

# IMPACTO DE *Phellinus pini* (Brot.) Bondartsev & Singer EN BOSQUES DE *Pinus greggii* Engelm. DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

## IMPACT OF *Phellinus pini* (Brot.) Bondartsev & Singer IN *Pinus greggii* Engelm. FORESTS OF NUEVO LEON STATE

José G. Marmolejo<sup>1</sup>, Heriberto Méndez Cortés<sup>1</sup> y César Cantú A.<sup>1</sup>

### RESUMEN

*Phellinus pini* es un hongo ampliamente distribuido en el hemisferio norte, el causante de la pudrición roja anular y el más importante que afecta a los árboles en pie de las pináceas. En años recientes se ha detectado la muerte de muchos ejemplares de *Pinus greggii* en el municipio de Santiago, N. L., lo que se atribuye a la acción de este organismo, con el consecuente deterioro de la masa arbolada del Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Por esto, y debido al valor de los bosques de pino en el Estado, se plantearon como objetivos de estudio la determinación del impacto de *Phellinus pini*, su asociación con algunas variables silvícolas y la estimación del turno patológico. Se establecieron parcelas de muestreo circulares en varias localidades; se evaluó la presencia de pudrición mediante la toma de muestras por medio del taladro de Pressler y su posterior cultivo en cajas Petri en laboratorio. Se tomaron las variables silvícolas de todos los árboles muestreados para determinar los factores que favorecen la incidencia del agente causal y, por último, el turno patológico. La edad fue la variable de mayor correlación, que se confirma con los individuos de edad avanzada, sobre los cuales se advirtió el mayor daño. La incidencia y severidad fue de 11.66 y 12.3% respectivamente; el turno patológico propuesto es de 50 años.

**Palabras clave:** Incidencia, *Phellinus pini*, *Pinus greggii*, pudrición blanca, turno patológico, variables silvícolas.

### ABSTRACT

*Phellinus pini* is widely distributed in the Northern Hemisphere, causes the red ring rot and is the most important agent that affects softwood trees. In recent years the death of many *Pinus greggii* examples has been detected in Santiago Municipality, Nuevo Leon State, which has been linked to it, with the resulting tree mass deterioration of the Monterrey Heights National Park. Thus, and due to what forests are worth in the State, the following objectives were proposed for this study: to determine the impact of *Phellinus pini*, its association with some forestry variables and the pathological rotation age. Circular sampling lots were placed in various locations; rottenness was assessed through samples taken by a Pressler borer, and its eventual laboratory cultivation in Petri boxes. Forestry variables were taken from all the sampled trees to determine the factors that favor the incidence of this pathogen and, finally, the pathological rotation age. Age was the highest correlation variable, which was confirmed with the eldest examples, over which the most severe damages were observed. Incidence and severity were 11.66 and 12.3%, respectively; the pathological rotation age was 50 years.

**Key words:** Disease incidence, *Phellinus pini*, *Pinus greggii*, white rot, pathological rotation age, forestry variables.

Fecha de recepción: 16 de mayo de 2011

Fecha de aceptación: 4 de agosto de 2011

### INTRODUCCIÓN

Los bosques de coníferas son frecuentemente atacados por organismos patógenos que se convierten en plagas y causan enfermedades que reducen el rendimiento de la producción de madera en pie. Entre ellos, los hongos inciden sobre la raíz, el fuste, las ramas y las hojas, provocando graves problemas.

### INTRODUCTION

Evergreen or coniferous forests are frequently attacked by pathogenic organisms that become plagues and generate diseases that reduce the yield of wood production. Among them, fungi act in the root, stem, branches and leaves, causing serious problems.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo-e: jmarmole@gmail.com.

Aun cuando muchas especies de ellos están adaptadas a vivir en pinos vivos, *Phellinus pini* (Brot.) Bondartsev & Singer (syn: *Fomes pini* (Thore) P. Karst.), está ampliamente distribuido en el hemisferio norte y es el responsable de la pudrición roja anular, y de la de árboles en pie en las pináceas (Haddow, 1938).

Esta especie es muy ubicua y tiene presencia cosmopolita (Blanchette, 1980), aunque Fisher (1994) asegura que no existe en Norteamérica. Se le ha identificado en asociación con más de 100 especies de aciculares (Larsen y Melo, 1996).

*P. pini* debe su éxito de colonización a su capacidad para degradar y mineralizar la lignina, prefiriendo las traqueidas de otoño por ser las más lignificadas (Blanchette, 1980); también lo hacen con la celulosa y la hemicelulosa en etapas avanzadas (Blanchette *et al.*, 1987), para lo cual estos hongos poseen un complejo de enzimas oxidasas y peroxidasas que usan para romper esas uniones complejas (Leandro *et al.*, 2003), ocasionando con ello una oxidación de los azúcares debido a la ruptura de estas moléculas (Rodríguez, 1998).

Este tipo de hongos se desarrolla con más frecuencia en árboles viejos (Basham y Morawsky, 1964); sin embargo, se registraron pudriciones en *Pinus banksiana* Lambert a los diecisiete años de edad (Blanchette, 1982). Esto se explica por la formación de duramen existente en el árbol, que varía según la especie; en algunas se inicia en los primeros años, mientras que en otras sólo se produce cuando alcanzan mayor edad o diámetros de cierta envergadura.

Por otra parte, la variación del diámetro del duramen aumenta desde la base del árbol hacia el DAP, para luego decrecer con la altura del fuste, lo que no siempre es posible advertir (Díaz-Vaz, 2003). La degradación del duramen puede ser tanto hacia arriba como hacia abajo de donde fue el punto de entrada del hongo, mientras que la pudrición en la albura es relativamente limitada (Basham, 1975).

García y Montero (1998) hicieron notar la escasez de trabajos sobre los factores que influyen sobre la incidencia de *P. pini*, y mencionan la edad, la altura, el área basal y el índice de sitio como los más relacionados con este tipo de pudrición.

En México, aunque se reconoce la importancia de *P. pini*, ningún estudio se ha hecho que detalle los síntomas, signos, impacto y manejo de los rodales afectados. Los hasta ahora conocidos sólo se han limitado al conocimiento de su distribución, teniendo registros bibliográficos en los estados de Hidalgo, Morelos, Nuevo León, Valle de México y Veracruz, aunque su distribución pudiera ser más amplia (Bandala *et al.*, 1993).

Even when many species of them are adapted to live in live pines, *Phellinus pini* (Brot.) Bondartsev & Singer (syn: *Fomes pini* (Thore) P. Karst.), is widely distributed in the North hemisphere and is responsible for the red ring rot and that of the stand-up trees of softwoods (Haddow, 1938).

This is a very ubiquitous and cosmopolitan species (Blanchette, 1980), even when Fisher (1994) assures that it does not exist in North America. It has been found in association with more than 100 species of needle-leaf species (Larsen and Melo, 1996).

*P. pini* colonization success is due to its ability to degrade and mineralize lignine, preferring autumn tracheids as they are more lignified (Blanchette, 1980); they also do with cellulose and hemicelluloses in advanced stages (Blanchette *et al.*, 1987), for which these fungi have a oxidase and peroxidase enzymes to break these complex unions (Leandro *et al.*, 2003), provoking an oxidation of sugars from the rupture of these molecules (Rodríguez, 1998).

This kind of fungi develops more frequently over old trees (Basham and Morawsky, 1964); however, rottenness were recorded on *Pinus banksiana* Lambert at 17 years old (Blanchette, 1982). This might be explained by the formation of heartwood in the tree, that varies according to the species; in some of them, it starts in the first years, while in others it only happens when they get older or attain diameters of some magnitude.

On the other hand, the variation of the diameter of heartwood increases from the base of the tree towards DBH, and becomes slender again as the stem gets taller, which is not easy to notice (Díaz-Vaz, 2003). The decrease of heartwood might be upwards or downwards from the point of entrance of the fungus, while the rottenness of sapwood is rather limited (Basham, 1975).

García and Montero (1998) underlined the lack of papers about the factors that influence the incidence of *P. pini*, and mention that those with greatest association to this kind of rottenness are age, height, basal area and site index.

Even if the importance of *P. pini* is acknowledged in Mexico, there is not a research study that details symptoms, signs, impact and management of the affected stands. Those known at present have been limited to distribution, with document records in the States of Hidalgo, Morelos, Nuevo Leon, Veracruz as well as in Valle de Mexico, even if it has a broader location (Bandala *et al.*, 1993).

In recent years, dead *Pinus greggii* trees Engelm. have been observed in Santiago Municipality, Nuevo León State, with the consequential severe damages to the tree mass; this is a very

En los últimos años se ha detectado la muerte del arbolado de *Pinus greggii* Engelm. en el municipio de Santiago, N L con los consecuentes graves daños a la masa arbolada, que es muy significativo porque esta es una especie de gran importancia ecológica en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. La causa de la mortalidad se atribuye a este hongo. Es por esto, y debido al valor de los bosques de pino en el estado, que los objetivos del estudio fueron la determinación del impacto de *Phellinus pini*, su asociación con algunas variables silvícolas y la estimación del turno patológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se delimitaron 120 parcelas circulares siguiendo el método propuesto por García y Montero (1998); que considera un diámetro de la parcela variable, pero que incluya 20 árboles. Cada una de ellas fue georreferenciada con la ayuda del GPS Margellan Triton 400, además se anotó la altura sobre el nivel del mar, exposición, fecha y pendiente con equipo convencional de medición.

De cada árbol se tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura e inspección visual de su condición física, y se anotó la presencia de basidiocarpos, puntas rotas o muertas, bifurcadas, ramas muertas, cicatrices y resinaciones.

Dentro de cada parcela se sortearon al azar cinco árboles de cada uno de los cuales se obtuvieron dos muestras con el taladro de incremento (de Pressler Haglóf de 5.15mm/450 mm). Una de ellas fue tomada a 0.3 m y la otra a la altura del pecho (1.3 m); con este material se determinó la edad y el nivel de pudrición.

Se recolectaron los basidiocarpos que estaban creciendo sobre árboles vivos dentro de la parcela y se fotografiaron los signos y los síntomas.

Para tener la certeza de la presencia de *P. pini*, se analizaron las muestras obtenidas a 0.3 m, las cuales fueron debidamente etiquetadas y llevadas al Laboratorio de Patología y Micología Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL para su procesamiento. Por cada muestra (viruta) se extrajeron seis submuestras a lo largo de ésta y se aislaron en dos cajas Petri con extracto de malta agar al 2%. Las cajas se mantuvieron en incubación por el tiempo necesario hasta la obtención de un desarrollo adecuado de las colonias. La identificación se realizó siguiendo las técnicas rutinarias en micología, tomando en cuenta las estructuras morfológicas, su crecimiento en medio de cultivo y la literatura especializada correspondiente (Gilbertson, 1974; Gilbertson y Ryvarde 1986, 1987; Marmolejo *et al.*, 1981). Dicha bibliografía se usó, igualmente, para determinar a los hongos recolectados en campo, después de haberlos deshidratado y herborizado. Se hicieron cultivos de referencia en extracto de malta agar al 2% para compararlos con los cultivos obtenidos.

significant fact as this species is very important for ecological matters in Monterrey Heights National Park. The death of the trees has been attributed to this fungus. Thus, and from the great appreciation for this type of forests in the State, the aims of the actual study were to determine the impact of *Phellinus pini*, its relation to forestry variables and the assessment of the pathological rotation age.

## MATERIALS AND METHODS

For this study, 120 circular plots were demarcated following García and Montero's (1998) method, which considers a variable diameter of each parcel, but that it includes 20 trees. Each one of the plots was located with a GPS; the following data were added: altitude, hillside, date and slope with conventional measurement equipment.

From each tree were taken DBH, total height and visual inspection of its physical condition, and the presence of basidiocarps, broken or dead tips, bifurcations, dead branches, scars or resin formations were recorded too.

Inside each plot were selected five trees at random, from which two samples were obtained by means of a Pressler borer. One of them was taken at 0.3 m and the other one at breast height (1.3 m); they were used to determine age and degree of rottenness.

The basidiocarps growing on live trees in the lot were collected and their signs and symptoms were photographed.

In order to be sure of the presence of *P. pini*, the samples taken at 0.3 m were analyzed, which were duly labeled and taken to the lab for their processing. For each sample (core) six subsamples were taken along it and were isolated into two Petri boxes that contained malt agar at 2%. The boxes were incubated for the necessary time to get the right development for the colonies. Identification was accomplished by means of the regular mycological techniques, taking into account the morphological structures, their growth in cultivation media and specialized literature (Gilbertson, 1974; Gilbertson and Ryvarde 1986, 1987; Marmolejo *et al.*, 1981). This bibliography was used, as well, to determine the identification of the fungi recollected at the field from their macro and microscopic structures, after they were dried and herborized. Reference cultivations were made over malt agar at 2%, in order to compare them with the cultures obtained.

The combined information was used to quantify the disease through incidence and severity. Incidence is defined as the number of plant units that are visually sick, generally, in regard to the total assessed number (Madden and Hughes, 1995); it is calculated as per cent or relation of sick plants in a sample or population, starting from the assessment

La información conjunta se empleó para cuantificar la enfermedad mediante la incidencia y severidad. La incidencia se define como el número de unidades de la planta que están visiblemente enfermas, por lo general en relación al número total evaluado (Madden y Hughes, 1995); se determina mediante porcentajes o proporción de plantas enfermas en una muestra o población, partiendo de la evaluación de parámetros sintomatológicos a nivel individual, tales como: hojas cloróticas, desecación apical, presencia de basidiocarpos y la resinación producida, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{Número de plantas o partes de plantas afectadas} \times 100}{\text{Número total de plantas o partes de plantas observadas}}$$

La severidad determina el nivel de intensidad de una crisis fitopatológica con el fin de estimar la efectividad de las prácticas de manejo del problema para toma de decisiones (Nutter *et al.*, 1993). Esta severidad expresa la proporción del tejido afectado por la enfermedad y se obtiene mediante la observación de las muestras sacadas a 1.3 m. Con este dato y mediante una escala de severidad propuesta por García y Montero (1998), se conoció el grado en que estaban dañados esos árboles (Cuadro 1). Con estos datos, se aplicó la siguiente fórmula para calcular esa proporción:

$$\text{Severidad (S) (\%)} = \frac{\text{Sumatoria (Número de plantas} \times \text{cada grado de afectación)} \times 100}{\text{Número de plantas evaluadas} \times \text{grado mayor}}$$

Cuadro 1. Escala de severidad para *Phellinus pini* (García y Montero, 1998).  
Table 1. Severity scale for *Phellinus pini* (García and Montero, 1998).

Nivel	Características
0	Ausencia de ataque.
1	Ataque incipiente. La pérdida de lignina afecta únicamente a los anillos más internos, sin que se desborne la muestra.
2	Ataque intermedio. La infección no rebasa la mitad interna del radio, aunque los anillos centrales pueden estar convertidos en aserrín.
3	Ataque intenso. Sólo se mantienen sanos los anillos más exteriores.

Para determinar las variables independientes asociadas a la pudrición blanca, se tomaron en cuenta el diámetro, la altura, la edad y la calidad de sitio de las parcelas. La edad se estimó mediante el conteo de anillos de las muestras tomadas a 1.3 m. Los datos obtenidos fueron procesados y analizados estadísticamente por medio de análisis de regresión utilizando el programa Statistica (7.1) (StatSoft, 2005).

Las variables altura, diámetro y edad se analizaron mediante el modelo de regresión lineal simple, mediante el método de mínimos cuadrados para determinar el coeficiente de correlación, de determinación, error estándar absoluto y el

of symptomatological parameters at an individual level, such as: chlorotic leaves, apical desiccation, basidiocarps and resin formation, using the following formula:

$$\text{Incidence (I)} = \frac{\text{Number of plants or parts of damaged plants} \times 100}{\text{Total Number of plants or parts of observed plants}}$$

Severity determines the degree of intensity of a phytopathologic problem in order to estimate the effectiveness of the management of the problem to make decisions (Nutter *et al.*, 1993). This severity expresses the proportion of affected tissue by disease and is determined by the visual observation of the samples obtained at 1.3 m. With this number and through the severity scale proposed by García and Montero (1998), the degree of damage of these trees was known (Tabla 1). With this data, the following formula was applied to calculate that relation:

$$\text{Severity (S) (\%)} = \frac{\text{Sum (Number of plants} \times \text{each degree of damage)} \times 100}{\text{Number of assessed plants} \times \text{highest degree}}$$

To determine the independent variables associated to White speck, tree diameter, height, age and site quality were taken into account in each of the lots. Age was estimated by counting the tree-rings of the samples taken a 1.3 m. The resulting data were processed and statistically analyzed by a regression analysis using the 7.1 Statistica program (Statsoft, 2005).

Height, diameter and age variables were analyzed by the simple linear regression model, by the minimum square method to determine the correlation coefficient, determination coefficient, absolute standard error and percentage error. The simple linear model that was used was the following:

$$Y = \alpha + \beta X$$

Where:

- Y = incidence of disease
- X = Variable of interest

porcentual. El modelo lineal simple utilizado fue el siguiente:

$$Y = \alpha + \beta X$$

Donde:

- Y = incidencia de la enfermedad
- X = Variable de interés
- $\alpha$  = Intercepción al origen
- $\beta$  = Pendiente de la recta

Se construyeron curvas anamórficas de índice de sitio con el objetivo de establecer la capacidad productiva de estos bosques y la relación que tiene con la pudrición blanca. Esta capacidad está en función de la edad y altura de los árboles y para ello se utilizaron cuatro modelos matemáticos no lineales descritos por Kiviste et al. (2002), y se eligió aquel que tuviera mayor ajuste con base al cuadrado medio residual, coeficiente de determinación, desviación estándar residual y coeficiente de variación. Los modelos fueron los siguientes:

Korsun	$h = \exp(\alpha + \beta_1 \ln(t) + \beta_2 \ln(t)^2)$
Schumacher	$h = \exp(\alpha + \beta_1 t - 1)$
Logarítmica	$h = \alpha + \beta_1 \ln(t)$
Van Laar	$h = \exp(\alpha + \beta_1/t + \beta_2/t^2)$

Donde:

- h = altura
- t = años
- exp = exponente
- $\alpha + \beta$  = parámetros del modelo

El turno patológico se define como la edad a la cual el árbol pierde lo mismo por pudrición de la madera que lo que gana por incremento anual. Para calcularlo fue necesario tomar en cuenta la severidad presentada a nivel individual, con la finalidad de conocer la proporción de árboles con daño en las diferentes categorías de edad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al hacer las comparaciones entre las colonias de las submuestras y aquellas que provenían de los basidiocarpos, se observó que *Phellinus pini* es el agente causal de la pudrición y mortandad de los árboles de *Pinus greggii*, y se determinó que las colonias fueron iguales morfológicamente. Se identificó un caso en el cual *Phellinus chrysoloma* (Fr.) Donk estaba generando una pudrición central, pero no representó un problema económico para esos bosques.

$\alpha$  = Interception at the origin

$\beta$  = Slope of the straight line

Site index anamorphic curves were constructed with the aim of determining the productive ability of these forests and its relation with White rotteness. This potential is linked to age and tree height, and thus, four mathematical non-linear models described by Kiviste et al. (2002) were used, and it was selected that which had the greatest fit based upon the residual mean square, coefficient of determination, residual standard deviation and coefficient of variation. The models that were used are the following:

Korsun	$h = \exp(\alpha + \beta_1 \ln(t) + \beta_2 \ln(t)^2)$
Schumacher	$h = \exp(\alpha + \beta_1 t - 1)$
Logarithmic	$h = \alpha + \beta_1 \ln(t)$
Van Laar	$h = \exp(\alpha + \beta_1/t + \beta_2/t^2)$

Where:

- h = height
- t = years
- exp = exponential
- $\alpha + \beta$  = parameters of the model

Pathological rotation age is defined as the age at which the tree loses as much from wood rotteness as it gains by annual increment. In this sense, it was necessary to take into account the severity that each individual showed, and thus, to know the amount of trees with damages in different age categories.

## RESULTS AND DISCUSSION

When comparisons were made among the colonies of the subsamples and those that came from basidiocarps, it was observed that *Phellinus pini* is the causing agent of the rotteness and death of *Pinus greggii* trees and it was found that the colonies were morphologically the same. A case where *Phellinus chrysoloma* (Fr.) Donk was generating a central rotteness was detected, but it was not an economic problem for those forests.

Incidence was different among lots, with an average of 11.66%. Trees under 30 years old did not show any damages at all; however, as age increased so did the incidence, which reached 25% in 50 to 60 year-old trees (Figure 1).

The severity of the attack by *Phellinus pini* in *Pinus greggii* trees was similar to the incidence; it provoked a 12.38% loss of wood from standing trees from the damage inflicted to the heartwood of the most internal tree-rings. Trees under 30 years

La incidencia fue diferente entre parcelas, de 11.66 %, en promedio. Los árboles menores a 30 años no presentaron ninguna manifestación de daños, sin embargo, conforme aumentó la edad, la incidencia fue mayor, pues a partir de 50 a 60 años o más, llegó a 25 % (Figura 1).

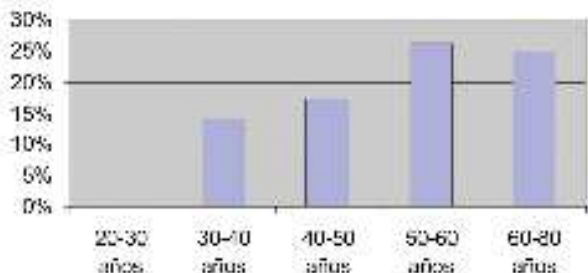


Figura 1. Porcentaje de incidencia ocasionado por *Phellinus pini* sobre *Pinus greggii*.

Figure 1. Incidence per cent caused by *Phellinus pini* over *Pinus greggii*.

La severidad del ataque por *Phellinus pini* en árboles de *Pinus greggii* fue similar a la incidencia; esta severidad causó una pérdida de madera en pie de 12.38 % por el daño que infligió en el duramen de la madera de los anillos más internos. De igual manera, árboles menores a 30 años, no presentaron afectaciones, pero la destrucción de material estructural se incrementó con la edad, alcanzando valores de hasta 26 % en árboles de 60 a 80 años de edad (Figura 2).

La mayor frecuencia de edades se observó en años menores a la media (Figura 3); si hubiera mayores frecuencias en edades avanzadas, tanto la incidencia como la severidad aumentarían considerablemente.

Es probable que uno o más factores estén interactuando con la pudrición blanca; sin embargo, en esta investigación no se consideran aquellos de tipo abiótico y se enfocó el interés en las variables dasométricas a nivel de rodal como altura, diámetro, edad y calidad de sitio, con una correlación positiva en todos los casos, siendo diferente en cada una de ellas.

La altura presentó una media de 13.43 m, con valores máximos y mínimos de 29.2 y 6.2 respectivamente, y una desviación estándar de 2.9; sin embargo, el valor de correlación fue de 63.77 % y el coeficiente de determinación de 40.67 % (Cuadro 2), lo que indica que la incidencia puede estar influida por otros factores.

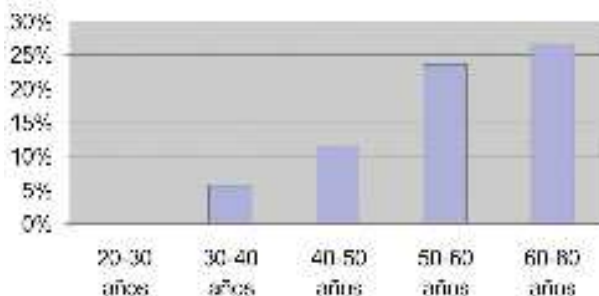


Figura 2. Porcentaje de severidad ocasionado por *Phellinus pini* sobre *Pinus greggii*.

Figure 2. Severity per cent caused by *Phellinus pini* over *Pinus greggii*.

old did not show any damages, as well, but the destruction of structural matter increased with age, up to 26% in trees from 60 to 80 years old (Figure 2).

The highest age frequency was observed in years under the

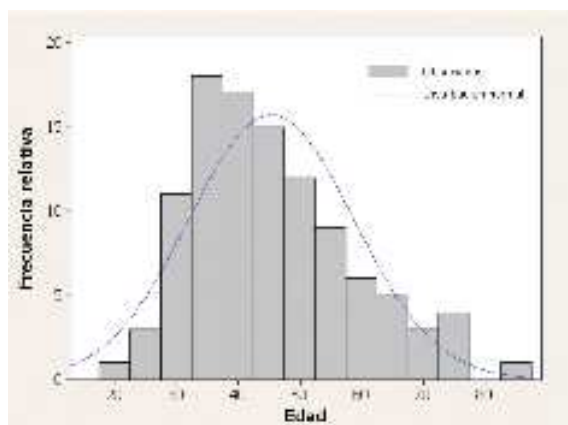


Figura 3. Distribución de frecuencias en la edad de *Pinus greggii*.

Figure 3. Age frequency distribution of *Pinus greggii*.

average (Figure 3); if there were greater frequencies in elder years, the incidence of both, incidence and severity, would considerably increase.

Probably one or more factors are interacting with the White speck; however, in this research are not considered those of abiotic type and interest was focused on dasometric variables at stand level, such as height, diameter, age and site quality, with a positive correlation in all cases, being different in every one of them.

Cuadro 2. Análisis de regresión para evaluar la relación de la incidencia con algunas variables.  
Table 2. Regression analysis to assess the relation of incidence with some variables.

Estadísticas de la regresión	Altura	Diámetro	Edad
Coefficiente de correlación múltiple	63.77 %	78.64 %	92.85 %
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	40.67 %	61.84 %	86.21 %
R <sup>2</sup> ajustado	36.43 %	60.11 %	84.48 %
Error típico	18.55 %	18.96 %	6.0 %

El diámetro de los árboles presentó una media de 28 cm, 15 como valor mínimo y 71 cm como máximo y una desviación estándar de 8.28 %. No se tomaron en cuenta árboles menores a 15 cm de diámetro para efecto de este estudio, ya que están poco desarrollados o son muy jóvenes, y, por lo general, no portan manifestaciones de pudrición central. Esta variable presentó una mayor correlación que la altura y, por ende, un mayor coeficiente de determinación, con valores de 78.64 y 61.84 %, respectivamente (Cuadro 2).

La edad tuvo una influencia mucho mayor que las dos variables anteriores, ya que su correlación fue de 92.85 %, un coeficiente de determinación del 86.21 y un bajo error; por ello, se considera que la incidencia de la enfermedad está estrechamente relacionada con la edad, tal y como lo mencionaron García y Montero (1998) (Cuadro 2). El valor medio de la edad fue de 45 años, con intervalos de 20 y 26 años y una desviación estándar del 13 %.

La relación existente entre incidencia e índice de sitio fue baja. El modelo utilizado fue el de Korsun, debido a que es el que mejor se ajustó a los datos y, con base en ello, se construyeron las líneas guías, a partir de tres calidades de sitio. Al analizar los datos, se observa que el índice de sitio no es un indicador de la presencia de *Phellinus pini* sobre *Pinus greggii*, debido a que la enfermedad se pudo constatar tanto en sitios con índices buenos, como en aquellos con un índice de sitio muy bajo (Figura 4).

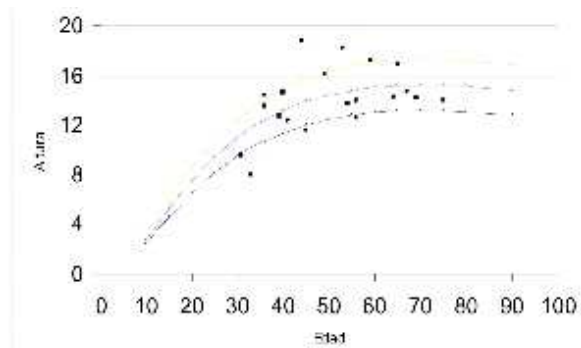


Figura 4. Curvas de índice de sitio para *Pinus greggii*.  
Figure 4. Site index curves for *Pinus greggii*.

Height had a 13.43 m average, with maximum of 29.2 and minimum of 6.2 m, and 2.9 as standard deviation; however, the correlation value is 63.77% and the coefficient of determination 40.67% (Table 2), which means that the incidence may be influenced by other factors.

Tree diameter had an average of 28 cm, 15 as the minimum and 71 as the maximum values, and a standard deviation of 8.28%. Trees with diameters below 15 cm were not taken into account, as they are underdeveloped or are very young, and regularly, do not bear signs of central rottenness. This variable showed a stronger correlation than height, and, thus, a higher coefficient of determination, with values from 78.64 and 61.84%, respectively (Table 2).

Age had a greater influence than the other two previous variables, as its correlation was of 92.85%, a coefficient of determination of 86.21 and low error; thus, it considered that the incidence of disease is closely related to age, as mentioned by García and Montero (1998) (Table 2). 45 years old was the average age, with ranges of 20 and 26 years and a standard deviation of 13%.

The relation between incidence and site index was low. The model that was used was that of Korsun, since it had the best fitness for the data, and upon that basis, the guide lines were constructed, starting from three site qualities. As data are analyzed it becomes evident that site index is not an indicator of the presence of *Phellinus pini* over *Pinus greggii*, since the disease was observed in places with good indexes as well as in other with a very low site index (Figure 4).

To calculate the pathological rotation age it was considered the severity of the damage that this fungus provokes to the wood of standing trees. In Figure 5 can be noticed that the loss of this product changes as different age categories appear, being the most critical those trees elder than 50 years old, since from then onwards, the value is 45.7%, almost half of what is gained by increment. Thus, this individuals are considered the most susceptible to be attacked by *P. pini*, which makes this turn similar to that proposed by Baudin (1963) over *Pinus pinea* L., in which wood loss increased almost by 50%.

Para determinar el turno patológico, se tomó en cuenta la severidad del daño que este hongo causa en madera en pie. En la Figura 5 se puede advertir que los porcentajes en pérdida de este material cambian conforme se surgen diferentes categorías de edad, siendo el punto más crítico los árboles mayores a 50 años, ya que a partir de entonces el valor es de 45.7 %, casi la mitad de lo que se gana en incremento. Es por esto que estos individuos son considerados los más susceptibles a ser atacados por *P. pini*, lo que asemeja a este turno al propuesto por Baudin (1963) sobre *Pinus pinea* L., en el que la pérdida de madera se incrementaba casi en 50%.

## CONCLUSIONES

*Phellinus pini* es el causante de la mortalidad del arbolado de *Pinus greggii* en los bosques de pino estudiados del estado de Nuevo León, lo que se manifiesta en resinaciones, pudrición central, presencia de basidiocarpos, puntas muertas y clorosis.

La incidencia y la severidad estuvieron fuertemente influidas por las diferentes categorías de edad, la más intensa se registró en árboles de edad avanzada y los jóvenes menores a 30 años no mostraron problemas. Aunque la relación existente se dio en las tres variables (altura, diámetro y edad), la edad fue la que evidenció una mayor correlación con la incidencia de la enfermedad, lo que indica que el problema aumenta mientras la edad de los árboles avanza. La calidad del sitio no tuvo ningún efecto en la presencia de *P. pini*.

Se estimó un turno fitopatológico de 50 años.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la CONAFOR (Proyecto: CONAFOR-2003-C03-10178) por el apoyo otorgado para la realización de este estudio.

## REFERENCIAS

- Bandala, V. M., G. Guzmán y L. Montoya 1993. Los hongos del grupo de los poliporáceos conocidos en México. Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. Linares, NL. Reporte Científico No. Esp. 13: 1-55;
- Basham, J. T. and Z. J. R. Morawski. 1964. Cull studies. The defects and associated basidiomycete fungi in the heartwood of living trees in the forests of Ontario. Canadian Department of Forestry, Publication 1072, Contribution 1043. Ottawa, Ontario, Canada. 67 p.
- Basham, J. T. 1975. Heart rot of jack pine in Ontario. IV. Heartwood-inhabiting fungi, their entry and interactions within living trees. Can. J. For. Res. 5: 706-721.
- Baudin, F. 1963. Transformación de las masas de *Pinus pinea* atacadas por el *Trametes pini*. Actas de la II Asamblea Técnica forestal. MAPA, Madrid 112-114.
- Blanchette, R. A. 1980. Wood decomposition by *Phellinus (Fomes) pini*: a scanning electron microscopy study. Can. J. Bot. 58: 1496-1503.
- Blanchette, R. A. 1982. *Phellinus (Fomes) pini* decay associated with sweetfern rust in sapwood of jack pine. Can. J. For. Res. 12: 304-310.

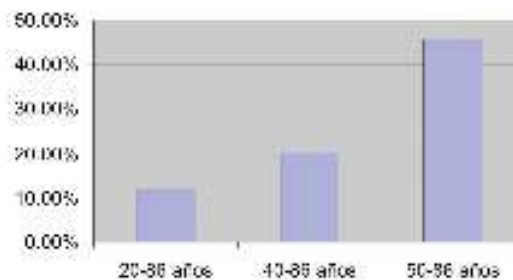


Figura 5. Porcentaje de severidad para estimar el turno patológico.

Figure 5. Severity per cent to estimate the pathological rotation age.

## CONCLUSIONS

*Phellinus pini* is responsible for the death of trees of *Pinus greggii* in the pine forests that were studied at Nuevo Leon State, which becomes apparent from resin formations, central rotteness, basydicarps, dead tips and chlorosis.

Incidence and severity were strongly influenced by the different age categories, being the most intense in elder trees, and the young ones below 30 years old, showed no damages at all. Even when the relation was confirmed with the three variables (height, diameter and age), age seemed to have the greatest correlation with the incidence of disease, which means that the problem rises as age does. Site quality had no effect upon the presence of *P. pini*.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to thank CONAFOR (Project Number CONAFOR-2003-C03-10178) for the financial support provided to accomplish the actual study.

End of the English version

- Blanchette, R. A., L. Otjen and M.C. Carlson. 1987. Lignin distribution in cell wall of birch wood decayed by white rot Basidiomycetes. Phytopathology, 77: 684 - 690.
- Cartwright, K. S. G. and Findlay W.P.K. 1950. Decay of Timber and its prevention. Chemical Publ. Co., Brooklyn, NY, USA. 294 pp.
- Díaz-Vaz, J. E. 2003. Anatomía de maderas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 150 p.
- Fischer, M. 1994. Pairing tests in the *Phellinus pini* group. Mycologia 86(4): 524-539.
- García, G. C. y G. Montero 1998. Influencia de ciertas variables selvícolas en la pudrición provocada por *Phellinus pini* sobre *Pinus pinea*. Invest. Agr.: Sist. Recurs. For. 7(1, 2): 204-218.
- Gilbertson, R. L. 1974. Fungi that decay Ponderosa Pine. The University of Arizona Press, Tucson, AZ USA. 197p.



- Gilbertson, R. L. and I. Ryvarde. 1986. North American Polypores. I. Abortiporus-Lindtneria. Fungiflora. Oslo, Norway. pp. 1-433
- Gilbertson R. L. and I. Ryvarde. 1987. North American Polypores. II. Megasporoporia-Wrightoporia. Fungiflora. Oslo, Norway. pp. 434-835
- Haddow, R. 1938. On the classification, nomenclature, hosts and geographic range of *Trametes pini* (Thore) Fries. Transactions of the British Mycological Society 22: 182-93.
- Kiviste, A., J. G. Álvarez G., A. Rojo y A. D. Ruiz G. 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Monografías INIA: Forestal N° 4. Madrid, España. 190 p.
- Larsen, M. J. and I. Melo. 1996. Neotypification of *Phellinus pini*. Mycologia 88(5): 839 - 843.
- Leandro P., V., L. Diorio y F. Forchiassin. 2003. Degradación de madera de álamo por *Fomes sclerodermus*: producción de enzimas ligninolíticas en aserrín de álamo y cedro. Revista Iberoamericana de Micología 20: 16-20.
- Madden, L. V. and G. Hughes 1995. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. Annu. Rev. Phytopathol. 33: 529-564.
- Marmolejo J., G., J. Castillo y G. Guzmán. 1981. Descripción de especies de Teleforáceos poco conocidas en México. Boletín de Sociedad Mexicana de Micología 15: 9-66.
- Melo, R. y J. Paz. 1978. Procesos de obtención de celulosa a partir de madera de *Eucalyptus globulus* Labill. Parte V. Proceso al Sulfito Neutro. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 46 p.
- Nutter, F. W., M. L. Gleason, J. H. Jenco and N. C. Christians 1993. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems. Phytopathology 83(8): 806-812.
- Otjen, L. and Blanchette R. A. 1986. A discussion of microstructural changes in wood during decomposition by white rot basidiomycetes. Can. J. Bot. 64: 905-911.
- Rodríguez B., J. 1998. Patología de la madera. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 349 p.
- StatSoft. 2005. Statistica (7.1). StatSoft, Inc. Tulsa, Oklahoma, USA. s/p.



José Villanueva Díaz (2010). Paraje con dominancia de *Abies discolor*, ubicado a un costado del Observatorio en el Parque Nacional "San Pedro Martir", Ensenada, Baja California.