembros del Programa Interinstitucional de Protección Forestal (PIPROF), conscientes de que se dispone de poca información para enfrentar los problemas fitosanitarios de los viveros, plantaciones y bosques nacionales.*

*Cuando recibimos la oferta del Proyecto de Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA) para realizar una consultoría a nivel centroamericano que incluía la elaboración de una guía de campo y de un manual de consulta, sentimos cierta aprensión ante el alcance y la complejidad de la tarea propuesta. Pero pronto comprendimos la necesidad de llenar el inmenso vacío de información existente en la región; posteriormente, al visitar los países del área, confirmamos la urgente necesidad de producir material escrito en el campo de la protección forestal.*

*Con enorme satisfacción presentamos hoy la Guía de Campo y el Manual de Consulta, que en realidad constituyen una sola obra. La Guía se centra en 18 especies de árboles consideradas como prioritarias por MADELEÑA y tiene un enfoque de campo; permitirá al usuario identificar rápidamente a los agentes causantes de daños y conocer algunos aspectos generales de su biología y epidemiología. Sin embargo, en la práctica, resultará inseparable del Manual, que incluye información teórica más amplia, así como pautas para la inspección de plantaciones y para el combate de plagas y enfermedades en general. Creemos que la*

*información del Manual permitirá enfrentar con mejores criterios algunos problemas fitosanitarios nuevos, no contemplados en la Guía.*

*Es importante señalar que, sobre todo en la Guía, hay un sesgo muy marcado hacia los problemas fitosanitarios detectados en Costa Rica. Ello se debe a que este es el país sede del PIPROF, donde se ha estado recogiendo información continuamente durante seis años. En cambio, en los otros países de la región, sólo se dispuso de una semana para coleccionar muestras y además, por razones operativas, no se pudieron obtener formas identificables de gran parte del material que se dejó criando o cultivando en los laboratorios nacionales.*

*Debido a la reducida experiencia en protección forestal del área y a las dificultades operativas mencionadas, no fue posible hacer una obra más acabada y más madura. En tal sentido, tanto la Guía como el Manual deben ser considerados como textos preliminares que, en una edición posterior, deberán incorporar los conocimientos que se generen en los próximos años y aquellos que, por omisión involuntaria y lamentable, no fueron incluidos en esta. Por lo tanto, desde ya, el grupo consultor agradece cualquier información o sugerencia que nos hagan llegar, para enriquecer y perfeccionar estos trabajos. Entre nuestras expectativas más ambiciosas está el proyecto de establecer una red de protección forestal en la región que facilite el intercambio permanente de experiencias e información; esperamos que estos documentos actúen como catalizador para llegar a concretar esa empresa, tan importante para nuestros países.*

*Deseamos que el uso continuo y crítico de estos documentos, los cuales se publican en forma separada pero complementaria, ayude a superar el desconocimiento acerca de las plagas y enfermedades que afectan nuestros viveros, plantaciones y bosques y, con ello, a derrotar la desesperación, que nunca ha sido buena consejera.*

Los consultores

# CONTENIDO

CAPITULO I. AGENTES CAUSANTES DE DAÑOS . . . . .	1
1. INSECTOS . . . . .	3
A. Características generales . . . . .	3
B. Cómo reconocer los insectos de importancia forestal . . . . .	8
2. OTROS ANIMALES . . . . .	15
A. Acaros . . . . .	15
B. Moluscos . . . . .	16
C. Vertebrados . . . . .	17
3. HONGOS . . . . .	18
A. Características generales . . . . .	18
B. Importancia de los hongos . . . . .	19
C. Relaciones bióticas . . . . .	19
CH. Morfología . . . . .	21
D. Reproducción . . . . .	24
E. Habitat . . . . .	24
F. Supervivencia . . . . .	25
G. Diseminación . . . . .	26
H. Principales grupos taxonómicos . . . . .	27
Clase Oomycetes . . . . .	28
Clase Zygomycetes . . . . .	30
Clase Ascomycetes . . . . .	31
Clase Basidiomycetes . . . . .	33
Clase Deuteromycetes . . . . .	37
4. BACTERIAS . . . . .	41
A. Características generales . . . . .	41
B. Morfología . . . . .	42
C. Reproducción . . . . .	43
CH. Habitat . . . . .	43
D. Diseminación y supervivencia . . . . .	43



**CAPITULO III. NOCIONES GENERALES SOBRE EL  
COMBATE DE PLAGAS Y  
ENFERMEDADES . . . . . 83**

**1. MEDIDAS PREVENTIVAS . . . . . 85**

- A. Calidad del sitio . . . . . 85
- B. Selección del material a plantar . . . . . 86
- C. Cuarentena . . . . . 87
- CH. Medidas silviculturales . . . . . 90
- D. Tolerancia o resistencia genética . . . . . 97
- E. Detección y evaluación . . . . . 97

**2. MEDIDAS CURATIVAS . . . . . 98**

- A. Valoración del problema . . . . . 98
- B. Medidas de combate directo . . . . . 99

**3. MEDIDAS POSTERIORES AL COMBATE . . . . . 107**

- A. Cautela . . . . . 107
- B. Reincidencia . . . . . 107
- C. Reposición de material . . . . . 108
- CH. Modificación del ambiente . . . . . 108
- D. Reorganización de actividades . . . . . 108
- E. Evaluación de pérdidas y costos . . . . . 108

**CAPITULO IV. COMBATE MEDIANTE PLAGUICIDAS . 109**

**1. ASPECTOS BASICOS . . . . . 111**

- A. Nombres de los plaguicidas . . . . . 112
- B. Relación del plaguicida con el agente dañino . . . . . 112
- C. Dosis letales . . . . . 112
- CH. Toxicidad . . . . . 113
- D. Persistencia . . . . . 114
- E. Formulación . . . . . 114
- F. Compatibilidad . . . . . 114
- G. Cálculo de la cantidad a aplicar . . . . . 115
- H. La etiqueta . . . . . 116
- I. Atributos de un plaguicida . . . . . 116

2. CLASIFICACION DE LOS PLAGUICIDAS . . . . .	117
A. Naturaleza química . . . . .	117
B. Modo de acción . . . . .	121
3. FORMULACIONES . . . . .	123
A. Tipos de formulaciones . . . . .	123
B. Sustancias coadyuvantes . . . . .	127
4. EQUIPO DE APLICACION . . . . .	128
A. Artefactos portátiles livianos . . . . .	128
B. Artefactos remolcados por tractores . . . . .	130
C. Avionetas y helicópteros . . . . .	132
5. EFECTOS COLATERALES . . . . .	133
A. Efectos sobre animales benéficos . . . . .	134
B. Desarrollo de resistencia . . . . .	134
C. Intoxicaciones humanas . . . . .	135
CH. Fitotoxicidad . . . . .	136
6. PRECAUCIONES . . . . .	136
7. PAUTAS PARA EL USO DE PLAGUICIDAS . . . . .	137
A. Insecticidas . . . . .	137
B. Fungicidas . . . . .	140
C. Otros biocidas . . . . .	140
<b>CAPITULO V. METODOS Y TECNICAS PARA LA</b>	
<b>INSPECCION DE DAÑOS Y LA</b>	
<b>RECOLECCION Y PREPARACION DE</b>	
<b>MUESTRAS . . . . .</b>	<b>153</b>
1. INSPECCION EN EL CAMPO . . . . .	155
A. Síntomas y signos . . . . .	155
B. Evaluación del daño . . . . .	156

2. RECOLECCION DE MUESTRAS . . . . .	158
A. Selección de las muestras . . . . .	158
B. Embalaje o empaque . . . . .	161
C. Aislamiento o crianza en el laboratorio . . . . .	162
3. PREPARACION DE MUESTRAS . . . . .	165
A. Preservación o montaje . . . . .	165
B. Identificación . . . . .	168
4. FORMULARIO DE CAMPO . . . . .	169
<b>GLOSARIO . . . . .</b>	<b>175</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .</b>	<b>181</b>

# **AGENTES CAUSANTES DE DAÑOS**

## **CAPITULO I**

# AGENTES CAUSANTES DE DAÑOS

Tanto las plántulas y pseudoestacas en los viveros como los árboles establecidos en las plantaciones están propensos a ser afectados por una amplia gama de agentes dañinos, como animales (insectos, ácaros, moluscos, nematodos y animales vertebrados), hongos, bacterias, virus, plantas parásitas y factores abióticos.

Dado que tanto las características intrínsecas como los mecanismos de acción de cada uno de ellos varían considerablemente, es preciso conocerlos con cierto detalle, a fin de evitar los diagnósticos incorrectos y combatir los problemas fitosanitarios en forma precisa y eficaz.

## 1. INSECTOS

### A. CARACTERISTICAS GENERALES

Los insectos no sólo son el grupo de animales más numeroso (hay casi un millón de especies) y diverso en cuanto a habitats y hábitos, sino también el de mayor importancia económica, especialmente como plagas.

Algunos de ellos causan perjuicios considerables en el campo forestal, por lo que deben ser combatidos. Pero este combate debe basarse en un conocimiento adecuado de su morfología, fisiología, comportamiento y ecología; algunos de estos aspectos serán discutidos a lo largo de este Manual de Consulta.

#### a) Morfología general

En términos generales, los insectos adultos se distinguen de otros animales por las siguientes características: tienen seis patas y cuatro alas (unos pocos carecen de ellas y otros tienen sólo dos); el cuerpo está recubierto por una coraza más o menos dura, llamada exoesqueleto, que al igual que las antenas y las patas, está formada por segmentos individuales, unidos o articulados entre sí por membranas (Fig. 1).

Sin embargo, la morfología del cuerpo, las antenas, las alas y las patas varía mucho de acuerdo con los hábitos particulares de cada especie. Esta variación se da también en las formas inmaduras de los insectos como huevos, larvas, pupas y ninfas. Puesto que la forma de las antenas es de gran valor taxonómico, a continuación (Fig. 2) se presenta una clasificación de las mismas.

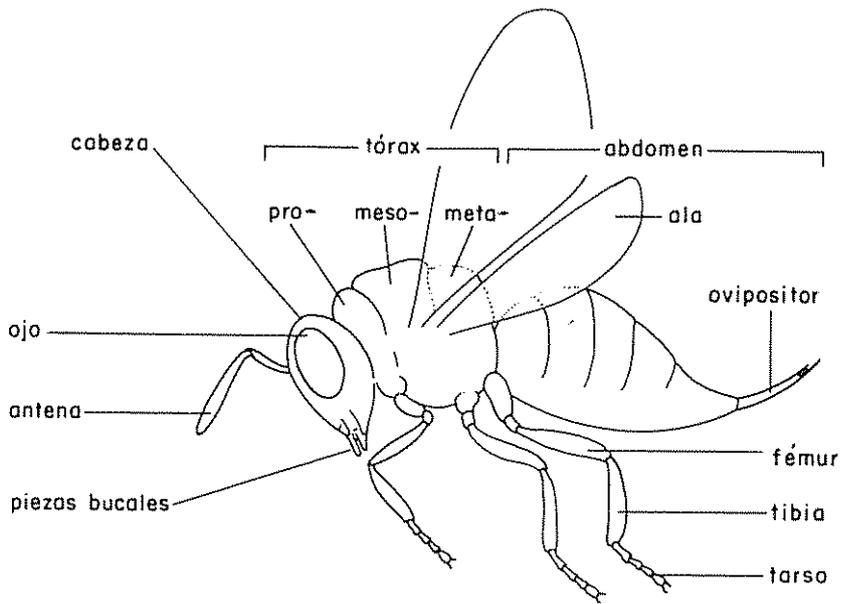


Figura 1. Partes corporales de un insecto.

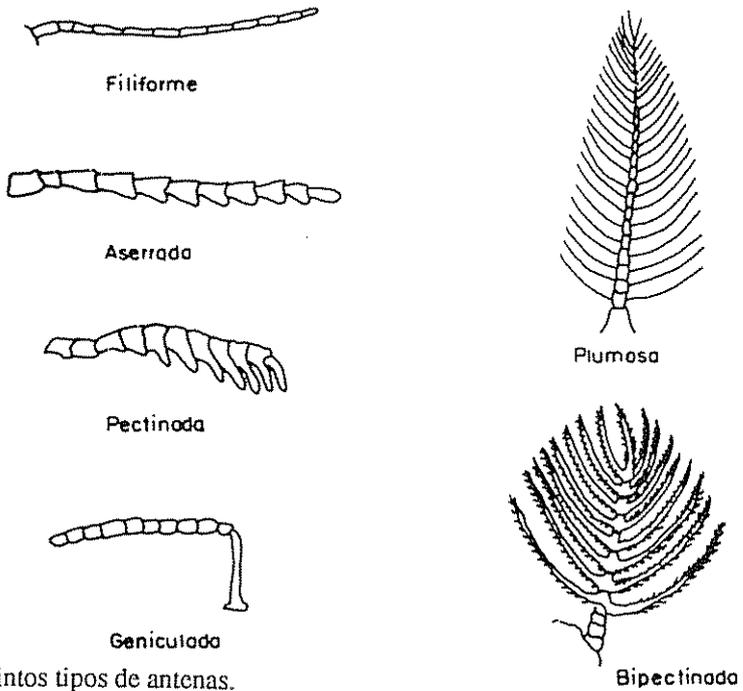


Figura 2. Distintos tipos de antenas.

## b) Tipos de metamorfosis

El término metamorfosis alude al cambio de forma que sufren los insectos durante su desarrollo, entre la etapa de huevo y la de adulto. Hay dos variantes o tipos de metamorfosis: la gradual y la completa, y todos los insectos que constituyen plagas forestales pasan por una de ellas.

En la metamorfosis gradual, la ninfa emerge del huevo y aumenta progresivamente de tamaño hasta convertirse en adulto (Fig. 3). Las ninfas se diferencian del adulto por sus alas, que son primordios o muñones y no les sirven para volar; además, no pueden reproducirse. En términos prácticos, lo importante es que las ninfas y el adulto tienen un aparato bucal similar, consumen el mismo tipo de alimento y, por lo general, viven en el mismo sitio, a veces en forma agregada o gregaria; es decir, que ambos estadios pueden dañar las plantas simultáneamente.

Los insectos de importancia forestal que exhiben metamorfosis gradual (llamada también hemimetabólica o paurometabólica, según diferentes autores) pertenecen a los órdenes Hemiptera, Homoptera, Isoptera, Thysanoptera y Saltatoria.

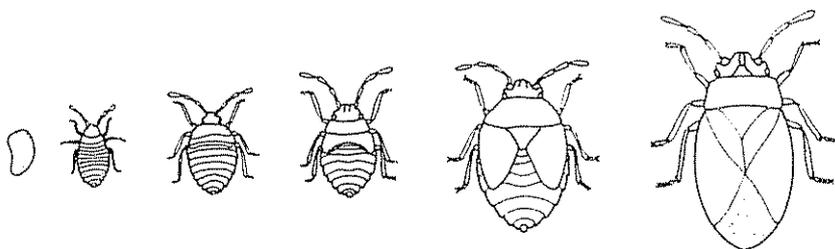


Figura 3. Metamorfosis gradual.

En la metamorfosis completa u holometabólica hay cuatro estadios morfológicamente diferentes que corresponden, en secuencia, al huevo, la larva, la pupa y el adulto (Fig. 4). Las formas activas son la larva y el adulto, pero por lo general tienen un aparato bucal diferente, consumen distintos alimentos y habitan en diferentes lugares. Entre los insectos de importancia forestal que sufren metamorfosis completa están los pertenecientes a los órdenes Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera y Diptera.

Las ninfas y las larvas sufren mudas o cambios de piel durante su crecimiento; el período comprendido entre dos mudas recibe el nombre de

**instar.** Así, cuando se habla de un instar larval V, se indica que la larva ya pasó la cuarta muda y pronto sufrirá la quinta.

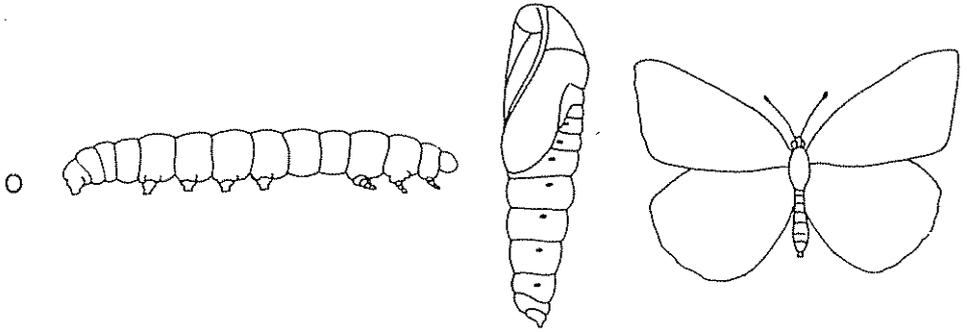


Figura 4. Metamorfosis completa.

### c) Tipos de aparatos bucales

El conocimiento del tipo de aparato bucal que presenta un insecto tiene gran importancia práctica no sólo porque permite determinar si cierto daño realmente ha sido causado por ese insecto, sino también porque el tipo de combate a emplear (especialmente en el caso de los insecticidas) depende de él.

Si bien el aparato bucal de los insectos presenta grandes variaciones, entre las plagas forestales pueden encontrarse cuatro tipos de ellos.

El aparato bucal más común es el denominado **masticador**; sus estructuras principales son las mandíbulas y las maxilas (Fig. 5), que le permiten al insecto cortar y comer hojas, yemas, brotes, plántulas y raíces, minar hojas y barrenar los brotes, las semillas, la corteza y la madera del árbol. Las larvas de mariposas y abejones, los adultos de abejones, hormigas y algunas abejas, las ninfas y adultos de comejenes o termitas, grillos y chapulines presentan este tipo de aparato.

El aparato bucal **perforador-chupador** tiene forma de aguja o estilete (Fig. 6) y permite al insecto extraer savia y agua de los tejidos suaves, como hojas, yemas, brotes y tallos jóvenes. Está presente en chinches, chicharras, cigarritas, saltahojas, áfidos o pulgones, piojos saltones y escamas.

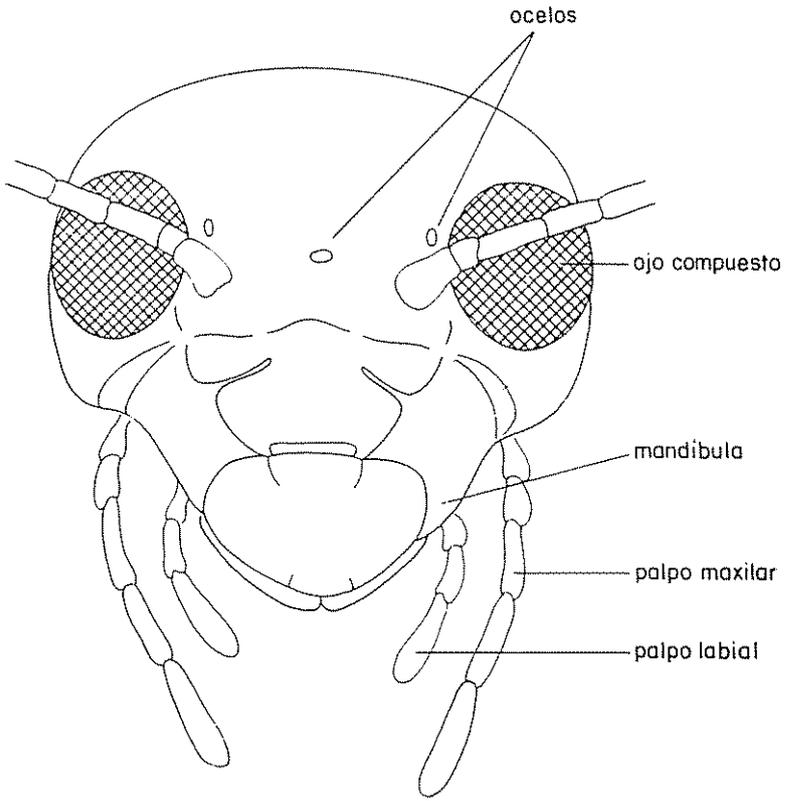


Figura 5. Aparato bucal de tipo masticador.

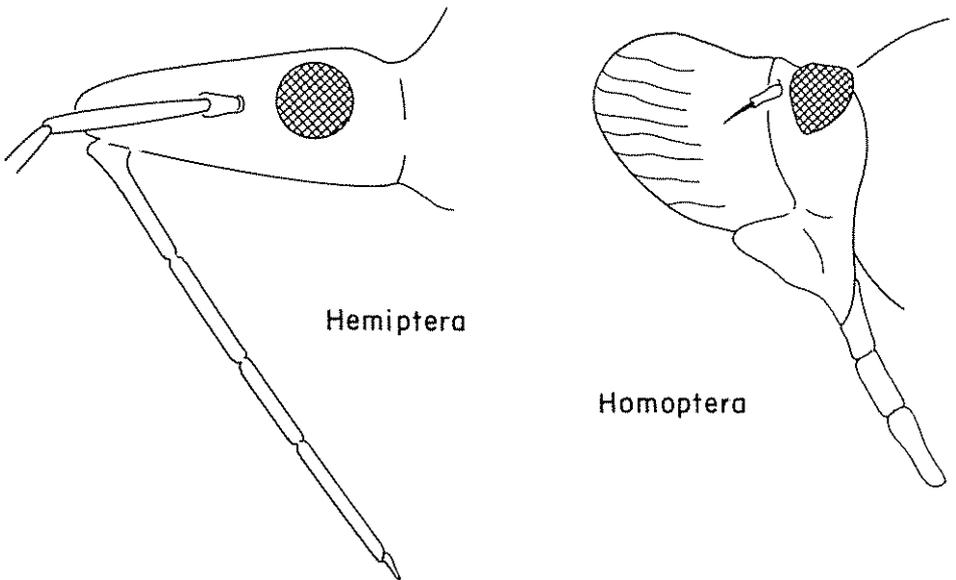


Figura 6. Aparato bucal perforador-chupador

El aparato raspador-chupador es una especie de híbrido entre los dos anteriores; tiene forma cónica (Fig. 7) y las mandíbulas son asimétricas. Sólo lo presentan los insectos del orden Thysanoptera, que agrupa a los "trips" o "piojillos". Estos insectos roen o raspan la lámina de las hojas y succionan la savia liberada al romperse los tejidos.

Finalmente, las formas adultas de las mariposas, polillas y palomillas no pueden provocar daños en las plántulas o en los árboles, porque su aparato bucal de tipo chupador-succionador (Fig. 8), adaptado para extraer el néctar de las flores, se los impide.

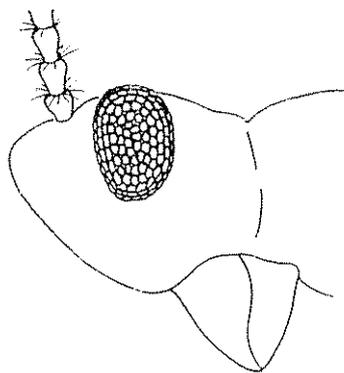


Figura 7. Aparato bucal raspador-chupador.

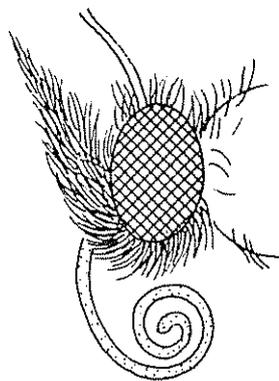


Figura 8. Aparato bucal chupador-succionador.

## B. COMO RECONOCER LOS INSECTOS DE IMPORTANCIA FORESTAL

Para facilitar su estudio, los insectos se han clasificado de acuerdo con ciertas características, especialmente morfológicas, que permiten establecer una escala jerárquica útil. En este Manual sólo se hará referencia a cuatro categorías jerárquicas: orden, familia, género y especie. Un orden es un conjunto de familias; una familia agrupa varios géneros, cada uno de ellos compuesto por varias especies. Por ejemplo, en América Central hay tres especies de hormigas zompopas, denominadas *sexdens*, *cephalotes* y *colombica*, las cuales pertenecen al género *Atta*; este género, con todos los otros géneros de hormigas, pertenece a la familia Formicidae, que en conjunto con Vespidae (avispa), Apidae (abejas) y

muchas otras, pertenece al orden Hymenoptera. El uso de nombres derivados del latín o del griego facilita la comunicación entre los científicos y los técnicos, independientemente de su lengua natal o de los nombres comunes dados a un mismo insecto en diferentes países.

En la actualidad hay cerca de treinta órdenes de insectos, pero sólo nueve de ellos incluyen especies que son plagas: Saltatoria, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Thysanoptera, Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera y Homoptera.

Por lo general, para identificar insectos se emplean claves dicotómicas, que son listas de características agrupadas por pares que permiten descartar posibilidades de manera progresiva, hasta dar con la identificación adecuada. Pero como para usarlas se requiere de aparatos ópticos algo complejos, como un microscopio estereoscópico, y no siempre se cuenta con ellos, aquí se presenta otra modalidad de clasificación, utilizable bajo condiciones de campo, y para cuya aplicación sólo se precisa una lupa.

A continuación se presentan esquemas para clasificar adultos y larvas, sólo al nivel de orden. En la Guía de Campo se destacan las familias, géneros y especies que son relevantes como plagas.

#### a) Reconocimiento de los adultos

Una manera sencilla de identificar o clasificar los adultos es hacerlo con base en la etimología u origen del nombre de cada orden y en el tipo de aparato bucal que presentan. El sufijo o partícula *ptera* (latín), es el plural de *pteron*, que significa ala.

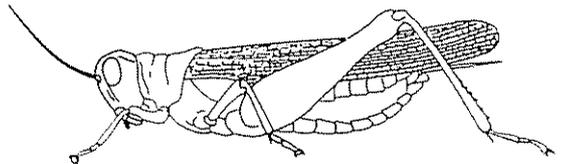
Con excepción de SALTATORIA (que alude a la habilidad para saltar que caracteriza a los grillos y los chapulines), todos los demás órdenes incluyen la partícula *ptera* en su nombre. El prefijo, por su parte, describe alguna cualidad de las alas; desde luego, esto no se aplica a los grupos ápteros (sin alas), como pulgones, escamas, ciertas castas de hormigas y comejenes y otros pocos casos.

---

**SALTATORIA** (saltator = saltar)

Grillos, chapulines, saltamontes.

Insectos con capacidad para saltar, gracias a las adaptaciones particulares del fémur y la tibia de sus patas posteriores.

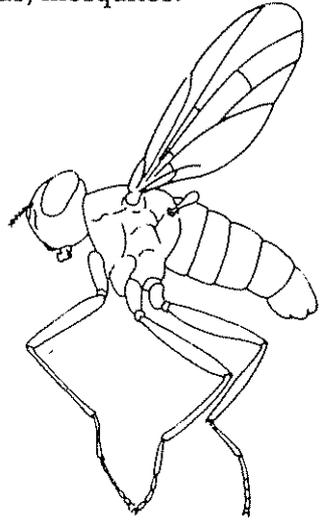


---

**DIPTERA** (di = dos)

Moscas, mosquitos.

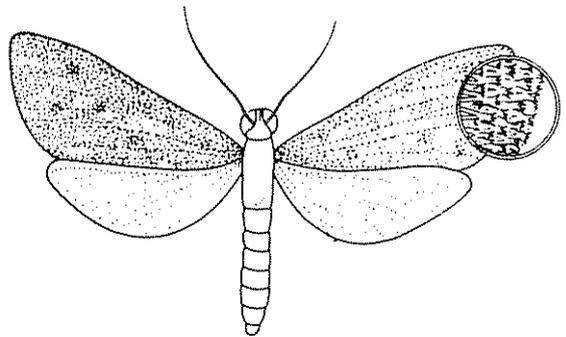
Insectos con un par de alas anteriores y con el par posterior reducido a halterios o balancines, que son unas estructuras diminutas, con forma de perilla. El aparato bucal exhibe formas muy variadas.



---

**LEPIDOPTERA** (lepidó = escama) Mariposas, polillas o palomillas.

Las alas casi siempre están recubiertas por escamas. El aparato bucal es una proboscis o espirotrompa (tubo con forma de espiral).

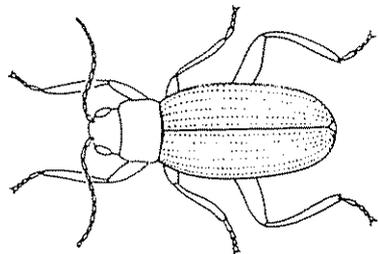


---

**COLEOPTERA** (coleo = duro)

Abejones.

El primer par de alas por lo general es grueso y duro, y no permite observar el segundo par. El aparato bucal es masticador.

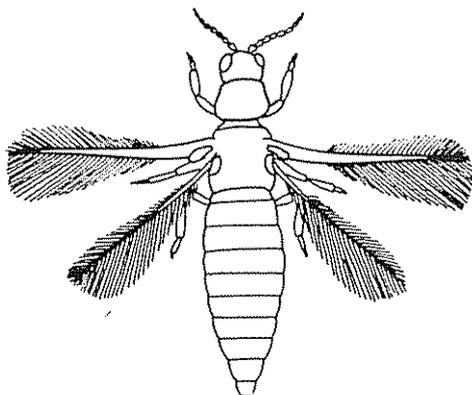


---

**THYSANOPTERA** (thysano = fleco)

Trips o piojillos.

Las alas son muy angostas y poseen flecos. El aparato bucal, que es raspador-chupador, tiene forma cónica. Son insectos diminutos; rara vez miden más de 5 mm de longitud.

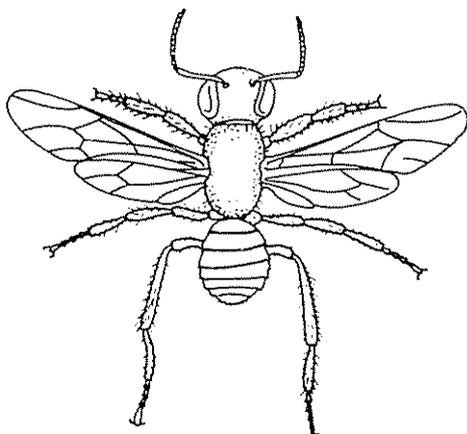


---

**HYMENOPTERA** (hymen = membrana)

Abejas, hormigas, avispas.

Las alas son membranosas y por lo general, transparentes. El aparato bucal es masticador, salvo en la abeja doméstica y en los abejorros.

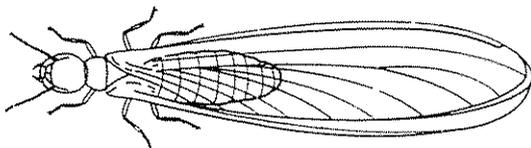


---

**ISOPTERA** (iso = igual)

Comejenes o termitas.

Ambos pares de alas son iguales. El aparato bucal es masticador. Viven en colonias y presentan diferentes castas, algunas de las cuales carecen de alas.

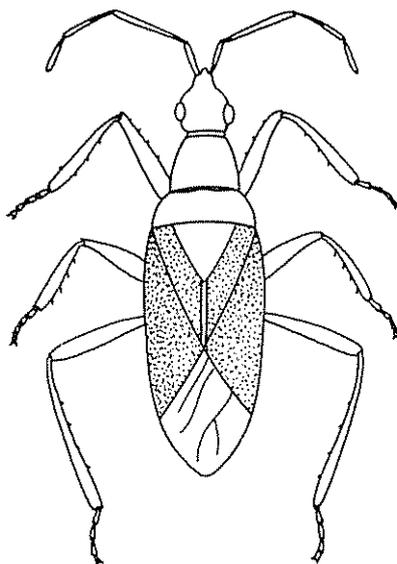


---

**HEMIPTERA** (hemi = media)

Chinches.

Las alas anteriores no son homogéneas; la porción terminal es membranosa y la basal es gruesa y sólida. Cuando el insecto está en reposo, las alas muestran una disposición horizontal, plana. El aparato bucal es perforador-chupador y surge del extremo anterior de la cabeza.

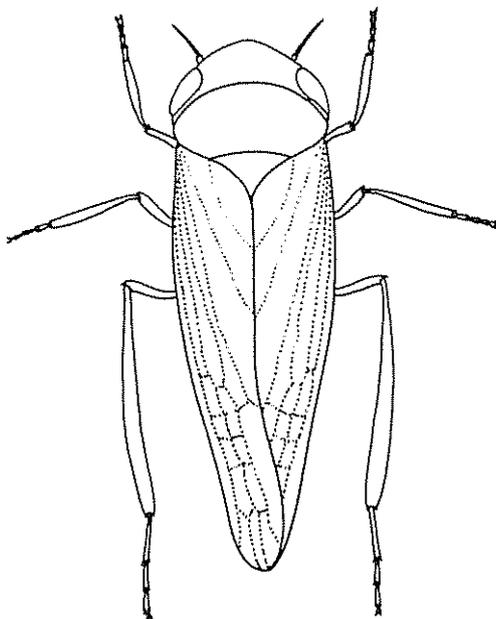


---

**HOMOPTERA** (homo = similar)

Chicharras, cigarritas, pulgones, piojos saltones, escamas.

Ambos pares de alas son homogéneos en toda su extensión. Cuando el insecto está en reposo, las alas muestran una disposición vertical, como un techo "de dos aguas". El aparato bucal es perforador-chupador y surge del extremo posterior de la cabeza. Algunos grupos, como los pulgones áfidos, presentan tanto formas aladas como ápteras; las "escamas" (hembras) exhiben una morfología muy curiosa, que impide distinguir las partes del cuerpo.



## b) Reconocimiento de las formas inmaduras

En este apartado se considerarán las larvas y las ninfas pero se omitirán los huevos y las pupas, por tratarse de estadios que son inactivos en el campo.

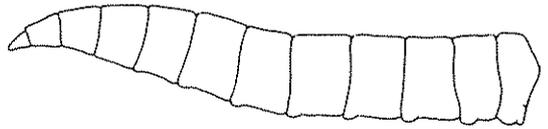
Por lo general el reconocimiento de las ninfas de Saltatoria, Thysanoptera, Isoptera, Hemiptera y Homoptera resulta sencillo. Si bien las características descritas para los adultos en cuanto a las alas no pueden aplicarse a las ninfas, las demás características sí son similares. En órdenes como Isoptera, Thysanoptera y en muchos Hemiptera y Homoptera, es común que las ninfas permanezcan cerca de los adultos, de modo que resulta fácil identificarlas por la asociación con ellos.

Las larvas de los restantes órdenes pueden identificarse rápidamente, de acuerdo con los siguientes criterios:

---

### DIPTERA

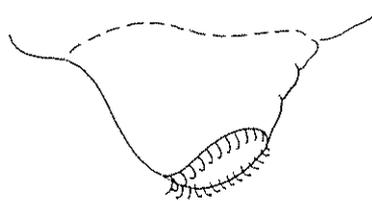
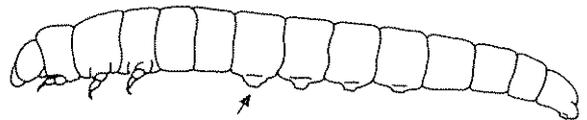
Larva sin patas ni pseudopatas, con la cabeza muy reducida y poco diferenciada y de consistencia suave. El cuerpo tiene apariencia puntiaguda por la parte anterior y roma por la posterior.



---

### LEPIDOPTERA

La larva, además de las seis patas normales o torácicas, presenta hasta cinco pares de pseudopatas o patas falsas, con una sola excepción: los "gusanos de montura" (Limacodidae). Las pseudopatas siempre presentan corchetes, con excepción de la familia Castniidae, que porta microespinas, y de Coleophoridae, que carece de ellos (pero que es reconocible porque envuelve su cuerpo en un capullo).

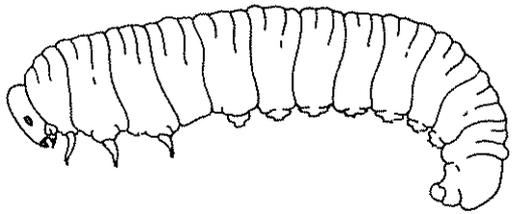


pseudopata

---

## HYMENOPTERA

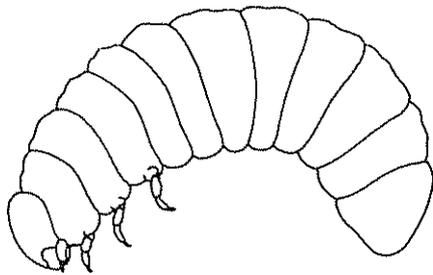
Las larvas son de formas variadas. Algunas de las más grandes que corresponden a insectos de importancia forestal, además de las seis patas normales exhiben más de cinco pares de pseudopatas, pero sin corchetes.



---

## COLEOPTERA

En este orden, la morfología de las larvas es tan variada que resulta muy difícil describir una larva típica, pero pueden identificarse por exclusión. Carecen de pseudopatas y a veces también de patas, y tienen una cabeza bien diferenciada, lo que las distingue de los otros órdenes.



## 2. OTROS ANIMALES

### A. ACAROS

Los ácaros o "arañitas" están relacionados con los insectos, por lo que también presentan apéndices segmentados y tienen el cuerpo cubierto por un exoesqueleto. Sin embargo, carecen de alas y antenas y tienen ocho patas (Fig. 9); en vez de mandíbulas y maxilas poseen quelíceros, los cuales están modificados para formar los estiletes utilizados en la alimentación.

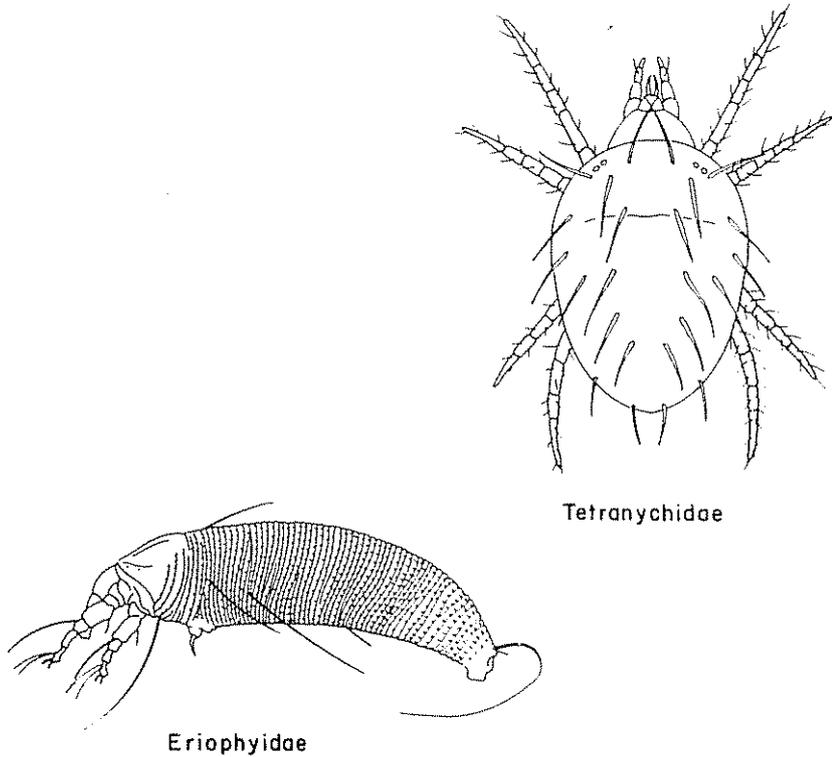


Figura 9. Acaros.

Los ácaros de importancia agrícola o forestal son artrópodos diminutos; rara vez miden más de 1 mm de longitud. Su ciclo de vida es complejo y comprende las etapas de huevo, larva (con seis patas), ninfa (*protoninfa*, *deutoninfa* y *tritoninfa*) y adulto. En ellos, es frecuente la partenogénesis.

Algunas especies se alimentan del follaje y de los frutos y también de partes subterráneas de las plantas, en forma expuesta o formando agallas. Para alimentarse, raspan los tejidos a fin de obtener savia; su actividad

puede provocar la aparición de diversos síntomas, como decoloración, amarillamiento, herrumbres o tonos bronceados, necrosis y caída de hojas, así como la deformación de hojas y frutos.

Las familias de mayor importancia como plagas agrícolas son *Tetranychidae*, *Tenuipalpidae*, *Tarsonemidae* y *Eriophyidae*, las cuales en el futuro podrían llegar a tener alguna relevancia en el campo forestal.

## B. MOLUSCOS

Los moluscos de importancia forestal son las "babosas", "ligosas", "lipos" o "chimilias" y algunos caracoles. Por lo general el daño es leve y se presenta sobre todo en los viveros.

Pertenecen a la clase Gastropoda, del phylum Mollusca. Tienen una cabeza bien diferenciada, con dos pares de tentáculos (en el par superior están los ojos y en el inferior los sentidos del olfato y del tacto), una masa carnosa o visceral grande y una extensa superficie basal o pie, que contiene músculos y glándulas mucosas que permiten el desplazamiento del animal (Fig. 10). En la boca tienen una especie de lima con pequeños dientes llamada rádula que les permite cortar y consumir hojas, tallos y frutos.

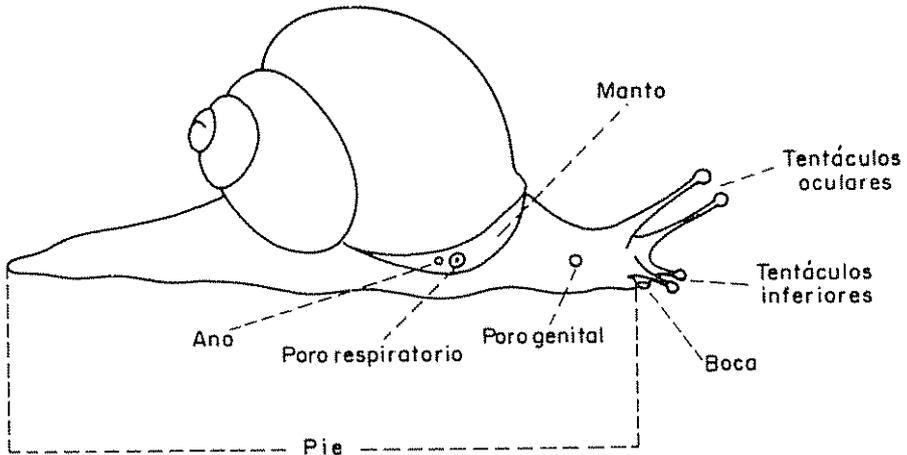


Figura 10. Caracol.

Los moluscos son hermafroditas (todo individuo tiene órganos masculinos y femeninos) y para copular, cada uno coloca su pene dentro

de la vagina de la pareja. Los huevos son depositados en grupos, en lugares húmedos sobre el suelo, bajo objetos o bajo tierra.

Tanto las babosas como los caracoles habitan sitios húmedos y oscuros, donde permanecen durante el día; salen de noche para alimentarse. El daño que provocan consiste en el consumo total de las plántulas y la destrucción total o parcial del follaje; en los frutos, pueden consumir grandes porciones o sólo dejar cicatrices. Su presencia es fácilmente detectable gracias a los rastros mucilaginosos y brillantes que dejan a su paso.

En América Central las babosas están representadas por las familias Limacidae y Veronicellidae. La primera presenta un poro respiratorio y un manto claramente visible; su extremo posterior es puntiagudo. Los géneros *Limax* y *Deroceras* pertenecen a la familia Limacidae. Los miembros de la otra familia no tienen poro respiratorio ni un manto visible externamente y su extremo posterior es menos puntiagudo; a ella pertenecen los géneros *Sarasinula*, *Belocaulus*, *Diplosolenodes* y *Leydula*.

## C. VERTEBRADOS

Los animales vertebrados de importancia forestal constituyen un grupo muy variado que incluye reptiles, aves y mamíferos.

El daño causado por los reptiles es ocasional, como ocurre con los "garrobos" (*Ctenosaura similis*) o los "cherepos" (*Basiliscus basiliscus*), que extraen las pseudoestacas de la melina y el laurel. Algunas aves, como los pericos y las loras (familia Psittacidae) consumen los frutos y/o semillas de ciertas especies de importancia forestal. Entre los mamíferos, los grupos más importantes son los roedores (orden Rodentia) y los conejos (orden Lagomorpha), aunque hay otros, como los "armadillos" (*Dasypus novemcinctus*), los "zaños" (*Tayassu tajacu*), los "puercoespines" (*Coendou mexicanum*), los monos "congos" (*Alouatta palliata*) y el venado colablanca (*Odocoileus virginianus*) que también pueden provocar daños de cierta importancia.

A continuación se presentan las características biológicas más notorias de los roedores y los conejos, que son los animales vertebrados más dañinos en la producción forestal.

El aparato bucal de los conejos es bastante parecido al de los roedores, pero puede distinguirse de el de ellos por la disposición de las piezas, que es diferente. En los conejos hay varios dientes molares o muelas, que están separados por un espacio vacío (diastema) de los dientes de la mandíbula inferior; los incisivos son seis, cuatro en la mandíbula

superior y dos en la inferior (Fig. 11). Los roedores, por su parte, tienen dos incisivos arriba y dos abajo.

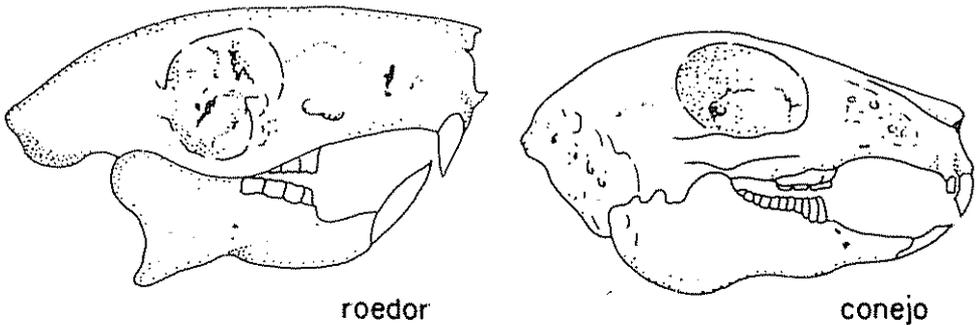


Figura 11. Cráneos de mamíferos.

Los incisivos de los conejos y de los roedores crecen durante toda su vida, por lo que deben desgastarlos continuamente; además, los incisivos están cubiertos por una capa de esmalte muy duro, y el uso permite mantener la punta aguda y filosa, parecida a un formón. Con frecuencia los conejos y algunos roedores, como las ardillas, las ratas y las taltuzas, destruyen materiales duros (madera, cemento, tuberías de plástico y plomo) para mantener recortados y afilados sus incisivos.

Algunos roedores, como las ratas y las taltuzas, no pueden distinguir los colores, pero tienen muy desarrollados los sentidos del olfato, del oído y del gusto.

Por lo general, los roedores y los conejos tienen una gran capacidad de locomoción y mucha agilidad; pueden correr, saltar, escalar y nadar rápidamente. Su dieta es muy variada y tienen un alto potencial reproductivo. Algunos de estos aspectos aparecen más detallados en la Guía de Campo.

### 3. HONGOS

#### A. CARACTERISTICAS GENERALES

Los hongos son un conjunto de organismos cuyo origen ha sido ampliamente discutido durante muchos años, especialmente cuando se consideran los habitats y formas de vida diferentes que presentan. Es el grupo más amplio de agentes capaces de provocar enfermedades en plantas de los más diversos grupos taxonómicos.

En la naturaleza existen aproximadamente 100.000 especies de hongos, de las cuales casi 8.000 son fitopatógenas y causan unas 80.000 enfermedades.

Los hongos constituyen un grupo de organismos bastante heterogéneo, que por evolución, ha adquirido características propias; sin embargo, a veces resulta virtualmente imposible definir los límites exactos del grupo. La definición más generalizada de los hongos afirma que se trata de organismos con un núcleo bien definido, que no pueden producir sus propios alimentos, se reproducen sexual y asexualmente y constan de un cuerpo vegetativo formado por filamentos ramificados que pueden compactarse para formar cuerpos reproductivos o estructuras de supervivencia. Obviamente, este es un conjunto de características comunes a la mayoría de los hongos, pero puede haber individuos que no reúnan todas las características mencionadas.

## B. IMPORTANCIA DE LOS HONGOS

Los hongos son importantes para el hombre no sólo por sus aspectos benéficos, sino por los perjuicios que causan a la silvicultura, la agricultura y también a la salud humana o animal. En el campo forestal, con frecuencia se han reportado pérdidas económicas importantes debidas a enfermedades provocadas por hongos en plantaciones, parques o trozas en los aserraderos. El daño causado por patógenos incluye reducción del crecimiento, pudrición, deformación, predisposición al volcamiento o al ataque de otras plagas e incluso la muerte del árbol.

Si bien resulta difícil cuantificar el alcance de los daños e incluso calcular las pérdidas económicas, se sabe de casos en que por causa de un patógeno se han debido eliminar totalmente algunas especies de árboles, especialmente de sombra y de ornato.

En Costa Rica se han reportado ataques de patógenos que provocaron casi un 100% de mortalidad en las plantaciones. En 1984, el tizón de la aguja de pino, causado por *Dothistroma pini*, afectó una plantación ubicada en Tilarán, provocando la pérdida del proyecto. *Pestalotia* sp. es un patógeno que en los últimos años ha afectado muchas plantaciones de ciprés. En viveros de eucalipto es enorme la pérdida de plantas por el ataque de *Cylindrocladium* o *Colletotrichum*. Esto demuestra la importancia que puede tener la presencia de hongos fitopatógenos en una región.

## C. RELACIONES BIOTICAS

En la relación de los hongos con sus hospederos vegetales se da una asociación en la que ambos organismos reciben beneficios y que se conoce con el nombre de simbiosis o mutualismo; el mejor ejemplo de simbiosis lo constituyen las micorrizas. En esta asociación, el hongo

micorrizógeno pone a disposición de la planta algunos elementos nutritivos y protege las raíces del ataque de patógenos y de otros factores externos; a cambio, el hospedero le brinda condiciones favorables para su crecimiento. Aunque esta es una asociación normal en las plantas, en el campo forestal la más conocida es la que se establece entre el pino y hongos como *Phisolithos tinctorius* o *Telephora terrestris*.

Otra forma de asociación es el saprofitismo. De acuerdo con su ubicación en el ecosistema del suelo, se distinguen dos grupos ecológicos de saprófitos: los habitantes del suelo y los habitantes de la rizosfera. Los primeros pueden crecer libremente en la suspensión del suelo y se alimentan de una amplia variedad de material orgánico muerto. Los segundos tienen poca capacidad competitiva con respecto a otros microorganismos del suelo, por lo que exhiben un crecimiento reducido; de ahí que prefieran crecer sobre materia orgánica en descomposición, como las raíces o las hojas que cubren el suelo.

En ciertas ocasiones, estos organismos saprófitos pueden provocar infecciones, lo que los coloca en la categoría de los **saprófitos facultativos**, una de las condiciones más importantes desde el punto de vista fitopatológico, en la que un organismo que normalmente no causa infección, se convierte en patógeno e invade tejidos sanos. La infección ocurre por la presencia de exudados radicales que estimulan el crecimiento e invasión del hongo en las plántulas o por otros factores que debilitan los árboles adultos y los vuelven susceptibles al ataque. Esta situación se presenta con frecuencia en el bosque natural y es la razón por la cual a veces aparecen árboles muertos sin ninguna causa aparente.

Desde el punto de vista de la patología vegetal, el nivel de asociación más importante es el parasitismo, en el que sólo se beneficia uno de los asociados. Los hongos parásitos también se pueden subdividir en dos grupos: los habitantes del suelo y los habitantes de la rizosfera. Los parásitos del primer grupo se caracterizan por tener una amplia gama de hospederos; prefieren atacar tejidos jóvenes o tiernos y son evolutivamente poco desarrollados. Los fitoparásitos pueden convertirse en saprófitos cuando la poca disponibilidad de alimentos les impide seguir parasitando; en este caso se les denomina **parásitos facultativos**. Esta condición es importante como forma de sobrevivencia del patógeno cuando carece de hospedero o las condiciones ambientales no son del todo favorables para su crecimiento. Los hongos *Pythium* spp., *Fusarium* spp. o *Rhizoctonia* sp., de amplia distribución en el suelo, que causan el "mal del talluelo" o pudrición de raíces en muchas especies forestales, son buenos ejemplos de este tipo de microorganismos.

El grupo de los parásitos habitantes de la rizosfera incluye hongos con un número más reducido de hospederos. Estos hongos se caracterizan por su habilidad para atacar hospederos en etapas más avanzadas de

desarrollo, con tejidos ya maduros; si no cuentan con las raíces del hospedero, el crecimiento en el suelo es muy restringido.

En el campo forestal sobresalen *Armillaria* spp., *Fomes* spp., *Ceratocystis* spp. y *Phellinus* spp., hongos que causan pudrición de las raíces y el fuste en árboles adultos. Estos parásitos también están adaptados a condiciones aéreas y pueden sobrevivir por un tiempo como saprófitos cuando el follaje cae o se erradica el hospedero.

Hay otros organismos patógenos, como las royas, que necesariamente deben cumplir su ciclo de vida en tejidos vivos; son los más evolucionados y muestran alta especificidad en cuanto al hospedero. Estos son los llamados **parásitos obligados**.

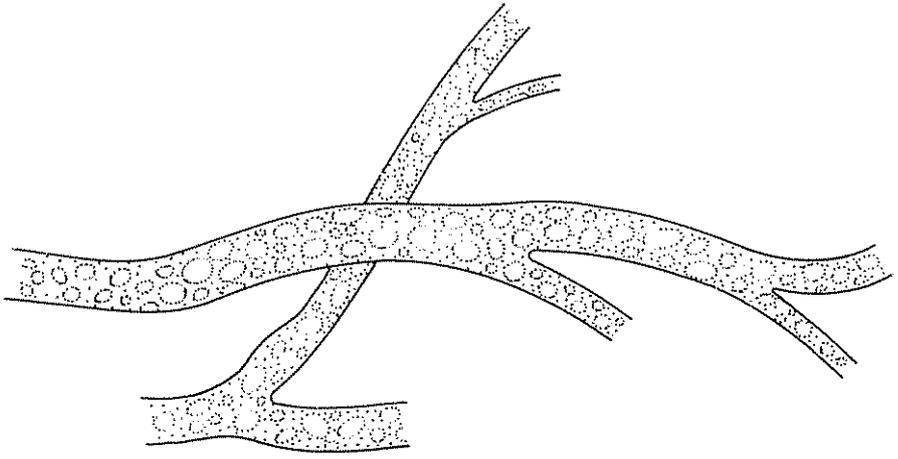
## CH. MORFOLOGIA

La fase somática o vegetativa de los hongos consiste en un conjunto de hilos o filamentos delgados, transparentes y ramificados, que crecen terminalmente. El crecimiento es radial sobre superficies sólidas, mientras que en medios líquidos adquiere forma de esfera; cada uno de estos filamentos recibe el nombre de hifa y el conjunto de hifas forma el micelio. El micelio se denomina cenocítico cuando el filamento es continuo (sin divisiones) y septado cuando presenta divisiones o septos (Fig. 12). Cualquier fragmento de hifa puede dar origen a un micelio que, en el campo, es capaz de iniciar la infección, avanzar hacia los tejidos internos del hospedero y extraer los nutrimentos necesarios para su desarrollo.

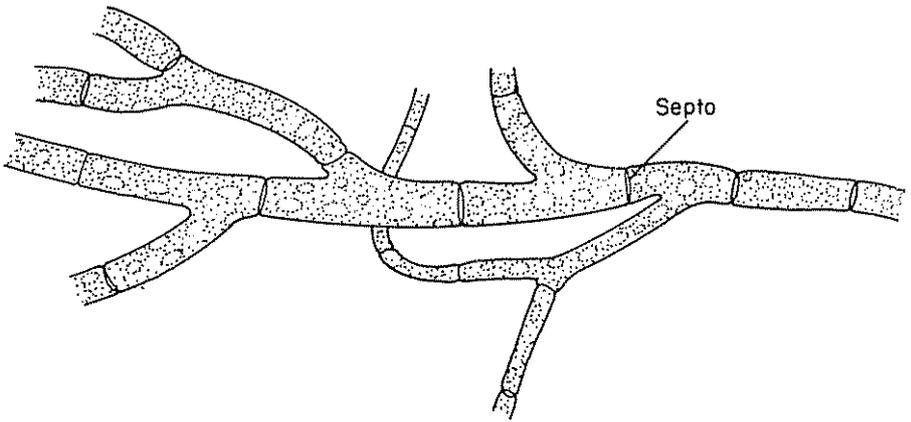
Durante el proceso de infección, las hifas crecen **entre** las células del hospedero, destruyendo la lámina media y alimentándose de las sustancias liberadas por las células destruidas. También hay un crecimiento **dentro** de las células, en el cual el hongo se nutre a través de prolongaciones de la hifa (haustorios) hacia el interior de la célula (Fig. 13).

Por efecto de la compactación, el micelio pierde su individualidad y forma estructuras como esclerocios o rizomorfos o cuerpos fructíferos micro o macroscópicos, como las "orejas de palo" y las setas u hongos "sombriilla".

Los **esclerocios** son estructuras duras de diferentes formas y tamaños, producidos por algunos hongos como medio de sobrevivencia cuando las condiciones ambientales son adversas. Los **rizomorfos** son hilos gruesos de micelio, cuyas hifas se han compactado para convertirse en unidades (semejantes a raíces) organizadas morfológicamente, que generalmente se localizan bajo la corteza y crecen como cordones sobre la superficie de la médula.

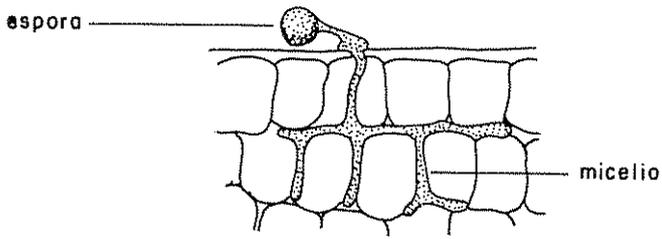


Micelio cenocítico

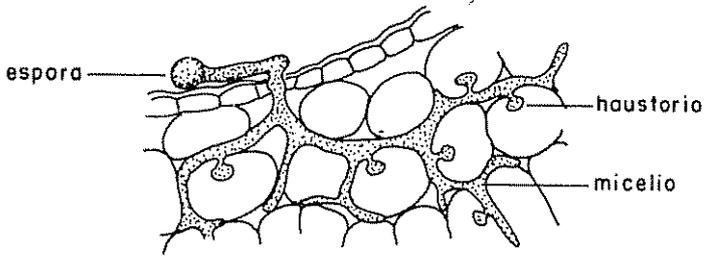


Micelio septado

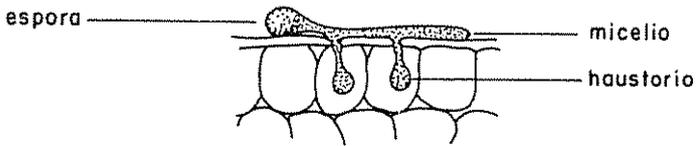
Figura 12. Tipos de micelio que producen los hongos.



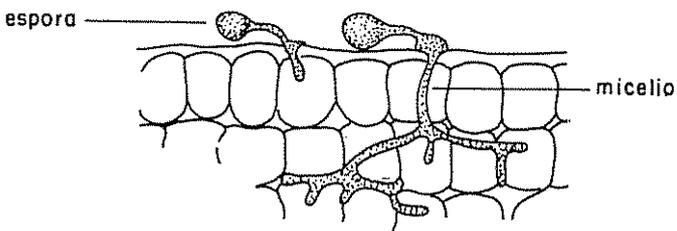
Micelio intercelular



Micelio intercelular con haustorio



Micelio superficial con haustorio



Micelio intracelular

Figura 13. Formas de penetración y avance del micelio en los tejidos del hospedero.

## D. REPRODUCCION

Los hongos se reproducen sexual y asexualmente. La reproducción asexual, que es la más utilizada, consiste en la producción de nuevos individuos genéticamente idénticos al organismo a partir del cual se originan. En un sentido amplio, incluye: 1) la partición del micelio en fragmentos con capacidad para crecer y formar una nueva colonia; 2) la escisión de células somáticas en dos nuevas células idénticas; 3) la gemación de células o esporas; 4) la producción de esporas a partir de estructuras especializadas o, simplemente, por modificación de las células del micelio; estas esporas asexuales se llaman **conidios**.

La reproducción asexual agiliza la propagación de las especies, porque produce un mayor número de individuos en menos tiempo. El ciclo asexual se puede repetir varias veces en una estación, mientras que el estado sexual se produce sólo una vez al año o cuando las condiciones del medio son favorables.

En el caso de los hongos del suelo, el principal mecanismo de reproducción es la fragmentación; por eso, es muy importante erradicar los focos de infección en los viveros y no mezclar el suelo contaminado con el de la cama de germinación o el del vivero, especialmente cuando es bancal.

## E. HABITAT

Se estima que la mayor concentración de hongos se encuentra en los primeros 20 cm de suelo y que un gramo de suelo seco puede contener hasta un millón de esporas o propágulos. Sin embargo, la población de un determinado microorganismo depende del material parental, de las especies arbóreas y de la cobertura del suelo; por lo tanto, los cambios en el medio implican cambios en la población de hongos.

Como todo organismo vivo, los hongos son influenciados por el ambiente que los rodea, el cual puede incluir microambientes que favorezcan o limiten su desarrollo. Entre los factores ambientales que más influyen sobre ellos están la humedad, la temperatura y las condiciones químicas y físicas del suelo.

El agua es absolutamente necesaria para los hongos. El agua libre afecta directamente el crecimiento del micelio, la disponibilidad de nutrientes y la acumulación de sustancias tóxicas. La humedad relativa afecta también el tamaño de la hifa, el grado de ramificación, la capacidad de esporulación y hasta el tipo de reproducción. La disponibilidad de agua varía de acuerdo con el tipo de suelo; los suelos arcillosos retienen más agua que los suelos arenosos.

La temperatura también es un factor muy importante. La mayoría de los hongos crece bien en temperaturas de entre 20-30°C; temperaturas inferiores a 2°C o superiores a 40°C inhiben su desarrollo. En las condiciones tropicales de los países de la región no es difícil encontrar los valores óptimos, a pesar de la oscilación diaria entre las temperaturas diurnas y nocturnas. En el caso de los patógenos no especializados, el efecto de la temperatura se siente sobre todo en el hospedero; si éste se encuentra en condiciones desfavorables, es más susceptible al ataque.

El estado físico y químico del habitat edáfico es otro factor que influye en el desarrollo de los hongos; los suelos arenosos son menos favorables que los arcillosos, que suelen presentar encharcamiento y tienen un alto contenido de humedad y de materia orgánica. El pH del suelo influye sobre la fisiología del hongo; estudios *in vitro* han demostrado que el pH óptimo para la mayoría de las especies está entre 5,0 y 6,5. Muchos hongos exhiben un ámbito relativamente amplio de tolerancia al pH; sin embargo, con valores de pH inferiores a 3 o superiores a 9 el crecimiento es escaso.

A veces, la aplicación de fertilizantes altera el desarrollo de la enfermedad al modificar el ambiente del suelo o provocar cambios en el crecimiento de la planta. El nitrógeno, por ejemplo, tiene diferente movilidad en el suelo e influye en el pH de la rizosfera; además, el exceso de fertilización nitrogenada predispone la planta al ataque de muchos patógenos.

En términos generales y a modo de síntesis, se puede afirmar que la población de hongos está determinada por la vegetación superficial, la competencia por alimentos, la interacción con organismos antagónicos, las propiedades físicoquímicas del suelo y el microclima aéreo y del suelo.

## F. SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia de los patógenos está íntimamente ligada al ciclo de vida del hospedero y a las condiciones ambientales prevalecientes. Se ha observado que patógenos del follaje o de las raíces de plantas anuales, cuyo sustrato es temporal, presentan ciclos de vida y períodos de incubación cortos; por el contrario, los patógenos de árboles, que disponen de un sustrato adecuado durante más tiempo, tienen ciclos de vida y períodos de incubación prolongados, a veces de años.

Los hongos que parasitan hospederos perennes están en una posición ventajosa, porque una vez establecido el hospedero se aseguran la sobrevivencia. Los patógenos de árboles maderables se mantienen dentro de los tejidos invadidos, en especial los destructores del fuste, como *Clytocybe*, o los productores de agallas, como la roya del pino, causada por *Cronartium ribicola*. Los hongos que causan el mildiu polvoso en eucalipto, como *Sphaeroteca pannosa*, sobreviven en las yemas o en los brotes del hospedero.

Los parásitos de plantas anuales no pueden sobrevivir en la misma forma, de modo que se aprovechan de las semillas para mantenerse de una estación a otra, o forman esporas de pared gruesa capaces de sobrevivir durante largos períodos, aún en condiciones desfavorables para el crecimiento del micelio o de la planta.

Los hongos que producen cuerpos fructíferos utilizan esas estructuras para sobrevivir. Los basidiocarpos, como las "sombrillas" y las "orejas de palo" son estructuras dentro de las cuales se pueden mantener las esporas durante períodos de tiempo más o menos prolongados. Organismos como *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* o *Botrytis cinerea* pueden formar esclerocios para sobrevivir en condiciones adversas. Los esclerocios son estructuras formadas por la compactación de micelio, que se condensa para formar cuerpos duros de diferente forma y tamaño. La humedad estimula la germinación de los esclerocios, que producen un nuevo micelio. Los rizomorfos también son una estructura de resistencia que forman algunos hongos; se trata de pequeños hilos de micelio agregado, en donde cada hifa pierde su individualidad y se comporta como una unidad.

No todos los hongos tienen la capacidad de producir esporas o estructuras de sobrevivencia. Algunos, en especial los que afectan las raíces, permanecen como micelio en los residuos de las plantas. Por lo general esta forma de sobrevivencia depende de la habilidad del patógeno para explorar posibles fuentes de alimento y de su agresividad ante otros microorganismos, algunos de los cuales pueden ser antagonistas.

## G. DISEMINACION

Una vez que el hongo ha alcanzado la etapa de reproducción produce una gran cantidad de esporas que deben ser diseminadas en el mismo hospedero o entre hospederos vecinos. La eficiencia de la diseminación depende de los medios utilizados por el hongo y de la densidad de hospederos alrededor de la fuente de inóculo (esporas).

El hecho de que haya muchas esporas para ser diseminadas no garantiza que el patógeno vaya a causar infección. En los bosques naturales, donde la composición de las especies es muy heterogénea, muchas veces el inóculo no logra depositarse sobre una superficie susceptible y la enfermedad no se establece en niveles epidémicos. Por el contrario, en plantaciones homogéneas, donde el patógeno encuentra suficiente tejido susceptible y a corta distancia, en poco tiempo consigue avanzar entre la población, convirtiendo la mayor parte de sus esporas en inóculo eficiente, independientemente del medio de diseminación que utilice, pues la probabilidad de encontrar tejido susceptible es muy alta.

En condiciones naturales hay varios mecanismos para la diseminación de las esporas, entre los cuales se destacan el aire, el agua, los insectos, el suelo y el hombre.

## H. PRINCIPALES GRUPOS TAXONOMICOS

En un esfuerzo por unificar criterios, en este Manual se ha adoptado la clasificación propuesta por ALEXOPOULOS y MIMS (1979) la cual, además de ser relativamente reciente, ubica a los hongos en un reino propio, el reino Myceteae. Por otra parte, a algunos grupos que se han mantenido unidos pese a mostrar evidentes diferencias, los clasifica en otros taxones con base en criterios más lógicos. Obviamente, sólo se mencionarán las clases u órdenes de interés en patología vegetal forestal.

División : MASTIGOMYCOTA  
Subdivisión : Diplomastigomycotina  
Clase : Oomycetes

División : AMASTIGOMYCOTA  
Subdivisión : Zygomycotina  
Clase : Zygomycetes  
Subdivisión : Ascomycotina  
Clase : Ascomycetes  
Subdivisión : Basidiomycotina  
Clase : Basidiomycetes  
Orden : Agaricales  
Aphylophorales  
Uredinales  
Subdivisión : Deuteromycotina  
Clase : Deuteromycetes  
Orden : Melanconiales  
Sphaeropsidales  
Moniliales  
Agonomycetales

Para facilitar la descripción se mencionarán únicamente las clases y sólo en casos excepcionales se considerarán los órdenes.

#### a) Clase Oomycetes

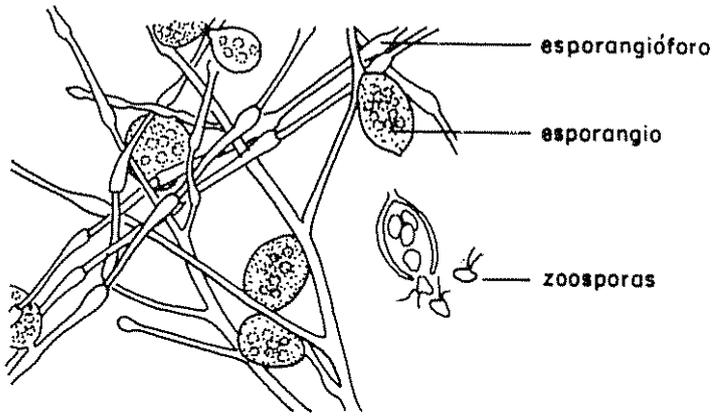
Las características de la clase Oomycetes (*oon* = huevo, *mykes* = hongo) son: micelio filamentosos, sin divisiones, ramificado, que crece abundantemente sobre el sustrato; produce esporangios y esporas con flagelos.

La mayor parte de las especies son acuáticas, parásitos de algas, animales u otras formas de vida acuática. Algunas especies han evolucionado adquiriendo la capacidad de actuar como parásitos de plantas superiores y utilizando el viento como medio para la diseminación de sus esporas o esporangios.

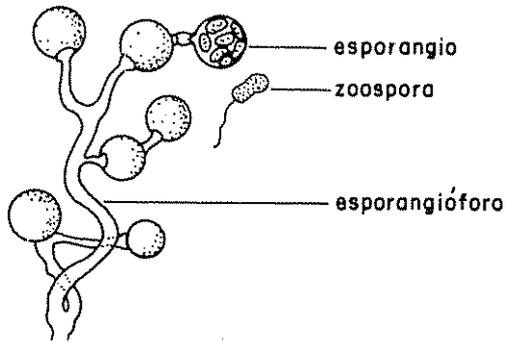
Las estructuras características de esta clase (y que se utilizan para identificarla a nivel de género) son el esporangióforo y los esporangios (Fig. 14).

Estos hongos se reproducen sexualmente por medio de heterogametangios; el anteridio (que actúa como gametangio masculino o donador) y el oogonio (que actúa como gametangio femenino o receptor) se unen para formar la oospora, que es la espora sexual. Esta cuenta con una pared gruesa, que le permite sobrevivir en el suelo o en residuos de cosecha durante períodos críticos. La reproducción asexual se realiza por medio de esporangios, los que pueden germinar directamente mediante la emisión de un tubo germinativo o indirectamente por rompimiento de la pared y liberación de zoosporas. La germinación indirecta exige temperaturas inferiores a 12°C y suficiente agua libre en el ambiente que rodea al esporangio (Fig. 15).

Entre los Oomycetes de mayor importancia fitopatológica están los géneros *Phytophthora* y *Pythium*, que provocan pudrición de raíces en condiciones de semillero o de vivero.



Phytophthora spp.



Pythium spp

Figura 14. Organos reproductores en dos géneros de la clase Oomycetes.

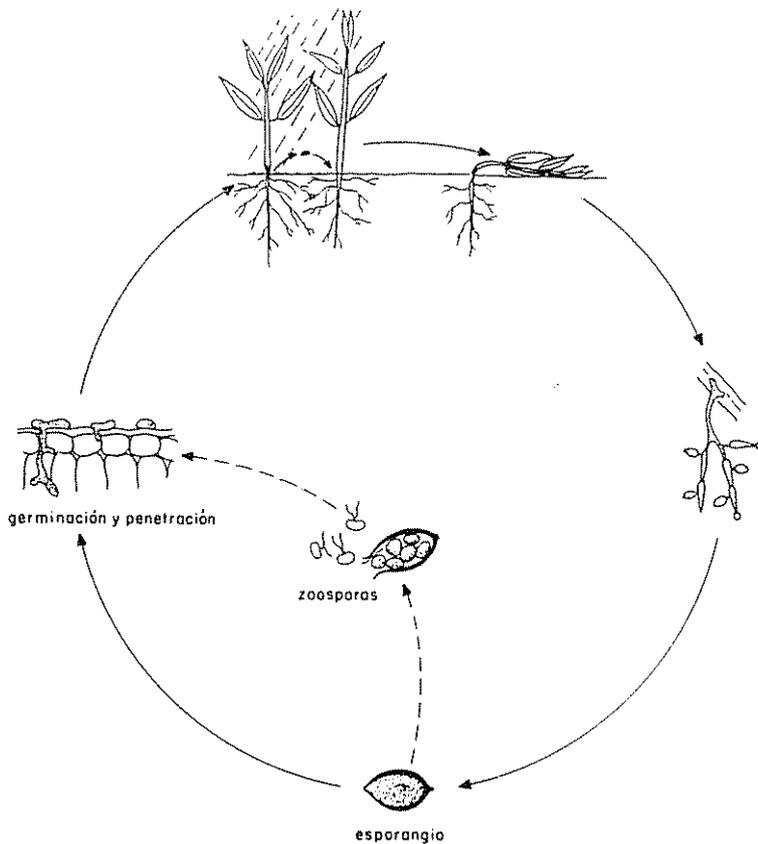


Figura 15. Ciclo de vida asexual de *Phytophthora*.

## b) Clase Zygomycetes

Los Zygomycetes (*zygos* = yugo o pieza de unión) son un grupo natural de hongos cuya principal característica es la producción de una espora de origen sexual llamada zigospora, que tiene una pared gruesa y se desarrolla dentro de un zygosporangio que, a su vez, es el resultado de la unión de diferentes micelios. La reproducción asexual ocurre por medio de esporangiosporas.

En este grupo se dan diferentes niveles de relación biológica; hay saprófitos facultativos y parásitos débiles de plantas.

Los géneros *Rhizopus* y *Mucor* están entre los más importantes desde el punto de vista fitopatológico. En el área forestal, estos hongos causan pudrición en semillas mal almacenadas. También aparecen con frecuencia enmascarando pruebas de germinación, pues recubren totalmente las semillas con un micelio grisáceo y una abundante producción de esporangios.

En cuanto a su ciclo de vida, *Rhizopus* presenta fase sexual y fase asexual (Fig. 16). El ciclo sexual se inicia con la unión de dos hifas compatibles que forman un septo de fusión, el cual se engrosa para dar origen al zigosporangio y luego a la zigospora, que es la espora sexual. La zigospora tiene una pared gruesa que le permite sobrevivir de una estación a otra en residuos de cosecha o en material vegetal en descomposición. La reproducción asexual se inicia con la ruptura del esporangio y la liberación y diseminación de las esporas (con ayuda del viento) que germinan para repetir el ciclo.

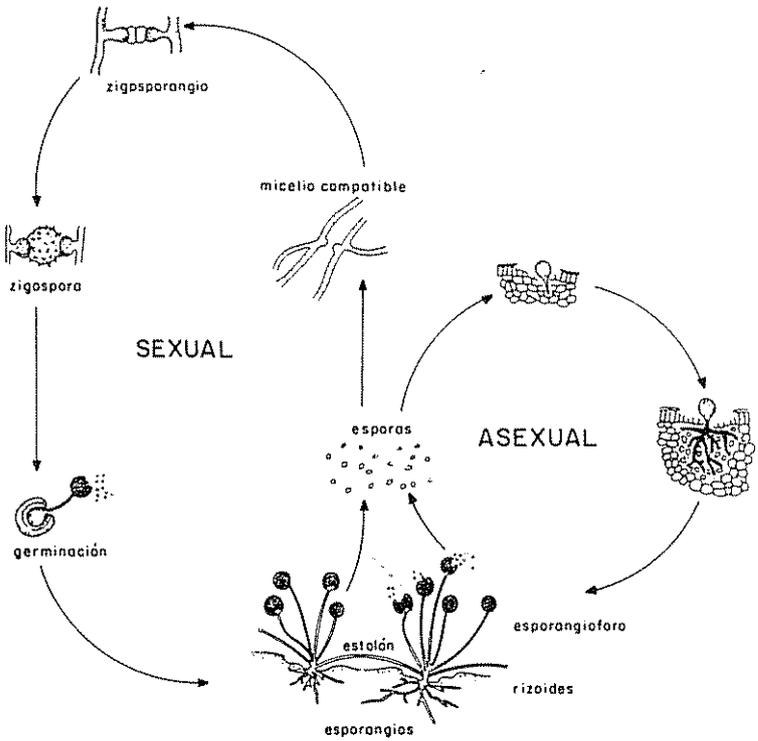


Figura 16. Ciclo de vida de *Rhizopus* sp.

c) Clase Ascomycetes

A partir de los Ascomycetes (*askos* = sacos), la estructura de los hongos se vuelve más compleja, dando origen a un grupo amplio y muy heterogéneo conocido como hongos superiores. La clase Ascomycetes incluye especies saprófitas o parásitas que ocupan habitats acuáticos o terrestres.

Esta clase se caracteriza por la producción de ocho esporas de origen sexual llamadas ascosporas. Las ascosporas se producen dentro de ascos formados en el interior de cuerpos fructíferos especializados o ascocarpos.

El micelio está formado por hifas tabicadas, bien desarrolladas, gruesas o finas y ramificadas. Presentan los dos tipos de reproducción: sexual o fase perfecta y asexual o fase imperfecta.

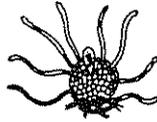
En relación con su ciclo de vida, la unión sexual es la fase más importante de un Ascomycete, porque lleva a la producción de ascas y ascosporas. Dos gametangios, conocidos como anteridio y ascogonio, que contienen uno o varios núcleos, se unen para formar un cuerpo fructífero con una gran cantidad de pequeños sacos que en su interior contienen las ascosporas, que son las esporas que identifican a la clase.

Los cuerpos fructíferos o ascocarpos son las estructuras básicas para la clasificación de los Ascomycetes. Las formas más comunes (Fig. 17) de los ascocarpos son: a) cleistotecio, completamente cerrado; b) peritecio, con forma de pera y un pequeño orificio en la parte superior; c) apotecio, abierto en forma de copa. Existen otras variantes, en las que no hay una estructura especializada para las ascas, sino que éstas se producen en los orificios internos de un estroma (ascostromas) o libremente, sobre la epidermis del hospedero.

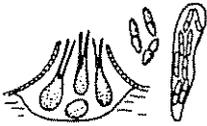


Erysiphe

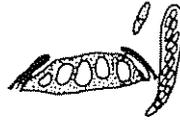
Cleistotecios



Sphaerotheca



Diaporthe

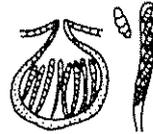


Scirrhia

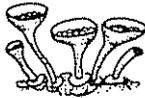
Peritecios



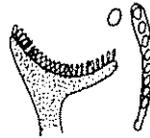
Botryosphaeria



Leptosphaeria



Apotecios



Sclerotinia



Lophodermium

Figura 17. Cuerpos fructíferos de la clase Ascomycetes.

#### ch) Clase Basidiomycetes

Los Basidiomycetes (*basidium* = pequeña base) constituyen una clase que incluye hongos muy variados, desde las microscópicas royas y carbones, hasta las grandes "sombrillas" y "orejas de palo". En cuanto a

parasitismo, los hay saprófitos con una amplia gama de hospederos, y parásitos obligados con alta especificidad, que afectan las plantas en el vivero, degradan la madera y destruyen el follaje. Algunos Basidiomycetes son importantes patógenos de árboles de sombra y de interés forestal.

Estos hongos se caracterizan por producir una estructura globosa llamada basidio y sobre ella cuatro esporas sexuales denominadas basidiosporas; el micelio está formado por hifas filamentosas. En general se considera que los Basidiomycetes son el grupo de hongos más evolucionado, debido a sus macroscópicos cuerpos fructíferos y a la especificidad mostrada por las royas.

De acuerdo con su importancia fitopatológica, se considerarán aquí tres órdenes: Agaricales, Aphylophorales y Uredinales.

**Orden Agaricales.** Es un grupo amplio que incluye los hongos conocidos como setas, con cuerpos fructíferos carnosos, a veces coriáceos, en cuyo interior se localizan las basidiosporas.

Estos hongos tienen una amplia distribución geográfica y características muy particulares; muchos son saprófitos del suelo que crecen sobre materia orgánica en descomposición, pero también pueden destruir raíces y madera; otros son explotados comercialmente como alimento humano y no pocos son venenosos o alucinógenos.

Las micorrizas también pertenecen a este grupo; se trata de una asociación simbiótica entre las hifas de algunos hongos y las raíces de las plantas, de la que se benefician ambos organismos. El hongo micorrizógeno mejora la absorción de minerales de la planta hospedera, la protege de patógenos radicales y le proporciona hormonas de crecimiento. A cambio de ello, el hongo recibe carbohidratos y otros factores de crecimiento. Las micorrizas pueden ser endomicorrizas o ectomicorrizas, según su ubicación en los tejidos radicales del hospedero.

En cuanto a su ciclo de vida, la reproducción sexual es más compleja que la de las clases anteriores. La mayoría de las especies exhibe heterotalismo. Dos núcleos compatibles se unen por fusión de las hifas y luego emigran hacia la periferia del basidio, donde se forman las papilas que después de absorber los núcleos, forman las cuatro basidiosporas típicas de la clase, en medio de las laminillas del basidiocarpo.

Todo este proceso se cumple dentro del cuerpo fructífero o basidiocarpo, en cuyo estado maduro se pueden reconocer las siguientes partes: píleo, escamas, laminillas, anillo, estípite o pie y volva (Fig. 18).

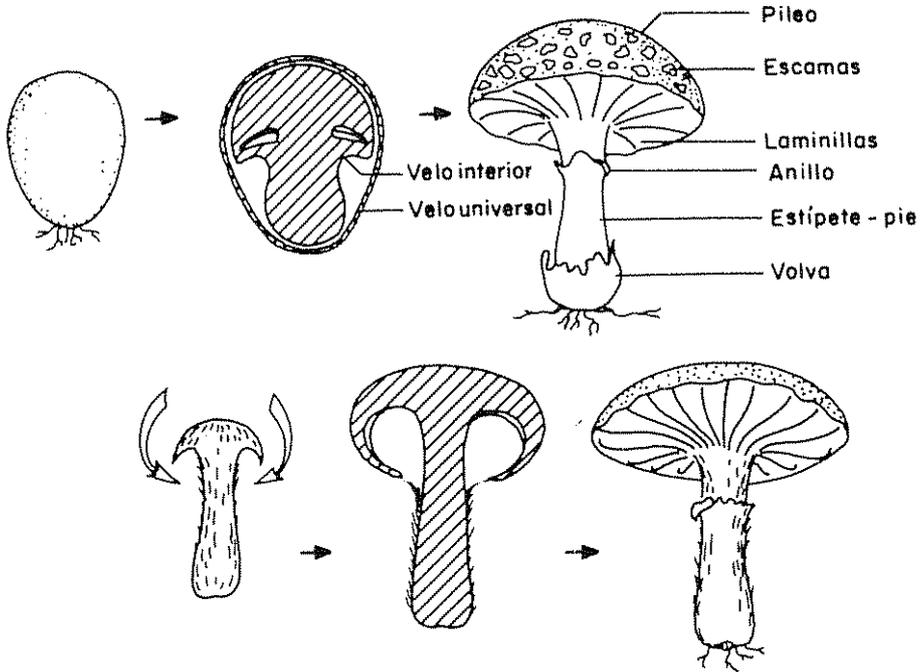


Figura 18. Secuencia de las formas de desarrollo de un basidiocarpo tipo sombrilla, y diagrama del mismo en estado adulto.

**Orden Aphyllophorales.** Este orden fue clasificado originalmente como Polyporales. Produce diferentes tipos de basidiocarpos, pero los más comunes son los de forma de "oreja de palo" que se encuentran sobre árboles muertos o en proceso de muerte; tienen una consistencia dura y coriácea y presentan diferentes formas, colores y tamaños. Los cuerpos fructíferos son masas miceliales compactas con miles de poros que contienen en su interior los basidios y las basidiosporas (Fig. 19).

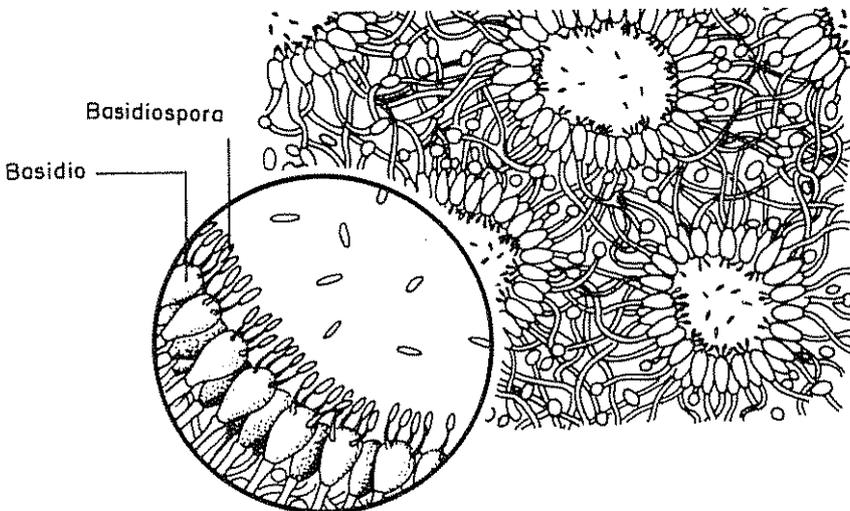


Figura 19. Corte transversal de un basidiocarpo coriáceo.

Este orden comprende organismos del suelo y patógenos de la madera. Algunos son parásitos de árboles de sombra y de interés forestal, a los que causan pudrición de las raíces y de la médula; pero la mayoría son saprófitos que desempeñan una importante función en la naturaleza como degradadores de madera y residuos de plantas.

**Orden Uredinales.** Comprende todos los hongos causantes de royas. Hay cerca de 4.000 especies de royas, que provocan cuantiosas pérdidas en muchos cultivos alimenticios y en especies forestales. Las royas atacan hojas, tallos, partes florales y frutos; el órgano afectado presenta pústulas o manchas polvosas en colores que van del blanco al rojo ladrillo. En algunos casos, forman agallas en el tejido infectado. Son hongos con alta especialización, que sólo atacan los hospederos específicos para cada género, además de que son parásitos obligados.

Su ciclo de vida es complejo y comprende cinco estados, en cada uno de los cuales se produce una espora. No todos los Uredinales pasan por los cinco estados; en algunos casos sólo se les conocen dos o tres. En los casos en que el ciclo es completo se requiere la presencia de dos hospederos, uno alterno y otro principal. No siempre el hospedero principal es un árbol de importancia económica; en algunas ocasiones, los papeles se invierten, mientras que en otras, ambos hospederos tienen interés para el hombre.

Los cinco estados del ciclo de vida de las royas son:

- Estado 0: Espermacios e hifas receptoras en una estructura llamada picnio.
- Estado I: Aecio. Esta estructura se produce en el envés de la hoja.
- Estado II: Uredo. Produce uredosporas. Es el estado repetitivo de las royas y el más importante en la diseminación de la enfermedad, pues la uredospora puede reinfectar el hospedero principal (Fig. 20).
- Estado III: Telio. Produce las teliosporas, que son las esporas de pared gruesa que se utilizan para clasificar a las royas (Fig. 20).
- Estado IV: Basidio. Es el estado distintivo de la clase, en el que se producen las basidiosporas.

Cuando el patógeno completa los cinco estados de su ciclo de vida se dice que la roya es *macrocíclica*. Si el estado II no se produce, la roya se conoce como *demicíclica*; cuando faltan los estados I y II, la roya se denomina *microcíclica*.

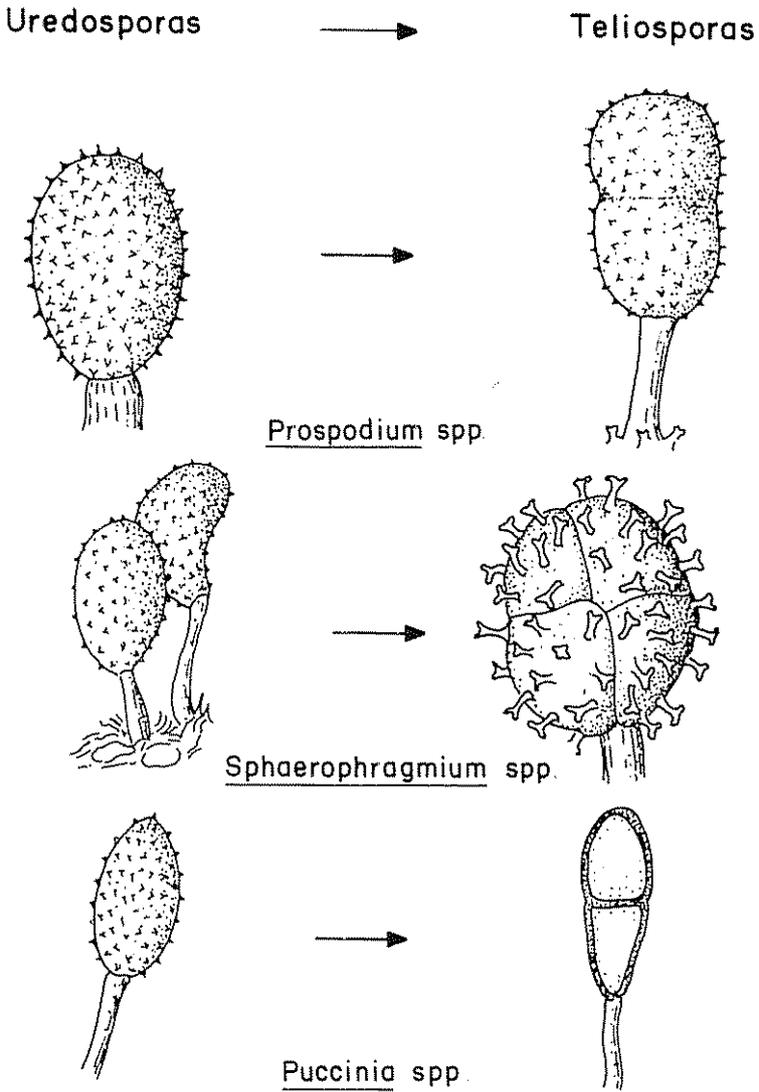


Figura 20. Uredosporas y teliosporas de diferentes géneros de royas.

#### d) Clase Deuteromycetes

En esta clase se agrupan aproximadamente 15.000 especies con reproducción asexual; no se presenta la reproducción sexual porque posiblemente ha sido perdida durante la evolución, porque no se conoce, o tal vez porque ni siquiera existe; por esta razón son llamados hongos imperfectos.

En ocasiones, cuando se ha logrado descubrir la fase sexual de algunos de los géneros imperfectos (ya sea en condiciones de laboratorio o

en el campo), esta, en la mayoría de los casos, ha correspondido a géneros de la clase Ascomycetes. En pocos casos la fase perfecta ha correspondido a un Basidiomycete.

Estos hongos poseen micelio septado y producen esporas asexuales llamadas conidios, que se forman en el extremo apical o lateral de una célula esporogénica localizada en el conidióforo. Tanto el conidio como el conidióforo son muy variables en cuanto a forma, tamaño, color, ramificación y al modo en que se producen. Debido a ello, estas dos estructuras son básicas para la identificación de los Deuteromycetes (Fig. 21).

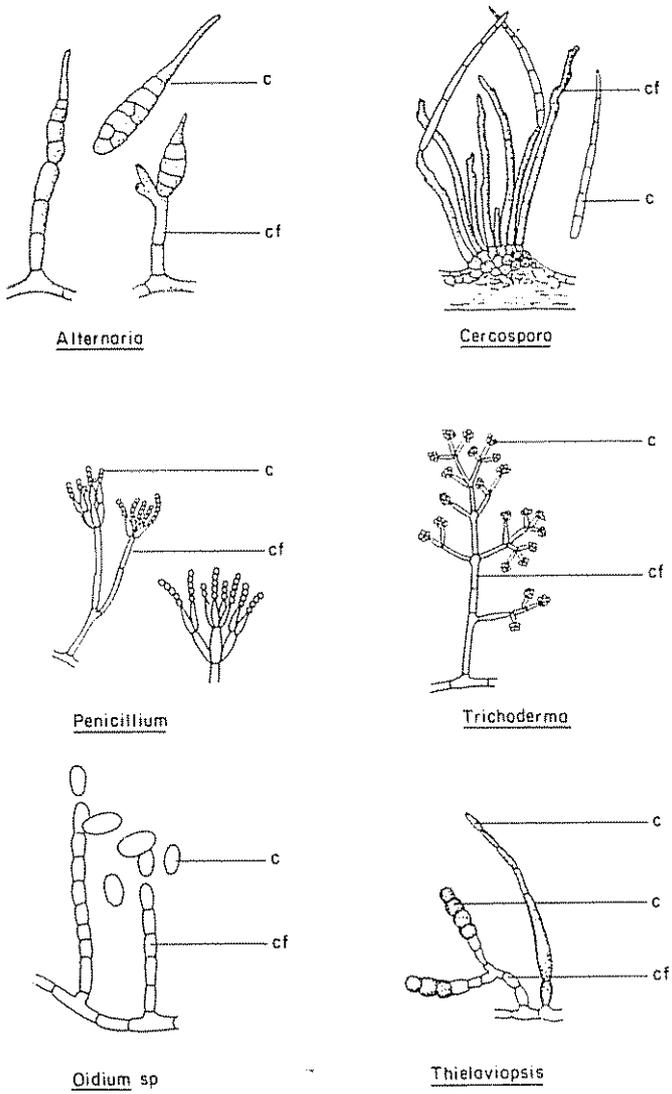


Figura 21. Conidios (c) y conidióforos (cf.) de Deuteromycetes.

La mayoría de los Deuteromycetes tienen un hábitat terrestre, aunque hay unos pocos acuáticos; pueden ser saprófitos o parásitos de plantas, animales y humanos. Se multiplican por fragmentos del micelio o por conidios.

La clase Deuteromycetes tiene cuatro órdenes:

**Orden Melanconiales.** Este orden se caracteriza por la producción de conidios en acérvulo, que es una estructura en forma de cojín ubicada bajo la epidermis o la cutícula del hospedero, que se rompe cuando los conidios maduran para permitir su diseminación (Fig. 22).

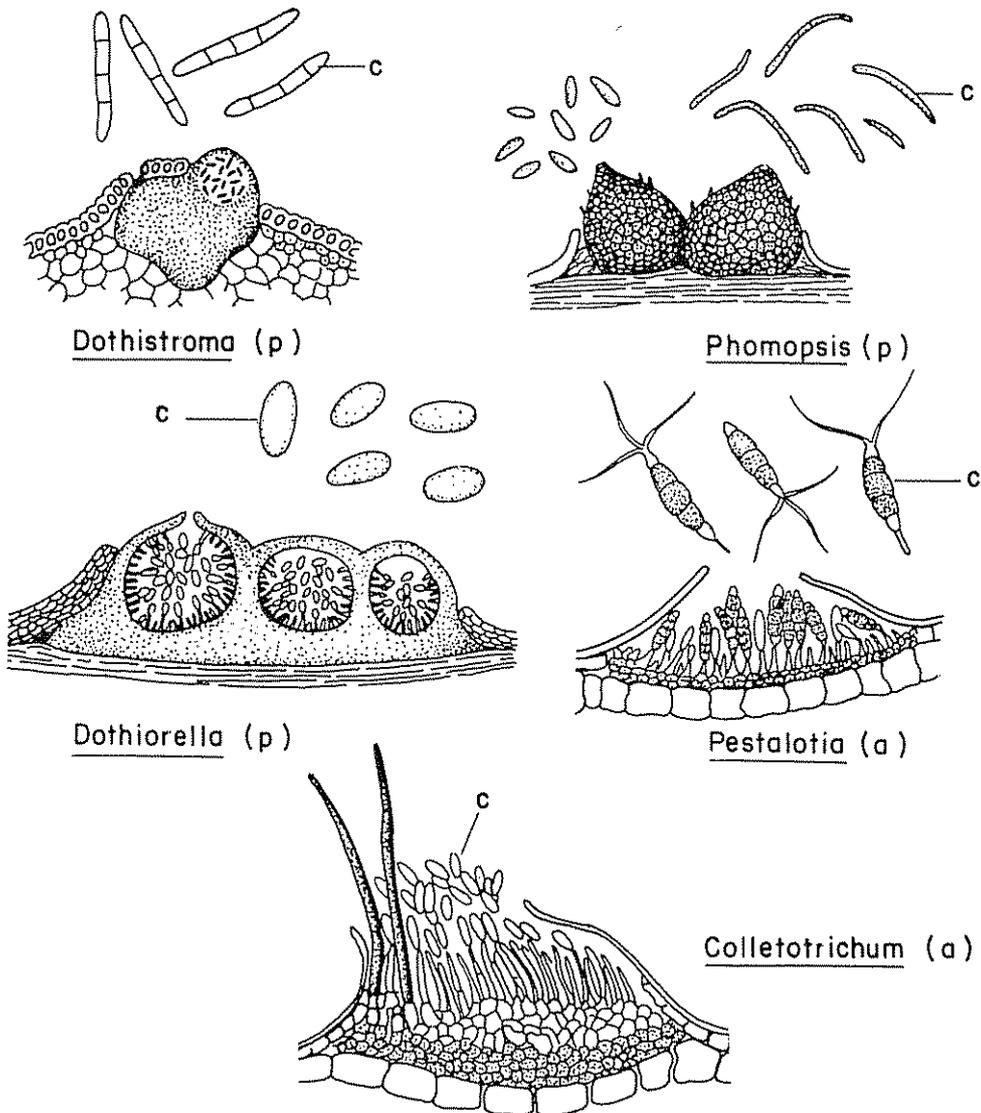


Figura 22. Picnidios (p), conidios (c) y acérvulos (a).

El género más común es *Colletotrichum*, el agente causal de un complejo de síntomas denominado antracnosis. Se han identificado 20 especies y un sinnúmero de razas fisiológicas. La fase perfecta corresponde a *Glomerella cingulata*.

**Orden Sphaeropsidales.** El picnidio (dentro del cual se forman los conidios) es la estructura distintiva de los Sphaeropsidales y difiere bastante de un género a otro (Fig. 38). Puede ser superficial o estar inmerso en los tejidos del hospedero; puede ser claro u oscuro, globoso, elongado o en forma de copa; puede estar solo o en grupos.

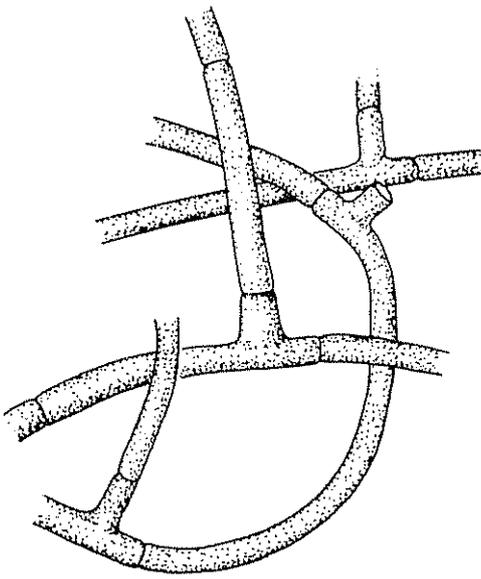
**Orden Moniliales.** Es el orden más grande, pues comprende unas 7.000 especies que incluyen saprófitos, contaminantes de laboratorio, patógenos de plantas o humanos y de interés industrial. Producen sus conidios sobre conidióforos libres, o sea, que no están dentro de un cuerpo fructífero, sino que se producen directamente sobre el sustrato y emergen para ser diseminados por el viento.

La forma de los conidióforos varía mucho; pueden ser simples, ramificados, unicelulares o multicelulares. Los conidios pueden producirse en el ápice terminal o lateralmente, aparecer solos o en grupos y ser uni o multicelulares (Figs. 21 y 22).

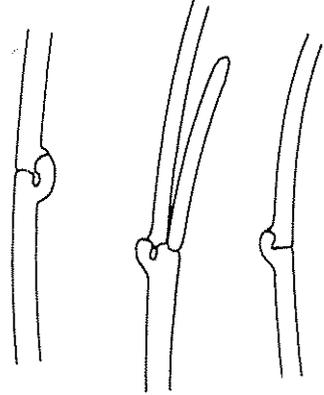
La mayor parte de los patógenos del Orden Moniliales ataca el follaje y otras partes aéreas de la planta. También afectan la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento; unos pocos son patógenos de raíces en vivero.

**Orden Agonomycetales.** Este orden, conocido antiguamente como Micelia Sterilia, sólo incluye dos géneros de importancia fitopatológica: *Rhizoctonia* y *Sclerotium*. Estos son típicos patógenos habitantes del suelo que se caracterizan por no producir ningún tipo de espora; la reproducción y diseminación ocurre por fragmentación del micelio en el suelo. Sobreviven en los residuos de cosecha o en las semillas, en forma de micelio o de esclerocios.

*Rhizoctonia* produce microesclerocios; *Sclerotium* produce esclerocios más grandes, del tamaño de la cabeza de un alfiler. Ambos son de color café. La identificación se hace con base en la forma del micelio. En *Rhizoctonia* se observa una ramificación en ángulo recto, septos equidistantes del punto de división y constricción de la pared celular en la que se encuentra el septo. *Sclerotium* presenta un micelio con ligeros abultamientos a un lado del septo (Fig. 23).



Rhizoctonia sp.



Sclerotium sp

Figura 23. Características del micelio en Rhizoctonia y Sclerotium.

## 4. BACTERIAS

### A. CARACTERISTICAS GENERALES

Las enfermedades forestales provocadas por bacterias son muy pocas en comparación con las causadas por hongos; sin embargo, estas enfermedades bacteriales pueden llegar a producir epifitias de gran importancia económica.

Se conocen alrededor de 1.600 especies de bacterias, de las cuales aproximadamente 200 son fitopatógenas. Además de sus efectos directos, las bacterias son importantes en otros procesos secundarios. Por ejemplo, hay evidencia de que las bacterias pueden tener un rol significativo en la muerte de la médula y en el manchado y la degradación de la madera o pueden interactuar con otros patógenos, formando complejos y

sinergismos. Pero también se ha observado que la interacción puede ser positiva, como ocurre con los aislamientos de bacterias procedentes del olmo que inhiben, in vitro, el crecimiento de *Ceratocystis ulmi*.

La mayoría de las bacterias son estrictamente saprófitas y como tales participan en procesos de fermentación o degradación que en algún momento benefician al hombre. Además, se pueden aislar y cultivar en el laboratorio sobre medios de cultivo artificiales.

### E. MORFOLOGIA

Son microorganismos simples, unicelulares, con flagelos, sin núcleo definido; el material genético se encuentra en un cromosoma circular. Tienen una membrana celular interna, una pared celular rígida que les confiere forma ovalada y una cubierta mucilaginosa externa. No tienen vacuolas ni corrientes citoplasmáticas.

Las células bacterianas tienen formas muy variadas: esféricas, elipsoidales, espiraladas, filamentosas. La mayoría de las bacterias fitopatógenas tienen forma de pequeños filamentos o bacilos (Fig. 24).

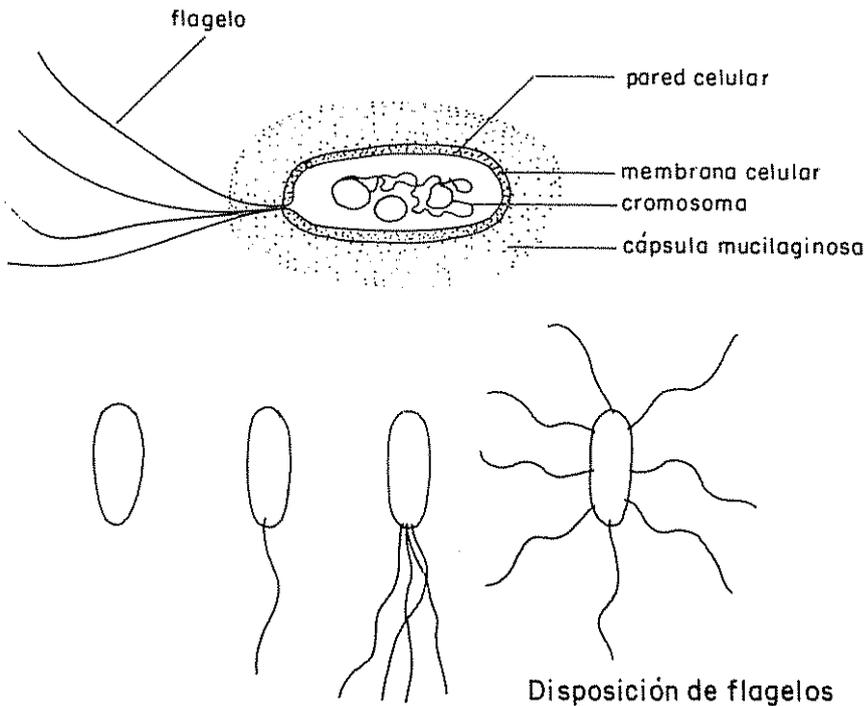


Figura 24. Diagrama de una célula bacteriana de forma bacilar y variaciones en cuanto al número y la disposición de los flagelos.

## C. REPRODUCCION

Las bacterias fitopatógenas se reproducen asexualmente por medio de fisión; hay una invaginación de la membrana plasmática hasta separar transversalmente la célula, dando origen a dos células idénticas. Es un proceso relativamente rápido, que en pocas horas puede generar altas poblaciones de bacterias. En condiciones naturales, hay formas de regular este crecimiento, como la falta de nutrimentos y la acumulación de sustancias tóxicas o desechos metabólicos, que retardan o inhiben la reproducción.

La reproducción sexual, en sentido estricto, no se presenta, pero aparecen nuevos genotipos de bacterias a partir de ciertos procesos de recombinación del material genético. Mediante estos mecanismos parasexuales se consigue incorporar secciones del cromosoma de una célula al cromosoma de otra, dando origen a individuos genéticamente diferentes, capaces de sobrevivir en condiciones adversas.

## CH. HABITAT

La mayoría de las bacterias fitopatógenas se desarrollan preferentemente como parásitos de plantas, y parcialmente como saprófitos. Cualquiera que sea el ambiente en que se encuentren, siempre necesitan agua libre o un ambiente húmedo para multiplicarse.

La humedad es el principal factor que afecta el desarrollo de las bacterias. Requieren de agua libre para movilizarse en el hospedero o en el suelo, pues los flagelos les permiten trasladarse "nadando" de un sitio a otro. El agua de lluvia es esencial para la distribución del patógeno entre los hospederos; el salpique que se produce cuando llueve con viento favorece el transporte de las bacterias a cortas distancias.

Los factores edáficos también inciden sobre las bacterias. Por lo general un pH bajo inhibe su desarrollo, y los suelos arenosos, que no retienen suficiente humedad, limitan el establecimiento de colonias bacterianas. También la microfauna del suelo compite constantemente con las bacterias.

## D. DISEMINACION Y SOBREVIVENCIA

La diseminación de las bacterias se efectúa principalmente por acción del agua, los insectos, las herramientas, el suelo, ciertos animales y el hombre. La lluvia, por salpique, escorrentía o impacto sobre las áreas atacadas, puede diseminar las bacterias horizontalmente entre las plantas, o bien verticalmente, del suelo a las partes aéreas superiores. Los insectos

son eficientes vectores porque se posan sobre el tejido enfermo, donde las bacterias se adhieren a su cuerpo, y luego pasan a otra planta y depositan el inóculo. Cuando se trata de un insecto que perfora, el efecto es más eficiente, pues la bacteria es introducida directamente en los tejidos. Las herramientas actúan como medio de diseminación cuando se realizan podas sanitarias o de formación. El suelo, por ser un sustrato, puede diseminar las bacterias en los terrones adheridos al equipo de campo. En distancias largas, la diseminación se ve favorecida por la participación del hombre, que acarrea el suelo o las bolsas del vivero.

Las bacterias utilizan diferentes formas de sobrevivencia. Algunas lo hacen en íntima asociación con el hospedero, otras en ambientes diferentes, en ausencia del hospedero; hay las que sobreviven en el suelo o en la materia orgánica en descomposición. El sitio u órgano de sobrevivencia de las bacterias tiene especial importancia, porque representa la fuente de inóculo desde donde el patógeno será diseminado hacia nuevos hospederos.

A continuación se describirán las formas más comunes de sobrevivencia de las bacterias fitopatógenas.

**Semillas:** Cerca de 50 especies de bacterias fitopatógenas se transmiten mediante la semilla. Esta constituye un medio eficiente para su sobrevivencia pues puede ser almacenada bajo condiciones que no alteran la viabilidad de la bacteria y luego puede ser llevada a largas distancias con ayuda del hombre.

**Suelo:** Por lo general, se supone que las bacterias que atacan el follaje no están bien adaptadas para sobrevivir en el suelo. Pero los residuos en descomposición de las plantas afectadas son un excelente medio de sobrevivencia, y varios estudios demuestran que los patógenos del follaje pueden ser aislados en residuos de cosecha o de la rizosfera.

**Latentes en tejidos:** Esta forma no es frecuente; sólo se ha demostrado para *Erwinia amylovora*, que se encuentra en yemas y tallos aparentemente sanos.

**Epífitas:** Las bacterias epífitas o residentes son aquellas capaces de vivir y de multiplicarse sobre la superficie de plantas susceptibles o no.

## 5. NEMATODOS

### A. CARACTERISTICAS GENERALES

El estudio de los nematodos fitoparásitos se inició con la participación de investigadores interesados en conocer las formas saprófitas del suelo; actualmente se sabe que hay cerca de 200 especies que son parásitos de plantas.

Los nematodos son gusanos invertebrados (sin esqueleto), de simetría bilateral y sin segmentación, que se encuentran en suelos con exceso de humedad.

El cuerpo es semitransparente y está cubierto por una cutícula hialina, normalmente estriada; mide de 0,5 a 2 mm de longitud. Tiene forma de tubo alargado y aguzado en los extremos; este tubo es atravesado a lo largo por un canal digestivo en el que se diferencian la cavidad bucal, el esófago, el intestino y el ano. Los órganos genitales del macho desembocan en el ano; los de la hembra (vulva) se localizan en cualquier punto, desde la mitad hasta la parte terminal del cuerpo. La característica fundamental de los nematodos fitoparásitos es el estilete, una estructura semejante a una lanceta que les sirve para perforar los tejidos y extraer los nutrimentos. Por lo general los machos y las hembras son muy parecidos, sólo que los machos son ligeramente más pequeños y a veces tienen una expansión de la cutícula o bursa, en la porción distal del cuerpo, que cubre parte de los órganos reproductores (Fig. 25). En algunos géneros, como *Meloidogyne* spp. o *Heterodera* spp., sí hay diferencias entre machos y hembras.

### B. HABITAT

Los nematodos que parasitan plantas son habitantes de suelos húmedos y pueden mantenerse libres alimentándose de raíces; son muy pocos los que permanecen en los tejidos aéreos de la planta. La temperatura, la humedad y la aireación afectan su sobrevivencia. La mayor concentración de individuos se localiza en los primeros 15 cm del suelo, asociados con las raíces de las plantas (rizosfera).

La temperatura óptima para su mantenimiento oscila entre los 15 y los 30°C; temperaturas inferiores a 10 o superiores a 35°C resultan letales. En los suelos con cultivos forestales, la temperatura del suelo no parece ser un factor limitante, ya que las fluctuaciones son menores, en relación con los suelos agrícolas, desnudos y arados.

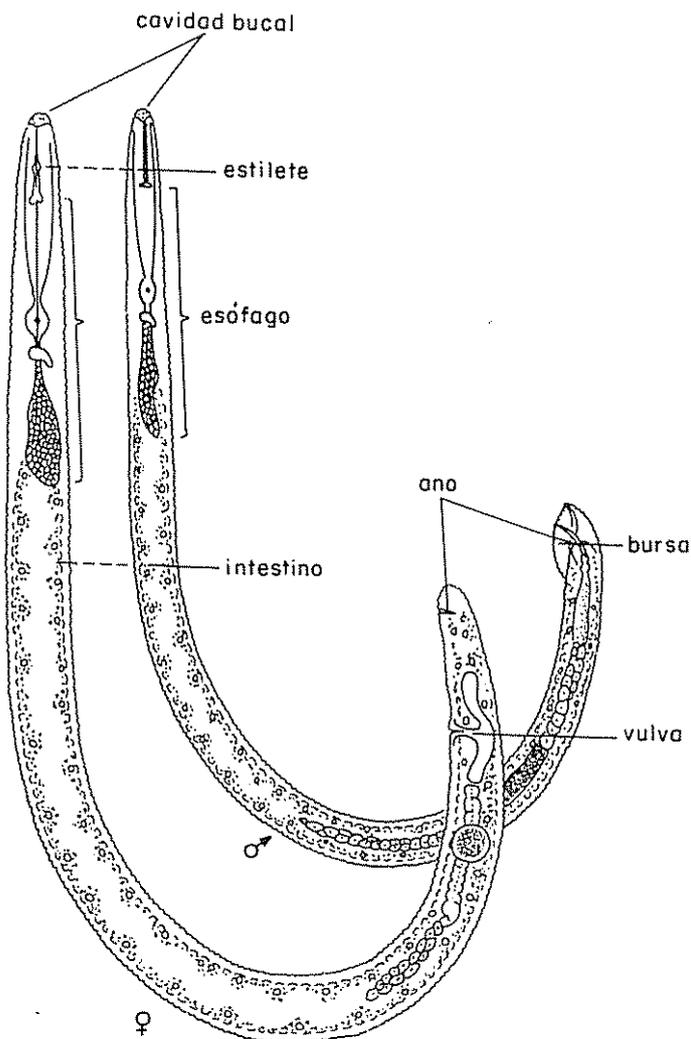


Figura 25. Nematodos macho y hembra.

En cuanto a la humedad, los nematodos dependen del agua para casi todas sus actividades; normalmente viven restringidos a habitats con atmósfera saturada. Cada especie tiene un óptimo de humedad para sobrevivir; sin embargo, es posible que el movimiento sea siempre mayor cuando el suelo está cubierto por una película de agua. Estas condiciones se presentan en niveles ligeramente inferiores a la capacidad de campo.

La aireación, un factor que varía en cada suelo, influye mucho sobre el movimiento de los nematodos. En suelos arcillosos, pesados, donde la aireación es reducida, la actividad del organismo tiende a disminuir.

La condición biológica del suelo también es fundamental para la ecología de los nematodos. Las alteraciones que se presentan en la rizosfera, especialmente por causa de exudados orgánicos e inorgánicos, favorecen la acumulación de microorganismos, incluyendo los nematodos. Existe, por lo tanto, un ambiente de competencia, asociación y antagonismo intensos. Los exudados radicales han demostrado estimular la eclosión de los huevos de algunos nematodos, así como atraer y orientar los estados juveniles.

### C. PARASITISMO

Los nematodos se clasifican por los hábitos alimentarios, por el movimiento y por el tipo de daño que causan. Si el nematodo se alimenta de la superficie de la raíz, se comporta como un ectoparásito; si se introduce en los tejidos radicales, es un endoparásito. A los nematodos que permanecen en el sitio original de la infección se les llama sedentarios, y a los que luego de atacar una raíz se movilizan hacia adentro o hacia otra raíz, se les conoce como migratorios (Fig. 26).

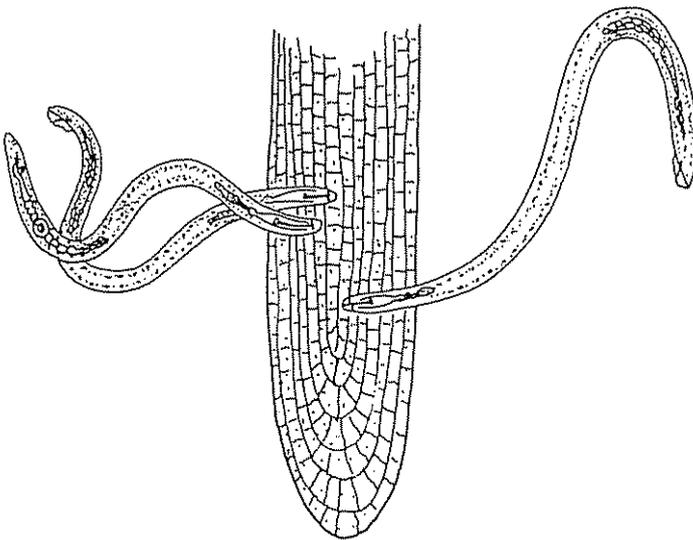


Figura 26. Corte longitudinal de una raíz atacada por nematodos.

Los nematodos fitoparásitos punzan repetidamente la raíz con su estilete, en busca de agua y de nutrimentos. Aunque la alimentación de un nematodo parece insignificante para el sistema radical del árbol, son miles o millones de estos animalitos los que están en la misma actividad, de modo que las raíces y las raicillas pueden resultar dañadas.

El ataque de los nematodos provoca lesiones y problemas de absorción; la liberación de toxinas puede inducir la formación de agallas y hasta provocar la muerte de la planta. El sistema radical del individuo atacado tiene un aspecto esponjoso y húmedo y no se desarrolla, lo que afecta el crecimiento total de la planta.

La importancia fitopatológica de los nematodos no se reduce al daño mecánico; las heridas en la raíz predisponen la planta a las infecciones por parte de los hongos y las bacterias que se encuentran en el suelo. Además, se ha demostrado que transmiten virus que portan en su aparato bucal.

## CH. CICLO DE VIDA

Los nematodos fitoparásitos tienen un ciclo de vida relativamente corto, que se completa en 26 semanas. La hembra libera los huevos, cubiertos por una cutícula, dentro de los cuales ya se ha formado un diminuto nematodo que a los pocos días tiene movimiento propio. Conforme el nematodo crece, cambia su cutícula (muda) varias veces. Los estados juveniles son capaces de alimentarse tan pronto logran moverse, pero no son sexualmente maduros hasta concluir la cuarta muda.

## D. DISEMINACION Y SOBREVIVENCIA

A pesar de tener movimiento propio, los nematodos se trasladan relativamente poco, tal vez no más de un metro por año. Si los poros del suelo están cubiertos por una película de agua se mueven con más rapidez que cuando el suelo está saturado. La forma de diseminación a largas distancias más eficiente es el transporte de suelo contaminado de una región a otra o por medio de herramientas, maquinaria y bolsas de vivero. A nivel local, la diseminación ocurre por irrigación, drenaje, paso de animales o personas y vientos muy fuertes, que levantan polvo.

En cuanto a la sobrevivencia, una vez instalados en el suelo, los nematodos pueden sobrevivir en las raíces del hospedero; en su ausencia, sobreviven en malezas o arbustos.

## 6. VIRUS

### A. CARACTERISTICAS GENERALES

Debido a su constitución y a sus dimensiones submicroscópicas, la caracterización de los virus ha estado sujeta a múltiples variaciones, a la luz de los resultados de las investigaciones más recientes.

Una de las definiciones de virus que contempla más aspectos de la partícula viral es la que los describe como un conjunto de ácidos nucleicos dentro de una cubierta de proteína. Esta partícula sólo puede organizarse para su multiplicación dentro de las células vivas de un hospedero adecuado, utilizando para ello el sistema metabólico de la célula. O sea, que los virus son partículas submicroscópicas formadas por ácido nucleico y proteína, que se comportan como parásitos obligados, incapaces de multiplicarse si no es mediante los procesos metabólicos de la célula susceptible.

## B. MORFOLOGIA

Si bien los virus presentan diferentes formas y tamaños, la mayoría de ellos han sido descritos como elongados, esféricos y baciliformes.

Los virus elongados son filamentos rígidos o flexibles, dependiendo del tamaño; las partículas que miden entre 400 y 1.300 nanómetros son flexibles, en tanto que las de menos de 500 nanómetros se mantienen rígidas (Fig. 27). El ácido nucleico de las partículas forma una espiral interna cubierta por subunidades de proteína.

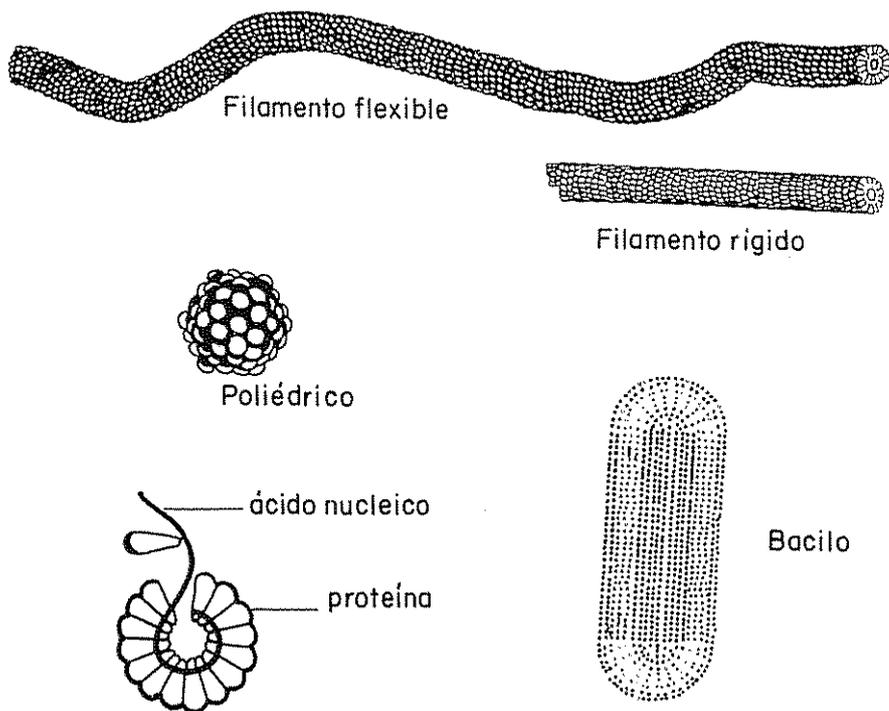


Figura 27. Partículas de virus fitopatógenos y sus componentes.

## C. TRANSMISION

Los virus, por ser parásitos obligados, permanecen durante mucho tiempo en el hospedero sin llegar a causarle la muerte. Sin embargo, como cualquier otro organismo parásito, para sobrevivir necesitan diseminarse hacia nuevos hospederos.

Bajo condiciones naturales, los virus son transmitidos principalmente por los insectos, pero también por contacto entre el follaje de las plantas, por semillas, estacas, ácaros o directamente por el suelo o por nematodos u hongos ahí presentes.

Entre los principales insectos vectores de virus se destacan los áfidos (Aphididae), las cigarritas (Cicadellidae), las moscas blancas (Aleyrodidae) y las cochinillas (Coccidae), además de algunos ácaros. Los áfidos son los insectos más comunes y también los portadores de virus más eficientes, porque visitan constantemente las plantas y consumen su savia.

Los virus transmitidos por insectos se han separado en dos grupos, de acuerdo con el tiempo que el vector permanece virulífero sin necesidad de alimentarse nuevamente de una planta enferma: los *no persistentes* y los *persistentes*. Estos grupos también se conocen como virus portados en el estilete y virus circulativos, respectivamente.

Los virus no persistentes o portados en el estilete causan los síntomas del mosaico en las plantas. Para adquirir un virus no persistente, el áfido se posa sobre una hoja de la planta enferma y hace pruebas rápidas (por lo general de menos de 30 segundos), introduciendo ligeramente su estilete, con la finalidad de determinar la riqueza del tejido foliar como fuente de alimento. Un aspecto importante de este mecanismo es que el virus debe ser transmitido de inmediato, porque la capacidad de transmisión se reduce en poco tiempo por inactivación de la partícula en el estilete. Lo mismo sucede con períodos de adquisición prolongados, que tienen un efecto negativo sobre la eficiencia de transmisión.

Los virus persistentes o circulativos han sido encontrados en áfidos, cigarritas, moscas blancas, crisomélidos y trips. El insecto vector los adquiere cuando se alimenta durante períodos mínimos de entre 10 y 60 minutos. Una vez concluido el período de adquisición, se inicia un período de incubación de por lo menos 12 horas, imprescindible para que el insecto se torne virulífero. Hay otro grupo de virus persistentes, los virus propagativos, que son transmitidos principalmente por las cigarritas y, en menor grado, por los áfidos. Estos virus se caracterizan por ser circulativos y porque tienen la capacidad de multiplicarse en el cuerpo del vector. En algunos casos, el virus se transmite a la prole, lo que significa que es posible encontrar cigarritas virulíferas sin que éstas se hayan alimentado previamente de una planta enferma.

## CH. VIROSIS FORESTALES

En los trópicos hay pocos casos de enfermedades virosas en plantaciones forestales. Se trata de un área descuidada, que requiere de personal especializado para determinar la presencia de agentes causales en las plantaciones. Es muy posible que por tratarse de especies perennes, en las que los virus se multiplican lentamente, muchas virosis hayan pasado desapercibidas o hayan sido enmascaradas por la tolerancia de los hospederos.

### 7. PLANTAS PARASITAS

Todas las plantas parásitas, denominadas también "matapalos" o "muérdagos", pertenecen a la familia Loranthaceae. Si bien es cierto que ellas pueden fotosintetizar y producir carbohidratos a partir de la clorofila de sus tallos y hojas, también toman minerales y agua de los árboles sobre los que se instalan. En vez de raíces tienen haustorios, que son unas estructuras parecidas a esas, que penetran la corteza de las ramas y el fuste, para dirigirse hacia los tejidos conductores y absorber nutrimentos y agua.

Los efectos de las plantas parásitas son múltiples. Por un lado, estimulan la producción de yemas adventicias, las que dan origen a los crecimientos conocidos como "escobas de bruja", que reducen el crecimiento y el vigor del árbol, haciéndolo propenso al ataque de patógenos e insectos. Por otra parte, en los puntos en que se implanta el matapalo, se presentan deformaciones o abultamientos y la madera se vuelve esponjosa y anormalmente vetada, por lo que no puede aprovecharse; con frecuencia, los árboles sufren quebraduras en esos puntos. En plántulas y arbolitos e incluso en árboles adultos, pueden provocar la muerte.

Hay dos tipos de plantas parásitas: los matapalos enanos y los foliosos o verdaderos.

Todos los matapalos enanos (Fig. 28) pertenecen al género *Arceuthobium* y son específicos de las coníferas. Sus tallos miden de 1,5 a 10 cm de longitud, son de color amarillento, verde olivo o verde pardusco y las hojas, que son del mismo color del tallo, tienen forma de escamas. Los tallos aparecen dispersos o en ramilletes y los sexos están separados; las inflorescencia masculinas mueren después de la floración y las femeninas después de liberar las semillas.

Los frutos son bayas elípticas y abultadas y contienen semillas pegajosas que se propagan solas, por presión o por explosión; pueden diseminarse en un radio de hasta 15 m y se adhieren fácilmente a

cualquier superficie. La semilla emite un tubo germinal que, al llegar a una yema o a la base de una hoja, produce un haustorio que alcanza los tejidos vasculares y forma prolongaciones o filamentos longitudinales que colaboran en la absorción.

Los matapalos foliosos (Fig. 29) pertenecen a varios géneros, como *Phoradendron*, *Struthanthus*, *Psittacanthus*, *Oryctanthus*, *Phthirusa*, *Antidaphne*, *Cladocolea*, *Gaiadendron* y *Dendrophthora*. Con excepción de unas pocas especies de este último género, tienen los tallos gruesos y largos, hojas bien desarrolladas y pueden formar masas notorias. Los frutos son bayas que contienen semillas mucilaginosas que son ingeridas y dispersadas, intactas, por las aves; el mucílago les permite adherirse a cualquier superficie. Si bien los síntomas del ataque son similares a los de los matapalos enanos, por lo general el efecto sobre el hospedero es menos severo.



Figura 28. *Arceuthobium vaginatum*.



Figura 29. *Struthanthus quercicola*.

## 8. FACTORES ABIOTICOS

La interacción de los factores físicos y químicos del suelo así como de los factores climáticos o ambientales sobre el árbol en crecimiento es bastante compleja, de modo que resulta difícil describir el efecto de uno dejando de lado la influencia de los otros.

Si bien el suelo como sustrato y el ambiente son fundamentales para el crecimiento de las plantas, muchas veces ciertas condiciones extremas afectan negativamente el desarrollo del árbol. Por ejemplo, los suelos arcillosos impiden la profundización de las raíces, el exceso de agua limita la oxigenación del sistema radical, las heladas destruyen el follaje, las deficiencias nutricionales reducen el crecimiento, etc. Debido a ello, estos factores también se consideran agentes causantes de enfermedades y se les conoce como factores o causas abióticas.

La inclusión de este tema en el Manual obedece no sólo a la importancia de estos factores por sí mismos, sino al hecho de que, en muchas ocasiones, una alteración de origen abiótico puede inducir síntomas que fácilmente podrían confundirse con causas bióticas; además, ciertos factores abióticos desfavorables predisponen el árbol para el ataque de microorganismos patógenos o de insectos.

### A. DESBALANCE EN LA NUTRICION MINERAL

El suelo debe aportar a la planta cantidades adecuadas de elementos nutricionales, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). En los bosques naturales las deficiencias nutricionales son raras, porque las especies han evolucionado adaptadas a los sitios que les suministran los nutrientes necesarios, pero en plantaciones con especies exóticas o fuera de su sitio óptimo, es frecuente encontrar síntomas de deficiencias nutricionales. Las causas y consecuencias de estas deficiencias son muy variadas. Pueden deberse a la interacción de varios factores climáticos y/o edáficos y se manifiestan como clorosis, enanismo, malformación o tonos morados del follaje. Pero es preciso tener presente que las exigencias de sales minerales de las diferentes especies forestales pueden variar, por lo que resulta arriesgado fijar diagnósticos para todas ellas; además, la información sobre deficiencias minerales y suelos forestales de que se dispone actualmente es escasa. En general, los síntomas de deficiencias son más perceptibles y fáciles de corregir en plantas jóvenes que en árboles adultos.

Los métodos más utilizados para verificar las deficiencias nutricionales son los diagnósticos visuales, el análisis de las hojas y el uso de plantas en macetas con suelos carentes de un elemento específico; este

último procedimiento implica inducir las deficiencias, para luego hacer comparaciones.

Aunque no es posible generalizar, a continuación se describen algunos síntomas que pueden observarse en casos de deficiencias. La deficiencia de nitrógeno, un elemento esencial para el desarrollo de la planta, produce clorosis en el follaje de las partes bajas del árbol. La deficiencia de fósforo induce una coloración violácea o púrpura en las hojas; la deficiencia de potasio, que ha sido poco estudiada, parece estar relacionada con la desecación en los bordes de las hojas. La escasez de calcio causa deformación de las hojas jóvenes. La deficiencia de magnesio, un constituyente de la clorofila, se manifiesta como una clorosis entre las venas de la hoja.

Además, las deficiencias nutricionales predisponen el árbol al ataque de patógenos débiles. Ese es el caso de *Pestalotia* en el ciprés, cuya infección está íntimamente asociada con la deficiencia de boro.

## B. DESBALANCE EN LA HUMEDAD DEL SUELO

El agua es un componente esencial de la planta que participa en los procesos de absorción, translocación y crecimiento. La escasez de agua ocasiona daños, a veces irreversibles, que se manifiestan en forma de marchitez, clorosis, quema de los bordes y ápices de las hojas, y muerte parcial o total de la planta.

La naturaleza y las características físicas del suelo influyen sobre su nivel de sequía. El agua es especialmente deficiente en suelos arenosos o en áreas pedregosas, que retienen poca humedad. En épocas de sequía intensa, en zonas arenosas o rocosas, se encuentran árboles muertos (en grupos o aislados) rodeados por otros todavía verdes, cuyo sistema radical está en suelos más profundos.

Un exceso de agua en el suelo puede provocar daños semejantes. El suelo saturado inhibe el desarrollo del sistema radical por falta de oxígeno; esto hace que ciertas especies forestales que normalmente crecen sobre suelos encharcados, sean menos resistentes a la sequía, pues las raíces no tienen la capacidad de absorber suficiente agua en épocas de poca precipitación.

Los daños causados por sequía o inundación varían según la especie forestal, la edad, la localización y la procedencia de las plantas. Hay muy poca información sobre la resistencia de las especies a estas condiciones debido, principalmente, a que depende de muchos factores externos y a que los efectos no son inmediatos. Lo que sí es cierto es que cuanto mayor sea el desarrollo del sistema radical, mejor soportará el árbol la sequía; es por eso que las plantas jóvenes o en viveros sufren más el efecto adverso

de un suministro de agua insuficiente, ya que su sistema radical es poco desarrollado y más superficial. A medida que los árboles crecen, aumenta su resistencia a la sequía, sobre todo si crecen en masas densas, donde sólo los árboles marginales están expuestos directamente a la acción de los vientos secos y cálidos y a la mayor evaporación del suelo.

En plantaciones maduras es poco o nada lo que se puede hacer para minimizar los daños ocasionados por la sequía; de ahí la importancia de escoger adecuadamente el sitio donde se instalarán y las especies a plantar.

Los síntomas producidos por la sequía suelen ser semejantes a los de la inundación. En el ciprés, por ejemplo, la sequía causa enanismo, amarillamiento y un tono rojizo en el follaje (Fig. 30), mientras que el exceso de agua produce clorosis en el tercio inferior y hasta la muerte del árbol, que luego rebrota en la base (Fig. 31).



Figura 30. Casuarina afectada por sequía.

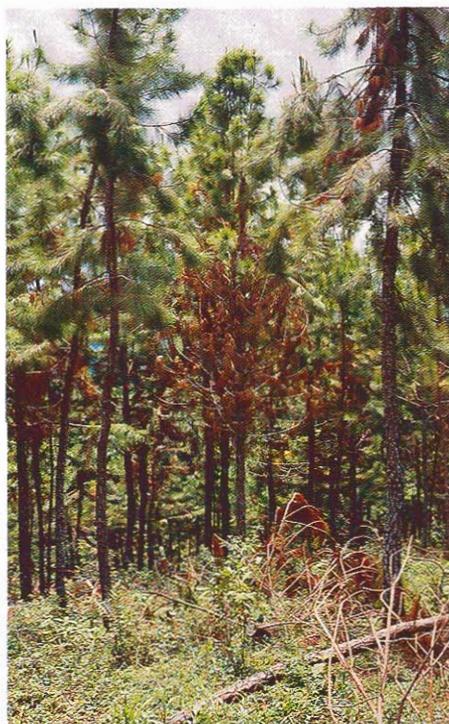


Figura 31. Problemas de drenaje en pino.

En eucaliptos se ha determinado que tanto la exudación de goma (que luego cristaliza y oscurece el fuste) como la quema del borde de las hojas y de los brotes tiernos, se deben al desbalance hídrico de la planta.

### **C. ACIDEZ O ALCALINIDAD DEL SUELO**

La presencia de sales en el suelo en niveles excesivamente altos o bajos, origina cambios en el pH que pueden conducir a la deficiencia o a la toxicidad mineral. Dependiendo de las características del suelo y de la planta involucrada, la ausencia de cierto nutrimento puede afectar su capacidad para absorber otro u otros. También puede ocurrir lo contrario, es decir, que cierto elemento esté disponible en niveles tan altos, que al ser absorbido por la planta, cause toxicidad directa o le impida asimilar otro elemento en cantidades suficientes.

### **CH. AIREACION DEL SUELO**

Este factor está muy relacionado con lo discutido en la sección B. El oxígeno es esencial tanto para el sistema radical como para el resto de la planta y su nivel óptimo en el suelo es semejante al nivel en la atmósfera (aproximadamente 20%).

Los suelos pesados, arcillosos, compactos o saturados por el exceso de lluvias o un drenaje deficiente, reducen el intercambio gaseoso con la atmósfera y, por lo tanto, el contenido de oxígeno. Bajo estas condiciones, el crecimiento radical se retarda y se reduce el desarrollo de micorrizas, por lo que la absorción es menor.

### **D. TEMPERATURAS EXTREMAS**

En términos generales las plantas tienen un desarrollo óptimo entre los 15 y los 30 °C; temperaturas inferiores o superiores a este ámbito resultan dañinas, especialmente para los tejidos jóvenes.

Los daños causados por temperaturas muy altas son menos frecuentes que los daños por temperaturas bajas; sin embargo, destruyen más rápidamente los órganos. Aparentemente las altas temperaturas dañan los tejidos porque inactivan o aceleran algunos mecanismos enzimáticos, provocando la muerte de las células por la ocurrencia de reacciones bioquímicas anormales.

En el pochote, por ejemplo, la respuesta de la planta a las altas temperaturas es un daño en la base del tallo, en forma de anillamiento o estrangulamiento, que a veces lo reduce a la mitad de su diámetro normal.

El pochote ha resultado ser una especie muy susceptible a las temperaturas altas; es común encontrar hasta un 30% de plantas con anillamiento en viveros expuestos a este factor (Fig. 32).



Figura 32. Anillamiento del pochote.

Las bajas temperaturas o heladas producen otro tipo de daño. Por lo general, las especies nativas de zonas templadas resisten mejor las temperaturas bajas, porque tienen períodos de latencia, en comparación con las especies originarias de zonas tropicales. El tipo de daño producido depende de la edad de la planta, de sus características de adaptación y de la naturaleza del suelo. Durante una helada, las raíces localizadas en las capas superficiales del suelo no absorben, por lo que no hay sustitución del agua evapotranspirada;

además, el agua de las células se cristaliza y rompe la pared celular. En viveros de coníferas es común encontrar plantas con el follaje de color rojizo, que se recuperan con un ligero aumento en la temperatura. En los árboles se observa la quema de todo el follaje o de uno o los dos tercios superiores, en tanto que el tercio basal mantiene el color verde. El follaje quemado es de color bronce-rojizo; a veces, esta quema favorece el ingreso de patógenos débiles (Fig. 33).



Figura 33. Ciprés afectado por ceniza y helada.

## E. VIENTOS

Los vientos fuertes quiebran los troncos y las ramas, inclinan los árboles permanentemente o los arrancan de raíz. La acción del viento sobre los árboles es compleja e impredecible, por tratarse de fuerzas variables, que actúan sobre estructuras asimétricas, irregularmente flexibles y ancladas en suelos de características diferentes. Se estima que las quebraduras se inician en las zonas del tronco donde la madera es comprimida y no en las zonas donde los tejidos han sido reforzados por la misma fuerza del viento. Por lo general los vientos que arrancan los árboles de raíz son vientos muy fuertes que soplan en distintas direcciones; el daño es más severo después de un aclareo o en la periferia de la plantación. Las especies forestales susceptibles al volcamiento o a la inclinación por el viento, son árboles de tronco delgado y copa amplia.

## F. CONTAMINACION EN EL AIRE

El efecto de los agentes contaminantes en el aire se conoce desde hace muchos años, pero sólo recientemente se le ha dado la importancia y divulgación que merece. Tal vez ha contribuido a ello el incremento en el número de industrias instaladas cerca de las ciudades y cuyos desechos gaseosos han causado toxicidad en árboles ornamentales.

Si bien en el campo forestal hay poca información al respecto, se conoce el daño que provocan en los eucaliptos los gases condensados presentes en las zonas próximas a las carboneras. Además, se ha observado un incremento en la contaminación del aire como consecuencia de la emisión de gases, partículas, cenizas o vapores, producto de la actividad volcánica. La presencia en la atmósfera de azufre, nitrógeno, cloruros y fluoruros provoca reacciones y compuestos químicos ácidos que son depositados en las plantas por la acción del viento y de la lluvia. La precipitación normal tiene un pH de aproximadamente 5,6; sin embargo, cuando la atmósfera está contaminada, el pH es mucho más bajo e induce síntomas de quema por efecto de la toxicidad de los compuestos depositados sobre el follaje. Se ha observado que la presencia de cloruros y sulfuros en el agua de lluvia perturba la vegetación; también se aprecia una creciente simplificación de los ecosistemas boscosos por la alteración del microclima y la contaminación del suelo y de las fuentes de agua.

**ESTRUCTURAS DAÑADAS  
Y SUS CONSECUENCIAS**

**CAPITULO II**

## ESTRUCTURAS DAÑADAS

Prácticamente todas las estructuras o partes del árbol (Fig. 34) pueden resultar dañadas por los agentes perjudiciales citados en el capítulo anterior, ya se trate de organismos especializados en atacar sólo cierta estructura o de agentes más generalistas capaces de afectar a más de una de ellas.

No obstante ello, es preciso señalar que en algunas ocasiones hay un efecto combinado o mixto de varios factores adversos. Por ejemplo, una deficiente calidad del sitio podría hacer que los árboles se volvieran propensos al ataque de un patógeno el cual, a su vez, crearía condiciones favorables para la afección por parte de insectos oportunistas, como algunos descortezadores o comejenes. Por lo tanto, es fundamental determinar con exactitud cuál es la causa real de un problema, para orientar adecuadamente su combate.

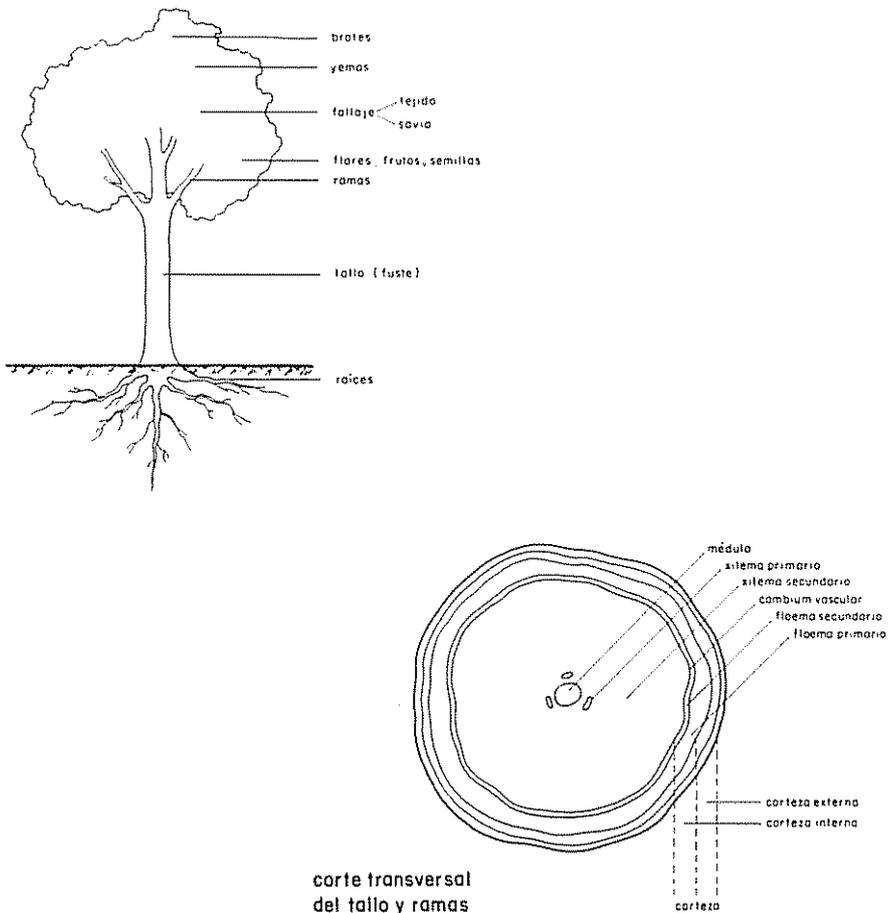


Figura 34. Partes del árbol y corte transversal del tallo y ramas

# 1. DAÑOS CAUSADOS POR ANIMALES

## A. PARTES REPRODUCTIVAS

Las partes reproductivas de los árboles, es decir, las flores, los frutos, los conos y las semillas, pueden ser atacadas por insectos, ácaros, moluscos y animales vertebrados.

Los animales que atacan las flores pueden destruirlas completamente, evitando así la producción de semillas, como sucede con algunos chinches, homópteros y abejones. Un ejemplo de ello es el daño provocado por un cercópido en el madero negro (Fig. 35). Los frutos de especies como la melina pueden ser consumidos por los pericos. Las semillas pueden ser seriamente dañadas por larvas de insectos que consumen los tejidos internos (endospermo y embrión), impidiendo su germinación o establecimiento (Fig. 36). Entre éstos se destacan las larvas de los gorgojos (Bruchidae) y de algunos abejones picudos (Curculionidae). Ciertas especies de mariposas de la familia Pyralidae, como *Dioryctria* spp., atacan los conos de las coníferas, e *Hypsipyla* spp. las semillas de las meliáceas. *Rhyacionia frustrana*, de la familia Tortricidae, ataca los conillos de los pinos.

En los viveros, las hormigas, las ratas y las aves granívoras pueden sustraer las semillas ya sembradas.



Figura 35. Daño de Cercopidae en flores del madero negro



Figura 36. Lepidóptero barrenador de semillas del aripín.

## B. RAICES

Los insectos que se alimentan de raíces son un grupo especialmente importante en los viveros o en las plantaciones recién establecidas, porque como las plantas tienen un sistema radical poco desarrollado, mueren como resultado del ataque.

Estos insectos, entre los que predominan los "jobotos" o "gallinas ciegas" (*Phyllophaga* spp.), consumen no sólo las raíces secundarias, sino también la corteza de la raíz principal, impidiendo el flujo de agua y de nutrimentos. En consecuencia, las plántulas y arbolitos se tornan amarillentos, se defolian y mueren (Figs. 37 y 38).

En las plantaciones jóvenes, las "taltuzas" o "tuzas" (*Orthogeomys* spp.) pueden causar un daño similar al descrito en el párrafo anterior, al roer las raíces de los árboles (Fig. 39).



Figura 37. Daño de *Phyllophaga* sp. en la raíz del ciprés.



Figura 38. Daño de *Phyllophaga* sp. en un vivero de ciprés.



Figura 39. Daño de *Orthogeomys heterodus* en aguacate.

## C. PLANTULAS Y PSEUDOESTACAS

Las plántulas pueden morir ya sea porque se les cortan las raíces o porque se les destruye totalmente. Las pseudoestacas, por su parte, generalmente mueren descortezadas por las hormigas (Fig. 40) o los conejos, o son arrancadas por los "armadillos" (*Dasyopus novemcinctus*), los "garrobos" (*Ctenosaura similis*) o los "cherepos" (*Basiliscus basiliscus*).

Aunque a veces la pérdida de plántulas puede deberse al ataque de animales vertebrados como conejos, garrobos, cherepos, zaínos (*Tayassu tajacu*), venados colablanca (*Odocoileus virginianus*) o ratas de la caña (*Sigmodon hispidus*), por lo general, se debe al ataque de insectos y moluscos.

En el vivero, las "babosas" pueden consumir completamente las plántulas en las camas de germinación o en los bancales. En cuanto a los insectos, el grillo común (*Acheta assimilis*) corta los tallos de las plántulas y come el follaje y las raíces. Los gusanos "cortadores", "cuerudos" o "tierreros" de la familia Noctuidae (*Agrotis* spp. y *Spodoptera* spp.), por lo general cortan los tallos a ras del suelo o trepan un poco para troncharlos más arriba; en ambos casos se alimentan del follaje de la plántula cortada (Fig. 41). *Trigona silvestriana*, una abeja "atarrá", corta las plántulas de varias especies de pinos.



Figura 40. Daño de hormigas en pseudoestacas de la melina.



Figura 41. Daño de un gusano cortador en el pochote.

## CH. BROTES Y YEMAS

Los ápices o brotes y las yemas constituyen los puntos de crecimiento activo del árbol o meristemas. Estas estructuras pueden ser atacadas por larvas de mariposas y de moscas o por abejas, que aunque difícilmente matan el árbol, le producen deformaciones o bifurcaciones que impiden el aprovechamiento comercial de la madera. En árboles jóvenes pueden ocasionar serios retardos en el crecimiento y, si el ataque es repetitivo, pueden llegar a provocarle la muerte al agotar sus reservas y, con ello, su capacidad de recuperación.

En los países tropicales del continente americano, la plaga más seria de este grupo es *Hypsipyla grandella*, que ataca 16 especies de meliáceas, entre las que se destacan maderas preciosas como la caoba y algunos cedros. Otra especie importante es *Rhyacionia frustrana*, que ataca varias especies de pinos (Fig. 42). También se ha observado que *Trigona corvina*, una especie de abeja "atarrá", corta los brotes terminales de *Eucalyptus deglupta* provocando su bifurcación.

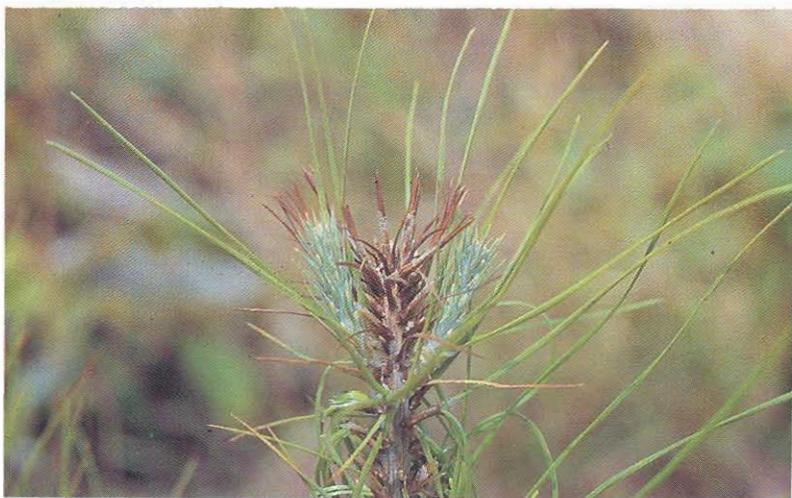


Figura 42. Respuesta del árbol de pino al ataque de *R. frustrana*.

## D. FOLLAJE

Los animales que atacan el follaje de plántulas, pseudoestacas y árboles pueden afectarlo en diversas formas, pero el resultado final es prácticamente el mismo, pues reducen la capacidad de fotosíntesis de la planta y provocan alteraciones en la transpiración y en la translocación de nutrimentos. Esto puede provocar un retardo en el crecimiento, inconveniente no sólo desde el punto de vista comercial, sino también por la desventaja que representa competir con las malezas. Los insectos

defoliadores rara vez causan la muerte de los árboles, salvo cuando éstos están en sus estados juveniles y no cuentan con reservas suficientes para recuperarse.

Dado que entre los animales defoliadores hay una notoria diversidad de hábitos, conviene caracterizar algunos de ellos.

### Masticadores expuestos

Estos animales, que pueden permanecer escondidos en ciertos refugios o protegidos por estructuras adheridas a su cuerpo, comen los tejidos foliares sin introducirse en ellos, es decir, desde afuera. Pueden afectar el follaje según tres modalidades diferentes.

En el caso de las babosas, los chapulines, los grillos, las abejas "atarrá" y las hormigas zompopas (*Atta* spp.), el daño es fácilmente reconocible (Fig. 43) porque estos animales cortan trozos de hojas relativamente grandes. En el segundo caso, los insectos devoran selectivamente la lámina foliar, dejando solamente las nervaduras de la hoja, por lo que se les llama esqueletizadores (Fig. 44). Por último, están los raspadores, que raspan el follaje para extraer la savia, como los "trips" o "piojillos" (Fig. 45) y la mayoría de los ácaros; en estos casos, las hojas se deforman, se secan y se desprenden.



Figura 43. Daño de *Atta* sp. en la melina.



Figura 44. Lepidóptero "esqueletizador" en encinos.



Figura 45. Ataque de trips en eucalipto.

## b) Minadores

Los insectos minadores son masticadores que penetran y devoran los tejidos internos del follaje, como el parénquima. El daño se percibe al mirar el follaje a trasluz, como ampollas o túneles transparentes, algunos con formas retorcidas o de serpentina (Fig. 46). Un daño muy intenso puede hacer que las hojas se retuerzan y se desprendan del árbol. Hay una familia de moscas, Agromyzidae, cuyas especies son todas minadoras, lo mismo que algunas especies de abejas, de mariposas y de avispas. El lepidóptero *Phyllocnistis meliacella* ataca varias especies de meliáceas.



Figura 46. Hoja atacada por un minador.

### c) Agalleros o cecidógenos

Estos animales provocan la formación de cecidias o agallas, que son unas protuberancias o "tumores" de morfología variada (Fig. 47), dentro de los cuales se desarrollan las formas inmaduras. Si bien estas estructuras pueden aparecer en diferentes partes de la planta, su presencia es más crítica en el follaje, porque cuando el daño es muy intenso, las hojas se retuercen y se caen. Los animales agalleros corresponden a una familia de ácaros (Eriophyidae) y a unas pocas de insectos, como Cecidomyiidae (moscas), Cynipidae (avispidas), Tenthredinidae (avispas) y Psyllidae (piojos saltones).



Figura 47. Agallas en el laurel.

## ch) Chupadores

Estos animales tienen un aparato bucal de tipo perforador-chupador que les permite succionar la savia o el agua de los tejidos vegetales. Pueden afectar directamente el follaje, como lo hacen las ninfas y los adultos de *Dictyla monotropidia* en el laurel (Fig. 48), o los tallos y las ramas jóvenes, como lo hacen las ninfas de ciertos Psyllidae (Fig. 49) y algunos Cercopidae.

Las hojas atacadas se vuelven cloróticas o amarillentas y caen; esto puede conducir directamente a la muerte del árbol o debilitarlo, haciéndolo susceptible al ataque de enfermedades e insectos oportunistas. Algunos insectos chupadores tienen la capacidad de transmitir virus nocivos, al introducir su estilete en árboles enfermos y luego en árboles sanos.



Figura 48. Daño de *D. monotropidia* en el laurel



Figura 49. Ataque de Psyllidae en el cedro amargo

## E. FUSTE Y RAMAS

El interior del fuste y de las ramas presenta diferentes tejidos o regiones, como la corteza, el líber, el xilema o madera y la médula (Fig. 49); para cada uno de estos tejidos hay insectos específicos que se ocupan de dañarlos, tal como se discute a continuación.

### a) Barrenadores del líber

Aunque en sentido estricto el líber comprende sólo los tejidos floemáticos de la corteza, se consideran como barrenadores del líber los insectos que atacan esos tejidos y los tejidos blandos del xilema adyacente al cambium vascular. Cuando el líber es severamente atacado por insectos que construyen galerías continuas en todo el perímetro del fuste (Fig. 50), se interrumpe el movimiento de savia desde el follaje hacia las partes inferiores del árbol y las raíces mueren; como no hay absorción de agua, el follaje se vuelve amarillento y cae; posteriormente, el árbol muere. En algunos casos, el daño



Figura 50. Daño causado por *Scolytodes alni* en el jaíl.

causado por los "descortezadores" podría no provocar la muerte del árbol, pero sí disminuir considerablemente su capacidad de fotosíntesis y con ello su crecimiento en longitud y grosor.

Los abejones descortezadores pertenecen a la familia Scolytidae; varias especies de los géneros *Dendroctonus*, *Ips* y *Scolytodes* son plagas importantes en América Central.

### b) Barrenadores del xilema

El xilema secundario corresponde al tejido que ya no es metabólicamente funcional, pero sirve como sostén, aunque parte de él (la albura) permite el transporte de agua y de elementos. El xilema (o madera) es la parte del árbol que se utiliza comercialmente; debido a ello, las plagas que lo atacan son consideradas como las más serias desde el punto de vista económico. Entre ellas se destacan las familias Cerambycidae y Buprestidae, ambas del orden Coleoptera.

Algunas especies perforan galerías horizontales y verticales en la madera (Fig. 51), lo que impide aprovecharla comercialmente; además, es frecuente que el fuste o la rama se quiebren en el punto atacado (Fig. 52).

Otras especies prefieren la parte más externa de la madera (Fig. 53), pero con ello crean puntos débiles, donde se producen quebraduras. Como resultado de las quebraduras del fuste, el árbol se bifurca.



Figura 51. Daño de Buprestidae en el pochote.



Figura 52. Daño de *Plagiohammus spinipennis* en la teca.



Figura 53. Daño de *Steirastoma histrionicum* en el pochote.

### c) Barrenadores del xilema y de la médula

Estos insectos dañan el xilema en forma relativamente leve, pues lo utilizan sólo como "paso" para poder llegar hasta la médula o corazón; sin embargo, si la densidad de población del patógeno es alta, la intensidad del ataque puede tener serias consecuencias económicas. Además, conforme el árbol se engruesa, es común observar que los túneles no llegan hasta la médula, por lo que en términos prácticos estos insectos se consideran como barrenadores del xilema. Un claro ejemplo de ello lo constituye *Aeptytus* sp. en la melina (Fig. 54).

Algunos comejenes o termitas pueden atacar el xilema y la médula de árboles en pie, pero en esos casos casi invariablemente los árboles atacados han sido afectados antes por hongos que los predisponen para el ataque de los comejenes.



Figura 54. Daño de *Aeptytus* sp. en la melina.

#### ch) Diseminadores

Estos insectos son abejones de las familias Platypodidae y Scolytidae que presentan xilomicetofagia: cavan túneles en el xilema y depositan en ellos las esporas de un hongo que sirve de alimento para las larvas. En realidad, las larvas no se alimentan de madera, pero el hongo la degrada y reduce considerablemente su valor comercial (Fig. 55). En ciertos casos las esporas son depositadas en el floema, y la proliferación del hongo alcanza tal magnitud que ocurre obstrucción del transporte de savia, muerte de las raíces, decoloración y caída del follaje y, por último, la muerte del árbol.

#### d) Masticadores de la corteza

Algunos abejones adultos de la familia Cerambycidae pueden afectar la corteza masticándola en ciertos puntos (Fig. 56), desgarrándola o mordisqueando el perímetro del tallo o de las ramas para formar una concavidad con forma de reloj de arena o un anillo (Fig. 57). En este último caso, la hembra "serruchadora" deposita sus huevos en la parte superior de la franja donde mordisquea; así cuando el tallo o la rama se secan y caen, las larvas se alimentan de la madera seca.



Figura 55. Daño de Platypodidae en la casuarina.



Figura 56. Daño de adulto de *Steirastoma* en el pochote.

En otros casos, como sucede con varias especies de abejas "atarrá" (*Trigona* spp.), los insectos perforan la corteza (Fig. 58) o se aprovechan de heridas preexistentes para coleccionar resinas; estas perforaciones pueden servir de puerta de entrada para algunos patógenos.



Figura 57. Daño de Cerambycidae "serruchador" en el guácimo.



Figura 58. Daño de *T. silvestriana* en acacia.

La corteza también puede ser roída por animales vertebrados como ratas (Fig. 59), ardillas (Fig. 60), puercoespines y conejos, con lo que el fuste y las ramas se exponen a quebraduras o a la invasión de patógenos.



Figura 59. Daño de *Sigmodon hispidus* en la teca.



Figura 60. Daño de *Sciurus* sp. en eucalipto.

#### e) Daño por oviposición

La cantidad de huevos que una chicharra puede insertar es tan grande (Fig. 61), que en ramas o tallos muy delgados crea un obstáculo físico para el transporte del agua, lo que conduce a la desecación de esas estructuras y limita el crecimiento del árbol.



Figura 61. Huevos de chicharra en guayaba.

#### f) Barrenadores de madera seca

A diferencia de los grupos anteriores, que atacan tejidos vivos, hay insectos que se alimentan de madera muerta, rolliza (en trozas) o elaborada (muebles, construcciones, utensilios, etc.). Entre los grupos de insectos que producen este tipo de daño están los abejones de las familias Bostrichidae, Lyctidae, Anobiidae, Buprestidae y Cerambycidae, y los comejenes *Cryptotermes brevis* y *Coptotermes testaceus*. Todas ellas son plagas económicamente importantes, porque destruyen productos de madera con un alto valor agregado, sobre todo cuando se trata de muebles, partes de un edificio, etc.

## 2. DAÑOS CAUSADOS POR PATOGENOS

### A. PROCESOS ALTERADOS EN LA PLANTA

El desarrollo vigoroso y la productividad de cualquier especie vegetal dependen de la disponibilidad de agua y de nutrimentos en el suelo y de un conjunto de condiciones ambientales favorables para la planta, de acuerdo con su potencial genético, hábitos de crecimiento, adaptación y requerimientos nutricionales.

Como en todo ser vivo, en la planta se cumplen procesos fisiológicos complejos pero muy sincronizados que forman parte de un mecanismo global que debe culminar en el establecimiento de un individuo sano. Los principales procesos de la planta (en orden ascendente) son: absorción y translocación de agua y minerales, fotosíntesis, transporte de las sustancias producidas por la fotosíntesis, reproducción y sobrevivencia. Cualquier alteración en estos procesos genera un desbalance interno que puede resultar en la destrucción de tejidos u órganos, o incluso, en la muerte de la planta (Fig. 62).

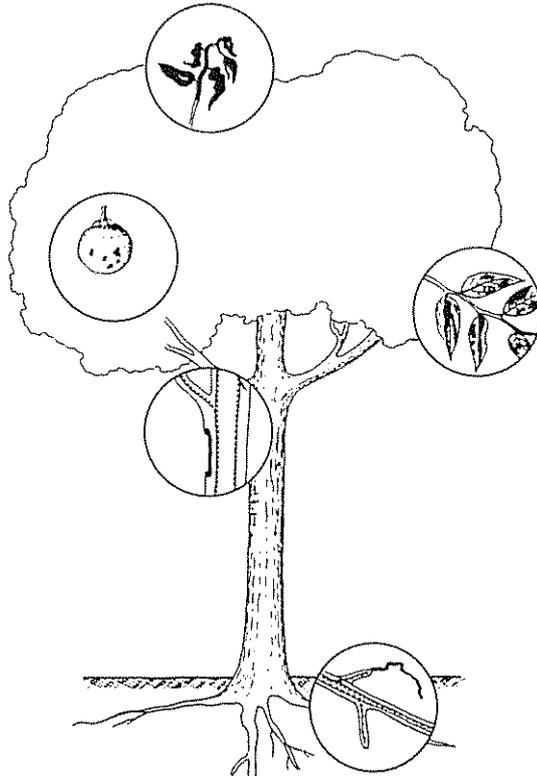


Figura 62. Partes del árbol que pueden ser atacadas por patógenos

## a) Absorción de agua y nutrimentos

Las raíces son uno de los órganos más susceptibles al ataque de hongos, que provocan alteraciones en la absorción del agua y de los nutrimentos. La superficie de la raíz está en contacto permanente con la población de microorganismos del suelo, patógenos o saprófitos y mantiene un continuo crecimiento de raíces laterales, lo que origina nueva epidermis y corteza capaz de absorber agua y nutrimentos, y un constante avance hacia zonas nuevas en la masa del suelo.

Los patógenos que causan pudrición de raíces se caracterizan por liberar enzimas que provocan degradación de los tejidos, desintegración de la lámina media y de la pared celular y muerte del protoplasto. La acción enzimática es tan rápida que favorece la penetración y colonización del hongo antes de que entre en acción cualquier mecanismo de defensa de la planta. La desintegración de los tejidos radicales, que por estar en crecimiento son inmaduros y más susceptibles al ataque, reduce la capacidad de absorción y, en muchos casos, produce marchitez o deficiencias nutricionales. La muerte de la planta puede deberse al transporte de sustancias tóxicas desde el tejido enfermo o al desbalance nutricional ocasionado por la ruptura del sistema de absorción selectiva.

## b) Transporte de agua y nutrimentos

La alteración del proceso de transporte de agua y nutrimentos desde la raíz hacia las partes superiores del árbol también puede acarrear serias consecuencias para su desarrollo.

Después de la absorción, el agua y las sales minerales son transportadas, vía xilema, hacia las hojas, para la síntesis de sustancias que luego, vía floema, se distribuyen hacia otros órganos. La interferencia en el movimiento ascendente por causa de un patógeno puede generar una condición de enfermedad en las partes u órganos que utilizan esos minerales, que se traduce en incapacidad para realizar sus propias funciones y las funciones o productos que requiere la planta. Por ejemplo, si se corta el suministro de agua hacia las hojas, éstas no funcionan adecuadamente, la fotosíntesis se reduce, y muchos compuestos elaborados no llegan a las raíces, por lo que la planta entra en estrés y puede morir.

Ciertos hongos y bacterias que se alojan en el sistema vascular pueden inducir la alteración en el transporte de agua y minerales. Los patógenos más conocidos que causan alteración en el movimiento ascendente (xilema) son *Fusarium*, *Verticillium* y *Pseudomonas*.

Por lo general, los efectos sobre la planta son síntomas de marchitez, deficiencias nutricionales o almacenamiento insuficiente de productos elaborados.

### c) Fotosíntesis

La fotosíntesis es la función vital de las plantas; consiste en la utilización de energía lumínica para la síntesis de los compuestos orgánicos que serán utilizados en el metabolismo celular. En otras palabras, mediante la fotosíntesis, la planta produce los alimentos necesarios para su crecimiento y reproducción.

Los patógenos que alteran la fotosíntesis lo hacen por la destrucción de tejido foliar, ya sea provocando necrosis o defoliación, por inducción de malformaciones y enanismo en las hojas, o porque crecen sobre la epidermis foliar, formando una capa de micelio que reduce el paso de la luz hacia los pigmentos fotosensibles. La reducción de la fotosíntesis por muchas enfermedades, especialmente por las enfermedades foliares, es proporcional al área del tejido invadido.

En lesiones o manchas foliares, tizones u otros síntomas en los que hay destrucción del tejido en la hoja, la fotosíntesis se reduce por la destrucción o la muerte de la superficie fotosintéticamente activa de la planta. En áreas cloróticas o necróticas, hay destrucción de la clorofila.

En el caso de las enfermedades que inducen marchitez, los estomas (poros respiratorios) se cierran y se restringe el intercambio de gases, lo que obviamente también reduce la fotosíntesis. El mismo efecto tienen las toxinas liberadas por los patógenos que degradan la clorofila.

### ch) Reproducción

Cualquier patógeno que altere el sistema reproductivo está alterando implícitamente el principio de la vida y la sobrevivencia de las especies. El desarrollo de una comunidad ecológica a través de la sucesión depende, entre otras cosas, de la eficiencia en la dispersión de las unidades reproductivas (semillas) hacia nuevos sitios.

El daño a la reproducción se presenta desde la producción de polen hasta la formación del fruto y la semilla.

A veces los virus producen esterilidad masculina en plantas normalmente autógamias (que se autofecundan), la que puede deberse a una inhibición en la formación del polen. Los patógenos también reducen el vigor del polen, provocando una polinización deficiente. En ocasiones

se ha observado que el daño de los virus se presenta en etapas más avanzadas del proceso, por ejemplo, durante la formación de óvulos u ovarios.

El daño más evidente es la destrucción total de la flor por el ataque de hongos o bacterias. *Botrytis cinerea* es el hongo que daña las flores con mayor frecuencia; también *Erwinia amylovora* las destruye completamente.

Una de las formas más frecuentes de alterar el proceso de reproducción es el ataque a las semillas por parte de hongos y bacterias. La patología de las semillas forestales es un área poco estudiada, pero que reviste una gran importancia. La población microbiana adherida al tegumento es muy variada. Algunos organismos son parásitos débiles que sólo utilizan la semilla como vehículo; normalmente son adquiridos durante el transporte o el almacenamiento. Otros, por el contrario, son patógenos de importancia que infectan la semilla y se localizan en sus tejidos internos. En cualquier caso, ambos tipos de parásitos pueden afectar el vigor o la viabilidad de la semilla.

La transmisión de patógenos por semillas es importante porque constituye un medio adecuado para la sobrevivencia del patógeno, y porque es una forma fácil de introducirlo a nuevas áreas de cultivo.

## B. MANIFESTACIONES EN LA PLANTA

Ante la infección producida por un agente fitopatógeno o ante un factor abiótico adverso, la planta sufre alteraciones morfológicas o fisiológicas que se manifiestan externamente. Ya se han mencionado algunos de los cambios observables como consecuencia de la enfermedad, los cuales se conocen como **síntomas**.

El reconocimiento de los síntomas es de gran ayuda al momento de evaluar una enfermedad y de describirla con precisión, si el caso así lo amerita. Los tipos de síntomas más comunes se pueden agrupar bajo seis denominaciones generales: manchas, lesiones necróticas, pústulas, crecimientos anormales, pudriciones y marchitez.

Las **manchas** (Fig. 63) incluyen lesiones cloróticas (amarillentas), traslúcidas e intervenales, halos cloróticos alrededor de otras lesiones, mosaicos y áreas corchosas. Las **lesiones necróticas** (Fig. 64) se deben a la muerte de los tejidos y pueden ser redondas, angulares u ovaladas; también se puede observar necrosis terminal cuando hay quema de los brotes o de las flores. Las **pústulas** (Fig. 65) son lesiones pequeñas, como puntos polvosos, inicialmente del tamaño de la cabeza de un alfiler, que luego pueden crecer o unirse a otros puntos vecinos.



Figura 63. Manchas en hojas de la teca.



Figura 64. Lesión necrótica en hojas de acacia.

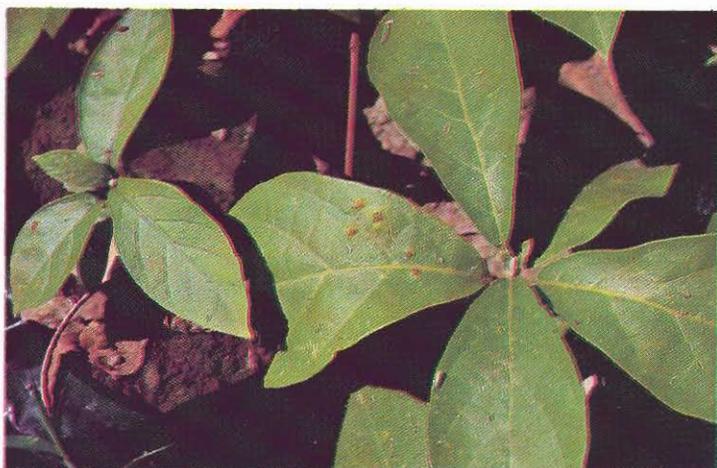


Figura 65. Pústula en hojas de laurel.

Los principales **crecimientos anormales** (Fig. 66) son las agallas o tumores, debidos al tamaño excesivo de algunos órganos o partes de la planta. Son provocados por un aumento en el tamaño de las células (hipertrofia) o por un incremento en la división celular (hiperplasia). También es posible observar epinastia, enanismo (hipotrofia) o corrugamiento de las hojas. Las **podriciones** (Fig. 67) obedecen a la desintegración de los tejidos; puede haber podrición húmeda o podrición

seca, tanto en frutos como en raíces. La **marchitez** (Fig. 68) se debe a un daño en el sistema radical que impide la absorción del agua o a la deficiencia de agua (sequía) como tal.

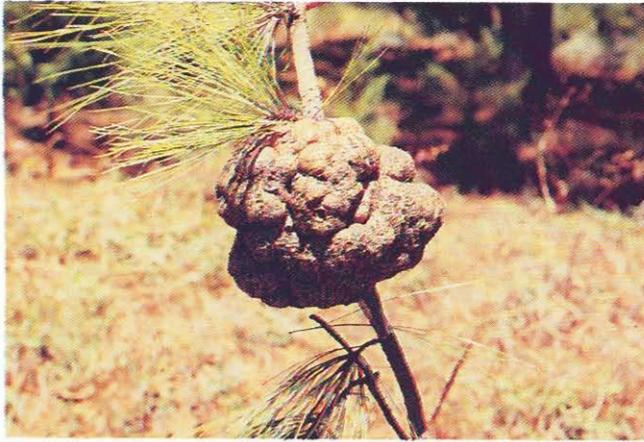


Figura 66. Tumor causado por *Cronartium* sp. en pino.

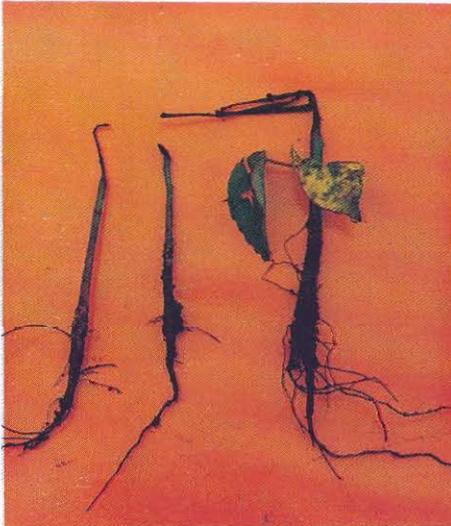


Figura 67. Pudrición por exceso de agua en el pochote.

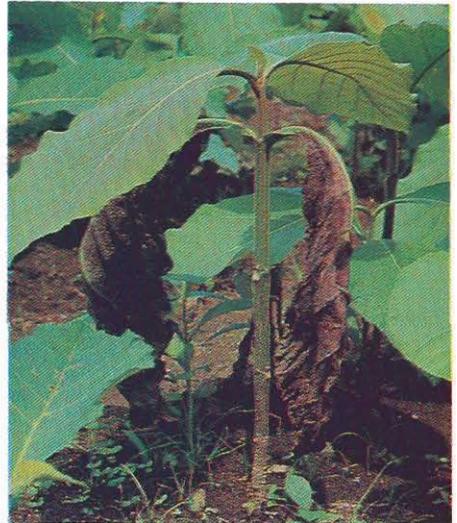


Figura 68. Marchitez en la teca.

En algunas oportunidades sucede que, además de la manifestación de síntomas, es posible encontrar otros crecimientos sobre la lesión que corresponden a cuerpos o estructuras propias del agente dañino; se les denomina **signos** del patógeno. Posiblemente las "sombrillas" y las "orejas de palo" son los signos más evidentes y conocidos; otros menos obvios son los crecimientos pulverulentos o algodonosos (moho) de ciertos patógenos.

**NOCIONES GENERALES SOBRE EL  
COMBATE DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

**CAPITULO III**

## **NOCIONES GENERALES SOBRE EL COMBATE DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

La presencia de plagas y enfermedades es inevitable en todo proyecto forestal por razones de tipo natural, biológico. Ante esta situación, los productores y los técnicos deben aprender a coexistir o convivir con ellas, aunque la pregunta lógica es cómo hacerlo. Al respecto, cabe decir que no hay respuestas fáciles ni generales, por lo que cada situación fitosanitaria debe ser analizada en términos particulares. Lo que sí es cierto es que las medidas preventivas deberían ser la base de cualquier programa de protección forestal; aunque a primera vista las dificultades operativas y económicas que implica su implementación parezcan enormes, en el mediano y largo plazos se podrán apreciar sus ventajas.

Como en América Central el establecimiento de plantaciones forestales es muy reciente, se dispone de muy poca información acerca del combate de plagas y enfermedades, lo que reduce las posibilidades de dar recomendaciones concretas y específicas en ese sentido. En este capítulo se recoge la información correspondiente a algunas de las pocas experiencias existentes en el área, junto con la de países con una larga tradición forestal, a fin de aportar elementos útiles para orientar en la mejor forma posible los esfuerzos de combate de plagas y enfermedades en la región centroamericana.

### **1. MEDIDAS PREVENTIVAS**

El combate de los problemas fitosanitarios comienza mucho antes de que éstos aparezcan. En la mayoría de los proyectos forestales se asignan pocos recursos para los programas de prevención, y sólo se incurre en gastos cuando los problemas se manifiestan. La asignación de recursos para actividades de prevención se justifica por sí misma, si se tienen en cuenta las pérdidas que puede ocasionar la sola aparición de una plaga o una enfermedad. Un adecuado programa de carácter preventivo debe considerar todas las actividades que se describen a continuación.

#### **A. CALIDAD DEL SITIO**

La calidad del sitio en que se instalará un proyecto forestal está estrechamente relacionada con la prevención del ataque de plagas y enfermedades, pues un sitio empobrecido producirá árboles débiles, propensos a dicho ataque.

Conocer los factores ambientales que influyen sobre el sitio del proyecto tiene una importancia capital. Hay especies, como el jaúl, que

son susceptibles a condiciones ambientales diferentes a las que prevalecen en los sitios donde la especie crece en forma natural.

Se debe tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, las plantaciones se establecen en sitios marginales, con antecedentes agropecuarios, en donde resulta muy difícil obtener el desarrollo pleno de un conjunto de árboles. Las especies forestales resultan afectadas por factores como la baja fertilidad, un pH extremo (alto o bajo), el mal drenaje del suelo, los vientos y la altitud.

Al respecto, conviene tener presentes las siguientes pautas:

- a) Si se tiene el sitio en donde se establecerá el proyecto, utilizar las especies que la observación y la experiencia demuestren que se adaptan mejor a esas condiciones.
- b) Si se tiene la especie, buscar el sitio que mejor satisfaga sus requerimientos ambientales, lo que se puede determinar observando el ambiente en donde la especie se desarrolla en forma natural.

En ciertos casos, algunos factores implicados en la calidad del sitio, como la baja fertilidad o el anegamiento del terreno, pueden modificarse mediante el empleo de fertilizantes o de sistemas de drenaje.

Es importante destacar que conforme se mejora la calidad del sitio para una especie forestal, se favorecen también las plantas indeseables o malezas, lo que implica costos de combate muy elevados. En los sitios buenos, la especie que se manifieste como dominante desde temprano, tendrá mayores posibilidades de colonizar, por lo que es preciso impedir la dominancia de las malezas con más potencial y estimular la de los árboles.

## B. SELECCION DEL MATERIAL A PLANTAR

Es fundamental utilizar estrictas normas de calidad a la hora de seleccionar el material, eliminando las plantas con una apariencia pobre con respecto al prototipo establecido. Los encargados de proyectos forestales deben seleccionar los individuos que presenten

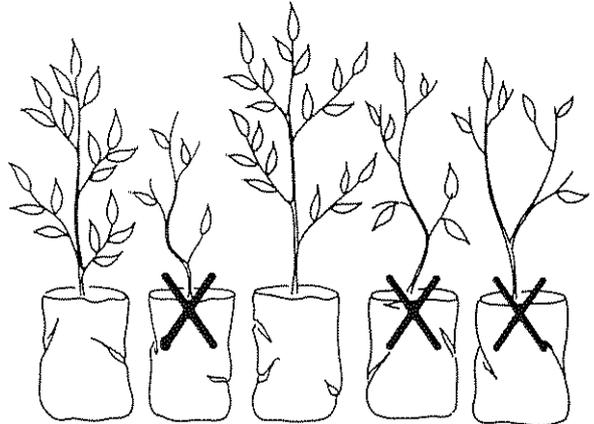


Figura 69. Selección del material de siembra.

las mejores características de apariencia y comportamiento, con el fin de eliminar los más débiles, que podrían ser más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades (Fig. 69).

A menudo en los proyectos forestales se utilizan semillas "sin marca", de las que se desconoce la edad, la procedencia y el estado fisiológico. El comprador de un lote de semillas, estacas o plántulas debería exigir que se le garantizara la calidad del material por el que está pagando; esto podría llevar a que se impusieran condiciones satisfactorias de oferta y demanda, lo que conduciría a un considerable incremento en los estándares de calidad del material disponible.

Lamentablemente, en América Central las transacciones comerciales con material genético forestal son tan irregulares, que por lo general se hacen sobre la base de comprar la mayor cantidad posible al menor costo, con poca consideración de la calidad. A veces, con una inversión ligeramente superior, el comprador no sólo se garantiza la calidad genética, sino también un menor riesgo de plagas y enfermedades y más confianza y estabilidad para su proyecto.

## C. CUARENTENA

Aunque un proyecto forestal disponga de las condiciones necesarias para evitar el desarrollo de problemas fitosanitarios, es posible que en el campo, dependiendo de las actividades que se estén realizando, haya una condición fitosanitaria adversa al proyecto.

Es por ello que cobran relevancia las medidas de cuarentena vegetal, las cuales están orientadas a evitar el movimiento irrestricto de plántulas, estacas, arbolitos e incluso de suelo donde podrían alojarse plagas y enfermedades forestales. Entre las medidas de cuarentena más importantes desde el punto de vista forestal, se destacan las siguientes:

### a) Normas de campo estéril

La expresión "campo estéril" o profilaxis alude a la condición física establecida en un proyecto a fin de evitar el ingreso de agentes nocivos para las plántulas o los árboles. Un proyecto forestal - y en especial un vivero - puede resultar afectado por normas de higiene deficientes e incluso por su mismo personal. En un vivero sano se pueden introducir lotes de semillas enfermas, herramientas de trabajo contaminadas o trabajadores provenientes de áreas en donde hay una gran incidencia de plagas o enfermedades. Por lo tanto, es necesario definir muy bien las vías de acceso al sitio, evitar la entrada de ciertos materiales y la realización de algunas actividades, imponer medidas de desinfección a la entrada, etc.

Este no es un concepto nuevo ni difícil de ejecutar y es común observarlo en los viveros de flores y plantas ornamentales.

## b) Trasiego de material

La prohibición de introducir material vegetal en los puertos aéreos, marítimos y terrestres de un país tiene una amplia justificación. Cualquier semilla, plántula, estaca o suelo proveniente del exterior puede traer consigo huevos de insectos, esporas de hongos, bacterias o nematodos nocivos para esa especie forestal o para otras; ciertos insectos, como las avispas *Megastigmus* spp., pueden ingresar como larvas dentro de las semillas de algunas coníferas, pues es muy difícil detectar su presencia externamente.

En los viveros y plantaciones forestales se debería adoptar la costumbre de colocar todo el material nuevo en un área declarada "zona de cuarentena", a fin de mantenerlo aislado y lejos del proyecto mientras se le aplican los plaguicidas necesarios (Fig. 70). Un examen de laboratorio del nuevo material requiere de una inversión de recursos adicional, pero permite evitar el ingreso de material contaminado. Estas normas son aplicables no sólo a la cuarentena internacional sino también a la cuarentena interna, entre regiones de un mismo país. No obstante, hay una forma de evitarse este trabajo y es exigir al vendedor un certificado fitosanitario, esto es, una garantía por escrito de que el material adquirido ha sido debidamente inspeccionado y tratado contra plagas y enfermedades.

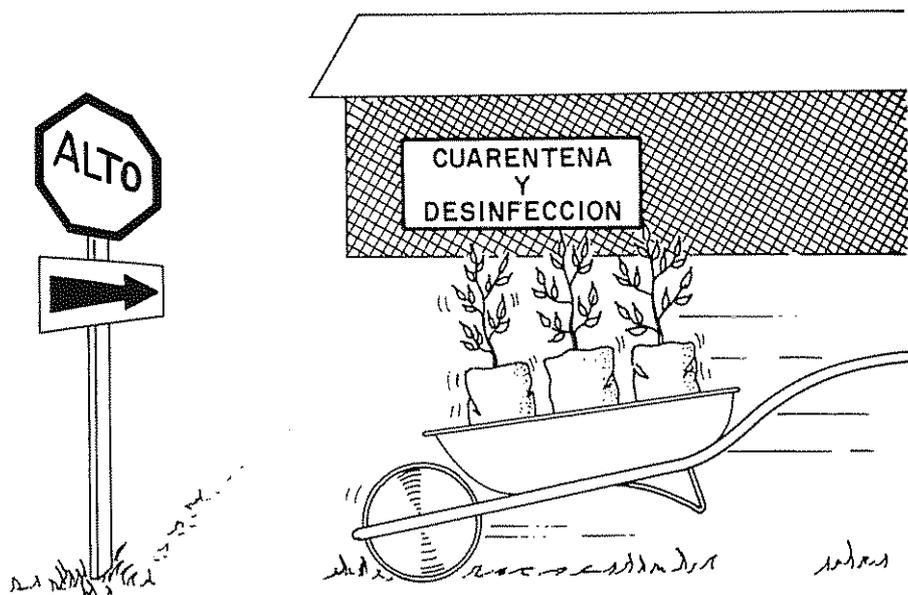


Figura 70. Aislamiento de nuevos materiales.

### c) Establecimiento de barreras

En general, debido a su pequeño tamaño, los insectos y los patógenos tienen una gran capacidad de diseminación, especialmente por efecto del viento. No obstante ello, las esporas de los hongos y los insectos pueden ser aislados y contenidos mediante barreras (Fig. 71). Un ejemplo de barreras físicas son amplios espacios vacíos entre una actividad y otra o cercas vivas altas de alguna planta lo suficientemente densa como para formar una muralla. También se pueden establecer cercas de plantas que tengan un efecto negativo (repelente) sobre ciertas especies de insectos; estas son barreras biológicas. Los rompevientos diseñados para evitar el paso del viento por un proyecto forestal constituyen un buen ejemplo de barreras externas.

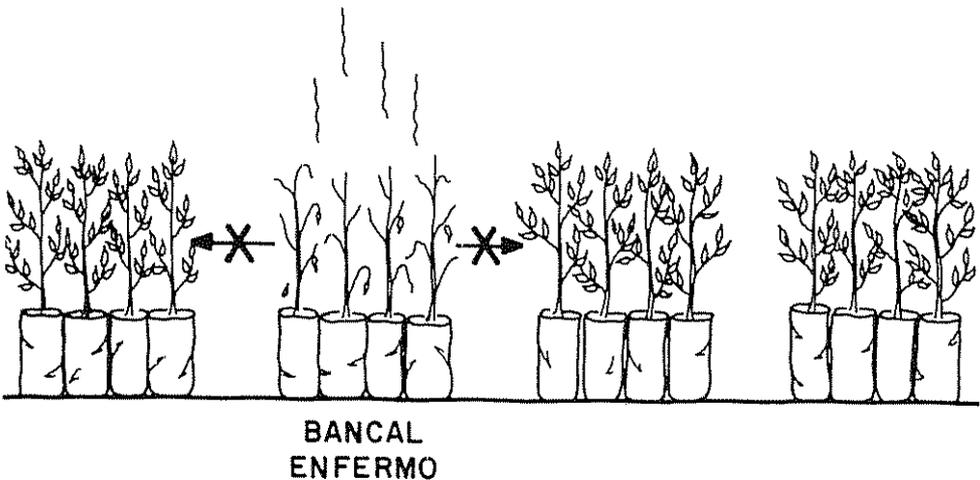


Figura 71. Aislamiento de material enfermo mediante barreras.

### ch) Zonas de riesgo

Es preciso evitar la siembra de determinada especie forestal en zonas donde la incidencia de plagas y enfermedades para esa especie es alta. Por ejemplo, si se desea establecer un proyecto en una zona donde abundan las plantaciones de pino y éstas han sido o son atacadas por *Rhyacionia frustrana*, sería un error seleccionar esa misma especie para sembrarla en el sitio, ya que hay muchas probabilidades de que la plantación resulte afectada por esa plaga, a menos que se cuente con un método eficaz para combatirla.

El riesgo también puede operar en el interior de un proyecto forestal, dependiendo de la distribución espacial de las actividades. En los viveros

mal planificados, donde en un área muy reducida se instalan camas de germinación, "composteras", bancales, almácigos, sitios de almacenamiento de semillas, etc., un problema fitosanitario se propagará rápidamente, sin encontrar mayores obstáculos. Por ello, es fundamental que todas las actividades se realicen en áreas muy bien definidas y aisladas unas de otras.

#### d) Legislación

La creación de leyes referidas a las plantas de valor económico puede ser muy importante no sólo para impedir el ingreso de plagas y enfermedades a un país, sino también para evitar la diseminación de las existentes. Si bien algunos países centroamericanos cuentan con una legislación muy valiosa en el campo de la sanidad vegetal, pocas veces la aplican o la acatan, especialmente en lo relativo a la cuarentena interna.

## CH. MEDIDAS SILVICULTURALES

Las medidas de tipo silvicultural comprenden un conjunto de métodos que implican cambios en la composición o en la fisonomía de los proyectos forestales. Algunas de ellas, además de aumentar la productividad, pueden tener un papel relevante para prevenir, más que para curar, el ataque de plagas y enfermedades. Debido al valor curativo de algunas de ellas, también serán discutidas en la Sección 2 de este capítulo.

#### a) Diversificación de las plantaciones

En contraposición con la modalidad de sembrar vastas áreas con una sola especie forestal, equivalente al monocultivo agrícola, es preciso explorar opciones que impliquen la heterogeneidad de las plantaciones. Algunas experiencias desarrolladas en América Central han demostrado que es posible reducir la incidencia de plagas y enfermedades creando plantaciones mixtas, en las que se intercalan hileras o bloques de varias especies (Fig. 72) y también enriqueciendo el bosque natural o las áreas de crecimiento secundario (tacotales). En ambos casos no sólo se pretende reducir la cantidad de recurso alimenticio, por lo menos para las plagas y enfermedades más específicas, sino también dificultar su acceso a dicho recurso.

La falta de información sobre el temperamento de las especies a plantar y sobre la rentabilidad comparativa de la actividad constituye el mayor obstáculo para establecer proyectos de diversificación.

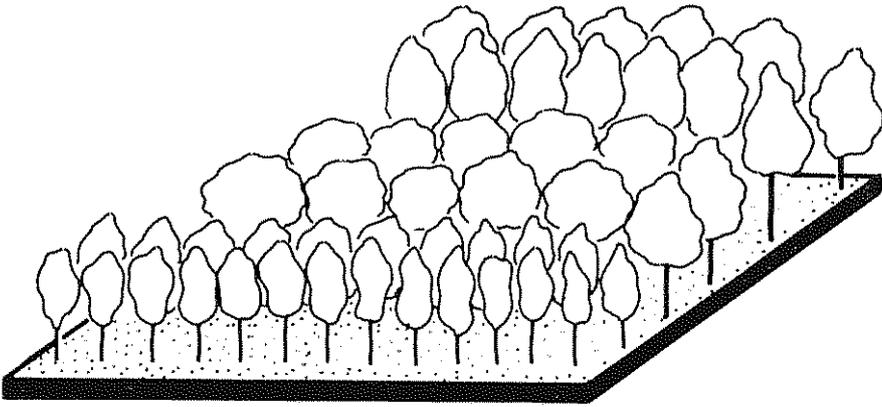


Figura 72. Bloque de especies en una plantación diversificada.

La diversificación también debe considerar el factor edad. Las plantaciones de una misma edad o coetáneas son más vulnerables a las plagas o enfermedades específicas de ciertas edades, pues en el caso de resultar afectadas, se podría perder todo el proyecto. Por lo tanto, se recomienda que dentro de lo posible, se establezcan plantaciones con árboles de diferentes edades para aminorar esos riesgos.

#### b) Densidad de siembra

En las plantaciones forestales se aplica el control de la densidad de siembra con el propósito de planificar adecuadamente el número de individuos por especie y las distancias de siembra.

Se sabe que para sobrevivir, los individuos necesitan de cierto espacio a su alrededor - que varía según la especie - a fin de competir adecuadamente con los otros árboles. En condiciones naturales, hay especies que crecen conjuntamente con otras, pero requieren de un espacio muy amplio, por lo que se les encuentra muy distanciadas en el bosque, como los cedros, el pochote, el cristóbal, el ron-ron y el guayaquil. Otras especies, por el contrario, se desarrollan en rodales muy puros y con una gran cantidad de individuos por área, como es el caso de los eucaliptos, el jaúl y las coníferas.

A partir del momento en que en una plantación forestal se concentran, por ejemplo, más de mil individuos por hectárea de una sola especie, habituada a desarrollarse en forma muy espaciada y de una misma edad,

se crea tal condición de hacinamiento, que los árboles pueden reaccionar en forma drástica, tornándose débiles y muy susceptibles a las condiciones adversas del sitio (suelos poco fértiles, mal drenaje, temperaturas extremas, fuertes vientos, etc.) y también a las plagas y enfermedades.

### c) Raleos

El propósito principal del raleo es seleccionar los árboles más vigorosos y con mejores características y estimular su crecimiento al eliminar la competencia de los individuos con características menos deseables. Esta práctica, que de por sí implica una protección contra las plagas y las enfermedades, puede aportar otros beneficios. Por ejemplo, al estimularse el crecimiento longitudinal de los árboles y alcanzar éstos cierta altura, "escapan" al ataque de aquellos insectos y hongos que afectan los brotes terminales y que exhiben una baja capacidad de vuelo o de diseminación. Además, al cortarse los árboles poco vigorosos o "suprimidos", se elimina el riesgo de que ellos se conviertan en sustrato para el establecimiento de ciertas plagas y enfermedades (Fig. 73).

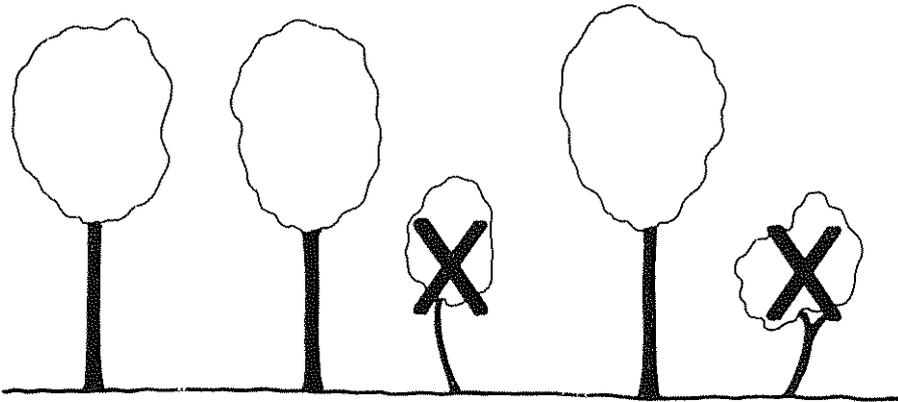


Figura 73. Raleo de árboles suprimidos.

El raleo puede provocar cambios en el microclima de la plantación al afectar la temperatura, la humedad y la insolación de algunas áreas. Si bien ello podría reducir la incidencia de ciertos agentes dañinos, también podría estimular el desarrollo de otros, por lo que es preciso considerar cada caso en particular.

Cabe señalar que el raleo podría ser perjudicial cuando se efectúa en forma tal que la caída de los árboles maltrata o lastima a los que deben quedar en pie. A consecuencia de ello, aparecen heridas en el tronco y en

las ramas que podrían servir de puerta a enfermedades y plagas, provocando "focos" de infección o de infestación, respectivamente.

#### ch) Manejo de las malezas

Tradicionalmente en los proyectos forestales (ya sean viveros o plantaciones) se ha considerado que las malezas son muy perjudiciales para las plántulas y los árboles porque compiten con ellos por el espacio, el agua y la luz. Las medidas habituales implican la eliminación total de las malezas, generalmente mediante herbicidas. No obstante, en algunos casos, la eliminación de malezas podría resultar contraproducente.

Se presume que, tal como ha sido demostrado para algunas malezas asociadas con cultivos agrícolas, ellas pueden ser una fuente de néctar para los adultos de insectos parasitoides, lo que permite incrementar su fecundidad y, en consecuencia, su densidad; con esto, mediante el control biológico, se lograría mantener poblaciones bajas de los insectos herbívoros, perjudiciales. En otros casos, algunas plantas silvestres preferidas por los herbívoros podrían ser utilizadas como "trampa" o distracción, para que ellos ataquen esas plantas y no las plántulas o árboles que se desea proteger.

En el caso de los patógenos, los efectos también son muy variados. Por ejemplo, en el pochote, la eliminación de malezas expone el suelo a los rayos solares, lo que aumenta la temperatura en la base del tallo y provoca alteraciones en la planta. Sin embargo, en otros casos, conservar las malezas aumenta la humedad relativa y crea un microclima que favorece el mantenimiento de algunos patógenos. Además, para patógenos con una amplia gama de hospederos, las malezas pueden representar un medio o sustrato de sobrevivencia y multiplicación del inóculo.

Por lo tanto, los efectos benéficos o perjudiciales de las malezas deben ser valorados en situaciones específicas y a partir de observaciones de campo que permitan establecer su compatibilidad con los árboles, para poder manejarlas o utilizarlas.

#### d) Podas

Las podas de mejoramiento, cuya finalidad es evitar la formación de nudos en la madera, pueden, al igual que los raleos, alterar el microclima de la plantación y así desfavorecer o estimular ciertas plagas o enfermedades.

Pero las podas deben hacerse con mucho cuidado, pues el corte de la rama implica la formación de una herida en la corteza, y es justamente a través de las heridas que ciertos hongos y bacterias e incluso algunos

insectos barrenadores del fuste pueden entrar al árbol. Se recomienda que las superficies expuestas se recubran con la mezcla de un fungicida y un material sellador, como sulfato de cobre y pintura de aceite (Fig. 74). Por otra parte, cuando se poda, se corre el riesgo de que al cortar las ramas afectadas por enfermedades vasculares, el patógeno se disemine hacia árboles sanos; para evitarlo, se recomienda desinfectar las herramientas después de podar cada árbol, sumergiéndolas en (o limpiándolas con) hipoclorito de sodio (cloro comercial), formalina o alcohol.

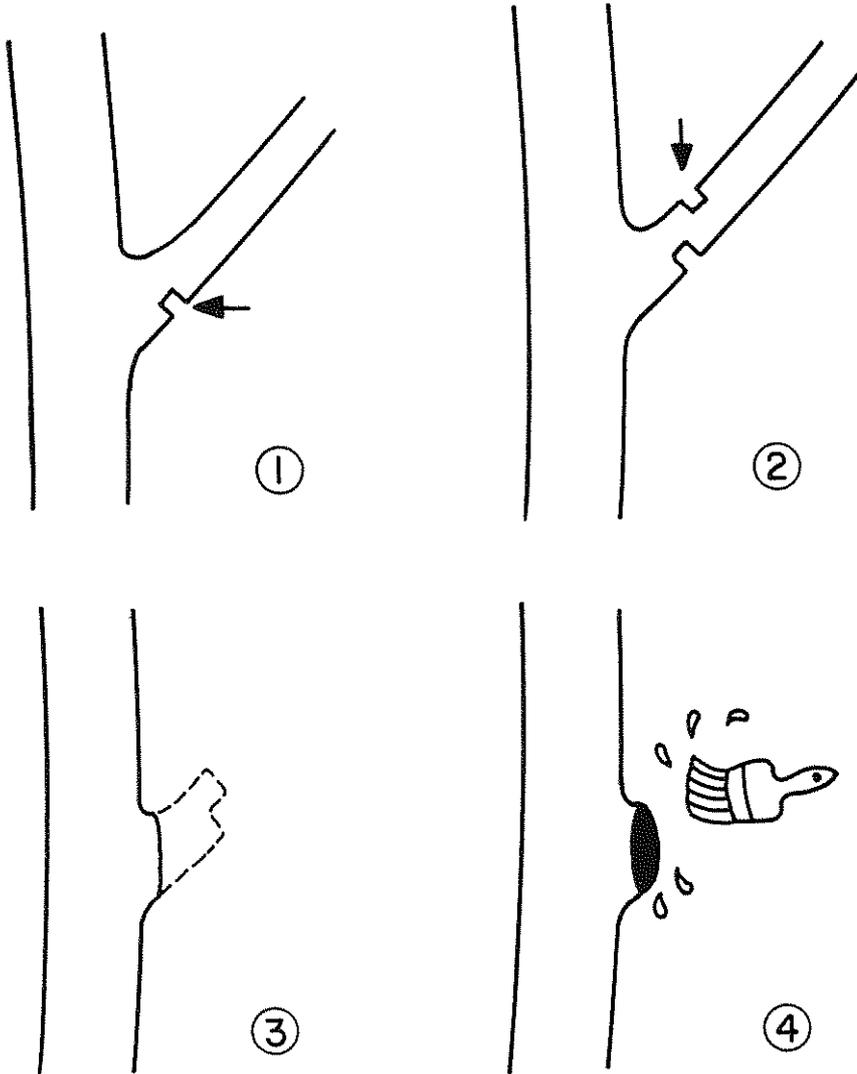


Figura 74. Esquema de la poda de una rama y la protección de la herida.

En las plantaciones, debe evitarse podar en épocas lluviosas, no sólo porque entonces los árboles son más susceptibles a las podas, sino porque

el agua es un excelente medio de diseminación de hongos que luego penetran por las heridas.

Sin duda lo más deseable sería hacer una selección adecuada de las especies, eligiendo aquellas que tienen la capacidad de "botar" sus ramas en forma natural conforme crecen, con lo que se ahorraría una gran cantidad de trabajo y riesgos fitosanitarios, pero evidentemente ello no siempre es posible.

#### e) Sanidad o higiene

Es necesario evitar la acumulación de desechos vegetales, eliminando los que se vayan produciendo (Fig. 75). Con frecuencia se observa en los proyectos forestales la acumulación de material orgánico, troncos caídos, "composteras", tocones, sobrantes de podas y de raleos, etc., los que pueden actuar como fuentes de inóculo de agentes dañinos; también las bolsas de plántulas sobrantes, que acumulan humedad, pueden favorecer la aparición de hongos. En este sentido, el uso excesivo de materia orgánica no descompuesta, principalmente en los viveros, puede constituir un riesgo, ya que los mismos microorganismos saprófitos que se encargan de degradar esta materia, pueden ser patógenos facultativos y convertirse en un problema para las plántulas y árboles del proyecto; además, por efecto de la fermentación, se produce un aumento de temperatura que puede afectar negativamente el desarrollo normal de la plántula.

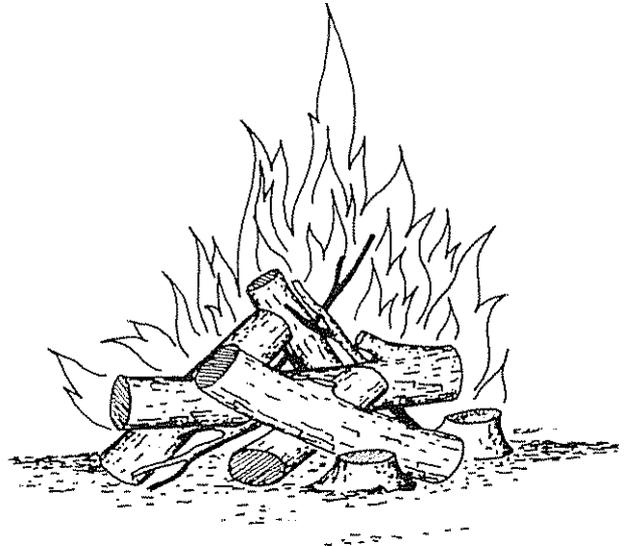


Figura 75. Quema de desechos de árboles.

También se deben evitar las actividades ajenas al proyecto. En los viveros, sobre todo en los rurales, es común observar la presencia de ganado, aves de corral y huertas en medio de los bancales y de las camas de germinación; esto es muy riesgoso, porque tanto las hortalizas como los excrementos de los animales pueden atraer o servir de sustrato a ciertas plagas y enfermedades.

## f) Labores de mantenimiento

Estas medidas son aplicables sobre todo en los viveros y tienen relación con la humedad, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH del suelo y del agua.

En muchos viveros se acostumbra regar indiscriminadamente, sin controlar el volumen de agua aplicado ni las necesidades reales de las plantas, lo que produce un exceso de humedad en el suelo que favorece la infección por patógenos. Se debe mantener el suelo húmedo, pero hay que evitar el encharcamiento. No se pueden dar recomendaciones muy estrictas sobre la cantidad y la frecuencia del riego, porque éste depende de las condiciones climáticas, el nivel de desarrollo de la planta, la textura del suelo y otras particularidades del vivero. Pero cabe señalar que el contenido de humedad del suelo se puede regular también evitando las altas densidades de siembra y eliminando las malezas que producen sombra.

En cuanto a la temperatura, tanto las plántulas como los patógenos tienen requerimientos específicos, pero este es un factor sobre el cual el viverista no tiene control directo. Por ejemplo, en pinos se ha observado que las especies del hongo *Fusarium* se asocian con la enfermedad bajo condiciones de altas temperaturas, mientras que especies de *Phytophthora* y *Rhizoctonia* son más comunes bajo condiciones más frescas. En almácigos de pochote se ha observado una quema en el cuello de la plántula al inicio de la estación lluviosa, que puede provocar su muerte; actualmente se considera que las altas temperaturas en la capa superior del sustrato son las responsables del daño, pero también se ha aislado a *Macrophomina*, un hongo que es favorecido por las altas temperaturas.

El efecto de las temperaturas elevadas se puede aminorar usando coberturas, sobre todo cuando los semilleros no están bajo techo. Estas coberturas no deben ser muy densas, porque en ese caso aumentarían la temperatura y la humedad, que favorecen el ataque de patógenos. Una vez que las semillas han germinado, así como después del trasplante, se puede eliminar la cobertura para aumentar la aireación.

Los suelos con alto contenido de materia orgánica favorecen el desarrollo de enfermedades como el "mal del talluelo"; por lo tanto, se recomienda que cuando la producción es con raíz desnuda, el contenido de materia orgánica se mantenga entre el 1,5 y el 5%.

En cuanto al pH, la mayoría de los hongos patógenos pueden desarrollarse con facilidad bajo condiciones de pH neutro o ligeramente alcalino. Para la producción de coníferas, el pH del suelo debe oscilar entre 4,5 y 5,5 y nunca ser mayor de 6. El agua de riego debe tener un pH = 7. El manejo del pH está ligado a las fertilizaciones nitrogenadas, pues se ha encontrado que la aplicación continua de nitratos durante años

suele aumentarlo, en tanto que la aplicación de sulfatos tiende a bajarlo. El encalado aumenta el pH. El exceso de nitrógeno durante o inmediatamente después de la germinación la reduce y aumenta el "mal del talluelo" en pinos, por lo que no se recomienda la aplicación sino hasta ocho semanas después de la siembra.

## D. TOLERANCIA O RESISTENCIA GENETICA

Hay algunas especies forestales que, en forma natural, muestran tolerancia o resistencia frente al ataque de ciertas plagas y enfermedades. Sería deseable, por supuesto, poder utilizarlas preventivamente en proyectos de reforestación, pero ello pocas veces es factible, dado que no son tolerantes o resistentes a todas las plagas y enfermedades existentes. Un ejemplo interesante es que dentro de las especies de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, *E. grandis* y *P. tecunhuanii* son tolerantes a las enfermedades más frecuentes en especies como *E. deglupta* y *P. caribaea*, que son las más utilizadas en proyectos de reforestación. En la misma forma, el cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) exhibe resistencia frente a *Hypsipyla grandella*.

Si bien existe la posibilidad de seleccionar artificialmente árboles resistentes o tolerantes, en ciertos casos incluso mediante la polinización interespecífica (que permitiría transferir genes de tolerancia a especies susceptibles), se trata de un proceso sumamente complejo y lento.

## E. DETECCION Y EVALUACION

Aunque la detección y la evaluación de los problemas fitosanitarios no constituyen un método de combate como tal, son actividades fundamentales como parte de los esfuerzos de prevención que debe haber en todo proyecto forestal. Cuanto antes se detecte un problema en el almacén de semillas, el vivero o la plantación, menos complicado y costoso resultará su combate, pues podrá ser eliminado en la fase incipiente o de implantación.

Si bien estos temas se discuten con más profundidad en el Capítulo V, conviene señalar aquí algunos aspectos de carácter general.

La prospección fitosanitaria implica la exploración o predicción de posibilidades futuras a partir de los indicios actuales. Si bien depende de la biología y de la epidemiología de cada plaga o enfermedad, la prospección será más eficiente y significativa cuanto mejor se conozca la especie con que se está trabajando. Para ello es fundamental hacerse una imagen o prototipo tanto de los árboles individualmente (relación edad-dimensiones, ramificación, respuesta a tratamientos, etc.), como del proyecto en

cuestión (distanciamiento, calidad del sitio, requisitos de mano de obra, etc.).

Es imprescindible realizar inspecciones y prospecciones periódicas, por lo menos cada vez que se presenten cambios climáticos (lluvias, sequías, vientos), condiciones ambientales óptimas (meses de más temperatura y humedad ambiental) o alteraciones ambientales (inundaciones, quemas, remoción de suelo). Las inspecciones deben ser lo más detalladas posible; se deben revisar las bodegas de semilla, las camas de germinación, los almacigos, los bancales y las plantaciones, a fin de valorar las densidades de insectos y detectar anomalías en las plantas o la presencia de patógenos.

Por lo general los problemas detectados obedecen a una sola causa, pero hay situaciones en las cuales la aparición de un síntoma se debe a la interacción de varios factores, que conforman problemas mixtos. Por ejemplo, se presenta una relación de refuerzo entre un problema genético, una respuesta fisiológica al ambiente, la deficiencia de algún nutriente importante, la infección de un patógeno y una lesión provocada por un insecto; esta situación debe ser esclarecida con mucho rigor, para evitar diagnósticos erróneos que podrían tener graves consecuencias económicas, sociales o ambientales.

## **2. MEDIDAS CURATIVAS**

Si bien es cierto que las medidas de prevención descritas en este capítulo permiten evitar o al menos atenuar el ataque de plagas y enfermedades, hay ocasiones en que esas barreras o mecanismos protectores resultan insuficientes. Una vez que el problema fitosanitario ha emergido, se debe recurrir a la aplicación de la segunda fase del programa de protección, que incluye los aspectos descritos a continuación.

### **A. VALORACION DEL PROBLEMA**

Evidentemente, la primera acción que debe tomarse para hacer una valoración acertada del problema, es identificar al agente causal del daño. Luego debe hacerse una evaluación de tipo socioeconómico en la que se consideren los costos y los beneficios de la aplicación de medidas de combate; ambos aspectos se discuten en el Capítulo V.

Aquí conviene señalar que el propósito de combatir una plaga o enfermedad no es erradicarla (o sea, hacerla desaparecer de la región o del país) porque esto es prácticamente imposible; ello sólo podría lograrse en el caso de agentes dañinos con baja capacidad de diseminación, recién introducidos en una zona y muy confinados geográficamente. Por lo tanto,

el productor y el técnico deben comprender que, al no poderse eliminar el problema en forma absoluta, deben aprender a convivir con él, reduciendo su impacto económico.

Una vez que se decide aplicar medidas de combate, hay que revisar con cuidado el repertorio de posibilidades existentes, a fin de seleccionar aquellos métodos que más se acerquen al método ideal, esto es: eficaz, disponible, de efecto duradero, relativamente barato y con nula o poca incidencia sobre el ambiente. Ello, por supuesto, depende en gran medida de la magnitud del problema y de las características biológicas del organismo perjudicial.

Es importante subrayar que son muy raras las ocasiones en que un solo método de combate permite resolver un problema fitosanitario; lo más probable es que haya que combinar o integrar varios métodos compatibles entre sí y que reúnan las características descritas en el párrafo anterior. Los métodos de carácter preventivo discutidos en este capítulo deberían ser el componente fundamental de esa combinación. La meta de todo proyecto de producción forestal debería ser **manejar**, más que **combatir**, los problemas fitosanitarios. Esto implicaría la reducción prolongada en las densidades de las plagas y las enfermedades, hasta niveles en que el daño económico sea nulo o mínimo, con poca perturbación del ambiente y utilizando más de un método simultáneamente. Estos son los elementos básicos del concepto de **manejo integrado de plagas y enfermedades**, tan en boga hoy.

## B. MEDIDAS DE COMBATE DIRECTO

### a) Aislamiento

La finalidad del aislamiento es evitar que las plagas y las enfermedades se diseminen dentro de un mismo proyecto o entre proyectos forestales vecinos.

Cuando se detecta un "foco" o zona crítica, se debe evitar la movilización excesiva del personal dentro del proyecto y proceder a la desinfección de las herramientas de trabajo (sierras, cuchillos, carretillas, etc.), pues todos ellos pueden actuar como vehículos en la diseminación de algunas enfermedades.

### b) Talas de salvamento

Las talas pueden funcionar contra los insectos y patógenos que afectan el liber o la corteza; con ellas se pretende interrumpir su ciclo de vida y eliminar al menos una parte de la población. Pero las talas sólo

deben aplicarse en situaciones extremas, como última medida. Dependiendo de la edad de los árboles, éstos pueden ser aprovechados comercialmente. Una vez derribado el árbol, la corteza se quita y se quema; los insectos o patógenos mueren por la exposición al medio ambiente o por la aspersión de plaguicidas.

Por lo general, las talas se combinan con el establecimiento de cordones sanitarios alrededor del área cortada, a fin de evitar o dificultar la diseminación de los agentes dañinos hacia las áreas sanas. La amplitud del cordón depende de la capacidad de diseminación de la especie en cuestión.

#### c) Raleos sanitarios

A diferencia de las talas de salvamento, los raleos para eliminar los "focos" de plagas y enfermedades pueden utilizarse contra cualquier patógeno. Es recomendable hacer todos los esfuerzos posibles para salvar todo árbol, pero no se debe abusar en ese sentido, pues por tratar de mantener árboles moribundos, se estaría propiciando el incremento poblacional y la diseminación del agente dañino dentro del proyecto.

#### ch) Podas sanitarias

Este tipo de poda se realiza para eliminar las ramas afectadas por plagas o enfermedades y evitar así su diseminación. En el caso de los insectos y patógenos que atacan brotes terminales, se pueden hacer podas sanitarias para permitir su crecimiento; luego deberá podarse nuevamente para restablecer la dominancia apical e impedir así la bifurcación del árbol.

#### d) Higiene

En todos los casos descritos anteriormente (talas, raleos y podas) es imprescindible destruir todas las partes afectadas, como medida complementaria; esta medida es válida no sólo para los árboles sino también para las plántulas y estacas en los viveros. El material infectado debe enterrarse o quemarse, preferiblemente en un único lugar, para minimizar los riesgos de diseminación. Si la madera puede ser aprovechada, se recomienda tratarla con plaguicidas.

Otra medida de higiene consiste en dejar los tocones muy bajos cuando se tala o se ralea, pues ello aminora el riesgo de que puedan albergar poblaciones residuales de plagas y enfermedades del liber o la corteza.

### e) Control biológico

El control biológico clásico parte del principio de que en la naturaleza todo animal tiene organismos antagónicos que, por lo general, lo matan. A estos organismos se les denomina enemigos naturales y se les clasifica como depredadores, parasitoides y patógenos.

Los **depredadores** (Fig. 76), entre los que se destacan varios grupos de insectos, arañas, ciertos ácaros, reptiles, anfibios, aves y mamíferos, capturan a su presa (plaga) y la destruyen (en el caso de los chinches, la succionan); por lo general son poco o nada específicos en la escogencia de sus presas y cada individuo consume muchas de ellas durante su vida.



Figura 76. Coccinellidae depredando a un Psyllidae.

Los **parasitoides** (Fig. 77) pertenecen prácticamente todos a los órdenes Hymenoptera y Diptera. Su estadio adulto es de vida libre y se alimenta de néctar y otras sustancias azucaradas, pero la larva se desarrolla dentro del cuerpo de otro insecto (hospedero o plaga) y le provoca la muerte lentamente; en general, muestran bastante especificidad con respecto a sus hospederos y cada individuo destruye sólo un individuo hospedero durante su vida.



Figura 77. Larva de *Eulepte* sp. (Pyralidae) parasitada por Braconidae.

Los **patógenos** (Fig. 78) son un grupo de organismos diversos que se alimentan exclusivamente de tejido animal y de insectos en particular. Hay patógenos entre los virus, bacterias, hongos, protozoarios y nematodos; todos ellos son muy específicos en cuanto a sus hospederos, tienen una baja capacidad de diseminación y son más eficaces cuando la densidad del hospedero (plaga) es muy alta, realmente epidémica.



Figura 78. Chrysomelidae atacado por hongos.

Todos los organismos citados, por su capacidad de matar insectos, pueden ser aprovechados por el hombre para el control biológico de las plagas de importancia forestal. Para ello, es fundamental conocer si una plaga es de origen nativo o foráneo.

En el primer caso se asume que en el país o región donde está la plaga hay enemigos naturales, de modo que lo pertinente es conservar esos insectos e incrementar sus poblaciones. Esto se podría lograr mediante prácticas silviculturales, a través del manejo de malezas que aportarían alimento (néctar, polen y hospederos y presas alternativas) o refugio, mediante el uso de alimentos artificiales suplementarios y evitando el uso innecesario e indiscriminado de plaguicidas, que puede disminuir sensiblemente sus densidades. Se trata, en pocas palabras, de restaurar el ambiente para que los enemigos naturales actúen. En los recuentos monográficos de la Guía de Campo se mencionan los enemigos naturales de las principales plagas forestales en América Central conocidos en la actualidad.

En el caso de plagas foráneas o exóticas, se supone que ingresaron sin sus enemigos naturales. Por tanto, lo que procede es hacer un trabajo exploratorio en los sitios de origen, a fin de coleccionar esos enemigos e importarlos al país en que se necesitan. Una vez hecha la importación, deben multiplicarse en condiciones de laboratorio, para luego ser colonizados o liberados en el campo. La colonización que se efectúa es de **tipo inoculativo**, pues la cantidad de ejemplares liberados es relativamente pequeña, pero se deben aplicar medidas para su establecimiento y conservación, que garanticen su posterior multiplicación.

Para ambos casos existe también la posibilidad de, a partir de un pequeño grupo de ejemplares, efectuar la cría masiva, por miles o millones, en laboratorios especializados. Ello permitiría efectuar colonizaciones de **tipo inundativo** cuando la situación lo ameritase. No obstante, este es un procedimiento bastante caro y complejo y no es aplicable en todos los casos de plagas.

Es preciso enfatizar que los enemigos naturales, debido a su reducido tamaño, pocas veces son observados y valorados. Sin embargo, ellos realizan un trabajo útil y silencioso que, muchas veces, lo que necesita es apenas un poco de refuerzo para que alcance niveles de eficacia cercanos al óptimo.

El combate de enfermedades mediante microorganismos también es una opción factible. Hay bacterias que parasitan hongos. Sin embargo, la aplicación de este método ha estado más restringida que en el caso de los insectos. Ello obedece, en gran medida, a que el manejo, la reproducción y la inoculación de los hongos están muy influenciados por las condiciones ambientales, tanto de laboratorio como de campo, por lo que los resultados no son tan espectaculares.

#### f) Atrayentes y repelentes

En general los insectos responden al olor de ciertas sustancias que los atraen en la búsqueda de alimento, de sitios para depositar sus huevos o de consortes. Algunas de estas sustancias, liberadas por las plantas, pueden ser utilizadas para fabricar cebos tóxicos o para establecer plantastrampa

que alejen el insecto de la especie forestal a proteger. Pero también hay atrayentes producidos por los mismos insectos, llamados feromonas, que pueden tener importancia práctica.

Las feromonas son sustancias volátiles, dispersadas por el viento, que un insecto libera para provocar reacciones en otro insecto de su misma especie. De ellas, las más importantes en el campo forestal son las sexuales, que la hembra libera para atraer al macho y copular y las de agregación, típicas de los abejones descortezadores. Dichas feromonas pueden ser extraídas de los insectos, analizadas químicamente, sintetizadas y producidas comercialmente, para usarlas en el combate de plagas.

Las feromonas sexuales se pueden impregnar en un material plástico y colocar en trampas adhesivas o de jaula, ya sea para capturar a los machos, evitándose que copulen, o para que entren en contacto con virus impregnados en las trampas que ellos luego diseminan en la población. Otra posibilidad es la de saturar una plantación con altas concentraciones de la feromona, lo que confunde a los machos y les impide encontrar a las hembras para copular.

Las hormonas de agregación son producidas por los abejones descortezadores cuando localizan un árbol apto para ser colonizado, a fin de atraer a sus congéneres de ambos sexos y atacar el árbol entre todos. La más importante de estas hormonas es el frontalure y se está experimentando activamente con ella para evaluar sus posibilidades de uso práctico.

En los abejones descortezadores también se han encontrado feromonas que actúan como repelentes, tales como la verbenona y la endobrevicomina, cuya utilidad está en proceso de evaluación. Otras sustancias, como el azufre y la creosota, han resultado eficaces como repelentes de algunos insectos y sin duda existen, sin descubrir aún, numerosos compuestos de origen vegetal con efecto repelente.

#### g) Métodos inhibidores de la reproducción

En cuanto al uso de métodos inhibidores de la reproducción, hay dos posibilidades. Una consiste en provocar cruces entre insectos de la misma especie, pero de diferentes razas, para producir híbridos estériles; esta sólo ha sido probada a nivel experimental. La otra es la esterilización de insectos con radiaciones gamma o con sustancias químicas. Con este método se pretende criar millones de insectos, esterilizarlos y liberarlos en el campo, para que los insectos silvestres que copulen con ellos no produzcan descendencia. Para que este método funcione, es preciso que las hembras copulen una sola vez en su vida y que la plaga aparezca

confinada, ojalá en bajas densidades, en un "foco", una plantación aislada o en una isla como tal.

#### h) Métodos mecánicos

Estos métodos constituyen un repertorio muy variado; la característica común es que se usa un artefacto mecánico para impedir el acceso de la plaga a las plantas o para capturarlas.

En el primer caso, existe la opción de embolsar los frutos para evitar el ataque de insectos y vertebrados granívoros; de cubrir los brotes terminales con cedazo fino, para evitar el ataque de barrenadores de brotes; de ubicar bandas adhesivas alrededor del tronco, contra las larvas defoliadoras que tienden a desplazarse entre los árboles; de colocar cilindros metálicos en la base de plántulas y árboles jóvenes, contra animales vertebrados como las ratas.

La captura puede efectuarse manualmente, sobre todo en el caso de las pupas que permanecen en la base del árbol por períodos prolongados, o mediante trampas.

Hay trampas de cebo, como las utilizadas para capturar taltuzas (Fig. 79) y de luz ultravioleta (Fig. 80) o abastecidas con feromonas (Fig. 81), para capturar insectos; las de luz ultravioleta tienen el inconveniente de que no son específicas y requieren corriente eléctrica o baterías y las otras, de que no se dispone de feromonas para todas las especies de plagas. En el caso de los abejones descortezadores, se han utilizado árbolstrampa. Los árboles se derriban para que, conforme el líber se seca, se produzca el ataque de los abejones; cuando estos se han concentrando, los árboles se descortezan y las cortezas se incineran.

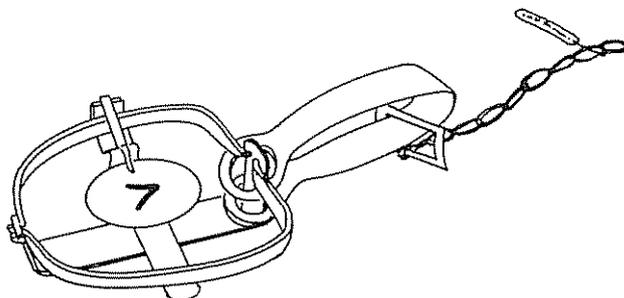


Figura 79. Trampa para taltuzas.

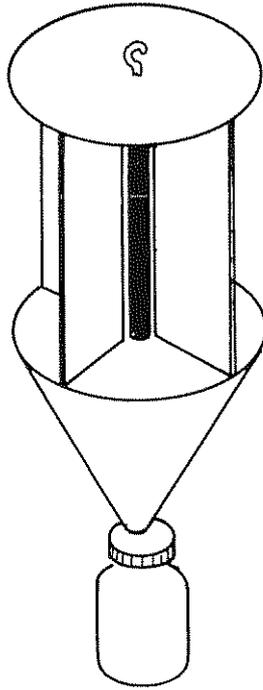


Figura 80. Trampa de luz ultravioleta.

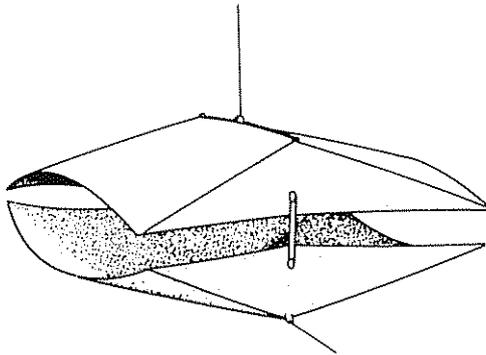


Figura 81. Trampa de feromonas.

### i) Métodos químicos

La posibilidad de utilizar sustancias químicas que afecten la fisiología de las plagas y enfermedades incluye el uso de hormonas de crecimiento y de plaguicidas.

Hay dos tipos de hormonas que regulan el proceso de desarrollo de los insectos desde el huevo hasta el estado adulto: las hormonas llamadas de la muda (ecdisonas) y las juveniles (neoténinas). Estas últimas han sido aisladas para varios insectos y utilizadas para el combate, porque su acción da origen a insectos deformes e incapaces de reproducirse. Pueden ser usadas con éxito contra insectos que atacan las semillas en los sitios de almacenamiento, pero no en el campo, debido a muchas dificultades de tipo operativo. Sin embargo, se ha avanzado muy poco en la producción comercial de estas sustancias.

Los plaguicidas, por su parte, son el método de combate más utilizado, tanto en el campo forestal como en el agrícola, por su disponibilidad y efecto inmediato. No obstante, el uso debe hacerse en forma racional y sensata, para evitar los múltiples efectos adversos que han sido observados en la agricultura. Ello justifica que a este método de combate se le dedique por entero el Capítulo IV.

### **3. MEDIDAS POSTERIORES AL COMBATE**

Un error frecuente en el que se incurre al efectuar el combate de cierta plaga o enfermedad en un proyecto forestal, es asumir que los problemas han terminado una vez que se tomó la medida, los efectos del ataque decrecieron y la población del agente nocivo se redujo. Bajo ninguna circunstancia debe considerarse que el control de una plaga o enfermedad termina al concluir la etapa de combate.

En este sentido, existe una serie de normas que deben ser consideradas luego de la aplicación de un método de combate, las cuales se describen a continuación.

#### **A. CAUTELA**

El estado de emergencia impuesto a partir del momento en que se detectó la presencia de la plaga o la enfermedad en el proyecto, no se debe levantar hasta que no se tenga la certeza de que el problema ha sido completamente controlado.

#### **B. REINCIDENCIA**

A fin de evitar la reincidencia del problema fitosanitario sobre la población de plantas sanas, todos los individuos muertos deben eliminarse del proyecto; también deben eliminarse todos los que hayan sido afectados, aún si se han salvado. Sobre las plantas lesionadas podría haber

poblaciones de insectos o patógenos, diezmadas momentáneamente por los efectos del combate, pero en espera de condiciones apropiadas para restablecerse, o poblaciones de patógenos en su período de incubación, durante el cual no se observa ningún avance de la lesión.

### **C. REPOSICION DE MATERIAL**

En el caso de los viveros, si ha habido pérdida de plantas, sería un error pretender reponerlas con individuos de las mismas características y de la misma proveniencia. Aunque resulte más caro, lo prudente es adquirir material certificado.

### **CH. MODIFICACION DEL AMBIENTE**

Obviamente, si se ha determinado que cierta condición ambiental (características físicas y químicas del suelo, humedad, vientos, etc.) ha favorecido la aparición de una plaga o enfermedad, ésta debe ser modificada. En casos extremos, debido a la mala planificación inicial del proyecto, será inevitable cambiar de sitio, aunque sea en forma parcial.

### **D. REORGANIZACION DE ACTIVIDADES**

Si al evaluar la situación se determina que el problema fitosanitario fue favorecido por cierta actividad silvicultural, habrá que modificar esa actividad o prescindir de ella; por ejemplo, puede ser que se deba variar la frecuencia del riego, la intensidad de las deshierbas, las épocas de repique o la cantidad de materia orgánica en los sustratos.

### **E. EVALUACION DE PERDIDAS Y DE COSTOS**

Esta actividad tiene una importancia fundamental no sólo para cada proyecto en particular, sino también para la producción forestal del país o de la región centroamericana. La cuantificación de las pérdidas en términos de plántulas, estacas o volumen de madera, así como los cálculos del costo del combate, permitirán que en el futuro, se disponga de más elementos no sólo para evaluar los riesgos de utilizar determinada especie en cierta región, sino también para estimar los montos económicos requeridos por el rubro "protección", dentro de los planes de desarrollo de cualquier proyecto forestal.

**COMBATE MEDIANTE PLAGUICIDAS**  
**CAPITULO IV**

# COMBATE MEDIANTE PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son sustancias de origen químico (y, en unos pocos casos, biológico) que tienen la capacidad de eliminar seres vivos y se utilizan cuando éstos provocan pérdidas económicas. Según el tipo de organismo que afectan, pueden ser clasificados en insecticidas (insectos), acaricidas (ácaros), molusquicidas (babosas y caracoles), rodenticidas (roedores), avicidas (aves), nematocidas (nematodos), fungicidas (hongos), bactericidas (bacterias) y herbicidas (malezas).

Sin duda alguna los plaguicidas constituyen una herramienta muy poderosa para el combate de plagas, no sólo por su gran capacidad mortífera, que produce resultados casi de inmediato, sino también porque son de adquisición relativamente fácil en el mercado. Sin embargo, no solucionan los problemas de plagas y enfermedades en forma permanente, por lo que deben ser empleados repetitivamente, cada vez que los problemas se presentan.

En América Central hay muy poca experiencia en el uso de plaguicidas en el campo forestal; debido a ello, ha habido una adopción acrítica de los patrones observados en el campo agrícola, lo que puede acarrear algunos inconvenientes. Por una parte, los turnos de cosecha o corta de los árboles son muy extensos, por lo general abarcan de 6-30 años; esta situación limita (por razones económicas) la posibilidad de utilizar plaguicidas frecuentemente. Por otra parte, las plagas y enfermedades que atacan cultivos agrícolas tienen una historia relativamente larga de exposición a ciertos plaguicidas, lo cual, en muchos casos, ha dado origen al desarrollo de resistencia genética; es por eso que los agricultores tienden a emplear insecticidas cada vez más tóxicos para combatirlos, desdeñando otros ya inoperantes. Sin embargo, estos plaguicidas proscritos podrían cumplir un papel muy importante en el campo forestal, donde la historia de exposición es corta o nula.

## 1. ASPECTOS BASICOS

Para orientar al usuario en el empleo de los plaguicidas, es preciso destacar algunos aspectos o conceptos básicos que, de ser desconocidos para él, no sólo podrían reducir la eficacia del combate químico, sino también acarrear consecuencias indeseables.

En este capítulo se omite el uso de los herbicidas y se enfatiza el de los insecticidas y fungicidas, considerados ambos bajo el término de plaguicidas, porque los insectos y los hongos son los organismos que afectan más directamente las semillas, plántulas y árboles de importancia forestal. Como se observará, hay muchas similitudes entre los insecticidas

y los fungicidas, pero también grandes diferencias, las que serán especificadas cuando corresponda.

## **A. NOMBRES DE LOS PLAGUICIDAS**

Todo plaguicida tiene varios nombres: el nombre científico o químico, el nombre genérico y los nombres comerciales. El nombre científico describe la estructura molecular del compuesto químico, por ejemplo, ditiofosfato de 0,0-dimetilo y S-(N-metilacetamida). Pero como este nombre suele ser demasiado complicado, para facilitar la comunicación se utiliza un nombre abreviado o "apodo", que corresponde al genérico; el nombre genérico del compuesto mencionado antes es dimetoato, y ese es el nombre que se utiliza en las publicaciones científicas y en los manuales de recomendación oficiales, escrito siempre con minúscula. Ahora bien, como este insecticida es fabricado por varias casas comerciales (American Cyanamid, BASF, Bayer, Sumitomo, etc.)\*, cada una de ellas le asigna un nombre particular o comercial, que siempre comienza con mayúscula; así, hablar de Cygon, Perfekthion, Rogor o Roxion, es lo mismo que hablar del dimetoato.

## **B. RELACION DEL PLAGUICIDA CON EL AGENTE DAÑINO**

Si bien la mayoría de los plaguicidas actúa en forma poco o nada específica, ello no significa que todo plaguicida pueda matar a cualquier agente dañino. Hay diferentes grados de especificidad, no sólo en relación con los grandes grupos de organismos (insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias, etc.), sino también dentro de cada uno de esos grupos.

La biología y la epidemiología de cada especie de organismo nocivo, así como el tipo de daño que provoca, determinan en gran medida el plaguicida que se utilizará para combatirlo. Sobre ese punto, puede consultarse el Capítulo II de este Manual y los cuadros que aparecen al final del presente capítulo.

## **C. DOSIS LETALES**

Dado que, en mayor o menor grado, todo plaguicida químico es un veneno, durante el proceso de manufactura debe evaluarse su toxicidad con respecto a los animales vertebrados, entre ellos el hombre.

---

\* La mención de nombres comerciales, no implica recomendación alguna por parte de CATIE.

Los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo a través de la piel, la boca o la nariz y algunos lo hacen por las tres rutas. Es por esto que la toxicidad debe ser determinada tanto dérmica como oralmente, en términos de los efectos agudos o de corto plazo; también se evalúan los efectos crónicos, o sea, los resultantes de una exposición prolongada y repetida al plaguicida. Para juzgar el grado de toxicidad, se determina en animales de laboratorio (ratones, cobayos, conejos, monos) la dosis letal media dérmica y oral, conocidas como  $DL_{50}$ .

La  $DL_{50}$  se define como la dosis del plaguicida, expresada en mg/kg de peso corporal, que produce la muerte del 50% de los animales experimentales, con una sola dosis del veneno, a través de la ruta de entrada indicada. Por ejemplo, el paratión metílico tiene una  $DL_{50}$  oral de 9-25 mg/kg (en ratas) y una  $DL_{50}$  dérmica de 300-400 mg/kg (en conejos), en tanto que el fenvalerato (Belmark) presenta una  $DL_{50}$  de 451 mg/kg y de 2.500 mg/kg, respectivamente, para tales especies. En pocas palabras, cuanto más baja es la  $DL_{50}$ , más tóxico es el plaguicida; de este ejemplo se desprende que un producto organofosforado como el paratión metílico es muchas veces más tóxico que un piretroide como el fenvalerato.

De acuerdo con los valores de las dosis letales oral, dérmica e inhalada, así como de sus efectos oculares y dérmicos, se ha establecido una jerarquía de riesgos de los plaguicidas, adoptada internacionalmente. Esta aparece representada con una banda de color en la etiqueta del plaguicida; la simbología de los colores es la siguiente: verde (ligeramente tóxico), azul (moderadamente tóxico), amarillo (altamente tóxico) y rojo (extremadamente tóxico). En esta forma, con sólo ver el color de la banda, el usuario puede conocer inmediatamente el riesgo que implica utilizar ese producto.

Aquí cabe destacar que la toxicidad por sí sola no indica todos los riesgos de un veneno. Por ejemplo, largos períodos de exposición a un producto con baja toxicidad, pueden provocar efectos crónicos, como la aparición de cáncer a largo plazo.

## CH. TOXICIDAD

La toxicidad de un plaguicida puede referirse al efecto sobre la especie humana y sobre animales vertebrados silvestres (expresada siempre como  $DL_{50}$  oral y dérmica), sobre plantas de valor comercial (fitotoxicidad) y sobre las plagas y enfermedades como tales. En este sentido, la toxicidad se puede definir como la capacidad que tiene el plaguicida de eliminar una plaga o una enfermedad.

La toxicidad de un plaguicida varía según la especie de que se trate y aparece en la etiqueta del producto bajo la denominación de "dosis", en términos de kilogramos o litros por hectárea. Por ejemplo, el acefato

(Orthene) mata varias especies de chinches y chicharritas en una concentración de 0,5-1,0 kg de ingrediente activo por hectárea, en tanto que se requiere sólo 0,25-0,5 kg/ha para matar a algunos tisanópteros.

#### **D. PERSISTENCIA**

La persistencia de un plaguicida se refiere a la durabilidad de su efecto o el de sus metabolitos o residuos, bajo condiciones de campo. Esta característica varía mucho de un plaguicida a otro; hay desde productos muy efímeros, como los fumigantes y los piretroides, a productos muy persistentes, como la mayoría de los organoclorados y los fungicidas a base de cobre.

#### **E. FORMULACION**

En algunos laboratorios especializados es posible obtener lo que se conoce como material de grado técnico, o sea, la sustancia tóxica, en forma más o menos pura. Sin embargo, por razones operativas (facilidad de almacenamiento y de aplicación, cobertura, etc.), económicas y de seguridad laboral y ambiental, esta sustancia debe ser mezclada con otras; a este proceso se le llama formulación.

El resultado de la formulación es el producto obtenible en el mercado, el cual, además del ingrediente activo (material de grado técnico), contiene aditivos inertes de diversa naturaleza, como sustancias portadoras, agentes tensoactivos, dispersantes, adherentes, etc. Así, dependiendo de la constitución final del producto comercializable, se puede hablar de diferentes formulaciones, las que serán discutidas posteriormente.

#### **F. COMPATIBILIDAD**

A menudo, cuando debe combatir más de un problema (un insecto y un hongo, por ejemplo) o cuando agrega algún fertilizante foliar, el productor forestal decide utilizar dos o más productos químicos mezclados para economizar mano de obra. Hay algunos productos cuyos efectos se mantienen inalterados a pesar de la mezcla, pero hay otros que al combinarse sufren interferencias. En ciertos casos, la mezcla resulta más eficaz que cada producto por separado; este fenómeno se denomina sinergismo o potenciación. Pero en otros casos hay antagonismo entre los productos, la mezcla resulta poco o nada eficaz para combatir al agente dañino, y hasta podría generar problemas de fitotoxicidad por la formación de precipitados o de sustancias diferentes.

La información relativa a la compatibilidad de los plaguicidas aparece en la etiqueta de todos los productos. Además, algunos libros contienen tablas o cuadros de compatibilidad que son muy útiles como referencia.

## G. CALCULO DE LA CANTIDAD A APLICAR

La cantidad de plaguicida a aplicar varía según múltiples factores, como la toxicidad del ingrediente activo, la formulación del producto, el equipo de aspersión, el tipo de boquilla, el tamaño de las gotas, el ritmo de aplicación, la extensión del vivero o la plantación, la altura de las plantas, su frondosidad, la textura del follaje y del fuste y los aspectos biológicos y epidemiológicos de las plagas y enfermedades involucradas. Por ello, cada situación debe ser valorada en forma particular, para tratar de optimizar el combate químico.

Algunos de estos aspectos han sido resueltos en forma experimental por los fabricantes, que están en capacidad de recomendar dosis específicas para algunas plagas y enfermedades en ciertos cultivos; así, en toda etiqueta aparece una dosis o un ámbito de dosis, expresada en kilogramos o litros por hectárea, según la formulación de que se trate. Sin embargo, estas recomendaciones se refieren a cultivos agrícolas y no a especies forestales y se debe ser muy cauteloso a la hora de transferir la recomendación al campo forestal.

Para decidir las dosis a utilizar en los viveros, se pueden tomar las referidas a plantas pequeñas, como hortalizas, arroz, plantas ornamentales, etc. Para algunas plantas de mayor tamaño, así como para plantaciones jóvenes (de hasta unos 4-5 m de altura), se pueden adoptar las dosis recomendadas para plantas de café y árboles frutales (cacao, cítricos, guanábana, etc.). En el caso de árboles de mayor altura, la situación es más complicada y se sugiere trabajar con concentraciones y no con dosis, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) Preparar un volumen definido (por ejemplo, un barril o estañón) de agua, mezclada con el coadyuvante (de ser necesario).
- b) Rociar el líquido preparado sobre la superficie pertinente (follaje, fuste, suelo) de varios árboles, hasta que se acabe. Esto permitirá precisar la cantidad necesaria para proteger un árbol, de acuerdo con su altura, frondosidad, textura, etc., y según se trate de un plaguicida protector, estomacal, sistémico, etc.
- c) Precisar el número de hectáreas o árboles a asperjar y multiplicar esa cifra por la cantidad calculada antes, para determinar el volumen total de caldo necesario (por ejemplo, 12.000 litros).
- ch) Se ha establecido que, por lo general, lo adecuado para aplicaciones foliares es utilizar concentraciones de ingrediente activo que varían entre 0,05-0,1% y de 0,25 a 0,5% para aplicaciones al suelo. Si se trata de un problema en el follaje, la cantidad de **ingrediente activo** necesaria se puede calcular así:

$$\begin{aligned}
 0,1 & \text{ ---> } 100 \\
 X & \text{ ---> } 12.000 \\
 X & = 12 \text{ litros}
 \end{aligned}$$

- d) Si la etiqueta del producto indica que la concentración del ingrediente activo es del 40%, la cantidad de **producto comercial** necesaria se puede calcular así:

$$\begin{aligned}
 40 & \text{ ---> } 100 \\
 12 & \text{ ---> } X \\
 X & = 30 \text{ litros}
 \end{aligned}$$

- e) La cifra obtenida en el paso anterior indica la cantidad de producto comercial que debe mezclarse con el agua y los coadyuvantes para obtener la **concentración** deseada.

## H. LA ETIQUETA

El envase (bolsa o frasco) de cualquier plaguicida debe tener, en todos los casos, una etiqueta en la que aparezcan no sólo su nombre comercial, sino también otras informaciones de suma importancia para el usuario, como: nombre genérico, composición química, tipo, formulación, concentración, toxicidad, precauciones y advertencias de uso, síntomas de intoxicación, primeros auxilios, tratamiento médico y antídotos, medidas para la protección de la salud y el ambiente, almacenamiento, transporte y manejo del producto, aviso de garantía, aviso al comprador, instrucciones de uso, preparación de la mezcla y forma de aplicación, uso recomendado, dosis y modo de empleo, intervalo entre aplicación y cosecha, período de reingreso y fitotoxicidad.

Como se aprecia, las indicaciones son muchas, y todo usuario debería acatarlas, a fin de usar el producto en forma óptima. En este sentido, debe entenderse que si bien hay afinidades entre algunos plaguicidas, cada producto tiene características específicas, que sólo pueden conocerse leyendo cuidadosamente la etiqueta correspondiente.

## I. ATRIBUTOS DE UN PLAGUICIDA

El uso de los plaguicidas debe fundamentarse en consideraciones de carácter económico (magnitud del daño, riesgo de expansión de la plaga o enfermedad, etc.) así como ecológico y ambiental (protección de la vida silvestre, de insectos benéficos, de nacientes de agua, etc.).

Si a partir de las consideraciones económicas resulta imprescindible utilizar un plaguicida, es importante tener en cuenta los siguientes criterios a la hora de elegir el producto: especificidad o selectividad, toxicidad, persistencia y precio.

Los plaguicidas existentes en el mercado son poco o nada específicos, con excepción de ciertos fungicidas y algunos productos biológicos de origen viral o bacterial con poder insecticida. La selectividad es un atributo deseable por cuanto se evitan los efectos negativos sobre insectos benéficos (enemigos naturales y polinizadores), otros animales silvestres, plantas útiles y las personas que laboran en los proyectos forestales. En cuanto a la toxicidad, interesa que sea alta para el agente dañino, pero baja para otras formas de vida. En relación con la persistencia, lo deseable es que el plaguicida desaparezca del medio tan pronto cumpla su función, ya que el efecto prolongado incrementa la probabilidad de dañar otra fauna; no obstante, en áreas restringidas, como viveros y aserraderos, donde el recurso a proteger (plántulas y trozas) permanece por períodos de duración definida y hay poco riesgo de afectar otros organismos, es preferible emplear un plaguicida persistente. El precio es un factor extremadamente variable; hay productos que valen hasta diez o veinte veces más que otros.

Aunque es prácticamente imposible encontrar el plaguicida "ideal" (de gran especificidad y toxicidad para el agente dañino, poca persistencia y bajo precio), estos cuatro criterios deberían ayudar a elegir el plaguicida más adecuado para cada situación fitosanitaria; no obstante, también deben tenerse en cuenta otros criterios, basados en la biología de las plagas y la epidemiología de las enfermedades, en el tipo de acción de los plaguicidas y en su formulación, los que serán discutidos posteriormente.

## 2. CLASIFICACION DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas se clasifican según dos criterios generales: por su naturaleza química y por su modo de acción.

### A. NATURALEZA QUIMICA

La composición química de los plaguicidas que se ofrecen actualmente en el mercado es tan diversa, que no es fácil establecer categorías que permitan clasificarlos a todos. Sin embargo, hay algunas categorías que agrupan a la mayoría de ellos, las que se describen a continuación.

#### a) Productos botánicos

Son sustancias derivadas de plantas, que tienen la capacidad de matar insectos. Entre estos insecticidas naturales, los más notables son la nicotina, derivada de las hojas del tabaco (*Nicotiana tabacum*), la rotenona, extraída de las raíces de *Derris* spp. y *Lonchocarpus* spp., y el

piretro, obtenido de las flores de *Chrysanthemum cinerariifolium*. El proceso de extracción química de estas sustancias es bastante costoso, pero hay compuestos sintéticos, como los piretroides, que presentan las características deseables del compuesto natural análogo. Por lo general, son insecticidas de acción rápida y de corto efecto residual. En la actualidad, con excepción de los piretroides sintéticos, los insecticidas botánicos sólo se utilizan al nivel artesanal.

#### b) Compuestos inorgánicos

Fueron los primeros plaguicidas utilizados; son sustancias cristalinas, semejantes a sales, muy tóxicas para mamíferos y aves. Los principales productos involucran el cobre, el azufre, el arsénico y el mercurio. Algunos son de acción específica (fungicida, insecticida, acaricida, molusquicida o rodenticida), pero otros pueden tener acción mixta.

#### c) Organoclorados

Los productos organoclorados, también llamados hidrocarburos clorinados, contienen carbono, hidrógeno y cloro, y a veces, oxígeno y azufre. En general son muy estables, lo que les confiere una gran persistencia en el ambiente (de varios meses y hasta de años) y con ello, un prolongado efecto residual. Tienen un amplio espectro de acción, por lo que afectan a muchas especies de insectos y a ácaros; aunque predominan los venenos de contacto, también los hay estomacales y fumigantes. Si bien causan poca toxicidad aguda en mamíferos y aves, su solubilidad en las grasas les permite acumularse en ciertos tejidos corporales y, por magnificación biológica, causar efectos perniciosos al hombre y a los animales que ocupan la cúspide de las cadenas alimentarias. Una de sus principales ventajas es su precio, comparativamente bajo.

#### ch) Organofosforados

Estos son compuestos orgánicos que contienen fósforo. Son los más tóxicos para los animales vertebrados, porque inhiben la enzima colinesterasa en las terminaciones nerviosas; ello permite la acumulación de acetilcolina y favorece la transmisión incesante de impulsos nerviosos que conduce a la parálisis y a la muerte. Se caracterizan por su rápida acción, por poseer un efecto residual corto y por tener precios relativamente moderados. Algunos muestran efecto acaricida, nematocida o fungicida, pero la mayoría actúa como insecticida. En los insectos pueden actuar como venenos de contacto, estomacales y hasta fumigantes.

#### d) Carbamatos

Los productos carbámicos o carbamatos, son compuestos derivados del ácido carbámico, muy parecidos en su modo de acción a los organofosforados. Algunos son levemente tóxicos para mamíferos y aves, en tanto que otros son muy tóxicos. Afortunadamente, su acción inhibitoria sobre la colinesterasa es reversible. En general son productos de acción rápida, efecto residual corto, rápido desalojo en los tejidos animales y amplio espectro de acción, al punto de que algunos son insecticidas, acaricidas y molusquicidas. Pueden actuar como venenos estomacales o por contacto.

#### e) Ditiocarbamatos

Estos productos son derivados del ácido ditiocarbámico y tienen un gran poder fungicida, debido especialmente a su amplio espectro y baja fitotoxicidad. Es uno de los grupos más numerosos de fungicidas.

#### f) Compuestos heterocíclicos

Son compuestos de acción fungicida que pueden actuar como inhibidores de sustancias nitrogenadas heterocíclicas del metabolismo de los hongos. Se utilizan ampliamente para aplicar al follaje, frutos o semillas, sin peligro de fitotoxicidad. Algunos pueden permanecer activos en el suelo durante varias semanas.

#### g) Compuestos fenólicos de estaño

Estos productos son fungicidas protectores de uso limitado en los cultivos hortícolas, debido a su toxicidad para humanos. Se utilizan para combatir los hongos que atacan el follaje, pero se deben controlar muy bien las dosis, porque pueden resultar fitotóxicos.

#### h) Benzimidazoles

Es un grupo de fungicidas de bajísima fitotoxicidad. Pueden ser absorbidos por la planta y translocarse internamente, por lo que se conocen como fungicidas sistémicos. Son productos de gran versatilidad y eficacia, que actúan contra numerosos hongos fitopatógenos, con excepción de los Oomycetes. Se emplean para aplicaciones al follaje o para el tratamiento de semillas; el uso al suelo no es recomendado.

#### i) Compuestos de oxatiino

Son fungicidas sistémicos usados en el tratamiento de semillas y en el combate de royas.

#### j) Piretroides

Estos productos, con acción insecticida, son materiales artificiales análogos al piretro, que es un producto botánico. Pueden ser eficaces en concentraciones tan bajas como 0,11 a 0,23 kg/ha (en contraste con los carbamatos, organofosforados y organoclorados, que requieren entre 1,1 y 2,3 kg de ingrediente activo por hectárea). Su toxicidad para los insectos es muy alta, pero en general son poco tóxicos para mamíferos y aves (aunque tóxicos para peces) y tienen un efecto residual muy corto; el mayor inconveniente es que son bastante caros. Pueden actuar como venenos de contacto o estomacales.

#### k) Aceites minerales

Los aceites minerales son hidrocarburos alifáticos, obtenidos por destilación a partir del petróleo. Los denominados "ligeros" o "de verano" pueden ser utilizados para el combate de algunos homópteros sésiles y de ácaros los cuales, al quedar recubiertos por una fina capa de aceite, no pueden respirar y mueren asfixiados. El principal problema que presentan es que, en mayor o menor grado, son fitotóxicos, pero son poco peligrosos para la fauna silvestre, relativamente baratos y prácticamente no hay riesgo de que los insectos desarrollen resistencia. Como tienen buena capacidad de penetración, pueden mezclarse con otros insecticidas para que éstos actúen en sitios poco accesibles; así, por ejemplo, un insecticida transportado por un aceite mineral podría alcanzar el líber y matar los abejones descortezadores en las trozas de madera o en los postes, donde no hay riesgo de fitotoxicidad.

#### l) Plaguicidas biológicos

Estos plaguicidas difieren sensiblemente de todos los comprendidos en las categorías anteriores, porque son derivados de organismos vivos. En la actualidad se dispone de algunos insecticidas producidos a base de virus o bacterias, como sucede con *Bacillus thuringiensis*, producto bacterial conocido como Thuricide, Dipel y Bactospeine. Por otra parte, hay antibióticos que actúan contra bacterias y hongos, como la estreptomycin, la terramicina y el mycostatín. En general, los plaguicidas

biológicos son muy específicos, actúan en dosis bajas y son caros, especialmente los antibióticos.

## B. MODO DE ACCION

Las diferencias biológicas grandes, a veces radicales, entre los organismos que afectan a semillas, plántulas y árboles, determinan las formas en que actúan los plaguicidas. Así, de acuerdo con su modo de acción, los insecticidas, acaricidas, rodenticidas, etc., se clasifican en venenos de contacto, estomacales y fumigantes, en tanto que los fungicidas se separan en protectores o residuales y sistémicos o curativos.

### a) Venenos de contacto

Estos insecticidas actúan al penetrar la piel del insecto, ya sea en forma directa y rápida o al contacto de las patas y pseudopatas con una superficie bien rociada. Su eficacia depende más de la exposición y movilidad del insecto que de sus hábitos alimentarios, por lo que actúan sobre masticadores, chupadores, polinizadores, etc. Algunos venenos, llamados **translaminares** o **de penetración**, tienen la propiedad de penetrar los tejidos suaves y actuar por contacto sobre las larvas que se encuentran en sitios escondidos, como las de minadores, agalleros y barrenadores de brotes y tallos delgados. La mayoría de los venenos translaminares son organofosforados. Los venenos de contacto general se encuentran en todos los grupos químicos, pero predominan dentro de los organoclorados.

### b) Venenos estomacales

Para ser eficaces, estos insecticidas deben ser ingeridos con el alimento y llegar hasta el intestino medio o estómago. En el caso de insectos masticadores expuestos que consumen follaje, raíces, semillas y partes de los brotes y tallos, la parte tratada en la plántula o en el árbol lleva consigo el producto, al igual que sucede con los masticadores escondidos y con unos pocos chupadores contra los que se pueden usar venenos translaminares estomacales.

Para insectos chupadores se emplean productos **sistémicos**, los cuales tienen la propiedad de penetrar los tejidos (a partir de aspersiones foliares, gránulos en las raíces e inyecciones o bandas alrededor del fuste) para dispersarse por los tejidos conductores y mantenerse en la savia, especialmente en los sitios de gran actividad metabólica. Cuando un hemíptero, un homóptero o un tisanóptero ingieren la savia, ésta lleva el

insecticida hasta su estómago. Es importante indicar que un producto sistémico viaja más rápidamente por el xilema que por el floema, por lo que protege los brotes nuevos y los meristemos terminales mucho antes que las partes inferiores del árbol. Además, la actividad vegetativa del árbol, por el flujo de agua que implica, favorece la dispersión del insecticida; considerado a la inversa, en época de escasez de agua, la dispersión del insecticida es más lenta. Los productos sistémicos tienen la ventaja de afectar solamente a los insectos que ingieren savia, de modo que no se perjudica a otra fauna.

Los venenos estomacales aparecen en todos los grupos químicos, pero predominan entre los organofosforados. En cuanto a los sistémicos, casi todos son organofosforados, aunque unos pocos son carbamatos.

Es oportuno indicar que para el combate de roedores se pueden utilizar dos tipos de venenos estomacales: *agudos* y *crónicos*. Los primeros actúan en forma casi instantánea, pero el roedor puede aprender a evitarlos con relativa facilidad. Los crónicos generalmente son anticoagulantes que producen hemorragias en el tracto digestivo del animal y actúan en forma gradual o acumulativa, por lo que el roedor debe consumirlos varias veces; presentan la desventaja de que el efecto es retardado, de 2-4 semanas, pero el riesgo de que el animal aprenda a evitarlos es menor.

### c) Venenos fumigantes

Estos productos actúan en su fase gaseosa y deben emplearse en espacios cerrados, como áreas cubiertas con toldos, cámaras herméticas y silos. Para ser eficaces, deben ser suficientemente volátiles y alcanzar los sitios escondidos. Son muy útiles para combatir los insectos y patógenos que atacan semillas, no sólo en los bancos de semillas, sino también en los puestos de cuarentena vegetal. Además, pueden penetrar las capas superiores del suelo y hacer contacto con propágulos y estructuras vegetativas de bacterias y hongos y con nematodos e insectos; también pueden ser colocados directamente en los túneles subterráneos de ciertos roedores. El método de aplicación al suelo resulta muy útil en áreas relativamente pequeñas, como los viveros, antes de la siembra.

Dado que, por lo general, son productos poco específicos en su actividad y podrían causar problemas de fitotoxicidad, es preciso que desaparezcan del suelo antes de sembrar o trasplantar cualquier material.

### ch) Fungicidas protectores o residuales

Una de las principales características de los fungicidas protectores es su toxicidad contra un amplio espectro de microorganismos.

Su uso en la protección vegetal está muy difundido y obedece a que son aplicados en forma más o menos insoluble sobre la superficie del hospedero, causando la muerte de esporas en proceso de germinación. No penetran los tejidos internos de la planta debido a la presencia de la cutícula.

Estos productos se utilizan predominantemente en aplicaciones a las partes vegetales aéreas. Deben estar en el órgano susceptible a la infección antes de la llegada del patógeno, para que los residuos fungitóxicos lo protejan, impidiendo la germinación de esporas o la penetración del tubo germinativo. También se usan para el tratamiento de semillas.

#### d) Fungicidas sistémicos o curativos

Los fungicidas sistémicos tienen la capacidad de desplazarse a través de los tejidos conductores de la planta, sin provocar problemas de fitotoxicidad. Con pocas excepciones, son transportados por la corriente de transpiración desde el suelo hasta las hojas, que constituyen el órgano primario de transpiración. Una vez en el interior de la planta, el producto es selectivamente tóxico para un único sitio o proceso fisiológico del hongo. Sin embargo, el transporte del producto no es siempre tan eficiente, pues está influido por condiciones ambientales y fisiológicas de la planta. Cabe mencionar, además, que en aplicaciones a árboles, el movimiento es básicamente translaminar, es decir, que el producto aplicado es absorbido por el haz y puede alcanzar el envés de la hoja. No se debe esperar que un producto sistémico se difunda por toda la planta y otorgue protección total. Es importante anotar que, luego de su aplicación, el producto por lo general mantiene su efecto por 10-12 días.

### 3. FORMULACIONES

Como ya se ha indicado, el ingrediente activo de un plaguicida nunca se aplica solo. A él se agregan sustancias no tóxicas, denominadas coadyuvantes, las cuales aumentan la eficacia del producto químico y dan origen a muchos tipos de formulaciones.

#### A. TIPOS DE FORMULACIONES

##### a) Polvos secos portadores

En este caso, el ingrediente activo, que puede constituir del 0,1 al 25% de la mezcla, se impregna sobre un material pulverizado (talco, arcilla, harina de nuez, etc.) que facilita su distribución. Estos polvos se

aplican tal y como se compran, pero tienen poca aceptación entre los usuarios porque la capacidad para depositarse sobre la superficie de la planta es muy reducida. El tamaño de las partículas es importante, ya que conforme disminuye, aumenta la superficie cubierta.

#### b) Polvos humedecibles o mojables

Estos materiales tienen la misma apariencia de los anteriores, pero la concentración del ingrediente activo sobre el talco o arcilla es mucho mayor (a veces de hasta un 75%). Además, pueden mezclarse con agua y asperjarse como líquidos, pero para poder lograr una suspensión homogénea se necesita un agente dispersante y una agitación constante del tanque donde están contenidos.

#### c) Polvos solubles

En este caso, el ingrediente activo es un polvo como tal (en concentraciones del 75 al 95%) que con la ayuda de un poco de dispersante, se mezcla fácilmente en el agua. Así se forman verdaderas soluciones (las partículas se disuelven efectivamente) que no tienen problemas de sedimentación.

#### ch) Concentrados emulsionables

En esta formulación, que es muy común y quizá la más útil de todas, el ingrediente activo (en concentraciones del 20-75%) está mezclado con un aceite y con un agente emulsivo similar a un detergente.

#### d) Suspensiones

Estos productos tienen la apariencia de una crema algo espesa; el ingrediente activo (insoluble en agua o aceite) se mezcla con sustancias como arcilla o melaza para formar una pasta que luego se tritura; este material, húmedo, puede mezclarse con agua, pero presenta problemas análogos a los de los polvos humedecibles.

Las microcápsulas, que se discuten más adelante, son una forma de suspensión más refinada.

#### e) Soluciones oleosas

En este caso, el ingrediente activo se disuelve en un aceite mineral ligero, que actúa como portador. Debido al problema de fitotoxicidad, este

tipo de soluciones debe emplearse con cautela sobre superficies vegetales vivas. Algunos productos ya vienen diluidos, pero otros deben diluirse con "diesel" o queroseno.

#### f) Concentrados para aspersiones a volumen ultrabajo

En estos concentrados el ingrediente activo en su forma líquida original o combinado con un mínimo de solvente (si es un sólido) es asperjado sin ninguna dilución adicional, utilizando dispositivos muy especializados que producen un rocío sumamente fino. Así, en vez de asperjarse los volúmenes usuales, que varían entre 11-38 l/ha, sólo se aplican entre 0,6-4,7 l/ha, lo que representa un ahorro extraordinario.

#### g) Aerosoles

Para poder usarse en esta forma, el ingrediente activo debe ser soluble en un solvente volátil, a base de petróleo, bajo condiciones de alta presión generadas por un gas propulsor. Cuando el solvente hace contacto con el aire, se evapora rápidamente y las diminutas partículas del ingrediente activo (de 0,1 a 50 micras), quedan suspendidas en el aire.

#### h) Humos

En este caso, el ingrediente activo se mezcla con sustancias que, al ser incineradas, desprenden un humo que actúa como portador del plaguicida. Las partículas producidas, de apenas 5 micras de diámetro, se condensan al hacer contacto con superficies más frías, formando una película de plaguicida.

#### i) Fumigantes

Son productos tóxicos formulados como líquidos que se almacenan bajo presión, en latas o tanques. Al ser liberado en el aire, el producto se convierte en gas y, gracias a su volatilidad, puede hacer contacto con el organismo dañino, provocándole la muerte.

#### j) Microcápsulas

Son esferas microscópicas, de 15-50 milimicras de diámetro, que contienen el ingrediente activo y se dispersan en un medio acuoso. La envoltura es permeable, lo que permite que el plaguicida sea liberado,

pero gradualmente. Se considera que en esta forma, un producto puede mantener su eficacia por un período 2-4 veces mayor que formulado como un concentrado emulsionable.

#### k) Gránulos

En la fabricación de los plaguicidas granulados, el ingrediente activo se mezcla con un solvente y se vierte sobre partículas de arcilla; los gránulos se empaquetan una vez evaporado el solvente y luego se usan como tales. El plaguicida se libera a medida que el gránulo se desintegra. La concentración del ingrediente activo varía entre 2-25%. Los gránulos son particularmente útiles para ser aplicados a las raíces de las plantas como productos de contacto o como sistémicos.

#### l) Cebos

Los cebos tóxicos consisten en la mezcla del ingrediente activo con una sustancia que, por su olor o sabor, resulta atractiva para el animal; al consumir el atrayente, el animal ingiere el plaguicida y muere. Entre ellos sobresalen los cebos con sustancias anticoagulantes empleados contra roedores, la mezcla de metaldehído con afrecho que se emplea contra las babosas y el mirex, usado contra las hormigas.

#### m) Pastas

En este caso, el ingrediente activo se disuelve en un solvente a base de petróleo que contiene una mezcla particular de plásticos y lacas disueltos en pequeñas cantidades. La pasta o pintura resultante se impregna sobre la superficie del tronco y de las ramas y al evaporarse el solvente, queda una delgada película que contiene al plaguicida; el producto se libera gradualmente y es eficaz por largo tiempo contra los animales que deambulan sobre esas superficies.

#### n) Inyecciones e implantes

La primera de estas opciones consiste en emplear inyector de presión para aplicar plaguicidas sistémicos en el suelo. En cuanto a los implantes, son pequeños tubos plásticos (por ejemplo, de 1 x 2,5 cm) que se insertan en el fuste, en perforaciones hechas con una broca. Estos tubos contienen una cápsula de gelatina que alberga un polvo que se disuelve en la savia. También hay la posibilidad de insertar un tubito al que se le

adapta un pequeño frasco plástico en el otro extremo, en el que se deposita un producto sistémico líquido.

## **B. SUSTANCIAS COADYUVANTES**

Estas sustancias, o bien ya vienen en el producto que el usuario compra, o deben ser agregadas cuando se prepara el caldo para la aspersión. A continuación se describen algunas de las más importantes. Es interesante anotar que algunos preparados comerciales actúan en forma mixta.

### **a) Dispersantes**

Se utilizan en los polvos mojables, a fin de evitar que el polvo flote o se sedimente y se pueda obtener una suspensión homogénea.

### **b) Agentes emulsivos (emulsificantes)**

Son sustancias similares a los detergentes; en los concentrados emulsionables, permiten que el aceite se fragmente en millones de gotitas microscópicas, las que quedan suspendidas homogéneamente en el agua, formando una emulsión.

### **c) Mojantes**

Reducen la tensión superficial de los líquidos, con lo que favorecen la formación de emulsiones y también la distribución de las gotas del caldo sobre las superficies tratadas; esto permite una mayor cobertura y una penetración más uniforme del producto, lo que aumenta su eficacia.

### **ch) Humectantes**

Retardan la evaporación del agua que forma parte del caldo; se utilizan principalmente con herbicidas.

### **d) Penetrantes**

Contribuyen a que el caldo penetre en los tejidos de la planta o del agente dañino que se desea combatir.

#### e) Adherentes

Estas sustancias, conocidas como "pegas", permiten que el caldo se adhiera mejor a las superficies asperjadas, de modo que no pueda ser desalojado fácilmente por la lluvia o el viento.

## 4. EQUIPO DE APLICACION

La selección del equipo que se utilizará para la aplicación de los plaguicidas depende de las características del vivero o plantación a tratar (altura de las plantas, topografía, extensión) y del tipo de formulación disponible. Si bien en el mercado hay una amplia gama de equipos disponibles, desde las atomizadoras manuales usadas en los hogares hasta aspersoras acopladas a helicópteros, aquí sólo se describirá el que más se adapta al campo forestal. Hay equipo para aplicar plaguicidas desde el suelo o sustrato (artefactos portátiles livianos o remolcados por tractores) o desde el aire (avionetas o helicópteros con barras de aspersión).

### A. ARTEFACTOS PORTATILES LIVIANOS

Las bombas de espalda o mochila, manuales o con motor, pertenecen a esta categoría. Las bombas manuales (Fig. 82) tienen una palanca que es accionada continuamente para dar presión al líquido contenido en el tanque, mientras se efectúa la aspersión. Como tienen poca capacidad (15-20 litros), el tanque debe llenarse a menudo y su alcance vertical es de apenas 2-3 m. Funcionan muy bien en viveros, en plantaciones pequeñas y bajas y en el tratamiento de trozas; si se les coloca una lanza o aguilón pueden alcanzar alturas de hasta 5 m.



Figura 82. Bomba manual.

Las mochilas de motor (Fig. 83) son superiores a las manuales porque las gotas son más finas (lo que permite una mayor cobertura) y, al ser impulsadas por una corriente de aire, penetran más profundamente en el follaje; además, con ellas se puede asperjar a mayor velocidad y con menos esfuerzo y se llenan automáticamente. Por lo general son muy versátiles, de modo que si se les cambian las boquillas y el tubo de aspersión, sirven también para espolvorear, para aplicar productos granulados, como lanzallamas y como aplicadores de nebulizaciones. Las bombas corrientes tienen un alcance vertical de hasta 9 m.

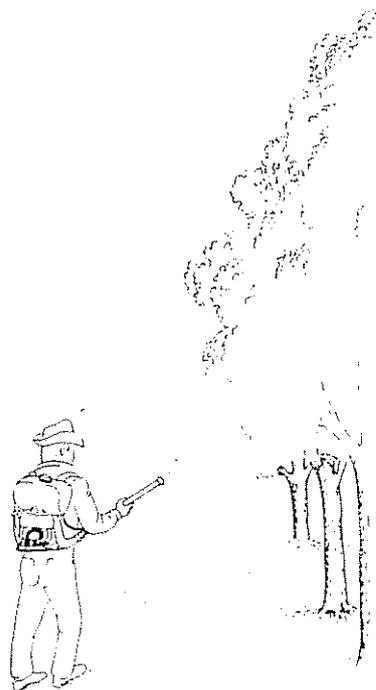


Figura 83. Bomba de motor.

También hay mochilas que se utilizan sólo para hacer nebulizaciones (Fig. 84). El sistema funciona así: un chorro caliente de plaguicida concentrado, a base de aceite, desemboca en un punto donde entra en contacto con otro chorro de gases calientes, lo que causa la disgregación del producto en diminutas partículas que son expelidas en forma de neblina. Estas partículas no se depositan sobre ninguna superficie, son útiles para matar insectos en vuelo y tienen gran alcance de penetración, por lo que pueden emplearse en plantaciones densas y altas. Sin embargo, su aplicabilidad está restringida por las condiciones atmosféricas: la tierra debe estar ligeramente más fría que el aire (antes del crepúsculo o muy temprano en la mañana), para evitar corrientes ascendentes que desplacen la neblina. Por esta misma razón, no se recomienda utilizarlas en viveros o en plantaciones de poca altura.



Figura 84. Bomba para nebulizaciones.

## B. ARTEFACTOS REMOLCADOS POR TRACTORES

Se trata de artefactos cuyos tanques tienen una capacidad de entre 100 y 1.000 litros, por lo que deben ser remolcados por maquinaria agrícola pesada. Hay una variedad relativamente amplia; algunos son espolvoreadores, pero la mayoría funciona con líquidos, ya sea como aspersores hidráulicos o como aspersores de inyección de aire.

Los aspersores hidráulicos de baja presión y bajo volumen (Fig. 85) que se utilizan con frecuencia en labores agrícolas, también podrían utilizarse en viveros muy extensos y con poco relieve. Por lo general, el aguilón o barra de aspersión es remolcado por un tractor ("chapulín") mientras rocía el follaje a una tasa de 1-25 galones por minuto; la baja presión y la capacidad del tanque limitan sensiblemente su penetración en el follaje. Los aspersores de alta presión y alto volumen (Fig. 86) pueden aplicar de 8-85 galones por minuto, penetran con facilidad en el follaje denso y, cuando se les adaptan mangueras, alcanzan la copa de árboles de 20-30 m de altura.

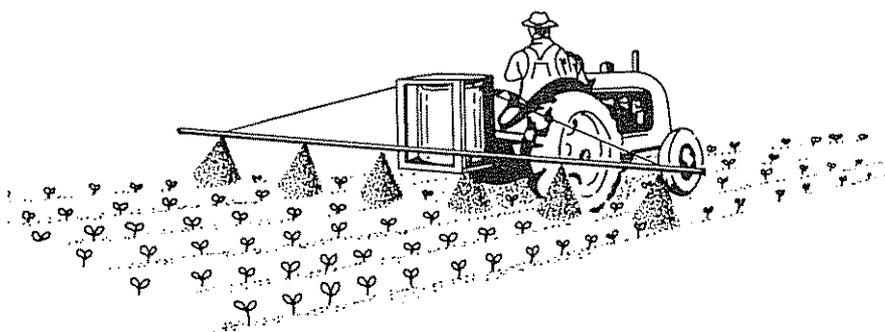


Figura 85. Aspersor hidráulico de baja presión y bajo volumen.

En los aspersores de inyección de aire (Fig. 87), el plaguicida es puesto en contacto, gota a gota, con una fuerte corriente de aire procedente de un ventilador interno, la cual acarrea al producto hacia el punto a asperjar. Los volúmenes de aspersión son muy grandes y la homogeneidad en el tamaño de las gotas permite un mejor combate de los agentes dañinos. Pueden emplearse en plantaciones forestales en las que haya buen espaciamiento entre las hileras y uniformidad en la altura de los árboles. También hay aspersores de inyección a los que se les llama "concentrados", porque aplican la misma cantidad de plaguicida por unidad de área que los anteriores, pero con menor inversión de agua.

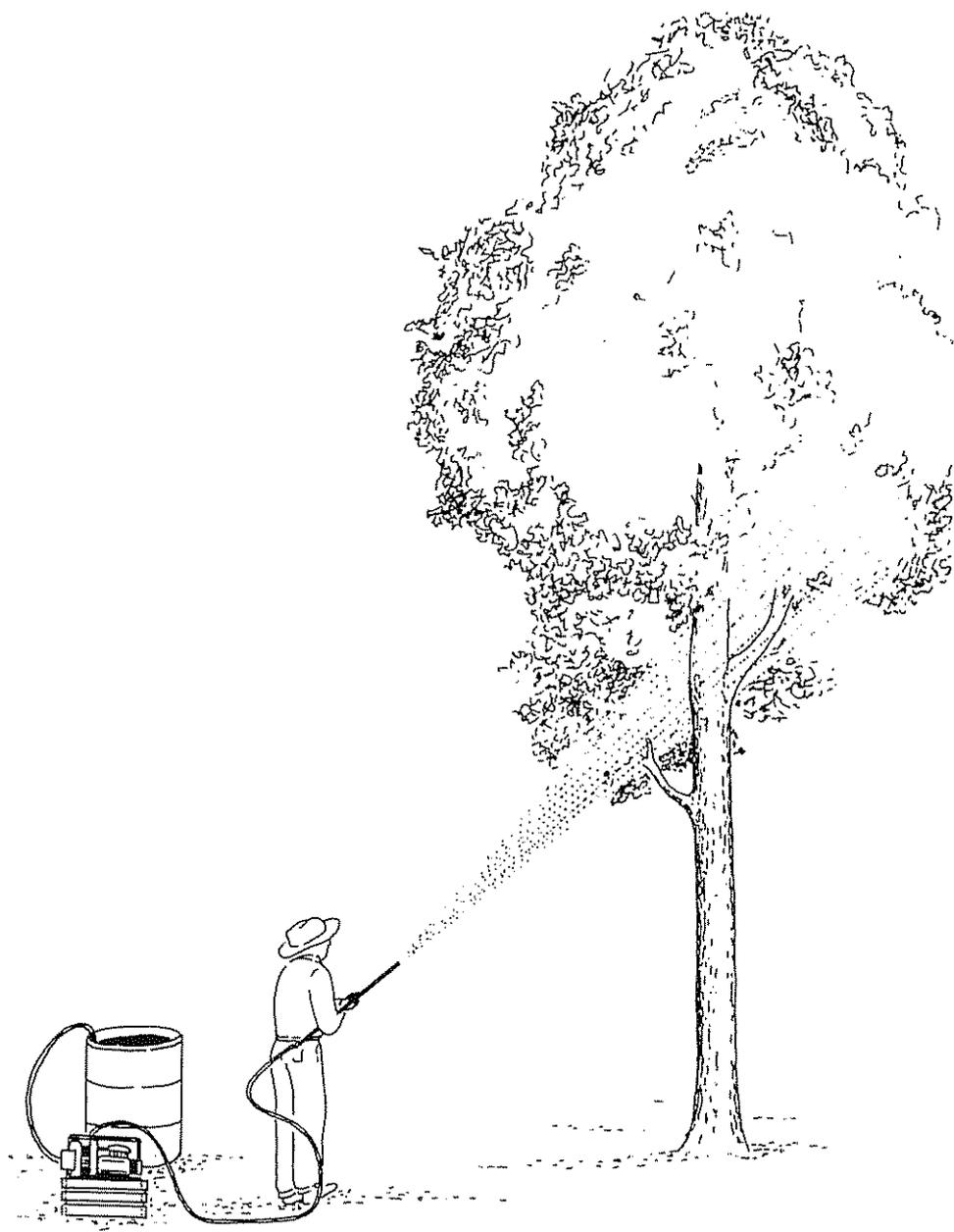


Figura 86. Aspersor hidráulico de alta presión y alto volumen.

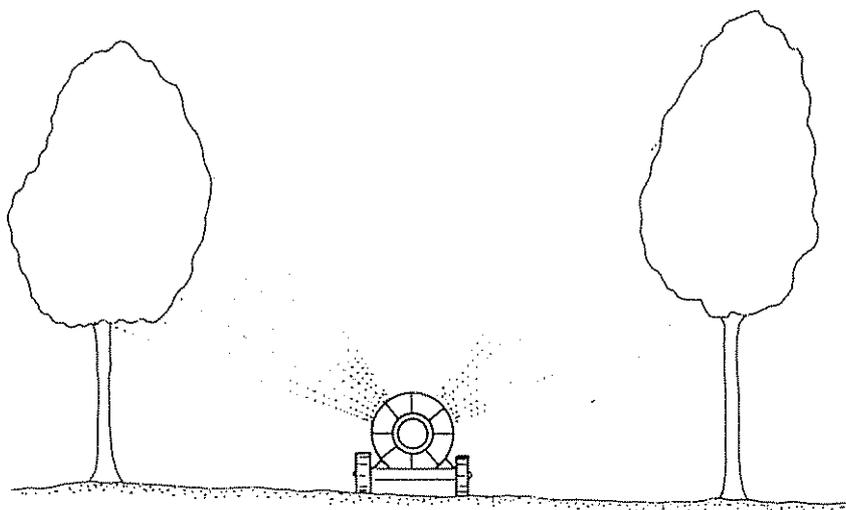


Figura 87. Aspersor de inyección de aire.

Por último, hay artefactos para realizar nebulizaciones en frío, los cuales se montan sobre un tractor, aprovechando el eje o barra de transmisión para accionar un ventilador que produce una corriente de aire; mediante esta corriente y boquillas especiales, se pueden hacer nebulizaciones no solo de soluciones oleosas, sino también de emulsiones acuosas.

Todos los artefactos remolcados por tractores presentan el gran inconveniente de que sólo pueden operar en terrenos con poca pendiente y esta no es, evidentemente, la situación de las tierras destinadas a plantaciones forestales en América Central.

### C. AVIONETAS Y HELICOPTEROS

El uso de este tipo de aparatos para la aspersión aérea de plaguicidas sólo tiene sentido si las plantaciones son muy extensas, altas y poco accesibles. Se considera que, para que este sistema resulte económico, el área a asperjar no debe tener menos de 200 ha.

Las avionetas utilizadas para fumigaciones aéreas (Fig. 88) son de poca velocidad (100-150 km/h) y necesitan poca pista para aterrizar. Los helicópteros (Fig. 89), a los cuales se les pueden adaptar tanques y barras de aspersión, superan a las avionetas no sólo por su mayor maniobrabilidad, sino también porque el movimiento de las aspas crea una corriente de aire descendente que contribuye a la penetración del insecticida en el dosel de la plantación. En general, los métodos aéreos tienen el inconveniente de que siempre hay riesgo de que el plaguicida afecte fuentes de agua, cultivos o viviendas cercanos a las plantaciones.

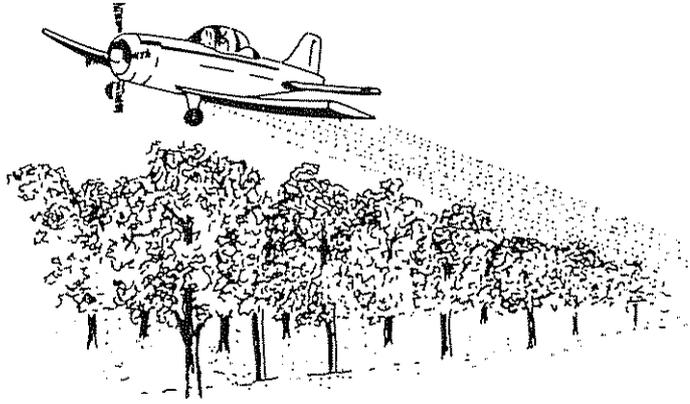


Figura 88. Fumigación con avioneta.

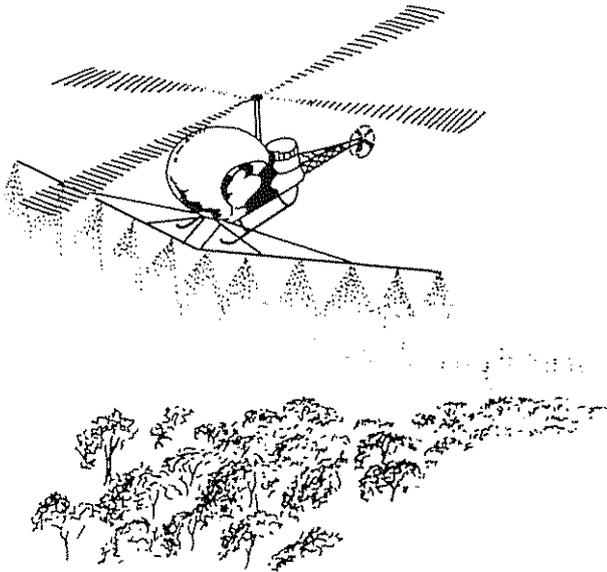


Figura 89. Fumigación con helicóptero.

## 5. EFECTOS COLATERALES

Como ya se ha señalado, todos los plaguicidas de origen químico son venenosos en mayor o menor grado, por lo que deben ser utilizados con mucha precaución. Hay algunos plaguicidas cuyas propiedades intrínsecas los hacen nocivos para los seres humanos pues pueden provocar cáncer (cancerígenos), mutaciones (mutagénicos), esterilidad (espermatogénicos o gonadotrópicos), malformaciones congénitas (teratogénicos) o

mortalidad de fetos, partos prematuros (fetotoxicidad), etc. El uso de estos productos, a pesar de sus efectos plaguicidas, debiera ser prohibido. Pero hay otros plaguicidas que no son nocivos intrínsecamente, pero que si no se utilizan en la forma correcta, pueden causar problemas sumamente serios, como los que se enumeran a continuación: disminución de las poblaciones de enemigos naturales y de los polinizadores, desarrollo de inmunidad o resistencia por parte de los agentes dañinos, muerte de fauna silvestre mayor, contaminación de las aguas y del suelo, intoxicaciones laborales, fitotoxicidad y, en el campo agrícola, presencia de residuos en los alimentos. Si bien todos estos problemas son importantes, cuatro de ellos ameritan ser discutidos en este capítulo.

## A. EFECTOS SOBRE ANIMALES BENEFICOS

Con frecuencia en las plantaciones forestales se observa no sólo alguna fauna mayor, sino también insectos que actúan como depredadores o como parasitoides de las plagas, tal como se indicó en el Capítulo III. Estos insectos, con su actividad de alimentación, hacen que otros que podrían ser problemáticos no lo sean, por lo que a estos últimos se les considera como plagas secundarias o potenciales. Sin embargo, el uso desmedido de plaguicidas puede disminuir sensiblemente las poblaciones de enemigos naturales y permitir así que algunas plagas potenciales se conviertan en plagas reales, de primera importancia.

Por otra parte, si debido al mal uso de los plaguicidas, el número de animales polinizadores (especialmente lepidópteros, himenópteros, murciélagos y aves) disminuye, podría haber una sensible reducción en la producción de frutos y semillas, no sólo de ciertas especies forestales, sino también de cultivos agrícolas cercanos y de plantas silvestres; en el caso específico de las abejas europeas (*Apis mellifera*), se podría causar un serio impacto en la producción de miel.

## B. DESARROLLO DE RESISTENCIA

La resistencia puede definirse como la habilidad de un grupo, estirpe o raza de organismos para sobrevivir tras ser expuesto a una dosis de plaguicida (en el caso de los fungicidas, sólo los productos sistémicos) que mata a la mayoría de los individuos de la población de la que forma parte. Su existencia ha sido documentada en insectos, ácaros, roedores, hongos y bacterias. La resistencia puede deberse a que no hay contacto entre el plaguicida y el agente a combatir, o a que éste (por mutaciones, recombinación genética, etc.) desarrolla mecanismos morfológicos, fisiológicos o bioquímicos que le permiten utilizar vías alternas para sobrevivir y provocar el daño.

Es importante entender que la resistencia no es un fenómeno estático. Si bien ella depende en cierta medida de las características intrínsecas del agente dañino (ciclos de vida breves y alta fecundidad en insectos, períodos de incubación muy cortos y gran esporulación en patógenos, etc.), depende más de la presión selectiva ejercida por los plaguicidas. Así, conforme se incrementan la frecuencia y la intensidad de las aspersiones, se seleccionan o favorecen los organismos cuyos genes les confieren tolerancia, de modo que los sobrevivientes dan origen a estirpes resistentes. La situación puede complicarse no sólo porque cierta estirpe podría desarrollar resistencia contra más de un plaguicida mediante mecanismos diferentes (resistencia múltiple), sino también porque uno solo de estos mecanismos podría otorgar resistencia contra productos a los que el organismo nunca ha estado expuesto, pero que son químicamente afines a alguno de los utilizados previamente (resistencia cruzada).

Aunque no hay pautas específicas para evitar, o al menos retardar, la aparición de la resistencia, como norma general se recomienda rotar los productos (o sea, alternar plaguicidas con mecanismos de acción diferentes) o mezclarlos, usando la mitad de las dosis respectivas. No obstante, esto debe ser acompañado por prácticas que reduzcan el empleo de plaguicidas y que incorporen medidas de combate como las descritas en el Capítulo III.

## C. INTOXICACIONES HUMANAS

Si bien siempre existe el riesgo de que cualquier persona que entre en contacto con un plaguicida pueda resultar afectada, lógicamente los peligros son mayores para las personas que los mezclan o los usan en el campo.

Es importante distinguir dos tipos de efectos tóxicos provocados por los plaguicidas: inmediatos y mediatos. Los primeros se expresan poco tiempo después de la exposición al plaguicida. Aunque los síntomas pueden ser muy variados (porque la composición química de estos productos es muy diversa), los más frecuentes son dolores de cabeza, pecho y estómago, mareo, sudoración, vómitos, visión borrosa, secreciones nasales y bucales, diarrea, contracciones musculares, dificultades respiratorias, convulsiones y parálisis. En los casos de toxicidad aguda, es relativamente fácil establecer una relación directa entre el efecto nocivo y el plaguicida.

Sin embargo, en ocasiones, los plaguicidas producen efectos crónicos o de largo plazo, dando origen a enfermedades en la piel, las mucosas, el sistema nervioso, la sangre, las vísceras, etc., o a efectos cancerígenos, mutagénicos, espermatogénicos, gonadotrópicos, teratogénicos y fetotóxicos. Estos son casos muy preocupantes, porque es difícil asociar

el plaguicida con sus efectos nocivos y, en consecuencia, adoptar medidas de protección frente a ciertos productos.

## CH. FITOTOXICIDAD

La fitotoxicidad es el poder que tienen algunos plaguicidas de causar lesiones o muerte en las plantas. Este efecto puede ser provocado por el ingrediente activo, por alguno de los aditivos inertes, por la mezcla de plaguicidas incompatibles o por la forma de aspersión (altas presiones y concentraciones). Por su parte, la susceptibilidad de las plantas varía según la edad y la especie a la que pertenecen.

Si bien en la etiqueta de los envases siempre se indica el riesgo de fitotoxicidad, las especificaciones se refieren a cultivos agrícolas y no a especies de importancia forestal. Por lo tanto, es necesario que el usuario se procure el consejo de algún técnico o de otros usuarios del producto o que experimente por sus propios medios, en pequeña escala, comenzando con las dosis más bajas recomendadas.

## 6. PRECAUCIONES

En vista de los peligros que implica el uso de plaguicidas, es muy importante actuar con precaución desde el mismo momento en que se adquieren. Se debe ser muy cuidadoso con el transporte, almacenamiento, aplicación, destrucción y eliminación de envases, eliminación de sobrantes, lavado del equipo y de la ropa protectora e higiene personal. En folletos publicados por instituciones gubernamentales y por empresas privadas, hay normas muy detalladas sobre la manipulación segura de los plaguicidas. Se recomienda consultar esos materiales directamente, porque no tiene sentido incluir tanto detalle en el presente Manual.

En la medida en que se ataque la raíz del problema, usando los métodos de combate descritos en el Capítulo III, la necesidad de utilizar plaguicidas disminuirá, y con ello, los riesgos de intoxicaciones, contaminación ambiental, etc. No obstante, es importante insistir en la necesidad de que el usuario lea (aunque una alta proporción de la población centroamericana es analfabeta) con atención las instrucciones contenidas en la etiqueta de todo producto, y las acate. El cumplimiento de esta recomendación y el uso de ropa protectora disminuirán considerablemente los riesgos, en especial en cuanto a intoxicaciones laborales.

## 7. PAUTAS PARA EL USO DE PLAGUICIDAS

Como se ha señalado reiteradamente, en los países de América Central, la experiencia de combate químico en el campo forestal es muy escasa. Debido a ello, es muy riesgoso aventurarse a emitir recomendaciones específicas, pero sí es posible indicar algunas pautas de uso que permitan, cuando menos, evitar algunos de los errores que se observan con frecuencia en los proyectos forestales de la región. Es de esperar que el acatamiento de estas pautas conduzca a un empleo sensato de los plaguicidas, y que los resultados de su aplicación se puedan ir sistematizando, de modo que a mediano plazo se logre disponer de información de campo útil y veraz. Por lo tanto, las pautas sugeridas en este capítulo deben ser vistas más como una propuesta de trabajo que como un recetario de soluciones rápidas.

### A. INSECTICIDAS

Para simplificar su uso, toda la información sobre insecticidas aparece, condensada y en orden alfabético, en los Cuadros 1 y 2. En las descripciones que se presentan a continuación, el usuario encontrará los códigos o números correspondientes a cada insecticida, los que le permitirán consultar el Cuadro 1, donde aparecen el nombre genérico, la naturaleza química, el tipo de acción, la toxicidad y las formulaciones conocidas para cada producto; luego podrá consultar el Cuadro 2, para averiguar los nombres comerciales del producto que le interesa.

Es necesario advertir que si bien los cuadros contienen información sobre un amplio repertorio de insecticidas, no todos ellos se pueden adquirir en todos los países de América Central, ya sea porque no están registrados en cierto país, o porque su uso ha sido prohibido o severamente restringido, como sucede con los productos organoclorados. Asimismo, cabe advertir que no todos los tipos de formulaciones pueden adquirirse en la región y que los nombres comerciales pueden variar entre países.

A continuación se describen las pautas de uso, según las estructuras vegetales dañadas por los insectos. En la indicación de los insecticidas utilizados no se incluyen consideraciones de precio ni de toxicidad para la especie humana. La información presentada proviene, en lo fundamental, de las obras de HOCHMUT y MANSO (1975), JIMENEZ y FERNANDEZ (1983), KING y SAUNDERS (1984) y THOMSON (1989).

#### a) Flores

Se pueden utilizar venenos de contacto o estomacales para los insectos expuestos y productos translaminares para los que atacan los

órganos internos de la flor. Es importante elegir productos que no afecten a los polinizadores, tales como 1, 12, 26, 32, 33, 50, 61 y 69.

#### b) Frutos

En el campo, la pulpa de algunos frutos puede ser atacada por moscas, contra las cuales pueden utilizarse productos de contacto o estomacales tales como 5, 14, 15, 18, 37, 38, 41, 60, 63 y 70.

#### c) Conos y semillas

Estas estructuras pueden ser protegidas en el campo con venenos de contacto o estomacales, tales como 4, 10, 18, 20, 41, 45 y 63. Cuando están almacenadas, lo mejor es utilizar productos fumigantes, como el 19, siempre que las dosis empleadas no afecten su viabilidad.

#### ch) Raíces y plántulas

El combate de los insectos del suelo, como los jobotos y los cortadores, puede hacerse en dos etapas. Al momento de la siembra en el vivero o al trasplante, se deben mezclar productos de contacto granulados o en polvo (3, 7, 13, 14, 15, 16, 18, 22, 29, 30, 41, 42, 51, 63 y 69) con la tierra y con el fertilizante. Cuando los árboles ya se han establecido, es más difícil usar formulaciones granuladas, sobre todo si el suelo está seco. Pero hay formulaciones líquidas de los mismos productos que podrían utilizarse en esa etapa.

#### d) Brotes y yemas

Como se trata de estructuras delgadas y suaves, las larvas contenidas dentro de ellas pueden ser combatidas con productos que muestren actividad translaminar (1, 37 y 52). En el vivero se pueden emplear productos granulados con efecto sistémico (2, 10, 25, 43, 58 y 62), algunos de los cuales tienen una persistencia de hasta dos meses. Las formas adultas pueden ser atacadas con insecticidas de contacto.

#### e) Follaje

Los masticadores expuestos, ya se trate de larvas o de adultos, pueden ser combatidos directamente mediante productos de contacto, aunque también pueden atacarse rociando el follaje con venenos estomacales.

Ciertos productos (18, 30, 33, 55 y 61) que actúan simultáneamente como venenos estomacales y de contacto, han demostrado ser eficaces contra masticadores expuestos. En el caso particular de los "trips", que tienen un aparato bucal raspador-chupador, se pueden aplicar productos de contacto, estomacales o sistémicos, entre los que sobresalen 1, 3, 5, 18, 20, 23, 27, 28, 30, 32, 37, 39, 45-48, 55-60 y 68. La mejor forma de combatir los insectos minadores y los agalleros consiste en emplear productos translaminares (1, 37, 52), sistémicos (21, 55) o el Evisect (Thyocyclam), que es de origen biológico.

Los insectos chupadores, por su parte, pueden ser atacados con productos de contacto (5, 7, 8, 14, 18, 20, 24, 26, 28, 32, 33, 45, 50, 60, 63) o sistémicos (1, 23, 25, 36-39, 47, 49, 52, 55, 57-59, 68). No obstante, las escamas y algunos áfidos que tienen coberturas cerosas deben combatirse con venenos de contacto mezclados con aceite mineral, tales como 4, 9, 32, 37, 50 y 60; en el caso de los áfidos, el producto 62 es muy específico y eficaz.

#### f) Líber

El mayor obstáculo para el combate químico de los abejones descortezadores es el grosor de los tejidos de la corteza. Por lo tanto, es preciso utilizar materiales, como algunos aceites, que puedan atravesar esa barrera y llevar consigo el insecticida. Lo pertinente, en este caso, es aplicar venenos de contacto o estomacales tales como 5, 6, 8, 9, 15, 20, 53, 60, 66, 69 y 70. Hay que tener mucho cuidado con la compatibilidad del aceite y el insecticida y con la fitotoxicidad; en general, los aceites son dañinos para las cortezas muy delgadas o muy suculentas, en tanto que funcionan bien en cortezas suberosas y secas.

#### g) Xilema y médula

El combate químico de los barrenadores del xilema y de la médula, así como el de los insectos diseminadores, es aún más complejo que el de las plagas del líber, porque el insecticida debe penetrar a mucha mayor profundidad. Por eso se deben utilizar venenos de contacto o estomacales como los indicados en el párrafo anterior, pero mezclados con aceites con mayor capacidad de penetración. En el caso de barrenadores cuyas galerías sean grandes, fácilmente detectables, accesibles y escasas, se puede inyectar el insecticida directamente en la galería con una jeringa de uso pecuario o con una común y cubrir la salida del túnel; lo más indicado sería utilizar productos de contacto cuyo líquido produzca vapores, tales como 5, 15, 20, 36, 45 y 64.

Para los comejenes, los mejores productos son algunos organoclorados (3, 13, 22, 42), y para las plagas de la madera seca, el BHC con aceite o fumigantes como el bromuro de metilo o el dibromuro de etileno.

## B. FUNGICIDAS

En comparación con los insecticidas, el número de fungicidas disponibles en el mercado es menor, y su uso es menos específico. La ventaja de los fungicidas es que son productos con un amplio espectro de acción, o sea, que su efecto biocida afecta a grandes grupos de hongos, por lo que pueden ser usados indistintamente ante diversos patógenos. Otra característica de estos productos es la versatilidad en cuanto a las aplicaciones, ya que un mismo producto puede ser aplicado al suelo, al follaje o a las semillas. Pero quizá lo más importante es que no tienen un efecto perjudicial sobre la fauna silvestre, como sucede con la mayoría de los insecticidas.

La información relacionada con el uso de fungicidas se presenta también en dos cuadros. En el Cuadro 3 aparecen los nombres genérico y comerciales del producto, así como su modo de acción: sistémico (S), protector (P), fumigante (F) o antibiótico (A). El nombre técnico se identifica con un código al cual se hace referencia en el Cuadro 4. La última columna se refiere al uso recomendado más frecuente, ya sea aplicado al suelo (S), al follaje (F) o para el tratamiento de semillas (T).

En el Cuadro 4 se presenta una lista de los patógenos más comunes que atacan especies forestales, así como los productos que se pueden utilizar para combatirlos y algunas observaciones generales.

## C. OTROS BIOCIDAS

A continuación se presenta la información relativa a los plaguicidas que pueden afectar otros animales, como ácaros, nematodos, moluscos y animales vertebrados.

### a) Acaricidas

Hay productos específicos para el combate de ácaros, como bromopropilato (Acarol, Neoron), clorbenzilato (Acaraben, Akar), dicofol (Kelthane, Acarin), dienocloro (Pentac), óxido de fenbutatin (Vendex, Torque), propargite (Omite, Comite) y tetradifón (Tedion, Duphar). Pero, además, muchos insecticidas tienen poder acaricida, como sucede con 2, 10, 14, 20, 23, 25, 26, 28, 36-40, 45, 47-50, 55-59 y 68.

## b) Nematicidas

Contra los nematodos hay un producto específico, el fenamifós (Nemacur); además, hay varios insecticidas con actividad nematicida, como 2, 10, 18, 29, 31 y 58 y los fumigantes bromuro de metilo y dibromuro de etileno.

## c) Molusquicidas

El metaldehído (Ortho-B, Ariotox) es eficaz contra las babosas y los caracoles, sobre todo si se formula como cebo y se coloca en el campo al atardecer o por la noche. Los insecticidas 26 y 51 también tienen actividad molusquicida.

## ch) Rodenticidas

Dado que los roedores representan el grupo más problemático entre los animales vertebrados, los mayores esfuerzos de combate se han orientado hacia ellos. Los rodenticidas agudos, como el fosforo de zinc, la estricnina y el fluoroacetato de sodio se formulan como cebos, al igual que los rodenticidas crónicos con actividad anticoagulante, como la difacinona (Matex), el cumatetralil (Racumín) y la brodifacouma (Klerat). Por último, hay materiales fumigantes, como el fosforo de aluminio (Fostoxin, Detia Gas-Ex-T), formulados como tabletas, que al reaccionar con la humedad, por ejemplo, en un túnel subterráneo, liberan un gas que asfixia a los roedores.

Cuadro 1. Características básicas de los insecticidas utilizables en la protección forestal\*.

Cod.	Nombre Genérico	Nat. Quim.	Modo de Acción	Tox.	Formulaciones
1	Acefato	OF	C,E,S	M	PS
2	Aldicarb	C	C,E,S	E	G
3	Aldrín	OC	C,E,F	M	A,CE,G,P,PM
4	Azinfos-metil	OF	C,E	A	CE,P,PM
5	BHC	OC	C,E,F	A	A,CE,P,PM
6	Bromofos	OF	C,E	M	CE,P,PM
7	Bufencarb	C	C	L	CE,G
8	Carbaryl	C	C,E	L	C,CE,G,P,PM
9	Carbofenothion	OF	C,E	E	CE,P,PM
10	Carbofurán	C	C,E,S	A	G,S
11	Cartap	C	C,E	A	G,P,PM,PS
12	Cipermetrina	P	C,E	M	CE,ULV
13	Clordano	OC	C,E	M	CE,G,P,PM,PS
14	Clorfenvinfos	OF	C	L	CE,G,PM
15	Clorpirifos	OF	C,E,F	M	CE,G
16	DDT	OC	C,E	M	CE,G,P,PM,S
17	Decametrina	P	C,E	L	CE,PM,ULV
18	Diazinón	OF	C,E	M	A,CE,G,P,PM,ULV
19	Dibromuro de etileno	-	F	E	Fumigante
20	Diclorvos	OF	C,E,F	A	CE,CS,E,PM
21	Dicrotofos	OF	C,E,S	A	CE,ULV
22	Dieldrín	C	C,E	M	CE,E,G,P,PM,S
23	Dimetoato	OF	C,E,S	M	CE,P,PM
24	Dioxacarb	C	C,E	M	PM,ULV
25	Disulfotón	OF	C,S	E	G,S
26	Endosulfán	OC	C,E	A	CE,CS,E,G,P,PM,ULV
27	Endrín	OC	C,E	A	CE,P,PM,ULV
28	Etion	OF	C	A	CE,G,P,PM
29	Ethoprop	OF	C	E	CE,G
30	Fenitrotion	OF	C,E,S	M	A,CE,G,P,PM,ULV
31	Fensulfotión	OF	C	E	CS,G

\* La simbología aparece al final del cuadro.

Cuadro 1. Continuación.

Cod.	Nombre Genérico	Nat. Quím.	Modo de Acción	Tox.	Formulaciones
32	Fention	OF	C,E	M	CE,CS,G,P,PM, ULV
33	Fenvalerato	P	C,E	M	CE,G,P,PM,ULV
34	Fluccitrinato	P	C	M	CE
35	Fonofós	OF	C	E	CE,G
36	Forato	OF	C,E,F,S	E	CE,G
37	Formotión	OF	C,S	L	CE,ULV
38	Fosfamidón	OF	S	E	CE,CS,L,ULV
39	Fosfolán	OF	C,E,S	E	CE,G
40	Fosmet	OF	C	M	PM
41	Foxim	OF	C,E	M	CE,G,P
42	Heptacloro	OC	C,E	A	CE,G,P,PM,PS
43	Isofenfos	OF	C	A	CE,G
44	Leptofos	OF	C	M	CE,G,P,PM
45	Malatión	OF	C,E	M	CE,E,P,PM,PS, ULV
46	Malatión + P.M.	OF	C,E	E	CE,E,ULV
47	Mecarbam	OF	C,E,S	A	CE,G,P
48	Mefosfolán	OF	C,E,S	E	CE,E,G
49	Metamidofós	OF	C,E,S	E	CS
50	Metidatión	OF	C	E	CE,PM,ULV
51	Metiocarbo	C	C,E	A	C,P,PM
52	Metomil	C	C,E,S	E	CS,PS
53	Metoxicloro	OC	C	L	EC,P,PM
54	Mirex	OC	C,E	M	C
55	Monocrotofos	OF	C,E,S	A	CE,CS
56	Naled	OF	C,E	A	CE,E,P
57	Ometoato	OF	C,S	A	CE,CS,ULV
58	Oxamyl	C	C,E,S	A	CS,G
59	Oxidemeton- metil	OF	C,S	A	CE,CS
60	Paratión metílico (P.M.)	OF	C,E	E	CE,E,M,P,PM
61	Permetrina	P	C,E	M	CE,PM

Cuadro 1. Continuación.

Cod.	Nombre Genérico	Nat. Quim.	Modo de Acción	Tox.	Formulaciones
62	Pirimicarb	C	C,E,F,S	A	CE,G,PM
63	Pirimofos etílico	OF	C,F	M	CE,G,M
64	Pirimofos metílico	OF	C,E,F	L	CE,P,ULV
65	Profenofos	OF	C,E	M	CE,PM
66	Promecarb	C	C,E	A	CE,P,PM
67	Terbufós	OF	C	E	G
68	Tiometón	OF	C,E,S	M	CE,ULV
69	Toxafeno	OC	C,E	M	CE,P,PM
70	Triclorfón	OF	C,E	A	CS,G,PM,PS,ULV

Simbología:

#### Naturaleza química

C = carbamato; OC = organoclorado; OF = organofosforado; P = piretroide

#### Modo de acción

C = de contacto; E = estomacal; F = fumigante; S = sistémico

#### Toxicidad

L = ligera; M = moderada; A = alta; E = extremada

#### Formulaciones

A = aceite; C = cebo; CE = concentrado emulsionable; CS = concentrado soluble; E = emulsificable; G = granulado; L = líquido soluble; M = microcápsulas; P = polvo seco portador; PM = polvo humedecible o mojable; PS = polvo soluble; S = suspensión; ULV = ultrabajo volumen.

Cuadro 2. Nombres comerciales más comunes de los insecticidas citados en el Cuadro 1.

Código	Nombre Genérico	Nombres Comerciales
1	Acefato	Orthene
2	Aldicarb	Temik
3	Aldrín	Aldrín
4	Azinfos-metil	Gusathion
5	BHC	Lindano
6	Bromofos	Brofene, Nexion, Netal
7	Bufencarb	Bux
8	Carbaryl	Sevin, Sevimol
9	Carbofenothion	Trithion, Nephocarb, Dagadip
10	Carbofurán	Curater, Furadán
11	Cartap	Padan
12	Cipermetrina	Cymbush, Ripcord
13	Clordano	Clordano, Attaclor
14	Clorfenvinfos	Birlane, Sapecron
15	Clorpirifos	Lorsban, Dursban
16	DDT	DDT
17	Decametrina	Decis, K-Othrin
18	Diazinón	Diazinón, Basudín
19	Dibromuro de etileno	EDB, Bromofume, Soilbrom
20	Diclorvos	Nuvan, DDVP, Vapona
21	Dicrotofos	Bidrin
22	Dieldrín	Dieldrín
23	Dimetoato	Dimetoato, Perfekthion, Cygon
24	Dioxacarb	Elocron, Famid
25	Disulfotón	Di-Syston, Solvirex
26	Endosulfán	Endosulfán, Thiodan, Cyclodan
27	Endrín	Endrín, Insectrin, Endrex
28	Etion	Nialate, Hylemox, Ambathion
29	Ethoprop	Mocap
30	Fenitrothion	Agrothion, Sumithion, Dybar
31	Fensulfotión	Dasanit, Terracur
32	Fention	Lebaycid, Baycid, Entex
33	Fenvalerato	Belmark, Pydrin, Sumicidin
34	Flucitrinato	Pay-Off

Cuadro 2. Continuación.

Código	Nombre Genérico	Nombres Comerciales
35	Fonofós	Dyfonate
36	Forato	Thimet
37	Formotión	Anthio
38	Fosfamidón	Dimecrón
39	Fosfolán	Cylan, Cyolane
40	Fosmet	Imidán, Prolate
41	Foxim	Volatón, Baythion, Valexon
42	Heptacloro	Heptacloro, Clorahep
43	Isofenfos	Oftanol, Amaze
44	Leptofos	Phosvel, Abar
45	Malatión	Malatión, Crisofos 900, Cythion
46	Malatión + P.M.	Cygard
47	Mecarbam	Murfotox
48	Mefosfolán	Cytrolane
49	Metamidofós	Tamarón, Monitor
50	Metidatión	Ultracide, Supracide
51	Metiocarbo	Mesurol, Draza
52	Metomil	Lannate
53	Metoxicloro	Marlate, DMDT, Methoxo
54	Mirex	Mirex, Zompex, Paramex
55	Monocrotofos	Azodrín, Crisodrín, Nuvacrón
56	Naled	Dibrom, Dibrocen
57	Ometoato	Folimat
58	Oxamyl	Vydate
59	Oxidemeton-metil	Metasystox
60	Paratión metílico (P.M.)	Folidol, Metidol, Penncap
61	Permetrina	Ambush, Pounce, Talcord
62	Pirimicarb	Pirimor
63	Pirimofos etílico	Primicid
64	Pirimofos metílico	Actellic
65	Profenofos	Curacrón, Selecrón
66	Promecarb	Minacide, Carbamult
67	Terbufós	Counter
68	Tiometón	Ekatin
69	Toxafeno	Phenatox, Phenacidae
70	Triclorfón	Dipterex, Dylox, Crinex

Cuadro 3. Principales productos fungicidas utilizados o con potencial de uso en el combate de enfermedades forestales.

Código	Nombre Genérico	Nombres Comerciales	Modo de Acción	Uso
1	Acetato trifenil estaño (fentin acetato)	Brestán Trimastán	P	F
2	Acetato de fenil mercurio	Ceresan	P	T
3	Azufres	Azufre mojable Azufral Elosal Kumulus Sulfan Thiovit	P	F
4	Benomyl	Afungil Benlate Benocric Benomal	S	T,F
5	Bromuro de metilo	Bromuro de metilo Dow Fume	F	S
6	Captafol	Difolatan	P	F
7	Captan	Cafudan Captan Merpan Orthocide	P	S,F,T
8	Carbendazol	Bavistin Derosal	S	F
9	Carboxin	Vitavax	S	T
10	Cloroneb	Cloroneb Demosam	P	S,T
11	Clorotalonil	Bravo Bravonil Daconil	P	F
12	Cyproconazol	Alto 100 Atemi 100	S,P	F
13	Dazomet	Basamid	D	S
14	Diclon	Phygon	P	F,T
15	Dinocap	Dinofum Karathane	P	F

Cuadro 3. Continuación.

Código	Nombre Genérico	Nombres Comerciales	Modo de Acción	Uso
16	Dodin	Melprex Venturol	P	F
17	Estreptomicina	Agrimicin Distreptina	A,S	F
18	Ferbam	Ferbam Fermate Karbam	P	F
19	Hidróxido de cobre	Cupravit Kocide	P	F
20	Hidróxido trifenil	Du-ter estaño	P	F,T
21	Mancozeb	Dithane M-45 Fungineb Manzate 200	P	F
22	Maneb	Dithane M-22 Maneb 80 Manzate Polyram M Superior 80	P	F
23	Metalaxyl	Ridomil	S	S,F
24	Metxiram	Polyram-Combi	P	F,T
25	Oxicarboxin	Plantvax	S	F
26	Oxicloruro de cobre	Cobox Cobre azul Cobre F.W. Cupravit verde Cuprox Kocide	P	F
27	Oxido de cobre	Cobre Zandoz Cuproside Perenox	P	F
28	PCNB	Banrot Brassicol PCNB Terraclor Terrazan	P S	
29	Sulfato básico de cobre	Basicop Cobre tribásico	P F	

Cuadro 3. Continuación.

Código	Nombre Genérico	Nombres Comerciales	Modo de Acción	Uso
30	Tiabendazol	Mertec TBZ Tecto Termazol	S	F,T
31	Thiram	Arasan Pormasol Forte Thylate	P	F,T
32	Tiofanato metílico	Banrot Cercobin M Cycosin Fungo Topsin	P,S	S,F
33	Triadimefon	Bayleton	P,S	F
34	Triadimenol	Bayfidan	P	F
35	Tridemorf	Calixin	S	F
36	Vapam	Vapam	F	S
37	Zineb	Dithane Z-78 Lonacol Z Parsate Tritoftorol Zineb	P	F

Cuadro 4. Patógenos comunes en especies forestales y productos fungicidas que se han recomendado para su combate

Patogeno	Productos	Observaciones
<i>Alternaria</i>	21, 22	Aplicación semanal en vivero.
<i>Botrytis</i>	5, 13, 36 4+31,4+7	Fumigar sustrato. Aplicar semanalmente durante 21 días; alternar las mezclas.
<i>Ceratocystis</i>	4, 8, 16, 30	Pintar la parte afectada cada semana.
<i>Cercospora</i>	4, 6, 11, 21 22,26	Aplicar cada diez días en vivero; usar el 4 sólo en la primera aplicación.
<i>Colletotrichum</i>	4, 11, 26, 27, 37	Igual que <i>Cercospora</i> .
<i>Corticium</i>	1, 12, 26, 32, 35	Pintar la parte afectada cada semana.
<i>Corynespora</i>	4, 11, 21	Aplicar cada semana.
<i>Cylindrocladium</i>	5, 13, 36 4+31,4+7,7+31	Fumigar sustrato. Aplicar una vez a la semana durante cuatro semanas en vivero.
<i>Dothistroma</i>	4, 26, 29	Aplicar cada semana en vivero y cada dos semanas en plantación.
<i>Fusarium</i>	5, 13, 30, 36 4+31,4+7,7+31	Fumigar sustrato. Aplicar una vez a la semana hasta por cuatro semanas en vivero.
<i>Macrophomina</i>	5, 13, 36	Fumigar sustrato.
<i>Oidium</i>	3, 4	Aplicar cada siete o diez días.
<i>Pestalotia</i>	19, 26, 27, 29	Aplicar cada semana en vivero.
<i>Phytophthora</i>	16, 21, 23, 26, 27	Aplicar cada siete o diez días; los productos 16, 21 y 23 pueden aplicarse en mezcla.
<i>Prospodium</i>	21, 25, 34	Aplicar cada semana. En mezcla se puede aplicar a plantas de hasta seis meses de edad.

Cuadro 4. Patógenos comunes en especies forestales y productos fungicidas que se han recomendado para su combate

Patogeno	Productos	Observaciones
<i>Puccinia</i>	25, 26, 33, 34 35	Aplicar cada semana en vivero.
<i>Pythium</i>	5, 13, 36 7, 9, 10, 23	Fumigar el sustrato. Aplicar cada semana en vivero.
<i>Rhizoctonia</i>	5, 13, 36 7, 9, 18, 28, 30, 31, 4+31	Fumigar el sustrato. Aplicar cada semana en vivero.
<i>Sclerotium</i>	5, 13, 36 10, 12, 28	Fumigar el sustrato. Aplicar cada semana en vivero.
<i>Seiridium</i>	4, 26, 32	Aplicar cada semana en vivero.
<i>Thanatephorus</i>	1, 4, 20, 26, 27, 33	Aplicar cada semana en vivero.

**METODOS Y TECNICAS PARA LA INSPECCION DE  
DAÑOS Y LA RECOLECCION Y PREPARACION DE  
MUESTRAS**

**CAPITULO V**

# **MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA INSPECCION DE DAÑOS Y LA RECOLECCION Y PREPARACION DE MUESTRAS**

En este capítulo se discuten algunos de los procedimientos, métodos y técnicas utilizados para la evaluación del daño producido por plagas y enfermedades y para la preparación de muestras de campo. Estos métodos, aunque subestimados por algunas personas, no sólo permiten identificar correctamente al agente dañino, sino también juzgar si es necesario combatirlo, por lo que juegan un papel muy importante en los programas de protección forestal.

## **1. INSPECCION EN EL CAMPO**

En todo proyecto forestal la protección contra el ataque de plagas y enfermedades tiene una importancia fundamental. Pero esta protección puede resultar nula si no se dispone de métodos de inspección en el campo que permitan detectar a tiempo la presencia de insectos, patógenos, etc., de modo que puedan ser combatidos antes de que causen daños de consideración. Así, la inspección de las plantaciones no debería ser una actividad ocasional sino permanente y, de ser posible, periódica.

La inspección incluye dos aspectos importantes, la detección e identificación del agente dañino y la evaluación del daño provocado, los que serán analizados a continuación.

### **A. SINTOMAS Y SIGNOS**

Por lo general la presencia de un insecto, un patógeno u otro animal en el campo se detecta mediante la observación directa del agente, de sus rastros (excrementos, nidos, huellas, etc.) o del daño causado. Evidentemente, para evitar diagnósticos equivocados, es imprescindible establecer una relación inequívoca entre el agente causal y el síntoma o daño provocado.

La forma más común de detectar enfermedades es la de guiarse por los síntomas observados, porque éstos son más perceptibles que los agentes causales, que casi siempre son pequeños y hasta microscópicos. Los síntomas son la manifestación externa, visible, de trastornos fisiológicos y morfológicos provocados por agentes dañinos o por causas abióticas. A veces es posible encontrar, en asocio con los síntomas, estructuras o crecimientos de los patógenos, a los cuales se les denomina signos. En el Capítulo II aparece una descripción de los síntomas y los signos útiles para el diagnóstico.

A fin de evitar confusiones entre los daños de origen biótico y los abióticos, es preciso establecer la asociación entre los síntomas y los insectos, patógenos, etc. En el caso de los insectos y de los ácaros, establecer la relación es relativamente sencillo, porque casi siempre las larvas y las ninfas y, a veces, también los adultos, se hallan cerca de la estructura dañada. Pero no sucede lo mismo con los adultos de chapulines, grillos, abejas, ciertos abejones y algunas hormigas, que cortan los brotes, tallos y hojas y se alejan de la planta, al igual que las babosas y la mayoría de los animales vertebrados. En estos casos, la presencia de rastros tales como roeduras, huellas, nidos o túneles subterráneos, pueden ser esenciales para establecer la asociación. Con los patógenos es más difícil, ya que muchas veces no hay signos porque el patógeno está latente o en el período de incubación, y porque algunos factores abióticos causan síntomas parecidos.

## B. EVALUACION DEL DAÑO

La evaluación del daño causado por un insecto, un patógeno u otro agente es muy importante, pues con base en ella se pueden tomar decisiones acerca de la conveniencia o no de combatirlo; sin embargo, se trata de un trabajo arduo y muy complejo.

Lo deseable sería contar, para cada especie de insecto o patógeno, con un criterio o parámetro único que permitiera juzgar si el riesgo del ataque amerita el combate. En el campo agrícola se han logrado establecer esos parámetros, conocidos como *nivel económico de daño* y *umbral económico*, para unas pocas especies, pero su aplicación no es sencilla. En el campo forestal la situación se complica aún más, debido a los extensos turnos de corta o cosecha, que prácticamente impiden su aplicación.

A falta de estos parámetros, es preciso definir *umbrales* o *niveles de acción*, que son las densidades de organismos dañinos o los niveles de daño causados, al alcanzar los cuales se decide emprender el combate. Para configurarlos, se deben tener en cuenta los siguientes factores: edad del árbol, parte atacada, frecuencia o incidencia y severidad o intensidad del daño.

La edad de la planta en el momento del ataque es muy importante, sobre todo porque tiene relación con la inversión realizada hasta ese momento. Obviamente, las plagas y enfermedades que atacan árboles maduros son más serias que las plagas en los viveros, debido al valor agregado que han incorporado esos árboles.

La importancia económica de una plaga o una enfermedad depende de la parte del árbol que ataque. El daño en el follaje puede causar la muerte en plántulas o árboles muy jóvenes, pero no en árboles en desarrollo; a estos les afecta en el crecimiento longitudinal y radial, pero

por lo general disponen de reservas de energía y de minerales que les permiten recuperarse. El daño en los brotes puede dar origen a un retardo en el crecimiento, a deformaciones en el fuste e incluso a la muerte del árbol. El daño en los tejidos conductores provoca defoliación, secamiento, y por último, la muerte del árbol. El daño directo al xilema deteriora la madera e impide su aprovechamiento comercial. La importancia del daño provocado por una plaga o enfermedad depende del uso que se piense dar a la madera, pues ciertas deformaciones que no permitirían usarla en el aserradero, no serían un obstáculo si se va a utilizar para pulpa, leña o carbón.

Antes de hacer referencia a la incidencia y la severidad, conviene señalar que, por lo general, hay una distribución heterogénea del daño y de sus agentes causales dentro de un mismo árbol. Es decir, un agente que afecte el follaje puede concentrar su ataque en la periferia o en el centro de la copa, así como uno que afecte el fuste puede atacar preferentemente a ciertas alturas. En segundo lugar, la distribución espacial dentro de la plantación no suele ser uniforme, sino de tipo agregado o "contagioso", dando origen a "manchas" o "focos" de plagas y enfermedades. Esta distribución obedece a varios factores ambientales que afectan los árboles, tales como las variaciones locales en la topografía, el efecto del viento, la humedad relativa, la fertilidad y el drenaje del terreno, así como a algunos hábitos de los insectos (preferencia por ciertos microclimas, movilidad, comportamiento de grupo, distribución de los huevos, etc.) o de los patógenos (período de incubación, medios de diseminación y sobrevivencia, etc.).

La frecuencia o incidencia de un daño se refiere al número de unidades de muestreo afectadas (árboles, ramas, hojas, conos, semillas, etc.), y se expresa como un porcentaje en relación con el total de unidades evaluadas. La severidad o intensidad del daño se refiere a la magnitud del mismo en cada unidad evaluada; se puede expresar porcentualmente o mediante algún índice arbitrario. Para fijar este índice se puede elaborar una escala de categorías de daño, comprendidas entre "unidad sana" y "unidad muerta o totalmente dañada". Las categorías no deben ser muy amplias, porque se pierde precisión, pero tampoco muy estrechas, porque se debe invertir mucho tiempo decidiendo el valor de calificación.

Como información complementaria, es importante indicar si el daño se distribuye en forma agregada o dispersa y si es más común en algunas áreas específicas de la plantación.

En la actualidad no se dispone de umbrales de acción para los agentes que causan daños a la producción forestal en América Central, pero urge generar información que permita lograr aproximaciones razonables. Una vez establecido un umbral de acción, se debe diseñar un programa de muestreo para definir el tamaño y el número de las muestras, los criterios de selección y la periodicidad de los muestreos en las plantaciones. El

muestreo permitirá detectar cuán cerca se está del umbral y, con ello, optimizar el combate del agente dañino.

## **2. RECOLECCION DE MUESTRAS**

La recolección de muestras de insectos, enfermedades, etc., no constituye un fin en sí misma, sino que representa un paso en el proceso que culmina con la identificación científica o taxonómica de los agentes causales de un daño. Por otra parte, identificar correctamente un determinado espécimen permite hacer una búsqueda eficiente en la literatura científica, para precisar lo que se conoce acerca de la especie y de su combate en otros países; también permite establecer colecciones de referencia amplias y confiables en los museos locales. A continuación se describen las etapas de este proceso, cada una de las cuales debe atenderse con especial esmero.

### **A. SELECCION DE LAS MUESTRAS**

Como ya se mencionó, al encontrar un árbol afectado lo primero que debe hacerse es determinar si la afección obedece a factores de tipo abiótico o biótico. Una somera indagación acerca del clima y los suelos de la zona permitirá cotejar sus características con los requerimientos de la especie afectada y así confirmar o descartar el peso de los factores abióticos. En todo caso, siempre es recomendable recoger muestras, independientemente del origen del daño.

Evidentemente hay muchas diferencias entre los métodos de colecta utilizados para los patógenos y matapalos, que son sésiles o estáticos, y los utilizados para los animales, que exhiben reacciones de escape.

En el caso de los patógenos se requiere que la muestra sea lo más representativa posible de los síntomas y que llegue a su destino final en condiciones óptimas. Las mejores muestras son aquellas en que las lesiones se encuentran en una etapa intermedia de desarrollo, cuando los síntomas (y posiblemente los signos) son evidentes, pero el tejido afectado no ha sido invadido por organismos saprófitos. La decisión de recolectar plantas enteras o sólo porciones depende de varios aspectos; si la enfermedad presenta lesiones locales, un grupo de hojas, una rama o algunos frutos serán suficientes, pero si las lesiones son extensivas o en tejidos internos, se requiere tomar secciones de mayor tamaño (tallo o raíz) y a veces hasta es necesario colectar toda la planta. Lo importante es que la muestra no contenga sólo el tejido enfermo, a fin de que se pueda identificar la línea de avance del patógeno, o sea, la línea que separa el tejido enfermo del sano.

Para los insectos hay varios métodos de captura, como trampas de luz, trampas con atrayentes alimenticios o sexuales y redes aéreas o "de mariposa", cuyo uso para estos fines es de poco valor, porque sólo sirven para insectos adultos. En el caso de las plagas forestales, lo que más interesa coleccionar es el estadio que causa el daño, que casi siempre es la larva o gusano.

Algunos animales presentes en áreas expuestas, como el follaje y las ramas, pueden capturarse manualmente, ojalá con ayuda de unas pinzas finas, para no dañarlos. Cuando se trata de insectos pequeños (pulgonos, piojos saltones, hormigas, etc.), sobre todo si están en áreas escondidas (comejenes, abejones descortezadores, etc.) lo correcto es usar un aspirador. Hay varios tipos de aspiradores, pero el principio de funcionamiento es el mismo y pueden confeccionarse con materiales baratos. Sería preferible contar con uno más durable (Fig. 90), elaborado con tubo metálico, un tapón de hule o corcho y tubo plástico; otro tipo, más frágil (Fig. 91), utiliza pajillas de refrescos. En ambos casos es necesario que una de las boquillas tenga un filtro de cedazo fino o de gasa, para evitar que el recolector se trague el insecto.

Los insectos coleccionados con aspirador deben matarse en el campo y luego depositarse en pequeños frascos que contengan alcohol al 70% (preferiblemente) o alcohol comercial (80%) diluido. En el caso de insectos más grandes, lo recomendable es colocarlos en una morgue como la que se describe más adelante.

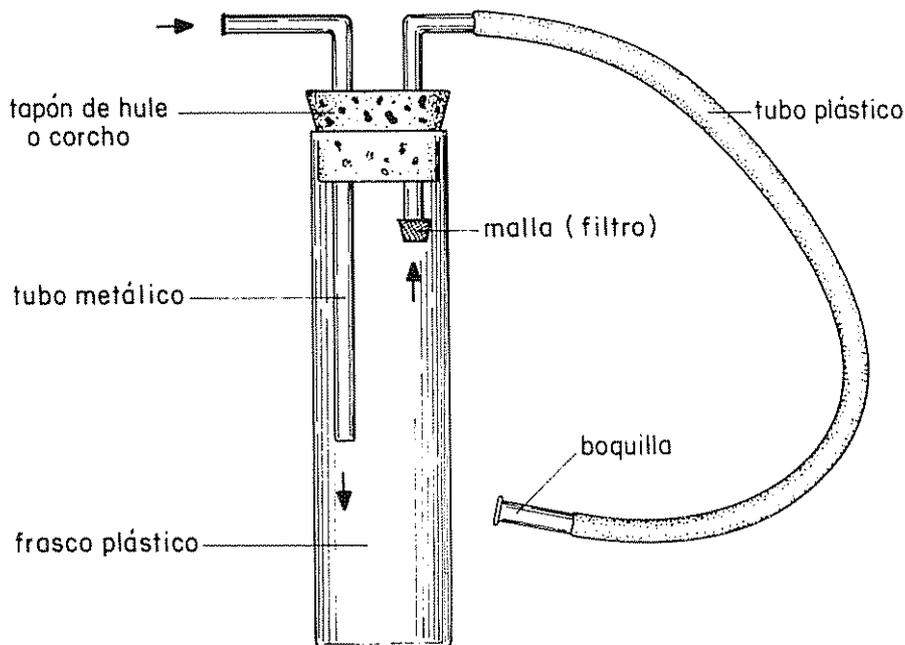


Figura 90. Aspirador estándar de insectos.

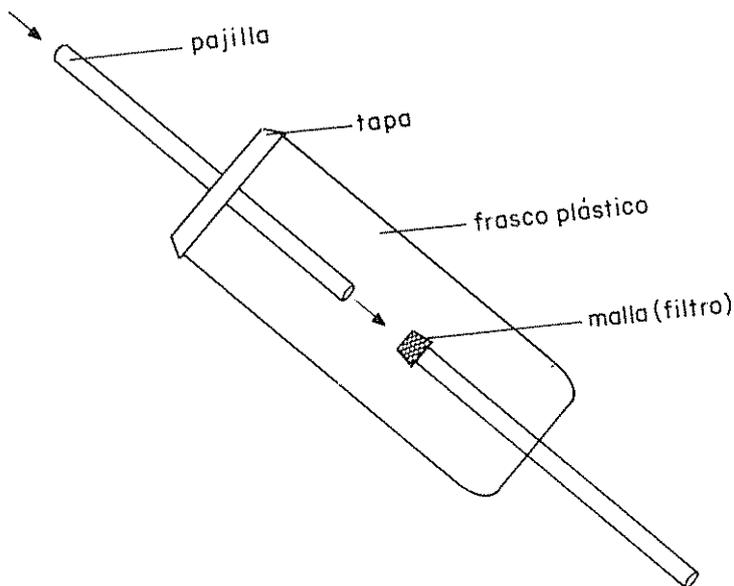


Figura 91. Aspirador rústico de insectos.

En cuanto a las larvas, se deben matar y preservar unas pocas y dejar el resto para criarlas y obtener el estadio adulto. Si las larvas se sumergen en alcohol estando vivas, se ennegrecen, lo que impide la identificación, de modo que hay que matarlas antes. Lo más común es depositarlas en una solución de KAAD (una parte de queroseno, dos de ácido acético glacial, diez de alcohol comercial y una de dioxano), que puede transportarse al campo con facilidad. Sin embargo, hay el inconveniente de que el ácido acético y el dioxano son sustancias difíciles de conseguir y relativamente caras. Ante esta situación, se recomienda transportar las larvas hasta un sitio donde se pueda hervir agua. Cuando el agua hierve, se retira del fuego y las larvas se depositan en ella por unos minutos; luego se colocan sobre papel absorbente, para que se sequen y se transfieren a un frasco con alcohol comercial diluido.

Para los moluscos hay dos métodos de preservación. Los caracoles se hierven, luego se eliminan las vísceras con unas pinzas y se conserva la concha. Las babosas deben ponerse en un frasco lleno de agua en el que no haya nada de aire, y dejarse ahí hasta que mueran (a veces necesitan hasta diez horas); luego se enjuagan bajo un chorro de agua para eliminar el mucílago y se preservan en alcohol al 70%.

Los ácaros pueden colocarse en alcohol de 70-80%, al cual se agrega glicerina al 2-5%, para evitar que se resequen si el alcohol se evapora. Algunas personas prefieren utilizar una solución de Oudemans (87 ml de alcohol al 70%, 8 ml de ácido acético glacial y 5 ml de glicerina), porque

en ella los apéndices de los especímenes permanecen extendidos, lo que facilita su montaje en láminas o portaobjetos.

## **B. EMBALAJE O EMPAQUE**

En el caso de los insectos u otros animales preservados en alcohol, el proceso de colecta concluye ahí. Sólo resta agregar al frasco un papel donde se anote, con letra clara, la siguiente información: ubicación geográfica de la plantación donde se colectaron los animales (estado, provincia o departamento, municipio, cantón, distrito, caserío y nombre de la finca), fecha de recolección, nombre y edad aproximada de la especie de árbol atacada, tipo de daño y nombre del colector o colectores. Otra información, más detallada, deberá anotarse en el Formulario de Campo que aparece al final de este capítulo.

Una parte de los insectos o patógenos recolectados debe mantenerse viva para su crianza o aislamiento en un laboratorio o en instalaciones de campo adecuadas. Por lo general los sitios de colecta están bastante alejados de aquellos en donde se depositará el material, de modo que es preciso tomar algunas medidas que garanticen su cuidado y protección durante el trayecto. En ese sentido, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Enviar el material tan pronto como sea posible. Si las muestras de enfermedades no pueden trasladarse de inmediato, almacenarlas a una temperatura de entre 5-10°C. En el caso de insectos adultos muertos, conviene mantenerlos en refrigeración, dentro de un frasco hermético. Si no es posible, se pueden dejar en una caja o frasco que contenga algún preservante sólido, como naftalina o paradiclorobenceno. El destinatario podrá utilizar una "cámara húmeda" para suavizarlos y montarlos.
- b) Capturar y enviar todo el material que se pueda, ya que parte de él morirá de camino y parte durante el período de aislamiento o crianza.
- c) Depositar un solo tipo de muestra en cada recipiente o bolsa, para evitar la contaminación por patógenos o la depredación por insectos.
- ch) Cubrir las muestras de enfermedades con papel húmedo; es preferible usar papel periódico por su porosidad y absorbencia. Las muestras deben ponerse en una bolsa plástica, que puede inflarse y cerrarse con una banda de hule o un nudo, para mantener la humedad; cualquier exceso de agua debe eliminarse, a fin de evitar el crecimiento de bacterias saprófitas que podrían contaminar las lesiones.

- d) Colocar las larvas, ninfas o adultos que se alimentan de hojas, en recipientes con ventilación o en bolsas plásticas con bastante alimento; las bolsas se deben perforar con un alfiler, para que los animales no se asfixien. Para barrenadores de brotes, cortar los brotes y depositarlos en un recipiente o en una bolsa plástica. Para barrenadores del fuste y de las ramas, enviar trozos en los que se sepa o presuma que hay larvas. En los recipientes o bolsas siempre se debe colocar algún material húmedo, como hojas, trocitos de corteza, algodón o papel absorbente mojado.
- e) Proteger el material contra la insolación y los golpes que pudieran deteriorarlo durante el trayecto.
- f) Enviar, además de los especímenes (en el caso de los insectos), abundante alimento, especialmente follaje, para mantenerlos en el laboratorio. Si se observan pupas o capullos que se sospecha pertenecen a la especie plaga, se deben enviar, pues ello podría aligerar el proceso de crianza y el diagnóstico.
- g) Acompañar el material enviado con la información contenida en el Formulario de Campo.

## C. AISLAMIENTO O CRIANZA EN EL LABORATORIO

Esta etapa del proceso que conduce a la identificación del agente causal del daño, es prácticamente inevitable en el caso de los patógenos, cuando no se tiene experiencia previa, y debe efectuarse en un laboratorio bien equipado. En el caso de insectos y de ácaros, como ya se indicó, puede realizarse bien bajo condiciones relativamente rústicas.

La muestra de enfermedades recibida en el laboratorio es examinada primero con un aumento bajo en el estereoscopio. Este examen puede revelar la presencia de signos del patógeno, que en algunos casos son tan característicos, que permiten emitir un diagnóstico definitivo. Si no hay signos fungosos, se puede sospechar de la presencia de bacterias, por lo que se examinan secciones de tejido a mayor poder y con tinción.

Si se supone que el causante de la enfermedad es un hongo, se deben examinar en el microscopio algunos "raspados" o cortes finos de la lesión. La observación microscópica permite identificar esporas o estructuras propias de determinados géneros de hongos. Sin embargo, es frecuente encontrar en una preparación microscópica varios tipos de esporas que pueden conducir a un diagnóstico equivocado, por lo que se recomienda hacer varias preparaciones de distintas lesiones.

En los casos en que el examen anterior haya sido negativo o insuficiente para identificar al patógeno, es preciso hacer aislamientos y

obtener cultivos puros de los organismos involucrados. Hay diferentes métodos para realizar los aislamientos, lo mismo que gran cantidad de medios de cultivo, algunos de ellos específicos para un grupo o género de patógenos en particular. El medio de cultivo más utilizado está compuesto por papa, dextrosa y agar (PDA).

Se recomienda que paralelamente al aislamiento en el medio de cultivo, se coloque parte de la muestra en una cámara húmeda, para favorecer la esporulación. Una cámara húmeda es cualquier recipiente que mantenga en su interior un ambiente saturado de humedad; puede ser una bolsa plástica, una bandeja para comida fría o una cámara de vidrio especial para ese fin, en cuyo interior se coloca un papel húmedo y se cierra.

Los principales métodos utilizados para el aislamiento de patógenos se pueden encontrar en el trabajo de FRENCH y HEBERT (1982).

Cuando se trata de un patógeno poco común, es necesario corroborar el diagnóstico con una prueba mediante la cual se demuestre la patogenicidad del organismo aislado. El procedimiento seguido con este objetivo responde a los postulados de KOCH, que proponen lo siguiente:

1. El organismo debe estar constantemente asociado con la enfermedad.
2. El organismo debe aislarse en un cultivo puro y se deben detallar sus características.
3. El organismo aislado debe reproducir los síntomas cuando se inocula en una planta sana de la misma especie.
4. A partir de las plantas inoculadas en el paso 3, el organismo debe volver a aislarse en un medio de cultivo y se deben comparar las características de la colonia con la obtenida en el paso 2.

Estos ensayos deben realizarse bajo condiciones favorables para el desarrollo del patógeno y siempre debe haber un testigo.

En cuanto a los insectos, el propósito de la crianza de las larvas y las ninfas es obtener adultos, no sólo para relacionar entre sí las diferentes fases del ciclo de vida, sino también para facilitar la identificación taxonómica de la especie, que resulta más sencilla en los adultos.

Se recomienda criar los ejemplares en recipientes plásticos o de vidrio cubiertos por un trozo de tela fina con pequeños poros, sujeta por una liga o banda de hule, para que puedan respirar. Para larvas o ninfas defoliadoras, los recipientes se deben abastecer de continuo con follaje

fresco, hasta obtener los adultos. Para barrenadores de troncos y ramas, se deben depositar en los recipientes trozos atacados por las larvas y esperar, a veces varios meses, hasta que el adulto emerja; en ciertos casos es prudente sellar los extremos del trozo con parafina para reducir la deshidratación o colocar uno de los extremos dentro de otro recipiente pequeño, con agua. Para lepidópteros barrenadores de troncos muy gruesos, que el productor no desea cortar, es posible hacer jaulitas de cedazo fino y adherirlas en las entradas de las galerías, en el árbol, para que, cuando la larva complete su desarrollo y emerja el adulto, quede atrapado ahí.

Es importante indicar que en ciertas ocasiones, durante la crianza de insectos, en vez de adultos emergen pequeñas avispas o moscas. Ellas deben ser colectadas, montadas y preservadas, pues son parasitoides de las plagas y su registro es sumamente importante para futuros proyectos de combate biológico; como parte del registro, es necesario anotar si los parasitoides emergieron de una larva o de una pupa y la fecha de la emergencia.

Los adultos de la plaga y los parasitoides deben matarse antes del montaje, mediante una morgue. Una morgue es un frasco de vidrio hermético, de tamaño variado, dentro del cual se coloca un veneno volátil (Fig. 92). La construcción de la morgue, de la que hay varias modalidades, es bastante sencilla.

Una forma consiste en colocar una capa de gránulos de cianuro (de potasio, calcio o sodio) de 1,5 cm de alto en el fondo de un frasco, depositar sobre ella una capa de aserrín de 2 cm y luego verter unas gotas de agua. Después, mezclar yeso con agua hasta obtener una pasta y cubrir el cianuro y el aserrín con una capa de 1,5 cm; a esta capa se le hacen unas pocas perforaciones con un alfiler, para facilitar la difusión del cianuro. El recipiente debe dejarse abierto al aire libre por 12-24 horas, para que el yeso se seque.

Una opción más simple consiste en colocar una capa de aserrín de 1 cm de espesor y encima de ella una de yeso de 1,5 cm, levemente perforada. Sobre ellas se puede verter directamente un veneno líquido, como cloroformo, acetato de etilo, éter etílico o tetracloruro de carbono. Estos productos tienen la desventaja de que se disipan más rápido que el cianuro.

En ambos casos conviene colocar dentro del frasco unos trozos de papel higiénico para evitar que los insectos se destrocen entre sí o que se mojen con el líquido; además, el papel absorbe la humedad. También se recomienda recubrir la base del frasco, por fuera, con cinta adhesiva gruesa, para amortiguar los golpes, y rotular el frasco con la palabra VENENO.

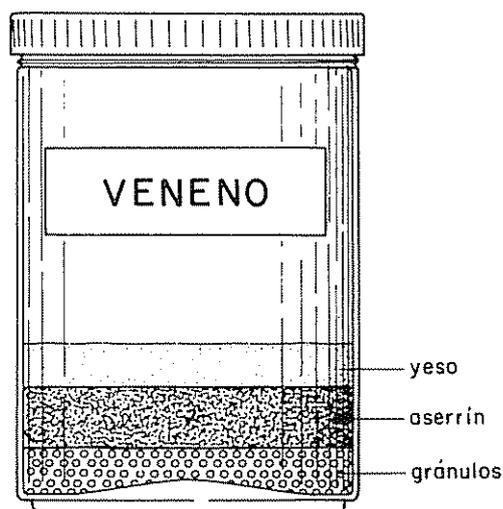


Figura 92. Morgue para matar insectos.

### 3. PREPARACION DE MUESTRAS

Una vez que se cuenta con el material, ya se trate de aislamientos de patógenos o de insectos adultos, lo procedente es preservarlo o montarlo, para remitirlo a un especialista y, una vez identificado, depositarlo en un museo.

#### A. PRESERVACION O MONTAJE

Los patógenos pueden preservarse en tubos de ensayo con PDA, que permite el crecimiento del hongo. Hay otras formas de preservación, que se describen en los textos de métodos fitopatológicos. El material debe almacenarse a temperaturas de entre 5 y 10 °C.

El material vegetal afectado también se puede preservar para efectos didácticos, tanto en seco como en una solución de formalina. La primera forma se usa sobre todo para las hojas, las que se secan colocándolas durante dos semanas en una prensa, entre hojas de periódico, y en un lugar fresco y seco. Luego, el material puede pegarse sobre cartulina o papel de construcción. En seco se pueden preservar ramas, troncos o raíces. Para preservar en líquido, se cocina la muestra (especialmente follaje) en una solución de ácido acético glacial y acetato de cobre y luego se transfiere a una solución de formalina al 4%, en la que se mantiene indefinidamente; este procedimiento está descrito con detalle en STREETS (1982).

Todo el material preservado debe incluir la siguiente información: hospedero, nombre común de la enfermedad o nombre científico del agente causal, lugar de colecta, fecha y colector.

Para establecer una colección de insectos, es necesario que estén debidamente preparados o montados. Cuando se trata de larvas o de adultos con cuerpo suave, pueden ser mantenidos indefinidamente en frascos bien cerrados, con alcohol al 70%. El espécimen debe estar acompañado por dos tipos de tarjetas en las que aparezca la siguiente información:

Lugar de colecta  
Sitio específico  
Fecha  
Colectores

Alajuela , Costa Rica  
La Fortuna, San Carlos  
9-X-89  
Luko Hilje-Félix Scorza

Hospedero  
Hábito  
Orden y familia  
Especie

*Cordia alliodora* (laurel)  
Chupador del follaje  
Hemiptera, Tingidae  
*Dictyla monotropidia*

En el reverso de la segunda tarjeta se debe anotar el nombre de la persona que identificó el espécimen y la fecha de la identificación.

En cuanto a los insectos grandes o de cuerpo más duro, no es recomendable depositarlos en alcohol, por lo que deben ser montados. El montaje consiste en sujetar el espécimen, directa o indirectamente, con un alfiler entomológico (Fig. 93), que es un alfiler especial, resistente a la oxidación, del cual hay varios tamaños. Algunos insectos se montan fácilmente, pero otros, que son frágiles (Fig. 94) o muy pequeños (Fig. 95), requieren montajes especiales.

Dado que los detalles del montaje de insectos son muchísimos, se recomienda consultar un texto general sobre entomología donde, con seguridad, se encontrarán las descripciones de estos métodos.

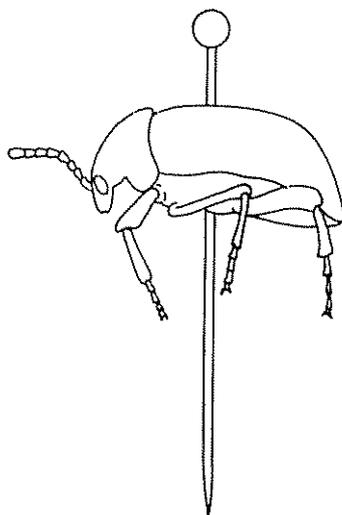


Figura 93. Montaje normal en alfiler entomológico.

Al igual que en el caso de las larvas, los insectos adultos deben estar acompañados por dos etiquetas clavadas en el mismo alfiler (Fig. 96). Los adultos, debidamente etiquetados, se colocan en cajas o gavetas de madera herméticas, con un fondo suave (de corcho o "estereofón"), y se agrega un preservante sólido, como naftalina o paradiclorobenceno. Lo deseable es que las gavetas puedan insertarse en un mueble o gabinete y depositarse en un cuarto con aire acondicionado, ya que la humedad es la principal enemiga de las colecciones.

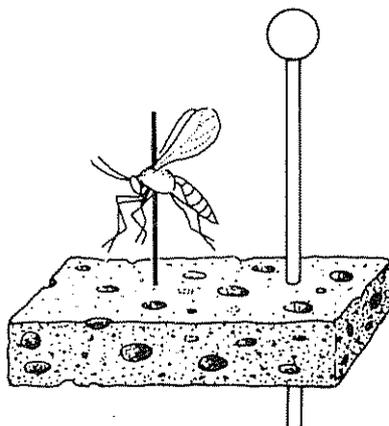


Figura 94. Montaje en corcho con alfiler "minuten".

El montaje de los ácaros es muy diferente al de los insectos, ya que por su reducido tamaño deben ser montados en preparaciones para microscopio. Estas preparaciones involucran varias fases, cuya descripción aparece en los textos de entomología general.

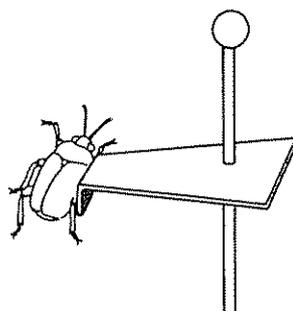


Figura 95. Montaje en cartulina pequeña.

Además de los ejemplares de insectos y ácaros debidamente identificados, es conveniente mantener una colección de daños. Las muestras de follaje y de brotes pueden preservarse en una solución de formalina al 4%, después de hervirse en una solución de ácido acético glacial y acetato de cobre. Las semillas se conservan en seco, dentro de frascos herméticos, y las ramas y el fuste, en su estado normal. Estas últimas, por lo general permanecen mucho tiempo inalteradas, pero pueden ser destruidas, especialmente por abejones de las familias Lyctidae y Bostrichidae.

Toda muestra de daño debe tener asignado un código o identificación, que también debe anotarse en el Formulario de Campo respectivo, o en una tarjeta de archivo que, preferiblemente, debe permanecer en el laboratorio.

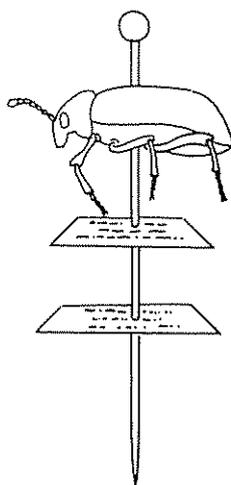


Figura 96. Forma en que deben aparecer las tarjetas con la información sobre el insecto.

## B. IDENTIFICACION

Con respecto a los hongos, a veces es posible identificar el organismo hasta el nivel de género, con ayuda de manuales para la identificación de hongos o de fitopatología, en los que se describen los principales agentes causantes de enfermedades y/o los síntomas que inducen. Algunas referencias para su identificación son las claves de BARNETT y HUNTER (1972), BOOTH (1977) y FERNANDEZ (1978, 1979). Para la identificación al nivel de especie se requiere el apoyo de especialistas del extranjero.

En el caso de las bacterias, el proceso de identificación es más laborioso, ya que estos microorganismos se clasifican en diferentes géneros y especies de acuerdo con la reacción a diferentes pruebas bioquímicas y de patogenicidad. La identificación de virus resulta aún más difícil.

En cuanto a los insectos, la identificación de un espécimen a nivel de género o de especie es algo que casi únicamente un especialista puede realizar. Hay taxónomos especializados en ciertas familias de insectos y es a esas pocas autoridades mundiales a quienes se deben remitir los especímenes para su identificación. En la medida en que todo el proceso de preparación de las muestras se efectúe con cuidado, habrá mayores posibilidades de identificar adecuadamente el material.

Sin embargo, es importante recalcar que aunque casi todos los especialistas están en el extranjero, es fundamental crear colecciones de referencia locales. Con ello, por comparación con los especímenes clasificados por los especialistas, los fitopatólogos y entomólogos locales podrán identificar el material y agilizar el diagnóstico requerido.

# FORMULARIO DE CAMPO

## REPORTE DE PROBLEMAS FITOSANITARIOS

**INSTRUCCIONES:** Llene un formulario por cada problema a reportar y envíelo junto con la muestra respectiva. Por favor, utilice lápiz o tinta china.

\_\_\_\_\_  
NOMBRE DE LA  
FINCA: \_\_\_\_\_

UBICACION  
GEOGRAFICA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

DIRECCION: \_\_\_\_\_

TELEFONO: \_\_\_\_\_

TECNICO O  
INFORMANTE: \_\_\_\_\_

FECHA DE LA  
INSPECCION: \_\_\_\_\_

ESPECIE  
AFECTADA: \_\_\_\_\_

EXTENSION PLANTADA Y  
EDADES: \_\_\_\_\_

OTRAS ESPECIES PRESENTES (Al lado de cada mención consigne,  
entre paréntesis, el área de siembra y la edad): \_\_\_\_\_

PROCEDENCIA DE LAS SEMILLAS O PLANTULAS: \_\_\_\_\_

---

TIPO DE PLANTAS AFECTADAS (Marque con una X)

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Plantación comercial | <input type="checkbox"/> Árboles ornamentales |
| <input type="checkbox"/> Parcela experimental | <input type="checkbox"/> Rodal natural        |
| <input type="checkbox"/> Vivero               | <input type="checkbox"/> Área de protección   |
| <input type="checkbox"/> Huerto semillero     | <input type="checkbox"/> Aserradero           |
| <input type="checkbox"/> Rompevientos         |   |

Otros: \_\_\_\_\_

PARTES DE LA PLANTA ATACADAS (Marque con una X)

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Flores        | <input type="checkbox"/> Raíces            | <input type="checkbox"/> Corteza        |
| <input type="checkbox"/> Frutos        | <input type="checkbox"/> Yemas             | <input type="checkbox"/> Madera (fuste) |
| <input type="checkbox"/> Semillas      | <input type="checkbox"/> Brotes terminales | <input type="checkbox"/> Médula (fuste) |
| <input type="checkbox"/> Conos         | <input type="checkbox"/> Follaje nuevo     | <input type="checkbox"/> Madera seca    |
| <input type="checkbox"/> Plántulas     | <input type="checkbox"/> Follaje viejo     |   |
| <input type="checkbox"/> Pseudoestacas | <input type="checkbox"/> Ramas             |   |

Otros: \_\_\_\_\_

DISTRIBUCION DEL DAÑO (Marque con una X)

- Bordes
- Árboles aislados
- Grupos de árboles (focos)

Otros: \_\_\_\_\_

INCIDENCIA O FRECUENCIA DEL DAÑO (% DE ARBOLES)  
(Marque con una X)

- 5%       26-50%
- 6-10%     51-75%
- 11-25%     76-100%

SEVERIDAD O INTENSIDAD DEL DAÑO (POR ARBOL)  
(Marque con una X)

- Leve
- Moderado
- Drástico

Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FECHA EN QUE SE DETECTO EL DAÑO: \_\_\_\_\_

DESCRIBA BREVEMENTE LOS SINTOMAS OBSERVADOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

USO RECIENTE DE PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**FACTORES QUE PRODRIAN HABER FAVORECIDO EL DAÑO**  
(Marque con una X)

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Material de siembra    | <input type="checkbox"/> Topografía del terreno |
| <input type="checkbox"/> Deshierbas             | <input type="checkbox"/> Viento                 |
| <input type="checkbox"/> Podas                  | <input type="checkbox"/> Incendios              |
| <input type="checkbox"/> Raleos                 | <input type="checkbox"/> Precipitación          |
| <input type="checkbox"/> Textura del suelo      | <input type="checkbox"/> Inundaciones           |
| <input type="checkbox"/> Compactación del suelo | <input type="checkbox"/> Sequías                |
| <input type="checkbox"/> Acidez del suelo       | <input type="checkbox"/> Luz/sombra             |

Explique: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**POSIBLE AGENTE DAÑINO** (Marque con una X)

- |                                   |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Virus    | <input type="checkbox"/> Acaro    | <input type="checkbox"/> Ave      |
| <input type="checkbox"/> Bacteria | <input type="checkbox"/> Molusco  | <input type="checkbox"/> Matapalo |
| <input type="checkbox"/> Hongo    | <input type="checkbox"/> Insecto  |                                   |
| <input type="checkbox"/> Nematodo | <input type="checkbox"/> Mamífero |                                   |

Otro: \_\_\_\_\_

**OTRAS OBSERVACIONES IMPORTANTES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

PARA USO EN EL LABORATORIO

FECHA DE RECEPCION: \_\_\_\_\_

AGENTE CAUSAL (NOMBRE CIENTIFICO Y UBICACION  
TAXONOMICA):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

OTRA INFORMACION PERTINENTE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

PERSONA QUE IDENTIFICO EL MATERIAL: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

INSTITUCION: \_\_\_\_\_

FECHA DEL DIAGNOSTICO: \_\_\_\_\_ REPORTE N° \_\_\_\_\_

## **GLOSARIO**

## GLOSARIO

- Abazones:** Bolsas de piel ubicadas en las mejillas de algunos animales, que las utilizan para transportar alimentos.
- Angulo humeral:** En los insectos, punto de contacto entre el margen delantero de cada ala y el tórax.
- Aptero:** Que carece de alas.
- Baya:** Fruto carnoso y jugoso, que contiene semillas rodeadas por pulpa, como la uva.
- Corchetes:** Pequeños ganchos ubicados en las pseudopatas de las larvas de lepidópteros.
- Coxa:** El segmento basal de la pata de un insecto.
- Cúneo:** Pequeña área, más o menos triangular, en la porción gruesa (corión) del ala anterior de algunos hemípteros, separada de ella por una hendidura o sutura.
- Elitros:** Alas anteriores endurecidas, presentes en la mayoría de los abejones.
- Envergadura alar:** Distancia entre las puntas de las alas de un insecto, cuando están totalmente abiertas.
- Enzima:** Proteína producida por las células vivas, que puede catalizar o acelerar reacciones específicas del metabolismo celular.
- Epinastia:** Inclinação anormal de las hojas, desde el pedúnculo hacia abajo.
- Espiráculos:** Orificios ubicados en las paredes laterales del cuerpo de los insectos, a través de los cuales penetra el aire a las tráqueas.
- Esporangio:** Estructura en forma de saco, cuyo contenido protoplasmático se convierte en un número indefinido de esporas.
- Esporangióforo:** Hifa que sostiene el esporangio.
- Estadio:** Cada uno de los períodos de la metamorfosis de los insectos, claramente diferenciable desde el punto de vista morfológico.

- Estroma:** Estructura compacta, sobre o dentro de la cual se forman fructificaciones.
- Exoesqueleto:** En los insectos, la pared corporal, dura o esclerotizada, que actúa como un esqueleto externo.
- Exuvia:** La cutícula o piel desechada durante la muda de los insectos.
- Fíalides:** Células del conidióforo de las que se originan los conidios, sin que aparentemente muestren crecimiento.
- Gametangio:** Estructura que contiene células sexuales diferenciadas.
- Gregario:** Animal que, durante alguna etapa de su vida, forma agregaciones con otros de su misma especie.
- Halterios:** Estructuras pequeñas, con forma de perilla o gancho, que sustituyen el segundo par de alas en los dípteros y en los machos de algunas "escamas". También se les llama balancines.
- Haustorio:** Organo de absorción que se origina de la hifa de un parásito y penetra la célula del hospedero.
- Heterogametangio:** Gametangios masculino y femenino morfológicamente diferenciados.
- Heterotalismo:** Hongos que poseen los órganos sexuales en diferentes talos; para la reproducción sexual se necesitan dos talos.
- Mancha discal:** Grupo de escamas de color claro, ubicadas sobre el área discal, que ocupa el centro del ala en los insectos.
- Membrana alar:** En hemípteros, la porción suave del ala, casi siempre transparente.
- Micra:** Una milésima de milímetro.
- Milimicra:** Una milésima de micra.
- Nanómetro:** Una nonanésima de metro ( $10^{-9}$  m).
- Ocelos:** Ojos simples de los insectos que, a diferencia del ojo compuesto, sólo tienen una faceta o lente.
- Palpos:** Apéndices bucales alargados (maxilares o labiales) con función sensorial.

**Partenogénesis:** Desarrollo de un huevo sin que haya fertilización, es decir, sin la participación del macho.

**Patovar:** Variante patogénica de algunas bacterias.

**Polífago:** Que se alimenta de muchas cosas o de muchas especies de plantas, en forma inespecífica. Opuesto a monófago.

**Pronoto:** Superficie dorsal del protórax de un insecto.

**Protoplasto:** La unidad formada por el contenido celular y su pared.

**Pseudopatas:** Patas carnosas, abdominales, presentes en las larvas de lepidópteros y de algunos himenópteros.

**Quelíceros:** Apéndices bucales de los ácaros y otros arácnidos, con capacidad de pinchar, utilizados en la alimentación.

**Sésil:** Inmóvil, sedentario, adherido al sustrato.

**Seta:** Cerda o pelo grueso, presente en varias partes del cuerpo, en los insectos.

**Taxón:** Grupo sistemático de cualquier jerarquía.

**Tegumento:** Testa o cubierta de las semillas.

**Toxina:** Compuesto producido por microorganismos, tóxico para los animales o las plantas.

**Tráquea:** En los insectos, cada uno de los tubos que transporta el aire desde el espiráculo hasta el interior del cuerpo.

**Tubérculo:** Protuberancia en la pared del cuerpo de algunos insectos, casi siempre asociada con pelos o setas.

**Venas:** Engrosamientos de forma tubular que, en conjunto, representan la armazón de las alas, en los insectos.

**Viviparidad:** Desarrollo de larvas o ninfas directamente dentro del cuerpo de la madre.

**Zoospora:** Espora asexual móvil, con flagelos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- AGRIOS, G. N. 1978. Plant pathology. 2 ed. New York, EE.UU., Academic Press. 708 p.
- AINSWORTH, G. C. ; SUSSMAN, A. S. 1968. The fungi; an advanced treatise. New York, EE.UU., Academic Press. v. 3, 738 p.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W. 1979. Introductory mycology. 3 ed. New York, EE.UU., John Wiley. 632 p.
- ANDREWS, K. L.; CABALLERO, R. 1989. Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centroamérica. 4 ed. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. 179 p.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3 ed. Minnesota, EE.UU., Burgess Publishing. 241 p.
- BLANCHETTE, R. A. 1987. New directions in forest products pathology. Canadian Jour. of Plant Pathol. (Can.) 9:361-369.
- BOOTH, C. 1977. *Fusarium*: Laboratory guide to the identification of the major species. Surrey, G.B., Comm. Mycol. Inst. 58 p.
- BORROR, D. J. ; DeLONG, D. M. ; TRIPLEHORN, C. A. 1976. An introduction to the study of insects. 4 ed. New York, Holt, Rinehart & Winston. 852 p.
- BOYCE, J. S. 1961. Forest pathology. 3 ed. New York, EE.UU., Academic Press. 527 p.
- COOKE, W. B. 1979. The ecology of fungi. Florida, EE.UU., C.R.C. Press. 274 p.
- COULSON, R. N. ; WITTER, J. A. 1984. Forest entomology; ecology and management. New York, EE.UU., John Wiley. 669 p.
- DICK, M. 1985. Stem canker of one-year-old *Pinus radiata*. New Zealand Jour. Forestry (N.Z.) 30 (1): 87-93.
- DRISTIG, M. C. G.; DIANESE, J. C.; TAKATSU, A. 1988. Characterization of *Pseudomonas solanacearum* isolated from *Eucalyptus*. Fitop. Brasileira (Bra.) 13 (2): 106.
- DUARTE, A. ; ALONSO, R. M. ; PEREZ, P. 1986. Investigación preliminar sobre el aislamiento e identificación de microorganismos en semillas de *Pinus tropicalis*. Revista Forestal Baracoa (Cuba) 16 (1): 77-87.

- DUARTE, A.; CORDOVES, M. M. 1987. Reporte de mancha bacteriana en *Caesalpinia violacea* causada por *Xanthomonas* sp. Revista Forestal Baracoa (Cuba) 17 (2):35-43.
- FERNANDEZ, M. V. 1978. Introducción a la fitopatología. 3 ed. Buenos Aires, Inst. de Tecnol. Agropecuaria. v. 3. 779 p.
- FERREIRA, F. A.; ALFENAS, A. C. 1985. Injúrias em folhas de *Eucalyptus* spp. causadas por condensados pirolenhosos originários de fornos de carvoejamento. Revista Arvore (Bra.) 9(2):186-190.
- FERREIRA, F. 1989. Patología florestal; principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais. 570 p.
- FLECHTMANN, C. H. W. 1972. Acaros de importancia agrícola. São Paulo, Bra., Livraria Nobel. 150 p.
- FRENCH, E. R.; HEBERT, T. T. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. San José, C.R., IICA. 289 p.
- FRY, W. E. 1982. Principles of plant disease management. New York, EE.UU., Academic Press. 378 p.
- GARA, R. I. 1970. Report of forest entomology consultant. UNDP Project 80. Turrialba, C.R., IICA. 21 p.
- GIBSON, I.A.S.; SALINAS-QUINARD, R. 1985. Notas sobre enfermedades forestales y su manejo. Inst. Nal. Invest. For. (Mex.) No 106. 196 p.
- GONZALEZ, L. C. 1976. Introducción a la fitopatología. San José, C.R., IICA. 148 p.
- GRAHAM, S. A.; KNIGHT, F. B. 1965. Principles of forest entomology. 4 ed. New York, EE.UU., McGraw-Hill. 417 p.
- HILJE, L.; CASTILLO, L. E.; THRUPP, L. A.; WESSELING, I. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, C.R., EUNED-Heliconia. 149 p.
- HILJE, L. 1988b. Consideraciones acerca del manejo de las plagas forestales en Costa Rica. *In* Compendio sobre experiencias en la biología y comportamiento de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Cartago, C.R., Inst. Tecnol. de Costa Rica. p. 3-22.
- HILJE, L. 1988b. Las plagas forestales en Costa Rica: ¿es factible su manejo integrado? Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 7: 48-59.

- HILJE, L.; VIQUEZ, M.; ARAYA, C.M.; SCORZA, F. 1989. PIPROF y su papel en el manejo de las plagas forestales en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (C.R.). s.p.
- HILL, D. S. 1975. Agricultural insect pests of the tropics and their control. London, G.B., Cambridge University Press. 516 p.
- HIRANO, S. S.; UPPER, C. D. 1983. Ecology and epidemiology of foliar bacterial plant pathogens. *Ann. Rev. Phytopathol.* 21:243-269.
- HIRATSUKA, Y. 1987. Forest tree diseases of the prairie provinces. Canadian Forestry Service, Information Report NOR-X-286. 142 p.
- HOCHMUT, R.; MANSO, D. M. 1982. Protección contra las plagas forestales en Cuba. Cuba, Editorial Científico-Técnica. 290 p.
- JIMENEZ, G.; FERNANDEZ, F. 1983. Manual técnico para uso y manejo de agroquímicos. 2 ed. San José, C.R., Colegio de Ingenieros Agrónomos. 182 p.
- KING, A. B. S.; SAUNDERS, J. L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 182 p.
- KORBETT, M. K.; SISLER, H. D. 1964. Plant virology. Gainesville, University of Florida Press. 527 p.
- LEMCKERT, D. J. 1978. Instalación y manejo de viveros forestales. Costa Rica, FAO. 81 p.
- MANCINI, G.; MORETTI, F.; COTRONEO, A. 1981. Nematological problems in the production of conifers. *Eur. Jour. Forest Pathol.* (Alemania) 11(7):411-424.
- MARTIN, J. E. H. 1977. The insects and arachnids of Canada. Pt. 1: Collecting, preparing, and preserving insects, mites, and spiders. Canada Dept. of Agriculture. Publication 1643. 182 p.
- MATHRE, D. E. 1978. Disrupted reproduction. *In* Plant disease; an advanced treatise. Ed. J. G. Horsfall, W. B. Cowling. New York, EE.UU., Academic Press. v. 3. p. 257-278.
- MATTHEWS, R. E. 1978. Plant virology. 2 ed. New York, EE.UU., Academic Press. 703 p.

- NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales, con referencia especial a Centroamérica. Siguatepeque, Hond., ESNACIFOR. 240 p.
- OLD, K. M.; MURRAY, D. I. L.; KILE, G. A.; SIMSON, J.; MALAFANT, K. W. J. 1986. The pathology of the fungi associated with eucalypt canker in Southeastern Australia. Australian Forest Res. (Australia) 16 (1):21-36.
- PFADT, R. E. (ed.). 1971. Fundamentals of applied entomology. 2 ed. New York, EE.UU., MacMillan. 693 p.
- RAO, K. N. 1987. New rusts from Mannanur forest, Andhara, Pradesh, India. Current Science 56(13):677-679.
- RISHBETH, J. 1987. Forest pathology; present and future. Canadian Jour. of Plant Pathol. (Can.) 9:321-333.
- RODRIGUEZ, R. 1982. Plagas forestales y su control en México. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Dpto. de Parasitología. 187 p.
- SASTRY, K. S. M.; THAKUR, R. N. ; GUPTA, J. H.; PANDOTRA, V. R. 1971. Three virus diseases of *Eucalyptus citriodora*. Indian Phytopathol. (India) 24:123-126.
- SMITH, W. H. 1970. Tree pathology, a short introduction. New York, EE.UU., Academic Press. 309 p.
- STREETS, R. B. 1982. The diagnosis of plant diseases. EE.UU., Univ. of Arizona Press. p. irr.
- TALBOYS, P. W. 1978. Disfunction of the water system. *In* Plant disease; an advanced treatise. Ed. J. G. Horsfall, E. B. Cowling. New York, EE.UU., Academic Press. v. 3. p. 141-162.
- TATTAR, T. A. 1978. Diseases of shade trees. New York, EE.UU., Academic Press. 361 p.
- THATCHER, R. C.; SEARCY, J. L.; COSTER, J. E.; HERTEL, G. D. (eds.). s.f. The southern pine beetle. U.S.D.A. Forest Service. S.E.A. Tech. Bull. 1631. 266 p.
- THOMSON, W. T. 1989. Agricultural chemicals. Insecticides. Fresno, Calif., EE.UU., Thomson Publ. v. 1. 288 p.
- TIMM, R. M. (ed.). 1983. Prevention and control of wildlife damage. Great Plains Agric. Council-Wildlife Resources Committee - Nebraska Coop. Ext. Serv. s.p.

- TORRES, J. 1975. Patología forestal. Madrid, España, Escuela Téc. Sup. de Ingenieros de Montes. 270 p.
- WARE, G. W. 1978. Pesticides; theory and practice. New York, EE.UU., W.H. Freeman. 308 p.
- WHITNEY, R. D.; HUNT, R. S.; MUNRO, J. A. 1983. Impact and control of forest diseases in Canada. *Forestry Chronicle*. Oct. 1983. p. 223-228.
- WHEELER, B. E. J. 1968. Fungal parasites of plants. *In* The fungi; an advanced treatise. Ed. G. C. Ainsworth, A. S. Sussman. New York, EE.UU., Academic Press. v. 3. p. 179-205.
- WILSON, M. C.; BROERSMA, D. B.; PROVONSHA, A. V. 1984. Fundamentals of applied entomology. 2 ed. Illinois, EE.UU., Waveland Press Inc. 216 p. (Practical Insect Pest Management Series N° 1.)
- ZIMMERMANN, M. H.; Mc DONOUGH, J. 1978. Disfunction in the flow of food. *In* Plant disease; an advanced treatise. Ed. J. G. Horsfall, E. B. Cowling. New York, EE.UU., Academic Press. v. 3. p. 117-140.

## PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA\*

### JEFATURA

Rodolfo Salazar, Ph.D.  
Douglas Asch, Sr.

Líder Regional  
Administración

### SILVICULTURA

Miguel Musálem, Ph.D.  
David Hughell, M.Sc.  
William Vásquez, M.Sc.  
Luis Ugalde, Ph.D.

Silvicultor Principal  
Modelación  
Silvicultura  
Manejo de Información

### SOCIOECONOMIA

Thomas McKenzie, M.Sc.  
Dean Current, M.Sc.

Economista Principal  
Socioeconomía/Manejo de  
Información  
Economía  
Economista Asistente

Carlos Reiche, M.Sc.  
Manuel Gómez, M.Sc.

### EXTENSION

Carlos Rivas, M.Sc.  
Ana Loaiza, Bch.

Extensionista Principal  
Diseño Gráfico

### PAISES

#### GUATEMALA

Carlos Figueroa, M.Sc.  
Eberto de León, Lic.

Coordinador Nacional  
Economía

#### HONDURAS

Rolando Ordoñez, Das.  
Juan Pastora, Lic.

Coordinador Nacional  
Economía

#### EL SALVADOR

Hugo Zambrana, M.Sc.  
Modesto Juárez, M.Sc.

Coordinador Nacional  
Economía

#### COSTA RICA

Carlos Navarro, M.Sc.  
Fabián Salas, Ing.

Coordinador Nacional  
Economía

#### PANAMA

Blás Morán, Ing.  
Rafael Tirado, Lic.  
Sebastián Sutherland, Das.

Coordinador Nacional  
Economía  
Silvicultura

---

\*/Madeleña es un proyecto de investigación, capacitación y diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/RÓCAP, y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala con la coordinación regional del CATIE