

## ETIOLOGÍA Y CONTROL DE ENFERMEDADES DE PLÁNTULAS EN VIVEROS FORESTALES ANDALUCES

*M.E. Sánchez Hernández y A. Trapero Casas*

Grupo de Patología Agroforestal. Dpto. Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba. Apdo. 3048, 14080-Córdoba.

### 1. Fitopatología de especies forestales en vivero

El cultivo intensivo y continuo de plántulas de árboles forestales en vivero proporciona un ambiente adecuado para la extensión de enfermedades que pasan desapercibidas en el ambiente natural de las especies afectadas y que generalmente no interfieren en el proceso de regeneración natural.

Muchas de las enfermedades que afectan a los plántulas de vivero carecen de importancia en monte, pero pueden resultar graves y dar lugar a importantes pérdidas en las condiciones especiales que brinda el vivero. De hecho, las enfermedades foliares y radicales se extienden e intensifican con gran rapidez, dando lugar a la aparición de problemas a corto plazo en el mismo vivero, o bien a más largo plazo, apareciendo la sintomatología de la enfermedad y la muerte una vez que los plántulas infectados ya se han establecido en el monte.

El conjunto de enfermedades conocidas como "caída o muerte de plántulas" (damping-off) es un problema específico que afecta a la germinación de la semilla y al posterior desarrollo de la plántula. También las enfermedades radiculares tienen una importancia especial en vivero, ya que los plántulas se desarrollan en unas condiciones ideales para el establecimiento y progresión de estas infecciones.

Otro aspecto importante a considerar es el proceso de micorrización de los plántulas de vivero. En numerosas ocasiones los tratamientos químicos encaminados a controlar enfermedades y el crecimiento de malas hierbas, tienen un efecto negativo en el establecimiento y desarrollo de micorrizas.

Por otra parte, las prácticas culturales en vivero se van acomodando progresivamente a obtener la máxima producción al mínimo coste. Dentro de esta tendencia, el crecimiento de plántulas en contenedor, con suelo sintético, en invernadero o umbráculo, y con riego por nebulización, ha aumentado el rendimiento de los viveros forestales, pero también ha generado un nuevo tipo de problemas fitosanitarios asociados a estas prácticas. Como consecuencia del microambiente resultante se crean unas condiciones ideales para el desarrollo de enfermedades foliares y radicales y, además, el vacío biológico de los suelos sintéticos junto con la fertilización a que se ven sometidos los plántulas proporciona un ambiente muy desfavorable para la micorrización y, por contra, favorece el establecimiento de patógenos radicales.

#### 1.1. Caída de plántulas (damping-off)

Es un fenómeno generalizado, que afecta tanto a plántulas de especies forestales como agrícolas. Dentro de las especies forestales, las coníferas resultan más susceptibles que las frondosas a los hongos que causan la caída de plántulas, que son habitantes o invasores del suelo y los sustratos de cultivo.

Se pueden distinguir tres tipos de caída de plántulas, dependiendo del estado de desarrollo en el que se encuentre la plántula cuando tiene lugar el ataque, aunque suelen estar interrelacionados. La sintomatología también varía en función de estos tres estados de desarrollo.

**1.1.a. Podredumbre en preemergencia:** Tiene lugar como consecuencia del ataque a la radícula o al hipocótilo en desarrollo antes de que la plántula emerja del suelo. El ataque puede tener lugar desde el momento de la germinación de la semilla hasta el estado en el cual aparece el hipocótilo y empieza a crecer. La infección da lugar a la podredumbre rápida de los tejidos afectados y a la muerte de la plántula. Si el ataque no es muy severo suele pasar desapercibido y puede atribuirse a la falta de viabilidad de las semillas.

1.1. b. Podredumbre en postemergencia: Ocurre cuando el ataque tiene lugar inmediatamente después de que la plántula emerge del suelo hasta dos o tres semanas tras la emergencia. Se caracteriza por la podredumbre de la base del hipocótilo que hace que la plántula "caiga". El primer síntoma es la aparición de una coloración amarillenta o parduzca en la parte baja del tallito que a menudo pasa desapercibida. Posteriormente se produce el colapso de la plántula como consecuencia de la podredumbre de los tejidos afectados.

Ambos tipos de caída de plántulas están causados por hongos que invaden los tejidos suculentos antes de la cutinización de las paredes celulares de las plántulas. Una vez que las células de la radícula e hipocótilo cesan en su crecimiento y se cutinizan, sus paredes celulares se hacen resistentes a la infección.

1.1.c. Podredumbre o colapso tardío de plántulas: Tiene lugar cuando la plántula ya ha emergido y las células de la base del hipocótilo ya se han cutinizado. Suele tener lugar a partir de las ocho semanas tras la emergencia y puede aparecer hasta el mismo momento en el que las plantas están listas para salir del vivero. En este caso el ataque se produce sobre las raíces en crecimiento, poco cutinizadas. El síntoma característico es la podredumbre parcial o total del sistema radicular. Como en este estado de desarrollo el tallito ya está lignificado, permanece erguido, aunque toda la parte aérea empardece y muere como consecuencia de la muerte de la raíz. En el caso de que tenga lugar sólo una destrucción parcial del sistema radicular, las plántulas pueden emitir raíces adventicias y recuperarse si las condiciones son favorables. Este tipo de muerte de plántulas puede confundirse con los daños que produce la sequía.

## 1.2. Agentes causales

Se han descrito más de 30 especies fúngicas diferentes como causantes de caída de plántulas en especies forestales. Algunos de ellos son parásitos facultativos con escasa capacidad saprofítica (especies de *Phytophthora* y *Pythium*), pero la mayoría son saprofitos facultativos que pueden actuar como patógenos cuando se ven favorecidos por las condiciones (especies de *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, y otros).

### *Phytophthora* spp.

El ciclo de vida de un oomiceto productor de damping-off se inicia con la infección de las raíces mediante zoosporas asexuales móviles. Las zoosporas se desplazan activamente en el agua del suelo, siendo estimuladas en su movimiento por gradientes de concentración de exudados de la raíz. Una vez alcanzado el punto de infección, la zoospora se adhiere a la superficie de la raíz, pierde los flagelos y adquiere una forma redondeada, tras lo cual emite un tubo germinativo que invade rápidamente el tejido cortical de la raíz produciendo su necrosis. Este tipo de patógenos son intra e intercelulares. Son capaces de perforar las paredes celulares vegetales por una acción combinada de lisis enzimática y presión mecánica.

Una vez producida la invasión de la raíz de la plántula, cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables (elevada humedad relativa y temperaturas en torno a los 20-25° C), tiene lugar la formación de esporangios y de nuevas zoosporas que multiplican la infección. En el género *Phytophthora* las zoosporas se forman directamente en el interior del esporangio y se liberan al medio cuando éste germina.

Además de la producción de esporas infectivas, en las especies homotáticas tiene lugar la formación de oosporas sexuales en los últimos estadios del proceso infectivo. En las especies heterotáticas, para que esto ocurra, se precisa el concurso de otro talo fúngico compatible. En este proceso de reproducción sexual se diferencian oogonios y anteridios, que entran en contacto y dan lugar a la formación de oosporas de paredes gruesas, que actúan como estructuras de supervivencia que quedan depositadas en el suelo.

Cuando las condiciones ambientales son favorables, la oospora germina dando lugar a un esporangio, que a su vez produce zoosporas asexuales infectivas.

También se forma un segundo tipo de espora asexual con función de supervivencia: clamidosporas terminales o intercalares, que se separan del micelio y quedan en el suelo como estructuras de resistencia.

Dentro de este género de oomicetos se encuentran muchas especies productoras de caída de plántulas, afectando típicamente a plantones de frondosas. También pueden atacar coníferas, pero es menos frecuente. De entre las especies más destructivas en vivero destacan *P. cinnamomi*, *P. cambivora*, *P. citricola* y *P. cactorum*, especies productoras de podredumbres radiculares y de cuello.

#### *Pythium* spp.

Es otro género de oomicetos típicamente productores de caída de plántulas en vivero. Su ciclo de vida es muy parecido al del género *Phytophthora*, produciendo también zoosporas infectivas móviles que precisan de agua libre en el sustrato para su dispersión. En el género *Pythium* la germinación del esporangio da lugar a la emisión de una vesícula dentro de la cual se diferencian las zoosporas. Las especies de este género dan lugar igualmente a oosporas sexuales de paredes gruesas que actúan como estructuras de supervivencia en el suelo. Las especies más frecuentes en viveros forestales son *P. aphanidermatum*, *P. debaryanum*, *P. irregulare*, *P. sylvaticum* y *P. ultimum*. Todos ellos pueden producir la muerte de plántulas en pre y postemergencia, y suelen desarrollarse en suelos neutros o alcalinos.

#### *Fusarium* spp.

La marchitez vascular y la podredumbre cortical de tallos y raíces causadas por *Fusarium* son de las enfermedades más comunes de las plantas en todo el mundo, y es el problema patológico más importante de las plantas de coníferas en vivero.

Este género de deuteromicetos incluye varias especies que producen caída de plántulas en pre y postemergencia, desarrollándose preferentemente en suelos ácidos. Las especies de *Fusarium* se dispersan por medio de conidias multiseptadas con forma de huso, siendo la semilla una de las principales fuentes de inóculo, aunque el hongo también se ha aislado del sustrato, de contenedores usados, malas hierbas y agua de riego. Algunas especies producen también microconidias y clamidosporas (estructuras de resistencia en el suelo). El micelio del hongo penetra en el tejido vascular de la plántula produciendo su colapso y subsiguiente marchitez. La especie más frecuente en viveros forestales es *F. oxysporum*, que puede llegar a ocasionar pérdidas graves cuando en los trasplantes, los plantones se ven afectados por condiciones adversas, como encharcamiento del suelo o sequía. Otras especies de *Fusarium* productoras de muerte de plántulas son *F. solani*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. compactum* y *F. subglutinans*.

#### *Cylindrocarpon* spp.

Son especies productoras de podredumbre radicular de plantones que aparecen frecuentemente en viveros de frondosas. Sus características morfológicas, dispersión, ciclo de vida, etc. son similares a los del género *Fusarium*, del que se distingue fácilmente por la forma cilíndrica de sus conidias, también multiseptadas. Este hongo es un habitante saprofítico del suelo que suele actuar como patógeno cuando la plántula se ve sometida a algún tipo de estrés, fundamentalmente debido al trasplante. Las especies más frecuentes en viveros forestales son *C. destructans*, *C. cylindroides* y *C. radicola*.

#### *Rhizoctonia* spp.

Producen podredumbre radicular en viveros forestales, aunque las especies de *Rhizoctonia* tienen mucha mayor importancia como patógenos de plantas cultivadas, sobre todo *R. solani*, que también es la especie más frecuente en vivero tanto en coníferas como en frondosas. Este hongo es el estado imperfecto del basidiomiceto *Thanatephorus cucumeris*. Su principal característica es la ausencia de producción de conidias. El micelio produce esclerocios oscuros que actúan como estructuras de supervivencia. En ocasiones puede

observarse el micelio del hongo creciendo superficialmente sobre el sistema radicular y el cuello de la raíz de las plántulas infectadas, donde produce gran cantidad de esclerocios.

#### *Macrophomina phaseolina*

Es una especie frecuente sobre plantones de coníferas, en las que produce una podredumbre radicular que causa su marchitez y muerte. Produce esclerocios que actúan como formas de supervivencia. En este estado esclerocial, el hongo se conoce como *Rhizoctonia bataticola*. Ataca también a gran cantidad de especies agrícolas, en las que produce la enfermedad denominada podredumbre carbonosa de las raíces. Esta enfermedad se ve favorecida en condiciones de déficit hídrico y elevada temperatura.

#### *Cylindrocladium* spp.

La caída de plántulas y podredumbre radical causada por *Cylindrocladium* ocasiona severos daños tanto en frondosas como en coníferas. La enfermedad ha sido atribuida principalmente a la especie *C. scoparium*, aunque otra especie, *C. floridanum*, ha sido identificada como parte implicada en el desarrollo de esta enfermedad. También ha sido descrita la especie *C. quinquesepatum* como causante de damping-off y podredumbres radicales en plántulas de *Eucalyptus*. El hongo produce microesclerocios que quedan en el suelo como estructuras de supervivencia y son además la principal fuente de inóculo para su dispersión, aunque también produce conidias sobre las plántulas infectadas.

### 1.2. Control del damping-off

La caída de plántulas en pre y postemergencia produce regularmente unas pérdidas del 15% o superiores en viveros forestales. En condiciones favorables, con abundancia de inóculo en el suelo, y si no se adopta ninguna medida de control, las pérdidas pueden llegar a ser casi totales. El viverista debe controlar permanentemente la aparición de cualquier síntoma o situación anómala que ponga en evidencia la existencia de problemas fitosanitarios.

Los vehículos más frecuentes de entrada al vivero de los agentes causales del damping-off son: sustratos, agua de riego, contenedores recuperados, material forestal de reproducción y herramientas. No obstante, muchos agentes patógenos poseen una elevada capacidad de diseminación aérea y no precisan de estos vehículos.

**Medidas culturales:** consisten en mantener unas condiciones microambientales óptimas para favorecer el desarrollo y vigor de las plántulas sin favorecer el desarrollo de patógenos. Esto se consigue eligiendo cuidadosamente el sustrato que se va a usar para el cultivo y sobre todo, procurando que el aporte de agua al suelo no sea excesivo, evitando siempre el encharcamiento. En numerosas ocasiones, el empleo de turbas puras hace necesaria una frecuencia de riego elevada para evitar deshidrataciones bruscas del cepellón, con lo que se producen situaciones prolongadas de saturación hídrica que favorecen el ataque de los agentes de damping-off. La mezcla de la turba con pequeños porcentajes de arena de río, vermiculita u otro material inerte que aumente la porosidad y favorezca el drenaje, puede evitar la enfermedad. Para el control del damping-off también se recomienda corregir pHs excesivamente altos en los sustratos de cultivo.

**Control biológico:** También pueden adoptarse medidas preventivas de control biológico, inoculando el sustrato con organismos antagonistas de los que provocan la caída de plántulas. Entre estos, los que dan lugar a los mejores resultados son especies de *Trichoderma*, principalmente *T. viride*. También son efectivos *Penicillium* spp., *Sporodesmium* spp., bacterias (*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp., *Streptovorticillium* spp., *Burkholderia* spp.), y nematodos antagonistas (i.e. *Tylenchulus semipenetrans*), que han dado resultados satisfactorios a nivel experimental en el control de "damping-off" y podredumbres radicales causadas por *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. No obstante, todavía hay pocos preparados comerciales de estos agentes de control y no son ampliamente utilizados en los viveros forestales.

El método más utilizado para controlar la caída de plántulas en vivero es el tratamiento físico o químico del suelo.

Tratamientos físicos. El tratamiento con calor (vapor de agua) se utiliza cuando las plántulas se cultivan en contenedor. Para el cultivo a raíz desnuda, en las zonas donde la climatología lo permite, se puede efectuar el tratamiento directo del suelo por solarización durante el verano.

Tratamientos químicos. Actualmente, los tratamientos de suelo que más se utilizan en vivero son de tipo químico. Si se conoce qué patógeno es el que está actuando, se pueden aplicar productos específicos, pero generalmente, ante un problema de muerte de plántulas se utilizan biocidas generales como Metam-sodio, Cloropicrina, etc., que además proporcionan un buen control de malas hierbas. También se utilizan fungicidas de amplio espectro para tratar los suelos infestados. Los más utilizados son el Captan, Diazoben, PCNB y Cloroneb. En el caso del damping-off causado por especies de *Phytophthora* y *Pythium*, los fungicidas de amplio espectro utilizados contra otros hongos de suelo resultan ineficaces, dadas las características peculiares de los oomicetos. No obstante, la aplicación de fungicidas anti-oomicetos, como el Metalaxil y el Fosetil-AI, es efectiva contra estos patógenos.

En numerosas ocasiones se ha comprobado que los patógenos responsables de la caída de plántulas llegan al vivero junto con la semilla, infestándola. Desde esta perspectiva, el control fitosanitario y el manejo correcto de las semillas de plantas forestales es un método muy efectivo para reducir la incidencia de este problema.

### 1.3. Otros patógenos de vivero

#### *Botrytis cinerea*

Produce la enfermedad denominada "moho gris". Es un saprofito facultativo que en condiciones favorables puede atacar como parásito débil a una gran número de plantas cultivadas, así como a plantones de especies forestales, siendo más frecuente sobre plántulas de eucalipto y coníferas.

El hongo se desarrolla como saprofito sobre tejidos vegetales muertos que actúan como fuente de inóculo, encontrándose presente en todo tipo de suelos y/o abonos orgánicos. Las conidias se producen durante todo el año en restos vegetales y sobre las plántulas atacadas, dispersándose por el aire. Cuando las condiciones son favorables (20-25°C de temperatura y humedad superior al 85%) la germinación de las conidias produce un micelio gris que recubre los brotes atacados y que da nombre a la enfermedad. El ataque tiene lugar sobre hojas y brotes tiernos, originando su podredumbre. Si el ataque es severo, el hongo puede colonizar y matar toda la parte aérea del plantón. En estas condiciones se producen gran cantidad de esclerocios bajo la epidermis de las partes bajas del tallo, y a veces también en las acículas, emergiendo a la superficie según van madurando. El teleomorfo aparece muy raras veces. Generalmente todo el ciclo de vida del hongo tiene lugar como anamorfo.

El elemento principal para el diagnóstico de esta enfermedad típica de viveros es la aparición del "moho gris" creciendo sobre la parte apical de los brotes. El examen microscópico del micelio muestra gran abundancia de conidióforos ramificados, típicos del género *Botrytis*. En ataques muy severos la plántula entera puede quedar cubierta de micelio gris, apareciendo entonces los típicos esclerocios subepidérmicos. La acción del hongo sobre la planta da lugar a la podredumbre de los tejidos suculentos, por lo que si se trata de plántulas muy jóvenes, puede producir su muerte.

Las infecciones severas en viveros de coníferas pueden dar lugar a pérdidas del 100%. Esto suele ocurrir en condiciones de invernadero, cuando la humedad es muy elevada, la siembra muy densa, y las plántulas se encuentran debilitadas por cualquier otro factor de estrés, ya sea biótico o abiótico.

En cuanto al control de la enfermedad, generalmente la adopción de medidas culturales preventivas suele ser suficiente para evitar los ataques de *Botrytis*. Esto es, no hacer siembras demasiado densas, evitar el exceso de humedad, favorecer la aireación de los invernaderos, etc. Sin embargo, cuando se utilizan sistemas

de riego por nebulización, de forma que el ambiente y la superficie de los plantones están saturados de humedad durante largos períodos, el riesgo de ataques de moho gris es muy alto. En estos casos, cuando se manifiestan los primeros signos de la enfermedad, se deben adoptar medidas de control químico. Generalmente se realizan pulverizaciones con fungicidas protectores antibotritis (Iprodione, Vinclozolina) o bien fungicidas sistémicos de amplio espectro como los bencimidazoles (Benomilo, Carbendazima, Metiltiofanato) junto con una disminución en la frecuencia del riego y mayor aireación.

## Oídios

El signo característico del oidio es una pelusa blancogrisácea que cubre la superficie de las hojas afectadas y que está formada por el micelio y las conidias del hongo. En esta superficie blanca aparecen posteriormente unos puntitos negros que corresponden a las cleistotecas. Como consecuencia de la acción parasitaria del hongo se produce la muerte paulatina de los tejidos foliares. Si la infección es muy severa da lugar a defoliaciones intensas e incluso se pueden secar los brotes de los plantones.

## Manchas foliares

Existen gran cantidad de hongos que pueden causar necrosis foliares en viveros, entre los que cabe destacar diferentes especies pertenecientes a los géneros *Cercospora*, *Septoria*, *Mycosphaerella*, *Colletotrichum*, *Helminthosporium* y *Alternaria*. Las conidias de estos hongos suelen llegar al vivero por vía aérea, viéndose favorecidas tanto para su germinación como para la infección de las hojas, por las condiciones de elevada humedad y los períodos prolongados de humectación foliar.

El principal medio de lucha contra las micosis foliares (oídios y manchas) son los tratamientos químicos preventivos con fungicidas de amplio espectro, fundamentalmente Benomilo y/o fungicidas cúpricos. En el caso de los oídios también suelen ser efectivos los tratamientos curativos, una vez que la infección ya se ha establecido.

## Bacteriosis

Las enfermedades causadas por bacterias no son frecuentes en viveros forestales, aunque géneros como *Pseudomonas* y *Xanthomonas* están asociadas a problemas de damping-off. Sin embargo, las principales pérdidas por bacteriosis en vivero suelen ser debidas a la formación de agallas causadas por *Agrobacterium tumefaciens*, sobre todo en viveros de frondosas. Su control es difícil, por lo que se recomiendan tratamientos preventivos como la esterilización de herramientas o el control sanitario de las plantas que se introducen en el vivero.

## Nematodos

Los plantones en vivero son particularmente vulnerables a los daños producidos por nematodos, afectando por igual tanto a frondosas como a coníferas. Los géneros más frecuentes en viveros son *Meilododera*, *Hoplolaimus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Trichodorus* y *Xiphinema*. En España es frecuente la presencia de *Meloidogyne* spp.

Para su control se recomienda la fumigación del suelo con biocidas generales o con nematicidas específicos.

### 1.5. Patógenos de semillas

La mayoría de las micosis que afectan a las semillas de especies forestales están producidas por hongos inespecíficos que en condiciones de elevada humedad infestan únicamente la cubierta externa de la semilla, y

sólo son capaces de penetrar al interior y causar su podredumbre cuando esta cubierta se encuentra dañada, por ej. por la actividad de insectos. En este grupo, los hongos más frecuentes pertenecen a los géneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Trichothecium*. Otro grupo de micosis menos frecuentes están producidas por hongos específicos que pueden atacar semillas intactas y causar su podredumbre. Suelen ser especies de los géneros *Rhizoctonia* y *Ciboria*. Por otra parte, las semillas son, en muchas ocasiones, el vehículo para la introducción de patógenos de suelo en los viveros, ya que su micelio o sus estructuras de supervivencia quedan a menudo adheridos a la superficie de la semilla cuando ésta se recoge del suelo.

#### *Rhizoctonia solani*

Además de producir caída de plántulas en vivero, este hongo puede causar la podredumbre de semillas en varias especies, aunque los mayores daños los produce sobre *Fagus sylvatica*. El hongo infecta a la semilla cuando cae al suelo, causando su podredumbre. Su ataque puede llegar a impedir la regeneración natural del haya en climas que favorecen la infección (con otoños e inviernos húmedos y fríos).

Los daños que produce en semillas almacenadas pueden evitarse recogiendo pronto y almacenándolas en seco. También se pueden utilizar fungicidas, aunque el tratamiento más efectivo para desinfectar las semillas ya colonizadas es someterlas a 36-38° C durante 24 h al 100% de humedad relativa.

#### *Ciboria batschiana*

Causa podredumbre de semillas en *Quercus* spp. y *Castanea sativa*. Este hongo se desarrolla principalmente cuando las temperaturas son bajas. Es un hongo del suelo que infecta las semillas por medio de ascosporas, que se producen en otoño. La hifa infectiva procedente de la ascospora es capaz de penetrar en la semilla a través del ápice o de la base. Al otoño siguiente, cuando la semilla ya está totalmente podrida, los ascocarpos del hongo emergen a través de la cubierta y producen ascosporas infectivas.

El primer síntoma del ataque es la formación de manchas oscuras en la cubierta externa de la semilla. En estados más avanzados todo el interior se pudre, emitiendo un olor característico. La semilla presenta entonces un aspecto momificado y es completamente negra. La infección puede dar lugar a la pérdida total de bellota para repoblación. También es importante en castaño, ya que es capaz de causar la podredumbre del erizo completo.

Como la infección tiene lugar cuando la bellota ya está en el suelo, para controlar la enfermedad se debe comenzar la recogida tan pronto como sea posible. Durante el almacenamiento de las semillas debe evitarse las temperaturas bajas, y conviene tratarlas superficialmente con fungicidas. Cuando la bellota ya está infectada, la desinfección con agua caliente (24 h a 38° C) es el método de control más efectivo.

## 2. Problemas fitosanitarios en viveros forestales andaluces

Desde 1993 hasta 1997 han sido forestadas en Andalucía cerca de 120.000 ha. dentro del Programa de Forestación de Tierras Agrarias de 1993. Este programa ofrecía ayudas a la repoblación con especies forestales en parcelas sometidas a un aprovechamiento agrícola previo. Lógicamente, la puesta en marcha del Programa generó una demanda de planta forestal a la que respondieron los viveros andaluces con un aumento de la producción de las especies más solicitadas, pero sin fijar unos determinados criterios de calidad de planta. No obstante, la calidad de planta forestal producida por el viverista va a determinar, en gran medida, el éxito de la plantación, en cuanto al crecimiento y supervivencia de las especies empleadas. Por este motivo, en 1997 la Universidad de Córdoba inició una línea de investigación sobre calidad de planta en los viveros forestales andaluces, desarrollada en el marco del proyecto de investigación F096-006. Los criterios de calidad se han definido por medio de atributos morfológicos y fisiológicos de la planta. No obstante, la producción de planta forestal de calidad exige incorporar criterios que aseguren su buen estado fitosanitario.

El desconocimiento existente sobre las principales enfermedades de vivero, y más específicamente, en el contexto de las especies más utilizadas en la forestación de tierras agrarias en Andalucía, hizo necesario un estudio en profundidad sobre su etiología, como primer paso necesario para establecer un control efectivo de las mismas. A continuación se exponen las enfermedades detectadas desde 1997 en las principales especies forestales producidas en viveros andaluces.

## 2.1. Sintomatología y agentes asociados

Las observaciones y toma de muestras se realizaron en viveros forestales de las provincias de Almería, Córdoba, Granada, Huelva, Málaga y Sevilla.

### 2.1.a. Micosis foliares en algarrobo, madroño y otras frondosas

En varios viveros de las provincias de Huelva y Málaga, dedicados a la producción intensiva de planta forestal, se viene detectando una alta incidencia de enfermedades foliares en plántulas de algarrobo de 1 y 2 savias. La sintomatología característica de las plántulas enfermas consiste en la aparición de numerosas manchas necróticas inespecíficas en los folíolos, distribuidas por toda la parte aérea. A partir del tejido lesionado se obtuvieron cultivos puros de los hongos asociados consistentemente a los síntomas observados, que se identificaron como *Colletotrichum acutatum*, *Hainesia* sp., *Pestalotiopsis* sp. y *Phomopsis archeri*, en base a la caracterización morfológica de sus estructuras vegetativas y reproductivas. Estas necrosis foliares en ocasiones dieron lugar a defoliaciones intensas. Sin embargo, frecuentemente los hongos causales originan infecciones latentes que no dan lugar al desarrollo de síntomas hasta que las condiciones ambientales o nutricionales inducen su aparición. Este hecho podría limitar el éxito de una repoblación, debido a las condiciones de estrés que supone la fase de plantación. La cercosporiosis del algarrobo causada por *Pseudocercospora ceratoniae* y la mancha foliar del madroño causada por *Mycosphaerella unedonis* (anamorfo *Septoria unedonis*) también fueron detectadas en algunos viveros, pero su incidencia fue muy baja en comparación con los graves ataques observados en campo.

La mancha foliar causada por *Pestalotiopsis* sp. se caracteriza por la aparición de lesiones oscuras con un halo rojizo que las bordea. Esta enfermedad también aparece con mucha frecuencia afectando al madroño y también se ha observado en acebo. Cuando los síntomas son severos, da lugar a la aparición de grandes lesiones rojizas en los márgenes de las hojas. Aunque no suele producir defoliaciones severas, limita mucho la producción de estas especies para uso ornamental.

Por otra parte, también se han detectado infecciones esporádicas de oídio en especies de *Quercus*. El agente causal de esta enfermedad es *Microsphaera alphitoides*. Aunque en ningún caso las infecciones han producido graves defoliaciones, el oídio es más frecuente en plántulas de especies de hoja caduca o marcescente (robles y quejigos), aunque también se ha observado en alcornoque.

### 2.1.b. Podredumbres radicales en algarrobo, *Quercus* y *Pinus* spp.

En las mismas partidas de plántulas de algarrobo afectadas de micosis foliares, se observó que el sistema radical se encontraba muy deprimido y afectado por necrosis. Asociadas consistentemente a la podredumbre radical se identificaron dos especies fúngicas: *Pythium irregulare* y *Fusarium oxysporum*.

También se detectaron podredumbres radicales extensas en plántulas de encina procedentes de dos viveros de Córdoba. Uno de los viveros se dedica a la producción comercial intensiva de planta en envase y utiliza turba como sustrato de cultivo. Por contra, el segundo vivero sólo produce planta para repoblar la propia finca en la que está situado. El cultivo se realiza en bolsas de polietileno con suelo natural de monte. En ambos casos, el drenaje de los envases era deficiente, y las plántulas presentaban síntomas similares: clorosis y desecación foliar que comenzaba por los márgenes de las hojas e iba avanzando hacia el nervio principal hasta su completa marchitez. La muerte de los plantones se produce sin que las hojas lleguen a desprenderse de los tallos. El sistema radical aparece muy reducido y con necrosis extensas en las raicillas aún unidas a la raíz

principal, que sin embargo no presenta lesiones. De estas raicillas necrosadas se aislaron varias especies del género *Phytophthora*: a partir de los plantones del vivero de producción propia se aisló *P. cinnamomi*, mientras que en el vivero comercial se identificó a *P. cryptogea* y *P. drechsleri*.

Los mismos síntomas de podredumbre radical y marchitez aparecieron en un vivero de Almería afectando a plántulas de diversas especies de *Quercus*, aunque en este caso no había problemas de drenaje del sustrato (turba-arena). La podredumbre radical de plántulas de *Quercus* apareció asociada a *Cylindrocarpon destructans* afectando a plantones de quejigo, y *Cylindrocarpon didymum* afectando a encina, alcornoque, quejigo y coscoja.

*Cylindrocarpon* también fue el género fúngico asociado a podredumbres radicales en acebuche en viveros de Almería y Sevilla. Las plántulas afectadas presentaban necrosis parciales de las raicillas absorbentes. Como consecuencia, los plantones mostraban un desarrollo radical muy pobre que a nivel aéreo se traducía en amarillez foliar y caída de las hojas, aunque no llegaban a morir. En un vivero de producción de olivo de Sevilla se detectó una podredumbre radical y muerte de plántulas que afectaba tanto a las estaquillas enraizadas de olivo como a las plántulas de acebuche, y estuvo asociada a *Phytophthora palmivora*.

En cuanto a las especies de *Pinus*, se detectó un síndrome de podredumbre radical recurrente durante los dos últimos años, afectando al pino carrasco en un vivero de la provincia de Granada. Las plántulas, de entre 0.5 y 1 savias, presentaban una intensa clorosis en las acículas, que evoluciona hacia un atabacado y total desecación de la parte aérea. Los sistemas radicales presentan necrosis extensas, aunque sin pérdida apreciable de las raíces podridas. De las raíces podridas se aisló *Phytophthora drechsleri*. En todos los demás casos de muerte de pinos detectados en diversas provincias, los agentes asociados pertenecían a los géneros *Fusarium* y *Cylindrocarpon*.

### 2.1.c. Bacteriosis en acebuche

En muestras de acebuche de 1 savia procedentes de un vivero de Almería se detectó la presencia de nódulos en la zona basal del tallo que determinan un menor crecimiento y desarrollo de los plantones afectados. Las tumoraciones eran las típicamente producidas por la bacteria *Pseudomonas savastanoi*, agente de la tuberculosis del olivo. Se da la circunstancia de que en las cercanías del vivero existe un olivar abandonado con una alta incidencia de esta enfermedad.

## 2.2. Patogenicidad

En muchos casos, los agentes que aparecieron asociados a las diversas sintomatologías detectadas no habían sido previamente descritos como causantes de enfermedades en vivero de las especies forestales estudiadas. Por este motivo, se realizaron pruebas de patogenicidad sobre plantones sanos. En todos los casos, las inoculaciones de plantones reprodujeron los síntomas observados en los viveros, confirmando la patogenicidad de los hongos ensayados.

Así, se ha confirmado la patogenicidad de *Fusarium oxysporum* y *Pythium irregulare* causando necrosis radicales en algarrobo. Nuestros resultados indican que la necrosis radical causada por estos hongos es más acusada en condiciones de encharcamiento que bajo un régimen hídrico normal. Por ello, sería conveniente un riguroso control de los sustratos de cultivo y del riego en los viveros, que evite el ataque de estos hongos, ya que una vez que se produce la infección, resulta muy difícil la recuperación de las plántulas afectadas.

En el caso de los *Quercus*, se comprobó la patogenicidad de los aislados de las tres especies de *Phytophthora* asociadas a la podredumbre radical de encina. Al igual que en el caso del algarrobo, el establecimiento de la infección y el desarrollo de los síntomas se vieron favorecidos por las condiciones de encharcamiento periódico, hecho frecuente en este género fúngico. De las tres especies detectadas causando podredumbres en vivero, sólo *P. cinnamomi* está descrita como patógeno radical de encinas y alcornoques adultos. De hecho, en nuestros experimentos la sintomatología causada por *P. cinnamomi* resultó más severa que las obtenidas con las otras dos especies de *Phytophthora*, lo que sugiere una cierta especialización de este patógeno sobre los *Quercus* mediterráneos, en contraposición con la típica inespecificidad de estos patógenos

radicales en condiciones de vivero. Hay que destacar el papel que en estos casos podría jugar el vivero como origen de la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en las repoblaciones, sobre todo cuando el sustrato utilizado para el cultivo contiene suelo natural infestado por dicho patógeno que, además, es un factor importante en el desarrollo de la "seca de los *Quercus*".

Todos los aislados de *Phytophthora* ensayados resultaron también patógenos en alcornoque, aunque con valores de severidad generalmente no tan elevados como los obtenidos en encina. Llama la atención el hecho de que hasta el momento, no se han detectado podredumbres radicales graves de alcornoque en los viveros andaluces causadas por especies de *Phytophthora*. Habitualmente el alcornoque se cultiva conjuntamente con la encina, utilizando los mismos sustratos y envases. Sin embargo, las distintas condiciones en las que se desarrollan las últimas etapas del cultivo y el menor tiempo que suelen pasar las plántulas de alcornoque en el vivero, todo ello encaminado a evitar portes demasiado desarrollados, también son menos favorables para este tipo de patógenos. De hecho, cuando las podredumbres están causadas por agentes no tan dependientes del encharcamiento del sustrato, como es el caso de *Cylindrocarpon*, no se observan diferencias de susceptibilidad entre encina y alcornoque.

En cuanto al pino carrasco, las inoculaciones con *P. drechsleri* reprodujeron la podredumbre radical observada en vivero. No obstante, los aislados de *P. cinnamomi* procedentes de encina produjeron en pino una severidad de síntomas igualmente elevada, por lo que esta especie fúngica representa un peligro potencial grave para la producción en vivero no sólo de especies de *Quercus*, sino también de *Pinus*.

### 3. Conclusiones

De las investigaciones realizadas en los últimos años podríamos extraer la conclusión de que el estado fitosanitario de los viveros forestales en Andalucía es relativamente bueno, ya que han sido relativamente pocos los viveros afectados por la incidencia de enfermedades. Sin embargo, hay que señalar que el Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba sólo realiza el seguimiento del estado fitosanitario en unos pocos viveros de referencia, y además, en este trabajo sólo se han expuesto los casos detectados en los que se han sufrido pérdidas graves de producción de planta, en ocasiones del 100% de la especie afectada.

En términos generales, el mal desarrollo o la muerte de plántulas en vivero suele explicarse de una manera simplista por un mal manejo cultural, fundamentalmente en cuanto a deficiencias nutricionales o excesos/defectos de agua. Sin embargo, en numerosas ocasiones se constata que el mal estado del cultivo no se corrige al ajustar o corregir la fertilización o los riegos. En estos casos, es fácil intuir que el problema es de tipo fitosanitario, aunque la causa real de la muerte de plantones suele permanecer oculta. Por todo ello, resulta muy difícil estimar la incidencia real de las enfermedades de vivero en Andalucía, y más aún cuando la muerte de los plantones tiene lugar cuando ya se han trasplantado a su localización definitiva.

#### 4. Bibliografía

- Agrios G.N., 1997. *Plant pathology*. Academic Press, San Diego. 635 pp.
- Andicoberry, S., Sánchez Hernández, M.E., Trapero, A. 1999. Muerte de plántulas de encina causada por *Phytophthora* spp. en viveros de la provincia de Córdoba. Recopilación de Trabajos. Congreso sobre Forestación en las Dehesas, Mérida. 8 pp.
- Andicoberry, S., Sánchez, M.E., Trapero, A. 2000. Muerte de plántulas causada por *Phytophthora* spp. en viveros forestales andaluces. X Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Valencia.
- Andicoberry, S., Lora, F., Sánchez, M.E., Trapero, A. Etiología de las podredumbres radicales de plántulas de *Quercus* spp. y *Pinus halepensis* en viveros forestales de Andalucía. III Congreso Forestal Español. Granada. 2001.
- Arx J. A. von., 1987. *Plant pathogenic fungi*. J. Cramer, Berlin. 228 pp.
- Bloomberg, W.J., 1985. The epidemiology of forest nursery diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23: 83-96.
- Butin, H., 1995. *Tree diseases and disorders*. Oxford Univ. Press, Oxford. 252 pp.
- Dhingra, O.D., Sinclair, J.B., 1995. *Basic plant pathology methods*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 434 pp.
- Erwin, D.C., Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, MN. 562 pp.
- Gómez-Jover, F., Jiménez, F.J., 1997. *Forestación de tierras agrícolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 383 pp.
- Hendrix, F.F., Campbell, W.A., 1973. Pythiums as plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 11: 77-98.
- Manion, P.D., 1991. *Tree disease concepts*. Prentice-Hall, London. 402 pp.
- Navarro, R.M., Campo, A.D. del, Alejano, R., Álvarez L., 1998. Caracterización de calidad final de planta de encina, alcornoque, algarrobo y acebuche en cinco viveros en Andalucía. *Informaciones Técnicas* 53/98. Junta de Andalucía, Sevilla. 60 pp.
- Pawsey, R.G., 1964. Grey mould in forest nurseries (*Botrytis cinerea*). *Forestry Commission Leaflet* 50. 7 pp.
- Sánchez, M.E., Andicoberry, S., Trapero, A., 1999. Muerte de plántulas de encina causada por *Phytophthora* spp. en viveros de la provincia de Córdoba. Congreso sobre Forestación en las Dehesas, Mérida. 8 pp.
- Sánchez Hernández, M.E., Varo Sánchez, M.R., Andicoberry de los Reyes, S., Trapero Casas, A. 1999. Enfermedades que afectan a la producción de planta forestal en viveros andaluces. *Agricultura* 809: 1030-1034.
- Trapero, A., Blanco, M.A., 1999. Enfermedades. En: *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía-Mundiprensa, Sevilla. pp. 476-532.
- Trapero, A., Sánchez, M.E., Navarro, N., Varo, R., Gutiérrez, J., Romero, M.A., Andicoberry, S. 1999. Algunas enfermedades de especies forestales en Andalucía durante el periodo 1996-99. *Actas de la XVI Reunión Anual del Grupo de Trabajo Fitosanitario de Forestales, Parques y Jardines, Córdoba*. pp. 175-179.
- Tuset J, Hinarejos C, Mira J, Cobos J. 1996. Implicación de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la enfermedad de la seca en encinas y alcornoques. *Bol. San. Veg. Plagas* 22:491-499.
- Vaartaja, O., Cram, W.H., Morgan, G.A., 1961. Damping-off etiology especially in forest nurseries. *Phytopathology* 51, 35-42.