

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de Silvicultura



EL CANCRO ALQUITRANADO DEL PINO  
(REVISION BIBLIOGRAFICA)

Por  
CARMEN VERONICA GUERRA BRAVO

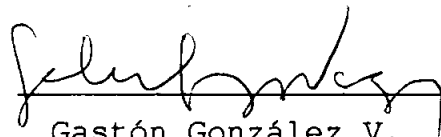
MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO  
FORESTAL.

CONCEPCION-CHILE  
1999

**EL CANCRO ALQUITRANADO DEL PINO**

**(REVISION BIBLIOGRAFICA)**

Profesor Asesor

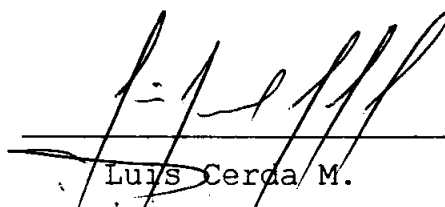


Gastón González V.

Profesor Titular

Ingeniero Agrónomo; M. Sc.

Profesor Asesor



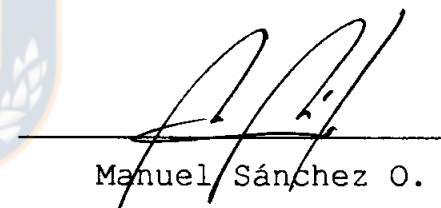
Luis Cerda M.

Profesor Asociado

Ingeniero Forestal

Director

Departamento de Silvicultura



Manuel Sánchez O.

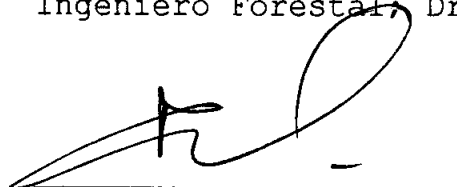
Profesor Asistente

Ingeniero Forestal, Dr.

Decano

Facultad de Ciencias

Forestales



Fernando Drake A.

Profesor Asociado

Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de Título:

Gastón González V. : noventa y dos puntos.

Luis Cerda M. : noventa y dos puntos.

**Dedicatoria:**

A la Luz de mi vida, mi hijo Patricio Andrés.



**Agradecimientos:**

Gracias a Dios y a mis padres por su apoyo y sacrificio, a mis profesores asesores por su paciencia, a mis compañeras de hogar por hacer de mi paso por la Universidad un momento agradable y a Pato, por su apoyo y por insistir tantas veces en que tenía que volver a ponerme de pie en los momentos difíciles.



**INDICE DE MATERIAS**

| CAPITULOS                             | PAGINA |
|---------------------------------------|--------|
| I INTRODUCCION . . . . .              | 1      |
| II METODOLOGIA . . . . .              | 3      |
| III RESULTADOS . . . . .              | 4      |
| 3.1 Historia . . . . .                | 4      |
| 3.2 Importancia . . . . .             | 6      |
| 3.3 Huéspedes . . . . .               | 8      |
| 3.4 Distribución geográfica . . . . . | 10     |
| 3.5 Agente causal . . . . .           | 12     |
| 3.6 Biología . . . . .                | 14     |
| 3.7 Epidemiología . . . . .           | 16     |
| 3.8 Síntomas . . . . .                | 21     |
| 3.9 Estrategias de control . . . . .  | 23     |
| IV DISCUSION . . . . .                | 26     |
| V CONCLUSIONES . . . . .              | 31     |
| VI RESUMEN . . . . .                  | 33     |
| VII SUMMARY . . . . .                 | 34     |
| VIII BIBLIOGRAFIA . . . . .           | 35     |

## I INTRODUCCION

*Pinus radiata* D. Don es en la actualidad la especie forestal más plantada en el país para la obtención de madera aserrada y fibra, productos que constituyen uno de los mayores volúmenes de exportación a nivel nacional. Esto ha convertido a Chile en uno de los países con mayor superficie de plantaciones de esta especie a nivel mundial, junto a Nueva Zelanda, Australia, España y Sudáfrica (Balocchi et al. 1998).

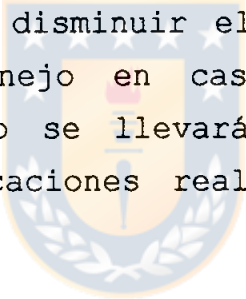
*P. radiata* en Chile es sujeto de enfermedades importantes como *Dothistroma septospora*, atacando follaje en la X región, *Sphaeropsis sapinea*, causando muerte de ápices y marchitamiento de copas en la VI y VII regiones, *Armillaria mellea* s. l., *Phytophthora cinamomnea* y *Macrophomina phaseolina* son observadas frecuentemente en raíces, pero afectando individuos aislados en un rodal y raramente *Verticicladiella* sp. como cancro basal. Sin embargo, no existen registros en Chile de enfermedades que causen daños importantes como pudriciones en el fuste o aquellas causadas por *Heterobasidion annosum* en raíces o *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*.

*F. subglutinans* f. sp. *pini* es el organismo causal asociado a la enfermedad conocida como "pitch canker", "cancro alquitranado" o "cancro resinoso", que afecta a varias especies del género *Pinus*. Su síntoma clásico es la presencia de un cancro usualmente hundido que retiene la corteza y produce abundante resinación, en tanto que la madera que se encuentra bajo él está empapada de resina (Dwinell et al. 1985).

*P. radiata* es considerada una especie altamente susceptible a *F. subglutinans*, de manera que los países que lo cultivan en forma comercial, consideran al agente como una amenaza para su patrimonio.

El daño del cancro alquitranado se traduce en pérdidas de crecimiento, disminución de la calidad de la madera por deformaciones del fuste, disminución en la producción de conos y semillas y muerte de árboles (Dwinell et al. 1985).

Debido al daño potencial que puede causar esta enfermedad en la principal especie forestal plantada en Chile, se hace necesario recopilar información existente acerca del patógeno, especialmente formas de dispersión, biología, medidas para tratar de disminuir el riesgo de ingreso al país y un posible manejo en caso de que éste logre establecerse. Para ello se llevará a cabo una revisión bibliográfica de publicaciones realizadas al respecto en diversos países.

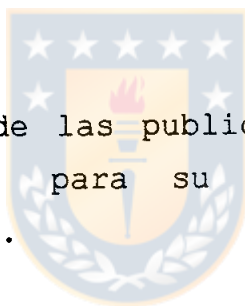


## II METODOLOGIA

Las primeras referencias utilizadas en la presente revisión bibliográfica fueron obtenidas de la base de datos existente en la Hemeroteca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Concepción (Campus Chillán).

En base a la lista obtenida se procedió a la búsqueda del material bibliográfico mediante el sistema de bibliotecas en línea en la Biblioteca Central de la misma Universidad, obteniéndose así los lugares en los que se encontraban los artículos requeridos.

Luego de la ubicación de las publicaciones se procedió a recopilar el material, para su posterior análisis y desarrollo de esta tesis.





### III RESULTADOS

#### 3.1 Historia

El primer informe acerca del cancro alquitranado se efectuó en la primavera de 1945, señalando que se había observado ápices muertos en *P. virginiana* Mill. en Carolina del Norte, determinándose mediante aislamientos que el síntoma era causado por un hongo del género *Fusarium*, posiblemente perteneciente a la sección *Liseola* (Hepting y Roth 1946).

En 1949 Snyder et al. describió al patógeno del cancro alquitranado como *F. lateritium* Nees. Y propuso darle una designación de forma *specialis*: *F. lateritium* (Nees.) emend. Snyd. & Hans. f. sp. *pini* Hepting (Correll et al. 1991).

En 1974, el cancro alquitranado alcanza proporciones epidémicas en plantaciones y huertos semilleros de *P. elliottii* en Florida y en huertos semilleros de *P. taeda* en Carolina del Norte y Mississippi (Dwinell et al. 1985).

En 1978 es identificado como *F. moniliforme* Sheldon var. *subglutinans* Wollenw. & Reinking (Kuhlman et al. 1978).

En 1983 se reconoce el patógeno como una especie distinta: *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking) P.E. Nelson, T.A. Tousson & W.F.O. Marasas (Correll et al. 1991).

En el verano de 1986 cientos de *P. radiata* en el condado de Santa Cruz, California, fueron encontrados con serios síntomas de muerte de ramas, que según la investigación

realizada fueron causados por *F. subglutinans* (Mc. Cain et al. 1987).

En 1987, se aísla *F. subglutinans* en Japón (Muramoto y Kagoshima 1990).

Después de varios cambios de nombre, Correll et al. (1991) propone que el patógeno sea reconocido como *F. subglutinans* f. sp. *pini*, nombre con el que actualmente se le conoce.

En 1998, se llevó a cabo en California, E.E.U.U., la conferencia titulada IMPACT Monterrey Workshop, en la que representantes de los países involucrados analizaron los actuales y futuros impactos del cancro alquitranado en *P. radiata*, intercambiando información respecto al patógeno, su comportamiento, medidas para evitar el ingreso a países en los que no se ha detectado aún y el manejo de la enfermedad en el caso de aquellos países que ya han sido afectados.

Actualmente el patógeno se encuentra presente en cinco países además de Estados Unidos y la lista de huéspedes incluye 47 especies del género *Pinus* (Dick 1998) y *Pseudotsuga menziesii*, que es el único huésped conocido que no pertenece al género antes mencionado (Storer et al. 1994, citado por Dick 1998)

### 3.2 Importancia

El daño ocasionado por *Fusarium subglutinans* (Wollenw. & Reinking) Nelson, Tousson and Marasas f. sp. *pini* (= *F. circinatum* Nirenberg and O'Donnell) incluye la muerte de árboles, supresión de crecimiento, deformación del tronco, disminución de la producción de semillas y conos (Dwinell et al. 1985) y disminución del área basal (Bethune y Hepting 1963).

Pérdidas de volumen causadas por la enfermedad en *P. elliottii* var. *elliottii* fueron estimadas entre 13.6 - 30.7 millones de pies cúbicos anualmente, de ellas un 70 a 80 % fueron causadas por disminución del crecimiento y aproximadamente 2.5 - 3.4 millones de árboles de la misma especie fueron considerados inutilizables para productos de madera sólida, debido a la deformación del fuste (Oak et al. 1982, citado por Dwinell 1985).

Entre 1945 y 1973, limitadas irrupciones del cancro alquitranado fueron detectadas en rodales de *P. elliottii* var. *densa* y *P. virginiana*, pero la enfermedad no fue considerada económicamente importante (Dwinell et al. 1985).

Desde 1947 a 1954 basados en la abundante producción de resina después de la infección, se realizan algunos ensayos para el uso comercial de *F. moniliforme* var. *subglutinans* en la estimulación de la producción de goma para su uso naval (Dwinell et al. 1985).

En el período comprendido entre 1974 y 1978, la enfermedad alcanzó proporciones epidémicas en plantaciones de *P.*

*elliottii* var. *elliottii* en Florida y en huertos semilleros de *P. taeda* en Carolina del norte y Mississippi (Dwinell et al. 1985). Estas irrupciones fueron de gran interés para los administradores del recurso forestal, reiniciando las investigaciones acerca del cancro resinoso (Dwinell et al. 1985). Desde entonces, las irrupciones de la enfermedad en el Sur han sido esporádicas (Dwinell y Kuhlman 1997).

En 1986, *F. subglutinans* f. sp. *pini* es detectado en rodales naturales de *P. radiata* en el Condado de Santa Cruz, California (Mc Cain et al. 1987). Desde entonces la enfermedad se ha vuelto permanente en dicha especie en la mayoría de los condados que se encuentran en la costa de California (Storer et al. 1994, citado por Dick, 1998).

En 1990, se realiza el primer informe de *F. subglutinans* f. sp. *pini* causando enfermedad de raíces en vivero, en la provincia de Eastern Transvaal en Sudáfrica, convirtiéndose también en el primer registro del hongo en el Hemisferio Sur (Viljoen et al. 1994).

### 3.3 Huéspedes

*P. virginiana* es la primera especie en la que se detectó el cancro alquitranado, en 1945 (Hepting y Roth 1946).

No obstante *F. moniliforme* var. *subglutinans* se presenta en un amplio rango de huéspedes, no todas las razas son patogénicas en pino. En un estudio de patogenicidad realizado en varios huéspedes que no son pinos, sólo aislamientos provenientes de cormos de gladiolo fueron capaces de infectar a *P. elliotii* var. *elliotii* y *P. taeda* (Dwinell et al. 1985).

En 1953, experimentos de inoculación establecieron que el patógeno causante del cancro alquitranado atacaba además a *P. echinata*, *P. elliotii* var. *elliotii* y *P. palustris* y en febrero del mismo año se detecta también en *P. occidentalis* (Hepting y Roth 1953).

Dwinell (1978) afirma que una variación en el hongo que causa el cancro alquitranado ataca a *P. taeda* en el este de Carolina del Norte.

En 1987, se informa por primera vez la presencia de *F. subglutinans* en *P. radiata*. El mismo año, posteriores informes indican que *P. muricata*, *P. halepensis* y *P. pinea* cercanos a *P. radiata* severamente atacados, también presentan síntomas del cancro alquitranado (Mc Cain et al. 1987).

Además de las especies antes mencionadas, actualmente es posible detectar ataques del cancro resinoso en *P. canariensis*, *P. coulteri*, *P. ponderosa*, *P. contorta*, *P.*

*torreyana*, *P. sabiniana*, *P. attenuata*, *P. rigida*, *P. sylvestris*, *P. pungens*, *P. elliotii* var. *densa*, *P. strobilus*, *P. clausa* y *P. serotina* en Estados Unidos (Storer et al. 1997) y en *P. pseudostrobilus*, *P. durangensis*, *P. discolor*, *P. pringlei*, *P. rudis*, *P. patula*, *P. leiophylla*, *P. douglasiana*, *P. ayacahuite*, *P. hartwegii* (Guerra-Santos 1998), *P. estevezi* y *P. arizonica* var. *stormiae* (Dwinell y Kuhlman 1997), en México y *P. luchuensis* en Japón (Muramoto y Dwinell 1990).

Además de atacar a especies del género *Pinus*, el patógeno también se ha aislado en pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), en California. En esta especie la exudación de resina no está asociada a infecciones del cancro alquitranado y un tejido calloso se forma sobre el sitio de infección (Storer et al. 1997).



### 3.4 Distribución geográfica

En 1945 se detecta por primera vez el cancro alquitranado en Bent Creek, Carolina del Norte. Durante el verano del mismo año cancros similares fueron encontrados en varias localidades cercanas a Asheville, así como también cerca de Morganton y Charlotte, Carolina del Norte y Walhalla, Carolina del Sur (Hepting y Roth 1946).

Para 1953, el cancro alquitranado se había presentado en 5 condados en Virginia, 12 en Carolina del Norte, 2 en Tennessee, 8 en Carolina del Sur, 15 en Georgia, 38 en Florida, 2 en Alabama y 1 en Mississippi (Hepting y Roth 1953).

En 1986, se detecta la enfermedad en el condado de Santa Cruz, California (Mc Cain et al. 1987).

En 1953 se encuentra en abundancia en Haití (Hepting y Roth 1953).

A comienzos de los años ochenta, el cancro alquitranado se detecta en las islas de Amamiooshima y Okinawa, en Japón, pero es en 1987 que *F. subglutinans* es aislado de los cancros (Muramoto y Dwinell 1990).

En 1990, *F. subglutinans* f. sp. *pini* es detectado en Sudáfrica (Viljoen et al. 1994).

Guerra-Santos en 1995 afirma que el cancro ha sido registrado en ocho estados en México (Guerra-Santos 1995, citado por Dwinell 1998).

En 1997 la enfermedad es observada en Europa por primera vez, en la comunidad autónoma de País Vasco, al norte de España (Dwinell et al. 1998).





### 3.5 Agente causal

El agente causal del cancro alquitranado ha pasado por una serie de cambios de nombre a través del tiempo. Al momento de detectarse por primera vez, el agente causal se clasificó dentro del género *Fusarium*, debido a que forma típicamente un micelio aéreo color violáceo en agar malta, produciendo muy pocas microconidias y ninguna clamidospora, posiblemente perteneciente a la sección *Liseola* (Hepting y Roth 1946). Sin embargo, tres años después, Snyder et al. (1949) identifican el hongo como *F. lateritium* (Nees) emend. Snyder & Hansen f. sp. *pini* Hept., en la sección *Lateritium* (Dwinell 1978).

Dwinell (1978), en un estudio acerca de la susceptibilidad de los "pinos del sur", envió muestras para la identificación del hongo asociado al cancro resinoso a tres grupos de taxónomos del género *Fusarium*. Dos de estos grupos reconocieron la presencia de la especie *F. moniliforme* Sheld. var. *subglutinans* Wollenw. & Reink., en la sección *Liseola*, debido a la presencia de microconidias en cabezuela y escasa presencia de *F. lateritium*. El tercer laboratorio reconoció en las muestras enviadas solamente la presencia de la última especie mencionada. Pruebas de patogenicidad realizadas con estos aislamientos, demostraron que solamente *F. moniliforme* var. *subglutinans* se asociaba a la enfermedad.

Posteriormente, mediante el uso de aislamientos monoascospóricos se identificó el estado perfecto como *Giberella fujikuroi* (Saw.) Wollenw. var. *subglutinans*.

En 1983, Nelson et al. (citado por Dwinell et al. 1985) proponen la especie *F. subglutinans* (Wollenw. & Reink.) Nelson, Tousson & Marasas para el hongo asociado al cancro resinoso, basándose en la ocurrencia de polifiálides y en la ausencia de cadenas de microconidias en cabezuela.

Correl et al. (1991) basado en el estudio de patogenicidad de cerca de 300 aislamientos de *F. subglutinans*, demostraron que sólo aquellos que provenían de pino eran patógenos a este mismo género, proponiendo la forma especial *pini*.



### 3.6 Biología

Aislamientos de *F. moniliforme* Sheld. var. *subglutinans* Wollenw. & Reink. creciendo en cualquier medio produce un gran número de microconidias en cabezuelas. Los aislamientos que crecen en agar agua con o sin hojas de clavel (CLA) o granos de avena producen abundantes cabezuelas que son observadas en un aumento bajo (X 100). En este medio, las cabezuelas contrastan fuertemente con cadenas de microconidias producidas por otras variedades. Las microconidias son formadas en fiálides simples y polifiálides. Las fiálides simples se presentan en cultivos jóvenes en cualquier medio, mientras que las polifiálides son más comúnmente vistas en cultivos en medios enriquecidos, entre los 10 y 14 días (e.g, agar papa-dextrosa) o en cultivos de 7 días en medios simples. Las microconidias pueden tener de 0 a 3 septas y la presencia de microconidias de distintos tamaños es una indicación de que el aislamiento puede ser *F. moniliforme* var. *subglutinans* (Dwinell et al. 1995).

Las conidias con dos septas pueden ser microconidias o macroconidias, pero aquellas con tres septas son siempre macroconidias las que pueden llegar a tener 4 ó 5 septas (Kuhlman et al. 1978).

El tamaño de microconidias y macroconidias es variable y no es un carácter confiable para la identificación de las especies, ya que cultivos sucesivos del hongo inducen alta variación de esta característica (Kuhlman et al. 1978).

El teleomorfo descrito para *F. moniliforme* var. *subglutinans*, es *Giberella fujikuroi* (Saw.) var. *subglutinans* Edwards (Booth 1971). Kuhlman et al. (1978)

demonstró que los aislamientos de pino producían peritecios y ascosporas de *G. Fujikuroi* var. *subglutinans* cuando se apareaban con cultivos compatibles, comprobando así la posición del hongo como *F. moniliforme* var. *subglutinans*.

En la naturaleza, el estado sexual del hongo no ha sido observado nunca y las esporas son dispersadas por las gotas lluvia y transportadas por corrientes de aire a lo largo del año en rodales infectados (Blakeslee et al. 1978, Correll et al. 1991, Kuhlman et al. 1982, citados por Dick 1998).



### 3.7 Epidemiología

*Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* se presenta en terreno atacando el ápice y tronco de árboles jóvenes (Bethune y Hepting 1963), plantas en vivero (Dwinell et al. 1985; Viljoen et al. 1994) y bosques maduros de varias especies de pino (Mc Cain et al. 1987).

Aún cuando el mayor daño de esta enfermedad es la infección de estructuras vegetativas, el hongo afecta también estructuras reproductivas, causando la muerte de flores femeninas y conos maduros y el deterioro de semillas en varias especies de pino (Dwinell y Kuhlman 1997).

Cualquier herida reciente, sin importar su causa o ubicación, provee una vía de infección para esporas del hongo transportadas por la lluvia o el aire (Dwinell et al. 1985). Estas pueden ser causadas por insectos, fenómenos climáticos como vientos o granizo o por la cosecha mecanizada de conos (Dwinell y Kuhlman 1997).

El rol de los insectos en la transmisión del agente causal del cancro resinoso ha sido bastante estudiado. Asociaciones entre estados inmaduros de *Pisodes nemorensis* (Coleoptera, Curculionidae) y *F. subglutinans* f. sp. *pini* sugieren que este insecto puede contribuir a la incidencia de la enfermedad en *P. elliottii* var. *elliottii* en Florida (Dwinell et al. 1985).

Matthews (1962), en un estudio de brotes que presentaban resinación abundante en el sitio del daño causado por polilla del brote (*Rhyacionia* spp.), aisló el hongo causante del cancro resinoso del 79% de los brotes dañados

que presentaban impregnación interna. Lo que indica, a juicio del autor, que existe algo más que una relación casual entre el daño de *Rhyacionia* spp. y la incidencia de la enfermedad. Es dudoso que la polilla disperse el hongo, debido a que la biología del insecto no se ajusta bien a la diseminación del patógeno, pero puede, en todo caso, jugar un rol indirecto estableciendo una vía de infección cuando ésta se alimenta de los brotes.

En estudios realizados para determinar la influencia de escarabajos de corteza (*Ips* spp., Coleoptera, Scolytidae), se determinó que *I. mexicanus* (Hopkins) e *I. paraconfusus* Lanier pueden transmitir el hongo que causa el cancro alquitranado y que larvas, pupas y adultos jóvenes pueden adquirir *F. subglutinans*, en el floema mientras el árbol está en condiciones de ser colonizado por los escarabajos, los que además pueden inocular trozas de pino, creando así un reservorio del patógeno (Fox et al. 1991).

Adultos de *Conophthorus radiatae* (Coleoptera, Scolytidae) y *Ernobius punctulatus* (Coleoptera, Anobiidae) adquieren el hongo de sus padres y pueden transmitir la enfermedad a conos sanos de *P. radiata*. *Pityophthorus* spp. (Coleoptera, Scolytidae) infesta ocasionalmente conos y estróbilos y pueden también actuar como vectores del patógeno (Hoover et al. 1996, citado por Storer et al. 1997).

Una transmisión interespecífica de inóculo ocurre entre *C. radiatae* y *E. punctulatus* y entre *E. punctulatus* y *Pityophthorus* spp., lo que puede incrementar el potencial de estos insectos para dispersar el patógeno a otras especies, debido a que *C. radiatae* ataca específicamente a *P. radiata*, pero *E. punctulatus* también infesta a

*Pseudotsuga menziessii*, *Pinus attenuata* y *P. ponderosa* (Hoover et al. 1996, citado por Storer et al. 1997).

Además de los insectos mencionados, se sabe o se sospecha que *Pityophthorus carmeli*, *P. setosus*, *P. pulchellus tuberculatus*, *P. nitidulus* e *Ips plastographus maritimus* son vectores del patógeno causante del cancro resinoso en la costa central de California (Fox et al. 1991, Dallara et al. 1995, Storer et al. 1995, Hoover et al. 1996, citados por Storer et al. 1997).

El patógeno ha sido aislado también de *Lasconotus pertenuis* y *L. nucleatus* (Coleoptera, Colydiidae), insectos asociados a *Pityophthorus* spp. (Dallara, 1995, citado por Storer et al. 1997).

Storer et al. (1998), demostró que el patógeno es transportado en la semilla de *P. radiata*. En el estudio realizado fue posible observar que en semillas infectadas, tratadas con hipoclorito de sodio al 1%, la frecuencia de aislamiento del patógeno disminuyó, lo que sugiere que los propágulos del hongo pueden ser transportados superficialmente en las semillas y pueden ser eliminados, o al menos significativamente reducidos por medio del tratamiento. En el mismo estudio, *F. subglutinans* f. sp. *pini* fue aislado de plantas aparentemente sanas y plantas enfermas, creciendo de semillas tratadas y no tratadas, incluyendo semillas provenientes de ramas que no presentaban síntomas. De aquí se obtuvo que existen tres tipos de infestación:

1. Propágulos superficiales del hongo, que pueden ser eliminados mediante tratamientos superficiales con hipoclorito de sodio.

2. Infestación no superficial, no eliminada por el tratamiento, pero detectable cuando la semilla es sembrada en un medio selectivo.

3. Infestación no superficial, no detectable en siembras en medios de cultivo y no eliminable por medio del tratamiento.

Los resultados de un estudio realizado en *P. patula* por Viljoen y Wingfield (1994), indican que el contacto de las plantas durante etapas tempranas de su desarrollo con *F. subglutinans* f. sp *pini* usualmente resultan en la muerte de todas las plantas. Por consiguiente, es posible asumir que el hongo no está presente o en contacto con las plantas en la naturaleza al momento de ser plantadas. Esto hace improbable que la corteza compostada utilizada como medio o las semillas por sí mismas, sean fuente primaria del inóculo. Las especies de *Fusarium* utilizadas como inóculo fueron reaisladas de las raíces enfermas y del suelo.

En estudios realizados en el año 1958, se observó que dentro de un rodal muchos árboles presentaron canchros resinosos en el ápice y ramas, mientras que en árboles cercanos no se observaron lesiones. Esto puede indicar que se presenta una variación en susceptibilidad árbol a árbol, al hongo o su vector, o una tendencia a la propagación altamente localizada (Bethune y Hepting 1963). Además se ha detectado que bosques maduros altamente densos, parecen mostrar más frecuentemente la enfermedad (Mc Cain et al. 1987).



### 3.8 Síntomas

La madera impregnada con resina, es la principal característica de diagnóstico usada para diferenciar el cancro alquitranado de otras enfermedades que producen cancro en pinos (Dwinell y Kuhlman 1997).

Los síntomas principales son la aparición de un cancro hundido en el tronco o ramas, que produce abundante resinación. La corteza es retenida, en tanto que la madera bajo el cancro se encuentra empapada con resina (Dwinell et al. 1985). La lesión se encuentra en la unión del tejido vivo y el muerto (Mc Cain et al. 1987).

A finales del verano, la parte superior de las copas presenta un marchitamiento de los brotes producidos y en otoño, acículas completamente desarrolladas se tornan de un color amarillo a café rojizo, que continúan apareciendo durante el invierno y la primavera (Dwinell et al. 1985).

Con excepción de las semillas, los tejidos infectados se impregnan con resina desarrollando un color miel característico (Dick 1998).

Cada uno de los síntomas puede ocurrir en varias especie de pino. Por ejemplo, canchros de troncos y ramas aparecen en *P. radiata*, *P. palustris*, *P. virginiana* y *P. strobus*. El marchitamiento ocurre principalmente en plantaciones de *P. elliotii* var *elliotii*, *P. taeda*, *P. echinata* y *P. radiata*. En México canchros en el tronco principal ocurren en *P. estevezi* y marchitamiento en *P. arizonica* var. *Stormiae* y en Japón, *P. luchuensis* presenta marchitez y canchros en el tronco principal (Dwinell y Kuhlman 1997).

En *P. taeda* es posible observar frecuentemente micelio en las superficies externas de conos deteriorados. Algunos de los conos infectados presentan una punta necrótica caracterizada por bolsillos de resina internos (Dwinell et al. 1985).



### 3.9 Estrategias de control

Debido a que las irrupciones de la enfermedad han sido únicas en cada sitio, no se ha desarrollado una estrategia de manejo para eliminar o disminuir la amenaza del cancro alquitranado (Dwinell y Kuhlman 1997).

En cualquier lugar en que el cancro alquitranado no esté presente, los esfuerzos deben estar dirigidos a reducir la posibilidad de ingreso accidental (Storer et al. 1997). Para ello se han identificado cinco posibles vías de entrada del patógeno: Plantas vivas, semillas, madera y productos del bosque, insectos contaminados y vehículos y equipos usados (Dick 1998).

Semillas de California, así como de cualquier lugar en que se encuentre presente el patógeno causante del cancro alquitranado, deben ser consideradas contaminadas. Además, el transporte de material infectado, incluyendo semillas, conos, plantas, leña y trozas puede proveer amplias oportunidades de dispersión al patógeno (Storer et al. 1997).

El control químico y biológico, la selección genética para resistencia y las prácticas culturales deberían ser considerados para un acercamiento al manejo integrado (Dwinell y Kuhlman 1997).

Un control químico podría ser posible cuando el agente dispersor es un insecto y el control biológico no ha sido promisorio. Por otro lado la variación en la incidencia de *F. subglutinans* es muy común entre clones de huertos

semilleros, por lo que la selección genética para lograr resistencia es posible (Dwinell y Kuhlman 1997).

En estudios realizados aplicando Carbofurano y Thiabendazole, en *P. taeda* con daño por polilla del brote (*Rhyacionia* spp.) y atacados por *F. subglutinans*, en Carolina del Norte, se determinó que el carbofurano reduce la infección de ramas terminales y el daño ocasionado por polilla y que las plantas tratadas tienen un significativo aumento de altura en relación a aquellas a las que no se aplicó el insecticida. Por otro lado, múltiples aplicaciones de Thiabendazole disminuyeron considerablemente el porcentaje de ramas terminales infectadas y la altura también resultó ser mayor en comparación con plantas sin tratar, pero la aplicación no afectó el daño ocasionado por polilla (Runion et al. 1993).

La incidencia del cancro alquitranado en el sudeste de Estados Unidos ha sido reducida mediante prácticas de manejo forestal, minimizando el daño en la corteza durante operaciones de poda o colección de semillas, para disminuir de esta manera heridas que puedan servir como vías de infección (Dwinell et al. 1985, citado por Storer et al. 1997).

En el oeste de Estados Unidos, los insectos tienen un rol obvio en la dispersión de la enfermedad, pero los esfuerzos por reducir su población probablemente no tengan mucho efecto, debido a que controles químicos, biológicos o culturales sobre los escarabajos en grandes áreas es poco práctico (Storer et al. 1997).

En áreas altamente afectadas por el cancro resinoso, una población residual de aproximadamente un 15% de *P. radiata* permanece libre de síntomas. Estos árboles pueden no ser atractivos para los vectores o ser resistentes al patógeno por sí mismos, o ambos. Tal vez la mayor esperanza de reducir el efecto de la enfermedad, es identificar y desarrollar variedades de pino resistentes (Storer et al. 1997).

En áreas donde no se ha detectado la enfermedad, es importante entender la biología de los potenciales vectores del patógeno. Por ello, insectos que no han sido estudiados anteriormente a causa de su bajo impacto ambiental y económico en el oeste de Estados Unidos (por ejemplo *Pityophthorus* spp.) se han vuelto objeto de programas orientados a entender su rol en la epidemiología del cancro resinoso (Storer et al. 1997). Este es un punto importante en países en los que *P. radiata* es un recurso importante, como Chile y Nueva Zelanda con más de un millón de hectáreas plantadas respectivamente, Australia con 500.000 ha, España con 250.00 ha y Sudáfrica con 50.000 ha (Lewis y Ferguson, 1993, citado por Storer et al. 1997).

#### IV DISCUSION

*Fusarium subglutinans* f sp. *pini* es detectado por primera vez en 1945, atacando *Pinus virginiana* en el sudeste de Estados Unidos (Hepting y Roth, 1946) y no hay mención de epifitias sino hasta 1974 (Dwinell et al. 1985), fecha desde la cual se ha mantenido en niveles considerados normales.

En 1996 el patógeno que se había establecido en California en 1986, alcanza la península de Monterey causando alarma en la población debido al marchitamiento masivo de ápices y la resinación excesiva de los fustes en los rodales nativos de *P. radiata* existentes en la zona (Barnum A. 1996).

Basado en la incidencia de árboles enfermos y en el tamaño de la lesión, *P. radiata* aparece como una especie extremadamente susceptible al cancro resinoso (Gordon et al, 1998) y debido a que esta especie constituye el principal recurso maderable del país, la amenaza de ingreso del patógeno causante de esta enfermedad constituye un tema de importancia.

La susceptibilidad de *P. radiata* preocupa a nivel mundial, países como Australia (Eldridge K. 1995) y Nueva Zelanda (Dick M. 1998) han realizado análisis de su situación, como países en los que el pino radiata es importante. En Sudáfrica, se detectó el agente en viveros forestales, pero no se han presentado síntomas en plantaciones (Viljoen et al. 1994).

La ocurrencia de algunos canchros y de resinación en algunas plantaciones llevaron a que en 1982 y 1983, el Centro

Regional de Recolección y Diagnóstico (CRRD) de la Universidad de Concepción y CONAF VIII región, organizaran una prospección específica para *F. subglutinans* f. sp. *pini* en plantaciones en la precordillera andina, zona de Arenales y Cordillera de Nahuelbuta, sin encontrar evidencia del patógeno<sup>1</sup>(González G., Com. Pers.).

Más recientemente y ante la información sobre el avance del cancro resinoso en los rodales naturales y plantaciones de pino radiata en California, las empresas forestales chilenas se han preocupado de una eventual vulnerabilidad de las plantaciones en el país, así lo demuestra la participación de CPF y Bioforest S.A. en la Reunión de Trabajo IMPACT, realizada en 1998 en Monterey, California.

Dick y Bain han identificado cinco posibles vías de ingreso a un país: semillas, insectos, madera y productos derivados, material de plantas vivas y equipo y maquinaria forestal usado(Gordon et al,1998).

En Chile las vías de ingreso enunciadas son controladas por el Servicio Agrícola y Ganadero(SAG), que se encarga de establecer las regulaciones necesarias para evitar el ingreso de plagas fitosanitarias. En forma específica, el ingreso de semillas está sujeto a estrictas normas e inspecciones y con fecha 14 de marzo de 1997, el SAG emitió la resolución de que la totalidad de las partidas de semillas de coníferas de los géneros *Pinus* y *Pseudotsuga* provenientes de América del Norte (Canadá, EEUU y México), deberán ser retenidas mientras se someten a análisis fitopatológico entre un 3 y un 5 % de semillas por lote, a

---

<sup>1</sup>González, G. 1999. Profesor de Fitopatología Forestal, facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

objeto de detectar su posible infección con *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*. Si el análisis indica que las semillas se encuentran infectadas, no será autorizado su ingreso al país, debiendo ser éstas destruidas o reexportadas (SAG, 1997).

Respecto al las demás vías de ingreso, también existen restricciones que prohíben el ingreso al país de insectos u otros organismos vivos que directa o indirectamente puedan causar daños a plantas o productos vegetales. Para autorizar el ingreso de maderas aserradas y en trozas, éstas deben venir completamente libres de corteza u otro resto vegetal que pueda transportar plagas y debe venir sin galerías provocadas por insectos. Además, la partida debe ser sometida a tratamientos de fumigación adecuados y venir acompañada del certificado fitosanitario oficial del país de origen.

Los insectos juegan un papel importante en la enfermedad, ya sea como vectores o como agentes productores de heridas que facilitan el ingreso de *F. subglutinans* f. sp. *pini* a la planta. Estudios realizados han demostrado que insectos correspondientes a las familias Scolytidae y Anobiidae, ambas pertenecientes al orden Coleoptera (Hoover et al. 1995), están asociados a la enfermedad como vectores y especies del género *Rhyacionia* (Lepidoptera: Tortricidae), se asocian como causantes de daños que actúan como vía de ingreso del patógeno (Matthews 1962).

En Chile no están presentes las especies de coleópteros estudiadas, sin embargo, existen insectos pertenecientes a las mismas familias, que potencialmente podrían favorecer el ingreso del patógeno o ser vectores, como *Rhyacionia*



*buoliana* (Lepidoptera, Tortricidae) e *Hylastes ater*, *Hylurgus ligniperda* y *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Scolytidae).

Las posibilidades de control químico que se han revisado han sido realizadas con Carbofurano y Thiabendazole, este estudio arrojó como resultado disminuciones en la incidencia de la enfermedad, pero pese a ello, estas reducciones no son consideradas suficientes para garantizar su aplicación (Runion et al. 1993).

Estudios realizados por Bethune y Hepting(1963) evidencian una variación en susceptibilidad entre individuos dentro de un mismo rodal, lo que indica que el mejoramiento genético puede ser una interesante medida para tratar de disminuir la incidencia del patógeno. En Chile, Forestal Arauco y Forestal Mininco han establecido bancos de conservación de genes y test de procedencia de progenie, como miembros de la CAMCORE (Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative), con el objetivo de estimar la resistencia al cancro resinoso en plantaciones comerciales de *P. radiata* del país(Hodge, 1998)

Para el reconocimiento del patógeno, la caracterización de razas usando test de patogenicidad y cruzamientos con razas "tester" es posible, pero constituye un trabajo tedioso que requiere mucho tiempo. Es por ello que la atención se ha centrado en buscar herramientas eficientes, como el uso de archivos RFLP derivados de polimorfismos de restricción de enzimas de la secuencia de los genes histona H3 y H4, que provee un rápido, efectivo y eficiente método para identificar un gran número de aislamientos extraídos de pino (Wingfield et al, 1998).

## V CONCLUSIONES

*Fusarium subglutinans* agente causal del cancro resinoso del pino, ataca a numerosas especies del género *Pinus*, originando en muchas de ellas severas pérdidas al afectar la calidad del fuste y el volumen de madera.

En base a resultados obtenidos en diversos estudios, *Pinus radiata* ha resultado ser una especie altamente susceptible a *F. subglutinans* f. sp. *pini*.

El ingreso de *F. subglutinans* al país podría afectar severamente la producción de madera u otros productos basados en *P. radiata*.

Actualmente el Servicio Agrícola y Ganadero ha tomado las medidas necesarias para evitar el ingreso de la enfermedad, añadiendo a las normas fitosanitarias generales existentes algunas específicas para *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*. Sin embargo, debido a que los propágulos en las semillas no siempre son detectables en siembras en medios de cultivo, el mejor sistema de control debiera ser el prohibir la importación de semillas desde áreas en las que exista la enfermedad.

La eventual detección en el país de insectos considerados como vectores de *F. subglutinans*, debe ser seguida de una inmediata prospección de las plantaciones en el área de detección.

La posible presencia de *F. subglutinans* en viveros como uno de los géneros asociadas al damping off, debe ser examinada identificando con precisión las especies existentes.



**VI RESUMEN**

El cancro resinoso, causado por el hongo *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*, se ha convertido en una enfermedad de gran preocupación para países que cultivan *P. radiata* en forma comercial y Chile es uno de ellos. La característica más relevante de la enfermedad, es la aparición de canchros cubiertos y ligeramente hundidos que producen resinación abundante en el tronco o las ramas.

Este cancro causa malformaciones en el fuste, disminución del crecimiento, reducción de la producción y calidad de semillas y muerte de árboles.

El inóculo puede ser transportado por viento, lluvia, insectos, material vegetal, semillas y herramientas utilizadas para faenas de poda, raleo y cosecha de conos.

Chile aún está libre del patógeno, por lo que es importante tratar de impedir su ingreso, prohibiendo la importación de materiales que puedan transportar el inóculo, desde países en los que se ha detectado la enfermedad y en caso de establecerse en el país, deberán realizarse estudios para evaluar la posibilidad de dispersión mediante vectores presentes en el país como *Rhyacionia buoliana*, *Hylurgus ligniperda* e *Hylastes ater*.

## VII SUMMARY

The pitch canker, caused by the fungus *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*, has become a disease of great concern in countries where *P. Radiata* is the main species cultivated, and Chile is one of them. The most relevant symptom is a covered and sunken canker, that produce abundant pitch flow in the stem or branches.

This canker causes stem deformations, reduced growth, reduced seed quality and production and tree mortality.

The inoculum may be carried by wind, rain, insects, vegetative material, seed and tools that are utilized to pruning, thinning and cone harvest.

Chile is still free of this pathogen, therefore is important try to minimize the risk of introduction, forbidding the importation of materials that can carry the inoculum, from countries in wich the disease has been detected.

## VII BIBLIOGRAFIA

- Balocchi, C., Ahumada, R., Ramirez, O. 1998. Present and future of Radiata Pine in Chile. En Devey, M., Matheson, C. y Gordon, T. (ed). Current and Potential impacts of Pitch Canker in Radiata Pine. CSIRO, Forestry and Forest Products. Technical Report N° 112:1-5.
- Barnum, A. 1996. Deadly Virus Threatens Monterey Pines. The Chronicle. December 26, 1996.
- Bethune, J.E., and Hepting, G.H. 1963. Pitch canker damage to south Florida slash pine. J. Forest. 61:517-519, 522.
- Correll, J.C., Gordon, T.R., McCain, A.H., Fox, J.W., Koehler, C.S., Wood, D.L., Schultz, M.E. 1991. Pitch canker disease in California: pathogenicity, distribution, and canker development on Monterey pine (*Pinus radiata*). Plant disease 75: 7. 676-682.
- Dick, M. 1998. Pine pitch canker-the threat to New Zealand. New Zealand Forestry.42:4, 30-34.
- Dwinell, L.D. 1978. Susceptibility of Southern Pines to infection by *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Plant Disease Reporter 62:108-111.
- Dwinell, L.D., Barrows-Broadus, J.B., Kuhlman, E.G. 1985. Pitch Canker: A Disease Complex of Southern Pines. Plant Disease 69:270-276.

- Dwinell, L.D., Kuhlman, E.G. 1997. Pitch Canker. En Hansen, E.R. y Lewis, K.J. (ed). Compendium of Conifer Diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA:45-46.
- Dwinell, L.D. 1998. Global distribution of the Pitch canker Fungus. En Devey, M., Matheson, C. y Gordon, T. (ed). Current and Potential impacts of Pitch Canker in Radiata Pine. CSIRO, Forestry and Forest Products. Technical Report N°112:54-57.
- Eldridge K.G.1996.Pitch Canker-Assessing the risk in Australia. Inst. For. Aust. Newsl. 36:9-13.
- Fox, J.W., Wood, D.L., Koehler, C.S., O'Keefe, S.T. 1991. Engraver beetles (Scolytidae: *Ips* species) as vectors of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans*. Canadian Entomologist 123: 6, 1355-1367.
- Gordon, T.R., Wikler, K.R., Clark, S.L., Okamoto, D., Storer, A.J., Bonello, P. 1998. Resistance to pitch canker disease, caused by *Fusarium subglutinans* f. Sp. Pini, in Monterey pine (*Pinus radiata*). Plant Pathology 47: 706-711.
- Guerra-Santos, J. 1998. Pitch canker on Monterey Pine in Mexico. En Devey, M., Matheson, C. y Gordon, T. (ed). Current and Potential impacts of Pitch Canker in Radiata Pine. CSIRO, Forestry and Forest Products. Technical Report N°112:58-61.

- Shepting, G.H., Roth, E.R. 1946. Pitch canker, A New Disease of some Southern Pines. Journal of Forestry 44:742-744.
- Hepting, G.H., and Roth, E.R. 1953. Host relations and spread of the pine pitch canker disease. (Abstr.) Phytopathology 43:475.
- Kuhlman, E.G., Dwinell, L.D., Nelson, P.E., Booth, C. 1978. Characterization of the *Fusarium* causing pitch canker of southern pines. Mycologia 70:1131-1143.
- Matthews, F.R. 1962. Pitch canker - tip moth damage association on slash pine seedlings. J. Forest. 60:825-826.
- Mc Cain, A.H., Koehler, S.K., Tjosvold, S.A. 1987. Pitch canker threatens California Pines. California Agriculture 41:22-23.
- Muramoto, M., Dwinell, L.D. 1990. Pitch canker of *Pinus luchuensis* in Japan. Plant Disease 74: 7, 530.
- Runion, G.B., Cade S.C., Bruck, R.I. 1993. Effects of carbofuran and thiabendazole on incidence of pitch canker of loblolly pine. Plant Disease 77: 2, 166-169.
- Storer, A.J., Gordon T.R., Wood, D.L., Bonello, P. 1997. Pitch canker disease of pines: current and future impacts. Journal of Forestry 95: 12, 21-26.



- Storer, A.J., Gordon, T.R., Clark, S.L. 1998.  
Association of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*, with monterey pine seeds and seedlings in California. *Plant Pathology* 47: 5, 649-656.
- Viljoen, A., Wingfield, M.J., Marasas, W.F. O. 1994.  
First report of *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* on pine seedlings in South Africa. *Plant Disease* 78: 3, 309-312.

