



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Durabilidad Natural de
Acacia melanoxylon R. Brown. Frente
al ataque de hongos xilófagos.**

Patrocinante: Sr. Roberto Juacida P.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero en Maderas.**

KATARINA ANDREA SANTANDER VÁSQUEZ

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Roberto Juacida Percaz.	<u>6,5</u>
Informante:	Sr. Alfredo Aguilera León.	<u>6,0</u>
Informante:	Sr. Aldo Rolleri Saavedra.	<u>6,4</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de los contenidos y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Roberto Juacida P.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, quien nunca nos abandona, aunque muchas veces creemos que estamos solos y que todo esta perdido, nos guía y nos otorga grandes oportunidades.

A mi Madre que siempre ha estado a mi lado, por su paciencia y constante apoyo; a los seres que por circunstancias de la vida no se encuentran, pero siempre están en mi corazón: a mi abuelita, mi tío David, a mi tío Domingo por su cariño y amor.

A mi tío Jorge que desde la distancia siempre he sentido su apoyo y consejos durante mis estudios, a mi abuelito por su cariño y amor durante mi vida.

Agradezco también a mi profesor patrocinante Sr. Roberto Juacida, a mis profesores informantes Sr. Alfredo Aguilera y al Sr. Aldo Rolleri, por la ayuda recibida en la realización de este trabajo.

Al Sr. Marcos Torres y a la Profesora Isabel Vives por su colaboración, dedicación, paciencia y consejos recibidos durante este período.

Darle mis agradecimientos por la disponibilidad, paciencia, apoyo, a cada profesor que trabaja en el Instituto de Tecnología de Productos Forestales; a María Eugenia, Alejandra, Profe Alicia, Profe Inzunza, a don Guido y Andrés que durante mi estadía fueron excelentes personas.

También quiero agradecer a mis amigos, por la hermosa amistad que logramos llevar durante nuestra etapa en la Universidad y por los momentos vividos, de forma especial a Paula Müller, Rodrigo Vera, Rocío Riquelme y Tamara Navarro.

A Todos Ustedes Muchas Gracias.

*A mi Madre, Hermano, Abuelito.
Y en forma especial a Flavio
Por su Amor.*

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION.	1
2. MARCO TEÓRICO.	3
2.1 Durabilidad natural.	3
2.2 Determinación de la durabilidad natural.	5
2.2.1 Hongos de prueba.	5
2.3 Índice de durabilidad natural.	8
2.4 Factores que influyen en la durabilidad natural.	9
3. MATERIAL Y MÉTODO.	10
3.1 Materiales.	10
3.1.1 Obtención de trozos- muestras.	10
3.1.2 Equipos y materiales.	11
3.2 Método.	12
3.2.1 Preparación de las probetas ensayadas.	12
3.2.2 Cantidad de probetas ensayadas.	13
3.2.3 Cultivo de hongos de prueba.	13
3.2.4 Preparación de las bandejas	14
3.2.5 Montaje de probetas.	15
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	17
4.1 Pérdida de masa según alturas para el hongo <i>G.trabeum</i>	17
4.2 Pérdida de masa en diámetro para el hongo <i>G. trabeum</i>	18
4.3 Pérdida de masa según árbol para el hongo <i>G. trabeum</i> .	19
4.4 Pérdida de masa según alturas para el hongo <i>P.placenta</i>	20
4.5 Pérdida de masa en diámetro para el hongo <i>P. placenta</i>	21
4.6 Pérdida de masa según árbol para el hongo <i>P. placenta</i> .	22
4.7 Pérdida de masa entre hongos <i>P.placenta v/s G.trabeum</i>	22
4.8 Pérdida de masa de <i>Pinus radiata D, Don</i> .	24
5. CONCLUSIONES.	25
6. BIBLIOGRAFIA.	26
ANEXOS.	28
1.- Abstract.	
2.- Estadística Descriptiva.	
3.- Estadística Inferencial.	

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura N° 1	Trozas de <i>Acacia melanoxylon</i> .	10
Figura N° 2	Autoclave y estufa de incubación.	11
Figura N° 3	Trozo-muestra y probeta de <i>A. melanoxylon</i> .	12
Figura N° 4	Cultivos de los hongos <i>G. trabeum</i> y <i>P. placenta</i> .	14
Figura N° 5	Preparación del medio de cultivo en las bandejas de aluminio.	14
Figura N° 6	Medio de cultivo y estructura de pino radiata en bandejas de aluminio.	15
Figura N° 7	Estructura de pino radiata con probetas en medio de cultivo.	15
Figura N° 8	Bandejas de cultivo abiertas después de 4 meses de exposición a los hongos <i>G. trabeum</i> y <i>P. placenta</i> .	16
Figura N° 9	Pérdida de masa según altura, <i>G. trabeum</i> .	17
Figura N° 10	Pérdida de masa según posición diametral, <i>G. trabeum</i> .	18
Figura N° 11	Pérdida de masa según árbol, <i>G. trabeum</i> .	19
Figura N° 12	Pérdida de masa según altura, <i>P. placenta</i> .	20
Figura N° 13	Pérdida de masa según posición diametral, <i>P. placenta</i> .	21
Figura N° 14	Pérdida de masa según árbol, <i>P. placenta</i> .	22
Figura N° 15	Comparación entre hongos, <i>P. placenta</i> y <i>G. trabeum</i>	23
Figura N° 16	Comparación entre hongos <i>P. placenta</i> v/s <i>G. trabeum</i>	23
Figura N° 17	Variación de masa por hongos para pino radiata.	24

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este trabajo fue determinar la durabilidad natural de la madera *Acacia melanoxylon* frente al ataque de hongos xilófagos en dos alturas del árbol y determinar las diferencias en la albura, duramen externo y duramen interno, utilizando pruebas de laboratorio que necesitaron de cuatro meses para la entrega de resultados. Éstas involucran el uso de cultivos puros de uno o varios hongos de prueba los cuales fueron *Gloeophyllum trabeum* y *Poria placenta* y la posterior inoculación de la madera de *Acacia melanoxylon*. Durante el período de ensayo se dieron a los hongos de prueba las condiciones óptimas para su desarrollo como son: humedad, temperatura, oxígeno, pH y alimento, se utilizó como referente de comparación probetas de *Pinus radiata* D, Don.

Para determinar el grado de deterioro de las probetas se utilizaron los índices de durabilidad según Findlay avalado por la norma ASTM 2017-71, las cuales después de cuatro meses clasificaron a la madera de *Acacia melanoxylon* según el hongo *Gloeophyllum trabeum* en albura con un promedio de 45% de pérdida de masa como una madera no resistente, en el duramen externo un promedio de pérdida de masa de 28% y duramen interno de 36% que Findlay clasifica como madera moderadamente resistente.

Para el hongo *Poria Placenta* la pérdida de masa para la albura fue de un 28% clasificando la madera como moderadamente resistente. En el caso de duramen externo tuvo una pérdida de masa de un 4% y en duramen interno de un 3% que clasifica a la madera como altamente resistente. Para las probetas testigos de pino radiata ambos hongos causaron una pérdida de masa de un 40% que clasifica a la madera como moderadamente resistente.

La variación en la pérdida de masa entre alturas de los hongos xilófagos no entregó diferencias estadísticamente significativas.

Palabras claves: *Acacia melanoxylon*, hongos xilófagos, durabilidad, índices de durabilidad.

1. INTRODUCCION

Aromo australiano (*Acacia melanoxylon* R. Brown), blackwood, pertenece a la familia *Leguminosae*, *Mimosoidae*, género *Acacia*. Es una latifoleada que presenta su distribución natural al Sudeste de Australia y Noreste de Tasmania.

Actualmente India y Australia son los países con mayor superficie cubierta por Aromo. En Australia crece en: Queensland, New South Wales, Victoria, South Australia, Islas de Tasmania y Estrecho de Bass, se distribuye formando una faja de 100 a 200 Km. de ancho, bordeando la costa desde el sudeste de Queensland hasta el oeste de Victoria. En el sur crece desde el nivel del mar hasta los 1350-1500 metros sobre el nivel del mar en el norte de New South Wales (Infor- Conaf, 1998).

En Chile su introducción se inició en las primeras décadas del siglo XX por agricultores de la Novena y Décima región. Se ha estimado que se encuentra presente en una superficie de 2000 hectáreas, entre las Regiones Metropolitana y de los Lagos, principalmente en los sectores de la depresión intermedia y cordones del valle central bajo los 500 metros sobre el nivel del mar, destacándose como áreas de buen desarrollo el Golfo de Arauco, Temuco, Valdivia y Chiloé (Infor- Conaf, 1998).

Según Siebert (1995) el Aromo es una especie que se desarrolla mejor en condiciones de semisombra, responde a una excelente poda natural y a la velocidad de crecimiento necesario para alcanzar una buena duraminización.

Su crecimiento medio anual es de 25 a 30 m³/ha/año que la hace ser una madera de rápido crecimiento y alta competitividad con otras especies (Infor- Conaf, 1998). La madera es lustrosa y de textura fina a media; el grano generalmente es recto, en ocasiones ondulado o entrelazado; no presenta olor ni sabor distintivo (Chudnoff, 1984). El duramen es de color dorado a café-oscuro; presenta líneas oscuras en las zonas de crecimiento, demarcadas en forma aguda en la zona de albura de color pajoso.

Un aspecto importante es conocer las características de la madera y su comportamiento para la transformación a productos más elaborados. Como así su durabilidad frente al ataque de microorganismos, la que es relevante para algunos usos, especialmente aquellos en que la madera permanece expuesta a condiciones de temperatura y humedad favorables para el desarrollo de hongos.

Los usos que se le dan a esta especie son muy variados van desde la fabricación de muebles, revestimiento de interior, fabricación de instrumentos musicales y estructuras de embarcaciones, entre otros. Según Pinilla (2004), señala que respecto al valor y calidad de la madera *Acacia melanoxylon* la hace una alternativa para la industria de la madera aserrada, chapas y parquets.

Considerando la calidad y características estéticas de la madera de la especie se podrá orientar su producción a madera madura valiosa, por su alto valor comercial. Se han realizado algunos estudios que demuestran que el Aromo en su país de origen presenta buena resistencia natural al ataque de plagas tanto foliares como fustales (Infor-Conaf, 1998). Los objetivos que se plantean en este estudio se presentan a continuación.

- Objetivo general.

Determinar la durabilidad natural de la madera de *Acacia melanoxyton* frente al ataque de hongos xilófagos.

- Objetivos específicos

1.- Determinar la durabilidad natural de la madera de *Acacia melanoxyton* frente al ataque de hongos xilófagos *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) y *Poria placenta*, mediante el uso de índices de durabilidad.

2.- Determinar la durabilidad natural de *Acacia melanoxyton* en dos alturas del árbol.

3.- Determinar diferencias de durabilidad en albura, duramen externo, duramen interno.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Durabilidad natural

La durabilidad natural de la madera está referida a la capacidad que ésta tiene para resistir el ataque de agentes degradadores tanto bióticos como abióticos, una vez puesta en servicio y sin utilizar ningún tratamiento preservador. Este concepto no debe confundirse con el de resistencia al biodeterioro, el cual sólo engloba a las causas de degradación de tipo biótico, dentro de las cuales las más importantes y comúnmente mencionadas son: los hongos xilófagos, insectos y perforadores marinos (Juacida y Quintanar, 1992).

Tuset y Durán (1979), señalan que la madera de albura y duramen presenta distinta resistencia a los organismos de deterioro; en la albura suelen encontrarse sustancias de reserva como azúcares y almidones que lo hacen especialmente apetecible para hongos e insectos xilófagos; por el contrario, la madera de duramen contiene otro tipo de sustancias, propias del proceso de duraminización, que tienen en algunos casos, propiedades inhibitorias para el desarrollo de esos organismos, como aceites esenciales, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos y sustancias hidrosolubles diversas, de alta toxicidad.

Nicholas Darrel (1989), señala que la durabilidad de la madera de duramen deriva de la acción de los componentes de los extraíbles como preservante natural. Estos extraíbles, como los que le dan el color más oscuro, son creados en gran cantidad durante la transformación de la madera de albura a duramen.

Los extraíbles conocidos como inhibidores de la degradación son compuestos fenólicos, con la efectividad determinada por los tipos y cantidades presentes de estos, su estabilidad química y resistencia a la degradación. La densidad y otras características físicas de la madera no afectan apreciablemente la resistencia a la degradación.

Según Kollmann (1959), la causa fisiológica de la formación del duramen consiste en que el árbol, a medida que va envejeciendo, sólo necesita los anillos anuales más externos para la conducción de la savia y el suministro de las sustancias alimenticias, y por ello la madera va perdiendo su actividad vital. La formación del duramen se caracteriza por algunas modificaciones anatómicas: en algunas latifoliadas se forma tilosis que son expansiones vesiculares procedentes de las células del parénquima, que penetran en los vasos próximos y los obstruye por completo. Los fenómenos químicos que acompañan a la formación del duramen son parecidos a lo de las coníferas, aunque más complejos. El duramen contiene también sustancias solubles en agua, como taninos y materias colorantes, encontrándose, además, con frecuencia, sustancias minerales, como carbonato, oxalato cálcico y ácido silícico.

El duramen protege ampliamente la madera interna contra los ataques de los hongos e insectos, actuando de varias formas por obstrucción mecánica de los vasos, taponamiento de las punteaduras e impregnación de las paredes celulares, así como también efecto antiséptico (paralizador del desarrollo y de la actividad vital de los parásitos de la madera) de ciertas sustancias del duramen (resinas, taninos, gomas, entre otros) característica que lo hace preferible a la albura desde el punto de vista de la conservación de la madera. Estas ventajas sólo deben ser tenidas en cuenta cuando se trate de la madera en estado natural. La madera de duramen no sólo es más oscura, sino también más densa, mientras que la zona exterior del tronco, es decir, la albura es blanco amarillenta, más porosa, blanda y en ocasiones, menos valiosa (Kollmann, 1959).

Según Díaz-vaz (2003) señala que la duraminización constituye el último estado de transformación antes del siguiente proceso que es la degradación total de los tejidos de los árboles. Ella se inicia en la zona más interna de los árboles la que así queda rodeada por la madera de albura. La albura, es por tanto, la madera que aún no duraminiza. En la madera duraminizada se produce una serie de modificaciones aparte de la muerte de las células parenquimáticas. Estas dicen relación con: durabilidad natural, la permeabilidad, estabilidad dimensional, color de la madera, contenido de humedad, oclusión de punteaduras, tilosis en vasos, composición de gases, compuestos accesorios. Los cambios antes mencionados son relevantes por cuanto afectan a procesos industriales tales como: impregnación, secado, trabajabilidad y encolado de la madera, entre otros.

La duraminización y los cambios asociados a ella, aparecen en aquellas células que, ya tienen varios años de existencia. Los cambios comienzan en las células parenquimáticas. En estas células, las sustancias de reserva que se han almacenado por un cierto tiempo, son en parte, responsables del inicio de la serie de transformaciones químicas, físicas y fisiológicas que caracterizan a este proceso de duraminización.

Estas transformaciones producen uno de los cambios más importantes asociados a la duraminización, que es el aumento de la durabilidad natural. Esta característica se refiere, al tiempo que soporta una madera al ataque de patógenos degradadores de la madera, estando en contacto con el suelo y a la intemperie, sin tener ningún tratamiento protector. Las modificaciones químicas de los compuestos accesorios, asociados al proceso de duraminización, producen cambios del color de la madera. Algunos de estas sustancias de duraminización son las que resultan ser tóxicas para los organismos biodegradadores. Por ello, muchas veces se puede relacionar el cambio del color, que produce la duraminización, con el aumento de durabilidad natural (Díaz-vaz, 2003).

2.2 Determinación de la durabilidad natural

Para determinar la durabilidad natural de la madera se pueden emplear:

- Pruebas de laboratorio
- Métodos de campo

Las pruebas de laboratorio o pruebas aceleradas son las más utilizadas, requiriendo de tres a seis meses para entregar resultados. Éstas involucran el uso de cultivos puros de uno o varios hongos de prueba y la posterior inoculación de la madera de la cual se desea determinar su durabilidad. Durante el período del ensayo se da al hongo de prueba las condiciones óptimas para su desarrollo como son: humedad, temperatura, oxígeno, pH y alimento. Se hace la comparación con probetas patrones de una especie ya conocida.

Los métodos de campo son pruebas definitivas de durabilidad, que tienen el inconveniente de necesitar mucho tiempo para entregar datos confiables. El terreno en que se desarrollan debe cumplir con distintas exigencias en cuanto a exposición solar, aislamiento, drenaje, permanencia sin cultivo o tratamiento químico, con actividad biológica de insectos y hongos (Juacida y Quintanar, 1992).

La madera por ser un material de origen orgánico es susceptible a la degradación por procesos biológicos naturales. Los organismos acuden a ella, bien sea en busca de alimento o como un lugar seguro para desarrollar sus ciclos de vida. Entre los numerosos agentes de biodegradación de la madera, los hongos xilófagos juegan un papel muy importante, ya que, tienen la capacidad de degradar enzimáticamente algunos de los componentes principales de la madera.

2.2.1 Hongos de prueba

La pudrición de la madera es la consecuencia del proceso biológico durante el cual las paredes de sus células leñosas son destruidas por la acción enzimática de los hongos que la producen. Existen en estos hongos dos tipos de pudrición; la blanca donde se degrada la lignina y la pudrición parda que afecta principalmente la celulosa (Wolff, 1989).

Según Kollmann (1959), en las pudriciones pardas los hongos concentran principalmente su ataque sobre la celulosa y los hidratos de carbono, dejando al final un residuo de lignina color pardo rojizo. Otra característica es que la madera, al principio del ataque, conserva intacta su estructura celular al exterior y, como consecuencia de la disminución de volumen, aparecen unas fendas de contracción que corren en las dirección de las fibras y radios leñosos, así como también a lo largo de los anillos anuales de crecimiento, de tal modo que la madera se disgrega en trozos cúbicos.

Señala Bondartsev, (1965) que en el crecimiento de los hongos inciden diversos factores como son: la temperatura, humedad, oxígeno, pH y sustrato que son los elementos básicos para su proliferación.

Según Bondartsev (1965) cada especie tiene un óptimo de temperatura, el cual está de acuerdo a su desarrollo, ya sea como micelio, formación de cuerpos fructíferos, germinación de esporas. La mayoría de los hongos crecen bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura entre los 3°C y 35°C, pero las temperaturas óptimas para su desarrollo se encuentran entre los 25°C y 30°C (Wolff, 1989).
- Contenido de humedad; la humedad es absolutamente necesaria para la germinación de las esporas, para la secreción de las enzimas fúngicas y para que éstas disuelvan el sustrato leñoso, para la absorción y transporte de las sustancias nutritivas dentro del hongo y para la constitución de sus nuevos tejidos, para toda actividad vital de los hongos xilófagos. Con contenidos de humedad sobre el 20% es posible el desarrollo de estos hongos (Kollmann 1959).
- Oxígeno juega un papel importante en el proceso de oxidación, principalmente de la respiración, por lo que la ausencia del oxígeno no es posible el crecimiento de los hongos (Bondartsev, 1965).
- pH, los hongos prefieren ambientes ácidos para su desarrollo en la madera, siendo el óptimo entre 4,5–5,5 (Kollmann, 1959).

➤ *Gloeophyllum trabeum* (Pers.)

Algunos autores señalan que dentro de los hongos comúnmente utilizados tanto en coníferas como latifoliadas se encuentra *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) perteneciente a la clase *Basidiomycetes*, orden *Aphyllorphorales* que es causante de pudrición parda, degradando principalmente celulosa, dejando la lignina como residuo. La madera dañada adquiere una coloración café con una textura esponjosa que fácilmente se destruye al ser manipulada (Villanueva, 1995).

Este hongo es detectado normalmente en las partes cálidas de América y Europa, siendo un importante agente destructor de la madera. La característica principal del hongo es su habilidad para crecer rápidamente a altas temperaturas, siendo su óptimo alrededor de 25°C y el máximo justo sobre los 40°C. Por esta razón este hongo se encuentra mayormente en países con clima cálido. Además se ha encontrado que es resistente a la desecación y que sobrevive por sobre los 10 años en maderas que contienen sólo un 12% de humedad (Cartwright; Findlay, 1958).

Presenta marcada resistencia en algunos preservantes como pentaclorofenol, arsénico, zinc, o cloruro de zinc, compuestos fluorados y al flúor-cromo arsénico (Sagardia, 2000). Su uso ha sido avalado por las experiencias de numerosos investigadores, lo cual se refleja a su vez en la norma ASTM 2017-71 de la que es uno de los hongos de prueba.

➤ *Poria placenta*.

Otro de los hongos utilizados es *Poria placenta* perteneciente a la clase *Basidiomycetes*, orden *Aphylophorales* que es causante de pudrición parda, degradando la celulosa.

Según Cartwright y Findlay (1958), este hongo ha sido encontrado en Canadá en numerosas coníferas y también en maderas del Norte de América. Su crecimiento es moderadamente rápido en cultivo y puede causar una pérdida acelerada en peso seco de los bloques de madera. El óptimo de la temperatura se encuentra para su desarrollo alrededor de los 25°C, siendo su máximo de 35°C. Un pH cercano a 3 parece adecuado para su crecimiento.

Tanto *P.placenta* como *G.trabeum* están avalados por las normas internacionales (UNE, ASTM 2017-71), ambos provocan pudriciones marrones o pardas que son generadas por hongos que se alimentan preferentemente de la celulosa y hemicelulosa, dejando un residuo pardo oscuro muy frágil.

2.3 Índice de durabilidad natural

El índice de durabilidad permite situar las especies según su resistencia al deterioro. Uno de los índices más utilizados es el que se basa en la definición de Findlay que clasifica la durabilidad natural de la madera en cuatro grupos, según su resistencia al biodeterioro, esta clasificación considera condiciones de uso de la madera y la pérdida de masa durante cuatro meses en pruebas de laboratorio, bajo la acción de hongos lignívoros normalizados (Cartwright y Findlay, 1958). Esta clasificación es la que se aplicará para la especie de *Acacia melanoxylon*.

El definir este índice es para determinar una mejor utilización de la madera de *Acacia melanoxylon* crecida en Chile frente a la durabilidad de otras especies que actualmente se comercializan. Este índice se mide a través de la pérdida de masa, y es similar al utilizado por normas internacionales para la determinación de durabilidad natural. Como la American Society for Testing and Materials (ASTM), British Standard (BS), y Deutsches Institut für Normung (DIN) (ASTM, D 2017-71; BS, N° 838; DIN 52176). La clasificación planteada por Findlay en el cuadro 1 consulta cuatro clases de resistencia dependiendo de la pérdida de masa.

Cuadro 1 Clasificación de Findlay para durabilidad natural

Clase de Resistencia	Pérdida de masa %
Altamente resistente	0 - 10
Resistente	11 - 24
Moderadamente resistente	25 - 44
No resistente	45 o más

Fuente: ASTM 2017-71

2.4 Factores que influyen en la durabilidad natural.

De acuerdo a Juacida y Quintanar (1992), la vida útil de la madera estaría dada por aspectos inherentes a su naturaleza y por las condiciones de servicio a la que ésta se ve sometida. Ello explica que maderas más densas y oscuras tengan, en general, una vida más prolongada, ya que, limitan el ambiente para el desarrollo de los hongos de distintas maneras en la disponibilidad de agua, al contar con sustancias hidrófobas que reducen la absorción de agua; en la cantidad de oxígeno, producto de la alta densidad de la madera; y por lo tanto la presencia de sustancias biocidas.

Asimismo, la durabilidad sería mayor en climas fríos y secos, y cuando la madera no se encuentre en contacto con el suelo. Se ha observado que la madera de duramen normalmente presenta durabilidad mayor que aquella de albura, producto de los cambios químicos producidos durante el proceso de duraminización.

De igual manera se sabe que existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento de la madera y su durabilidad (Juacida y Quintanar, 1992). Ello implica que el sitio también influye en las características de durabilidad de la madera, tal como lo comprobó Villanueva (1995) para el caso de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile, la cual resultó ser menos durable que su contrapartida norteamericana.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Materiales

3.1.1 Obtención de trozos- muestras

Los tres árboles que generaron las probetas de ensayo se extrajeron del predio San Germán propiedad de la Universidad Austral de Chile producto de la cosecha realizada en el 2006. Estos fueron plantados en el año 1975 por lo que cada árbol tenía 31 años de edad con una altura aproximada de 20 metros. De las trozas de cada árbol se elaboraron las probetas para el ensayo de durabilidad natural en albura y duramen. Se consideraron dos trozas por cada árbol, la primera troza cortada a 30cm de la base alcanzando una longitud de 3.20 metros, extrayendo de ésta 50 cm. para la obtención de las probetas. Se saca de la segunda troza de 3.20 metros para conseguir 50cm, de donde se obtienen las muestras de la segunda altura del árbol.

El tamaño de muestra ocupado por otros investigadores es de tres a cuatro árboles por especie por región (Schneider, 1984), por lo que la cantidad de árboles a ocupar es de tres ejemplares de *Acacia melanoxylon*. Las probetas testigos y la estructura requerida para los ensayos micológicos es de *Pinus radiata D. Don*, las cuales tuvieron como características específicas estar libre de manchas, algún tipo de impregnante, libre de presencia de cantos muertos, nudos, entre otros. A continuación la figura 1 muestra las trozas obtenidas por árbol de la especie *Acacia melanoxylon*.



Figura 1 Trozas de *Acacia melanoxylon*.

3.1.2 Equipos y materiales.

Los equipos y materiales utilizados son del Instituto de Tecnología de Productos Forestales y del Laboratorio de Patología Forestal del Instituto de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile.

- Autoclave marca Castle modelo 1250.
- Balanza de precisión marca Mettler modelo H31.
- Bandejas de aluminio con tapa de 2230ml.
- Estufa de secado $103 \pm 2^{\circ} \text{C}$.
- Estufa de incubación $23 \pm 1^{\circ} \text{C}$.
- Bomba de vacío.
- Placas Petri.
- Matraz.
- pHmetro.
- Vermiculita de granulación 2-3 mm.
- Extracto de malta.
- Ácidos HCL y KCL.
- Pipetas.
- Probetas.



Figura 2 Autoclave y estufa de incubación.

La figura 2 muestra el autoclave donde se esterilizó el material para preparar el medio de cultivo y la estufa de incubación donde se mantuvieron a $23 \pm 1^{\circ} \text{C}$ las cepas de los hongos utilizados.

3.2 Método.

El método consistió en la inoculación de los hongos de prueba *G.trabeum* (Pers.) y *P.placenta* en probetas naturales de *Acacia melanoxylon* y testigo de *Pinus radiata* D, Don y su mantención en condiciones óptimas para el desarrollo de la degradación en la madera durante un período de cuatro meses. Las condiciones fueron: una fuente de nutrientes, humedad en la madera, suministro adecuado de oxígeno, temperatura (25°C), pH. Una deficiencia en algunos de estos requerimientos inhibe el crecimiento del hongo en la madera (Hunt, 1953).

Se optó por el uso de la norma ASTM 2017-71 para la determinación de la durabilidad natural de maderas, ya que, permite comparar sobre una base común y universal.

3.2.1 Preparación de las probetas ensayadas.

Para la obtención de las probetas de *Acacia melanoxylon* se cortó del trozo-muestra la cantidad suficiente para las probetas de albura, duramen externo y duramen interno (hasta el anillo cinco) para los ensayos de biodeterioro. Las probetas tuvieron una dimensión de 25mm x 25mm x 9mm en corte tangencial. Cada probeta fue identificada y almacenada en una Cámara de Clima a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta que la madera alcanzó su humedad de equilibrio. En la figura 3 se muestra como se obtuvieron las probetas de las trozas en albura, duramen externo e interno y las medidas de cada probeta.

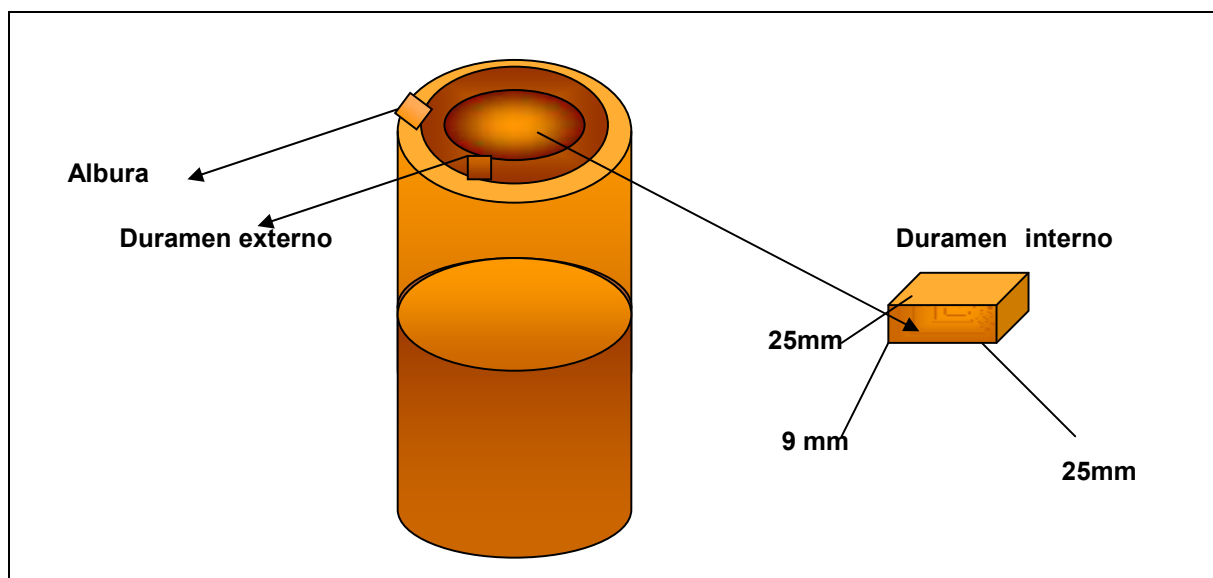


Figura 3 Trozo-muestra y probeta de *Acacia melanoxylon*.

3.2.2 Cantidad de probetas ensayadas.

Se obtuvieron probetas de albura, duramen externo y duramen interno, en las dos alturas del árbol por los tres árboles para realizar así una comparación entre hongos (ver cuadro 2). Además se incorporaron por cada bandeja una probeta testigo de pino radiata.

Cuadro 2 Muestras necesarias para el estudio.

Variables	Niveles
Albura, duramen externo, duramen interno.	3
Hongos de prueba	2
Alturas	2
Total de Tratamientos	12

De esta forma se tienen doce tratamientos por tres árboles por cinco repeticiones equivalen a 180 probetas de durabilidad. Se agregaron 10 probetas testigos de pino radiata para los ensayos, un número total de 190 probetas para ensayos micológicos. Cada probeta debió ser individualizada y debidamente marcada para facilitar su posterior identificación. El número de repeticiones mayor a dos permite una estimación del error experimental y mejorar la precisión del estudio mediante la reducción de la desviación estándar.

3.2.3 Cultivo de hongos de prueba.

Los hongos de prueba, *G. trabeum* y *P. placenta*, se obtuvieron a partir de cultivos puros mantenidos en el departamento de Patología Forestal de la Universidad Austral de Chile. A partir de estos se inocularon 20 placas Petri con sustrato de agar malta al 2% a 23°C de forma de contar con suficiente material para la realización del ensayo. El medio de cultivo especificado en la norma UNE de agar-malta es de la siguiente composición:

- Extracto de malta al 2%.
- Agar-agar de las siguientes características:
 - Ausencia de toxicidad: ninguna inhibición del crecimiento de los hongos
 - Nitrógeno total alrededor del 0.3%.
- Agua destilada o desmineralizada: cantidad para 1000 ml.

La figura 4 muestra los hongos cultivados *G. trabeum* y *P.placenta* en el proceso de crecimiento en la placa Petri.

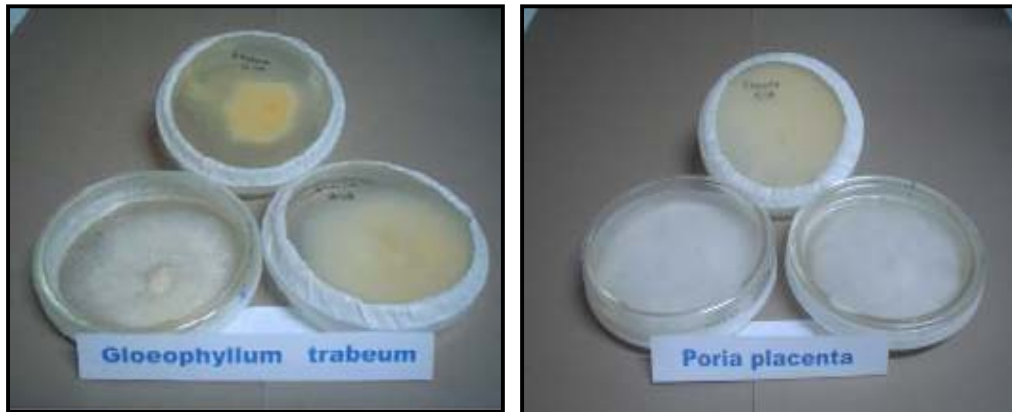


Figura 4 Cultivos de los Hongos *G. trabeum* y *P. placenta*.

3.2.4 Preparación de las bandejas.

Para un apropiado crecimiento de los hongos de prueba fue necesario preparar las bandejas de aluminio, para que sean la cámara de cultivo. Las bandejas fueron adecuadas para el crecimiento de los micelios dispuestos en estructuras de pino radiata, que fueron inoculadas para que así las probetas de *Acacia melanoxylon* tengan la cantidad suficiente de micelio. En cada una de las bandejas de aluminio de 2230 ml se agregó:

- 93,7 gr. de Vermiculita con un tamaño entre 2–3 mm.
- 21,41 gr. de extracto de malta.
- 535,2 ml de solución HCL y KCL.

A un pH de 3,5 a 4,0 se reguló el sustrato mediante la mezcla de ácido clorhídrico (HCL) y cloruro de potasio (KCL) de acuerdo a la norma ASTM 2017-71. La figura 5 muestra el medio de cultivo preparado en las bandejas de aluminio.



Figura 5 Preparación del medio de cultivo en bandejas de aluminio.

3.2.5 Montaje de Probetas.

Se utilizaron las bandejas de aluminio, donde se instaló las estructuras de madera que sostuvieron las probetas y sirvieron de sustrato para el desarrollo del micelio de los hongos pudridores. Se dispuso de listones de pino radiata de 8 mm x 8 mm x 100 mm y 10 mm x 22 mm x 50 mm (Villanueva, 1995). La figura 6 muestra las bandejas de aluminio con el medio de cultivo y las estructuras de pino radiata.



Figura 6 Medio de cultivo y estructura de *P. radiata* en bandejas de aluminio.

Sobre cada estructura de pino radiata se agregaron las probetas de *Acacia melanoxylon* que sostuvo tres probetas de la especie mencionada, con un total de doce probetas por bandejas dentro de las cuales se incluye una probeta testigo de pino radiata (ver figura 7). La esterilización de las bandejas junto con las probetas de estudio se realizó sometiéndolas a 121°C por 20 minutos, para posteriormente dejar enfriar antes de la inoculación con los hongos de prueba, para el crecimiento del micelio.



Figura 7 Estructura de *P. radiata* con probetas en medio de cultivo.

Una vez desarrollado completamente el micelio en las placas se dispuso sobre las bandejas esterilizadas en la cámara de inoculación, donde en pequeñas cantidades de cultivo del hongo se colocó en los costados y alrededores de las probetas de pino radiata que fueron el soporte de las probetas de *Acacia melanoxylon*. Inoculadas todas las bandejas se llevaron a estufa de incubación a una temperatura de 25°C durante la exposición a los hongos.

Después de cuatro meses se retiraron las probetas del medio de cultivo donde se limpiaron cuidadosamente del micelio que las cubría. Posteriormente se llevó al estado anhidro en una estufa de secado a 103 ±2°C para así realizar la segunda medición de masa de las probetas expuestas a hongos xilófagos. Con los datos obtenidos se pudo establecer el porcentaje de pérdida de masa que se produjo. Este porcentaje es el que se indica como índice de durabilidad al cual se aplica la clasificación de Findlay.

La figura 8 muestra las bandejas abiertas después de 4 meses de exposición a los hongos *G. trabeum* y *P. placenta* las cuales se encuentran totalmente cubiertas por el micelio de cada hongo.

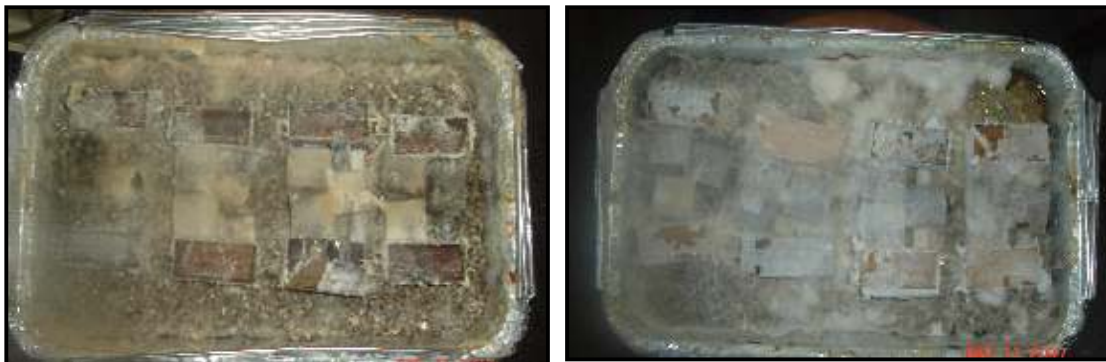


Figura 8 Bandejas de cultivo abiertas después de 4 meses de exposición a los hongos *G. trabeum* y *P. placenta*.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

Se utilizó el software STATGRAPHICS para evaluar si existe una diferencia entre la pérdida de masa ocasionada por los distintos hongos de pudrición parda en la madera de *Acacia melanoxylon*. Se efectuaron pruebas estadísticas para validar la realización de un ANOVA para cada hongo donde se tomó como referencia el Test de Bartlett, cuyo P-valor debe ser mayor a 0,05 de lo contrario no se consideran homogéneas las varianzas. De acuerdo a los datos determinados por el Test de Bartlett los valores fueron reforzados con una prueba de normalidad donde se observó la no normalidad de los datos, y esto invalida la realización de un ANOVA (ver Anexo 2). Al no encontrar una homogeneidad en las varianzas se trabajó con el promedio de las alturas para los tres árboles en estudio, por hongo.

4.1 Pérdida de masa según alturas para el hongo *G. trabeum*.

En la figura 9 se observó según el test no paramétrico de comparación de medias que la pérdida de masa promedio para la altura uno basal es de un 35% en los tres árboles, en las diferentes posiciones, mientras que para la altura dos es de un 38%, ésta diferencia no se considera estadísticamente significativa.

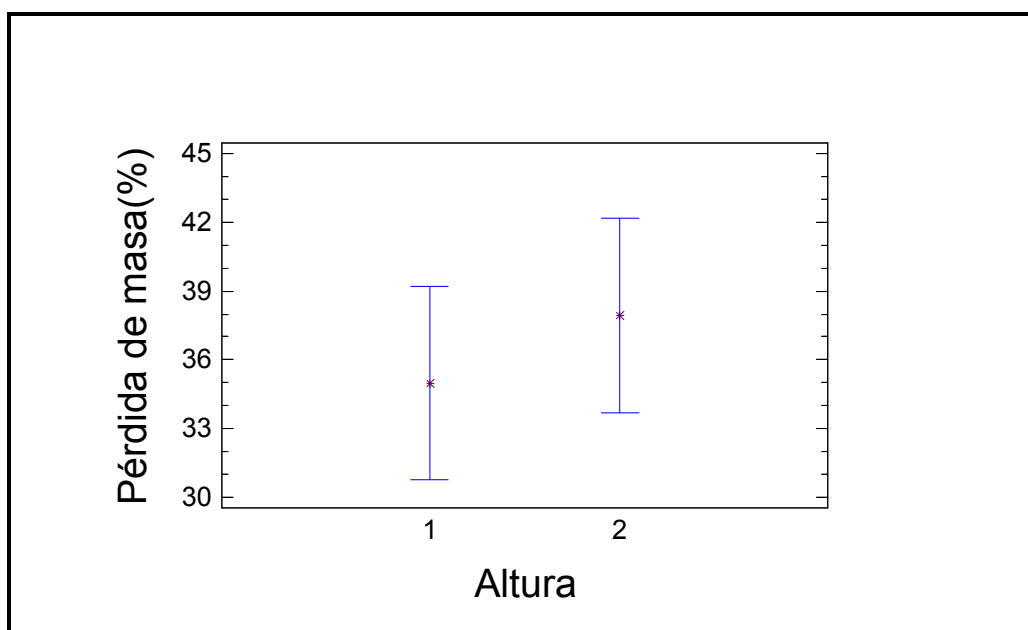


Figura 9 Pérdida de masa según altura, *G. trabeum*.

Al no existir una diferencia entre alturas, se observó que el nivel de avance para el hongo *G. trabeum* fue constante en ambas alturas al no encontrarse una variabilidad superior entre éstas.

4.2 Pérdida de masa en diámetro para el hongo *G. trabeum*.

Los valores presentados es la relación entre las dos alturas frente a la posición diametral. La figura 10 señala que la posición uno corresponde a la albura para los tres árboles, tiene una pérdida de masa promedio de un 45% la que se puede clasificar de acuerdo lo señalado por Findlay, como una madera no resistente. La posición dos equivalente a la madera de duramen externo que tuvo una pérdida de masa de un 28% para el hongo *G. trabeum*, que se clasifica como una madera moderadamente resistente. Para la posición tres que corresponde a duramen interno tuvo una pérdida de masa del 36% que clasifica como madera moderadamente resistente.

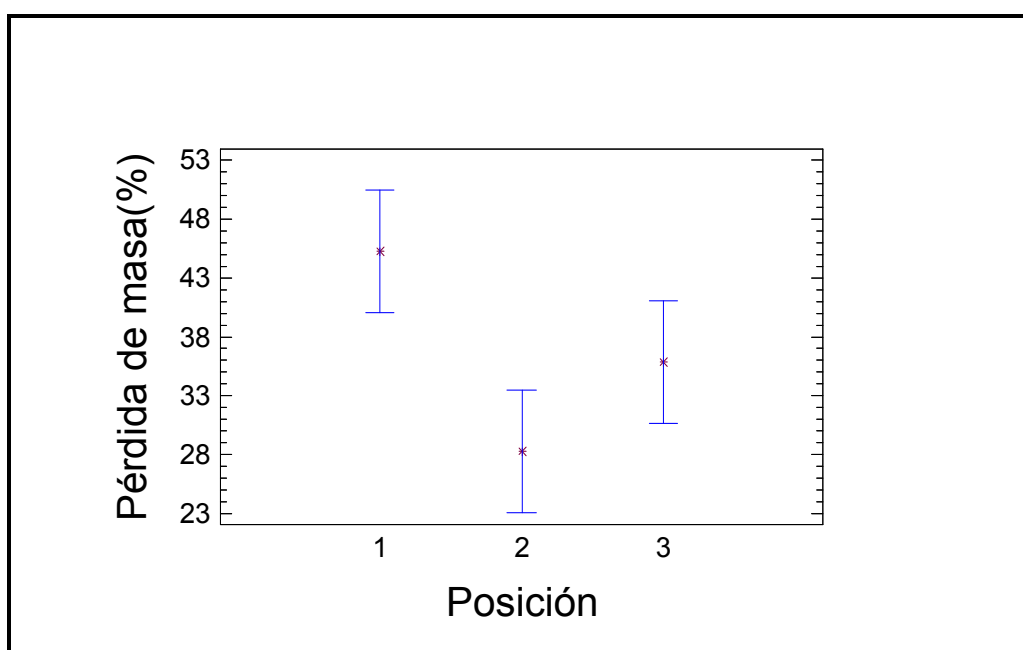


Figura 10 Pérdida de masa según posición diametral, *G. trabeum*.

Una de las posibles razones de pérdida de masa de un 45% en la albura se debe a que suelen encontrarse sustancias de reserva como azúcares y almidones que lo hacen especialmente apetecible para hongos xilófagos junto con las características del *G. trabeum*, el cual es uno de los agentes destructores más nocivo. Este hongo ha sido causante de pudrición en madera usada en exteriores probablemente por su habilidad de resistir altas temperaturas.

Para el caso del duramen externo e interno se clasificaron como madera moderadamente resistente, lo que se explica debido a que en el duramen se encuentran los extraíbles secundarios que en su mayoría son sustancias que se depositan durante el proceso de duraminización (polifenoles y quinonas) que intervienen como retardantes frente a microorganismos.

La mayor pérdida de masa en el duramen interno se debe a que existe una menor concentración de elementos tóxicos.

4.3 Pérdida de masa según árbol para el hongo *G. trabeum*.

En la figura 11 se muestra la pérdida de masa por árbol en las tres posiciones y las dos alturas en general para el hongo *G. trabeum*, la pérdida de masa en promedio para el árbol uno fue de 40%, para el árbol dos de un 35% y para el árbol tres de un 35% de pérdida de masa que clasifica a los árboles como moderadamente resistente.

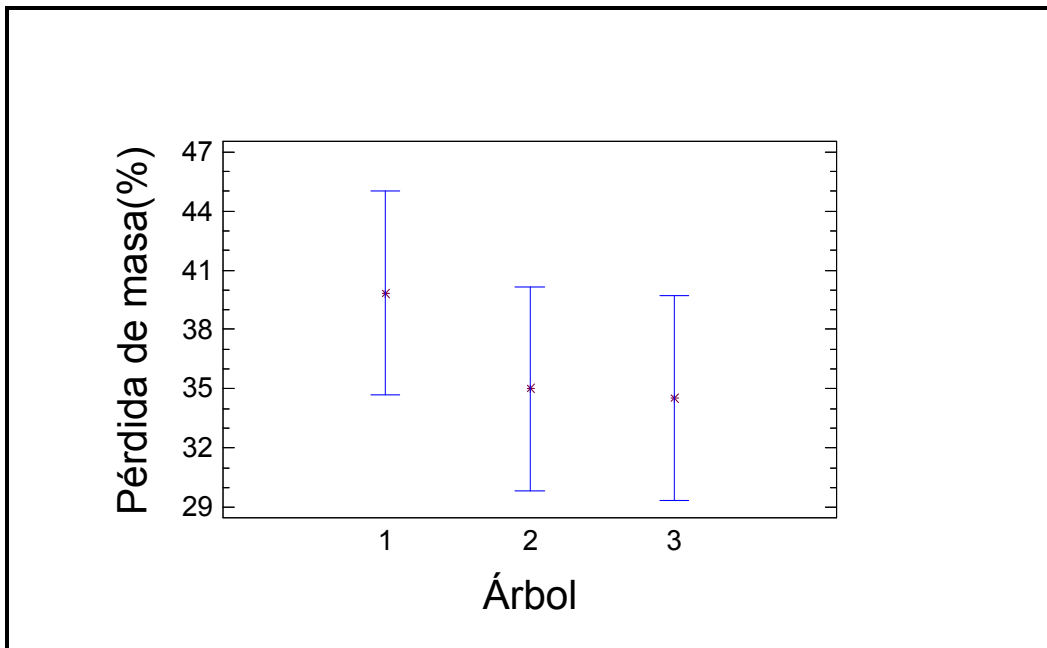


Figura 11 Pérdida de masa según árbol, *G. trabeum*.

La diferencia de pérdida de masa entre los árboles puede deberse a que exista una mayor pérdida en algunas de las posiciones, lo que provoca la diferencia entre árboles, como sucede en el árbol uno que tuvo una pérdida de masa promedio de un 40% para la albura afectada por el hongo *G. trabeum*.

4.4 Pérdida de masa según alturas para el hongo *P. placenta*.

Según el test no paramétrico de comparación de medias, evaluó que la pérdida de masa promedio en la altura basal equivalente a la altura uno fue de un 9% de pérdida, para la altura dos existió un 15% de pérdida de masa para el hongo *Poria placenta*. De acuerdo al test utilizado no existe diferencia estadísticamente significativa (ver figura 12).

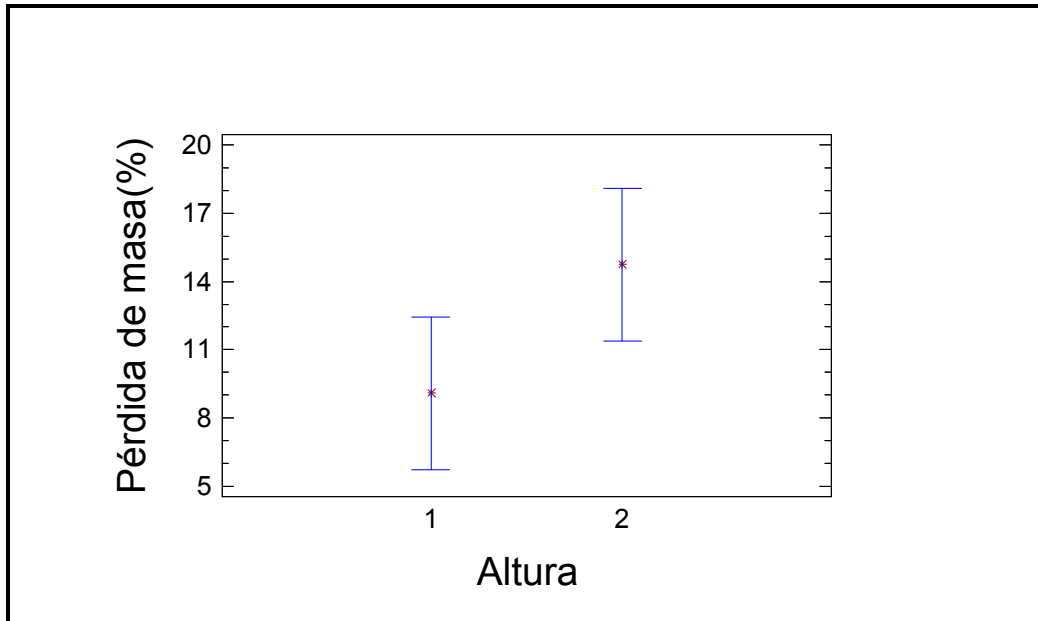


Figura 12 Pérdida de masa según altura, *P. placenta*.

Al no existir una diferencia entre alturas, se observó que el nivel de avance para el hongo *P. placenta* fue constante en ambas alturas al no encontrarse una variabilidad superior entre éstas. Al realizar una comparación entre *G. trabeum* y *P. placenta* se logró distinguir la diferencia entre los hongos, ya que, varía de un 35% a un 9% en las alturas uno para *G. trabeum*, lo que demuestra el alto nivel de ataque de éste hongo alcanzando un 74% de efectividad sobre la madera de *Acacia melanoxylon*.

4.5 Pérdida de masa en diámetro para el hongo *P. placenta*.

Según lo mencionado en el punto 4.4 las alturas no se consideran con una diferencia estadística por lo que los valores obtenidos y señalados en la figura 13 para *P.placenta* fue el promedio de cada posición. Para la posición uno, albura existió una pérdida de masa de un 29 % que clasifica como madera moderadamente resistente, en el duramen externo un 4% de pérdida de masa y para el duramen interno un 3% que clasifica a la madera como altamente resistente.

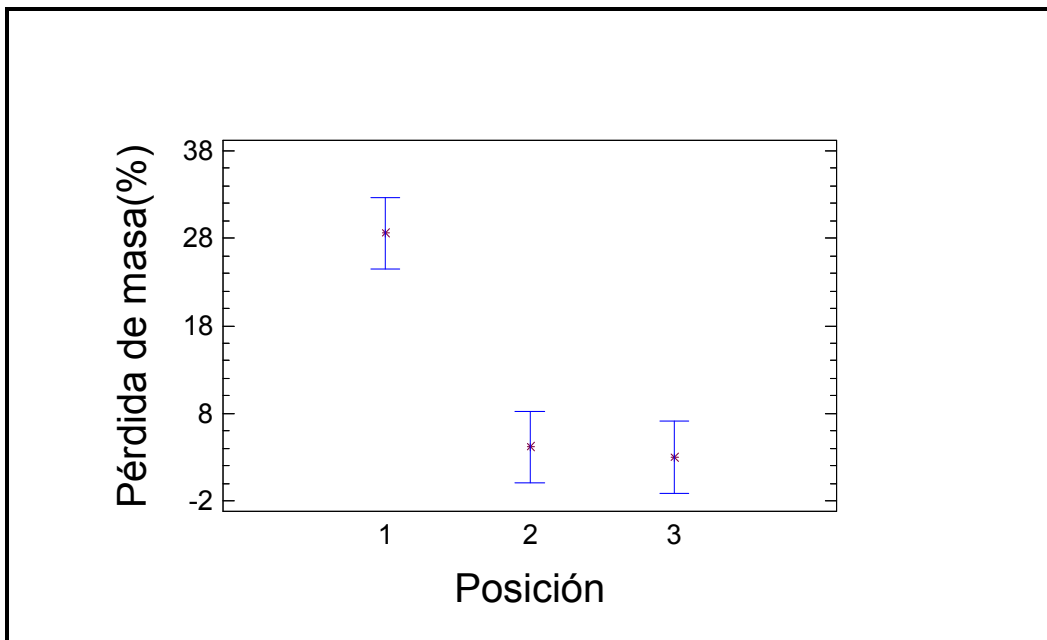


Figura 13 Pérdida de masa según posición diametral, *P. placenta*.

De acuerdo a los valores obtenidos la madera de duramen resultó ser más resistente debido a que contiene otro tipo de sustancias diferentes a la albura, propias del proceso de duraminización, que tienen en algunos casos, propiedades inhibitoras para el desarrollo de esos organismos, como aceites esenciales, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos y sustancias hidrosolubles diversas, de alta toxicidad.

El comportamiento de pérdida de masa para *P. placenta* se encontró en rangos mucho menores que con el hongo *G. trabeum*, debido a que el hongo *P. placenta* presenta un mayor ataque hacia las maderas coníferas que latifoliadas, motivo por el cual la madera de albura clasifica como moderadamente resistente a diferencia del ataque producido por el hongo *G. trabeum* que la clasifica como madera no resistente a la albura. Esto refleja la resistencia de la madera a diferentes ataques de hongos xilófagos lo cual hace variar la durabilidad natural de la madera.

4.6 Pérdida de masa según árbol para el hongo *P. placenta*.

La figura 14 se aprecia la pérdida de masa en promedio por árbol, para el árbol uno existió un 10% de pérdida de masa, que al ser comparado con el árbol uno atacado por el hongo *G. trabeum* que fue de 40% se logra apreciar la diferencia significativa entre hongos xilófagos. En el caso del árbol dos se obtuvo una pérdida de masa de un 15% y para el árbol tres un 11% de pérdida de masa que los clasifica como madera resistente de acuerdo a Findlay.

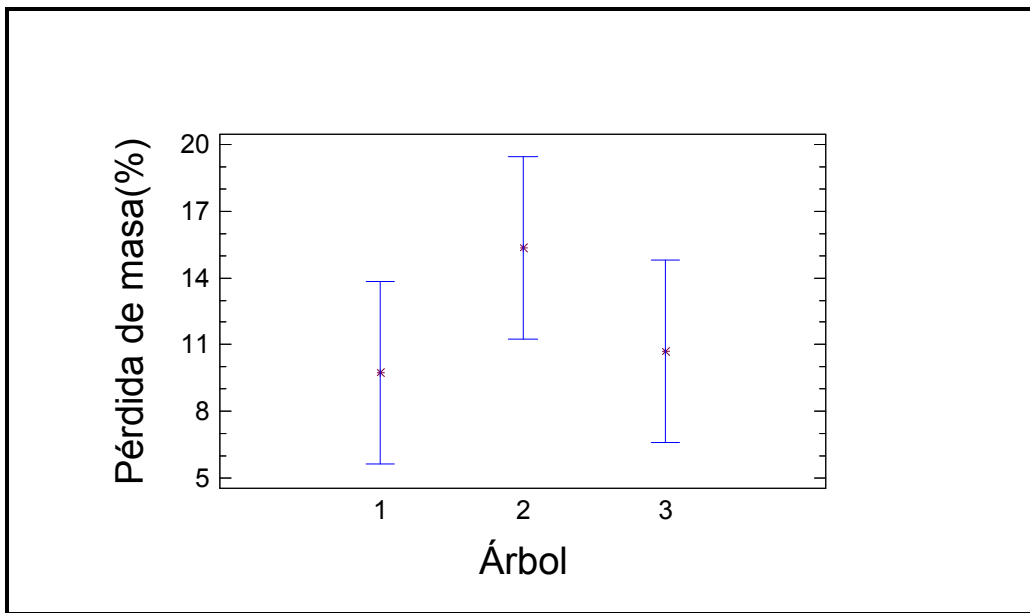


Figura 14 Pérdida de masa según árbol, *P. placenta*.

4.7 Pérdida de masa entre hongos *P. placenta* v/s *G. trabeum*.

De acuerdo a la figura 15 se aprecia de forma significativa la diferencia de pérdida de masa entre hongos, mostrando que fue mayor la pérdida alcanzada con el hongo *G. trabeum* por sobre *P. placenta* debido a las características de cada hongo.

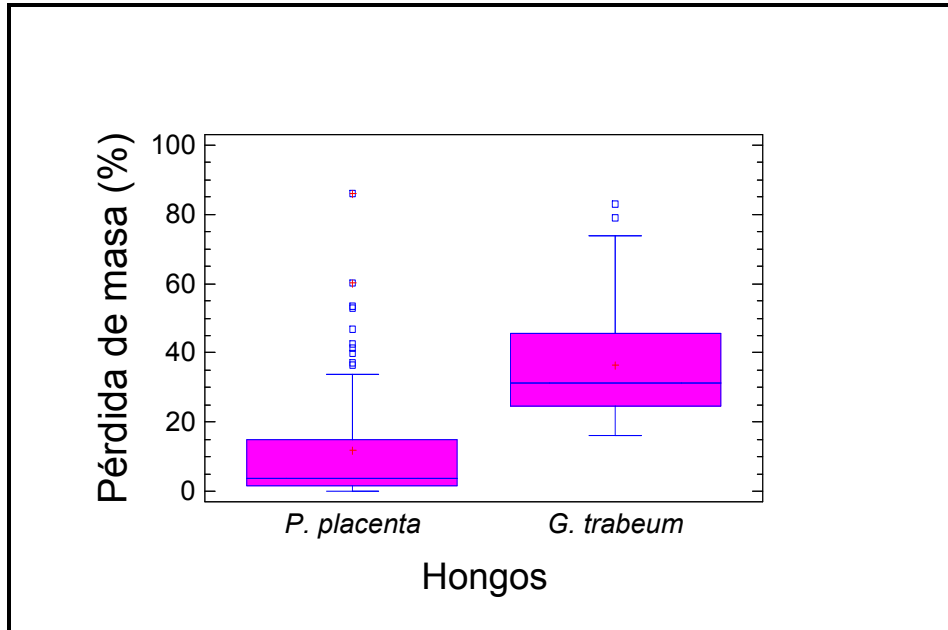


Figura 15 Comparación entre hongos, *P. placenta* v/s *G. trabeum*.

Se realizó además un análisis de comparación de medias entre los valores de pérdida de masa para los dos hongos xilófagos. Los resultados entregados por el software STATGRAPHICS indican que existe una diferencia estadística significativa entre ellos, ya que, el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de ambos hongos no contiene el valor 0 (ver figura 16).

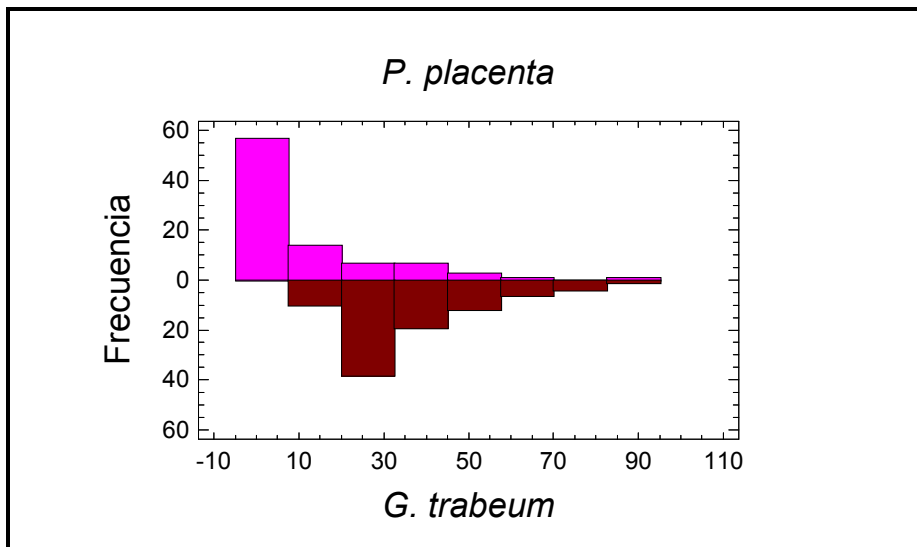


Figura 16 Comparación entre hongos *P. placenta* v/s *G. trabeum*.

4.8 Pérdida de masa de *Pinus radiata*. D, Don.

Para la comparación de los datos y poder identificar posibles anomalías en el desarrollo del estudio se utilizó como probeta testigo pino radiata el cual presentó una pérdida de masa promedio de 40% para *P. placenta* y *G. trabeum*. Lo que Findlay clasifica como una madera moderadamente resistente que se ubica dentro del rango de 25% - 44% de pérdida de masa. Esta pérdida de masa en este rango ha sido encontrada también en otros estudios lo que valida que el crecimiento de los hongos utilizados tuvieron un buen desarrollo (ver figura 17).

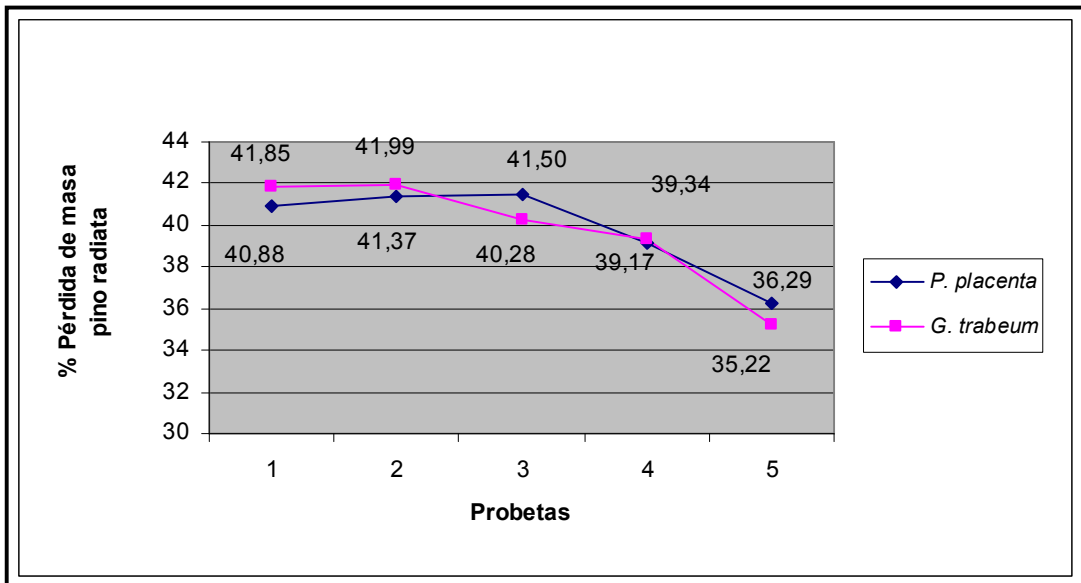


Figura 17 Variación de masa por hongos para pino radiata.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos indican que para la especie de *Acacia melanoxylon* su durabilidad natural según los hongos xilófagos utilizados y tipo de madera resultaron ser:

1. Para *Gloeophyllum trabeum* la clasificación dada por Findlay para la pérdida de masa de la albura se clasifica como madera no resistente por su alto porcentaje de un 45%, mientras que el duramen externo e interno es moderadamente resistente con un 28% y 36% de pérdida de masa.

Para la madera atacada por el hongo *Poria placenta* según la clasificación de Findlay los resultados para la albura fueron de un 28% de pérdida de masa catalogándose como una madera moderadamente resistente. En el caso de madera de duramen externo se tuvo una pérdida de masa de un 4% y en madera de duramen interno de un 3% la que clasifica a la madera como altamente resistente.

En general los resultados reflejan la resistencia de la madera frente a dos cepas de hongos xilófagos lo cual hace variar la durabilidad natural.

2. Al comparar la pérdida de masa obtenidos por *G.trabeum* y *P. placenta* se visualiza que la mayor pérdida se obtuvo con el hongo *G.trabeum* debido a que este no es selectivo según la materia prima, atacando en forma uniforme tanto coníferas como latifoliadas, mientras que la *P.placenta* es selectivo hacia las coníferas.

3. El hongo *G. trabeum* tuvo un alto nivel de ataque con un 74% de efectividad sobre la madera de *Acacia melanoxylon*.

4. Según la clasificación de Findlay dado por el uso, al enterrar una estaca de albura de *Acacia melanoxylon* duraría 5 años como máximo, mientras que el duramen duraría 15 años aproximadamente.

5. Existe clara diferencia de pérdida de masa entre albura y duramen debido a su composición química, puesto que la albura posee mayor cantidad de extraíbles primarios los que son fácilmente hidrolizados por hongos xilófagos. Se hace necesario determinar a través de los procesamientos de laboratorio los extraíbles totales.

6. La variación de pérdida de masa entre alturas para los hongos xilófagos no evidenció diferencias estadísticas, según el test no paramétrico de comparación de medias.

6. BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS 1971. Standard Method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Standard Method. ASTM. Designation: D 2017-71. pp: 612-618. EE.UU.
- BONDARTSEV, A, S 1965 Manual for the Identification of House Fungi. Traducido por Russian. Jerusalem, Israel pp: 5-29
- CARTWRIGHT, K; FINDLAY, W 1958. Decay of and its preventions. London. Her Majesty's Stationery Office. pp: 5-11.
- CHUDNOFF, M 1984 Tropical Timbers of the World. Madison. United States department of Agriculture. Number 607 pp. 295
- DARREL D, NICHOLAS, 1989. Wood deterioration and its Prevention by Preservative treatments. New York, Syracuse University Press (1) pp: 89-92
- FINDLAY W, 1962. The preservation of Timber. London, Adam y Charles Black
Pp 1-10
- HUNT, G, 1953 Wood Preservation. London. Mc Graw-Hill Book Company pp: 23-27.
- INFOR-CONAF, 1998. Potencialidad de Especies y Sitios para una diversificación Silvícola Nacional. Monografía de *Acacia Melanoxylon*. pp. 9-10
- JUACIDA, P; LIESE, W. 1980 Durabilidad natural de maderas frente al ataque de hongos. Bosque Chile 3 (2): 77-85. Universidad Austral de Chile.
- JUACIDA, P; QUINTANAR, J.1992 Protección de la madera: - Agentes causales de degradación. – Durabilidad natural. Publicación docente N°37. Universidad Austral de Chile.
- KOLLMANN, F, 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Madrid Instituto Forestal de Investigación y experiencias y servicios de la madera pp. 5-6; 49:62
- PINILLA, J. 2004 “Masificación y Desarrollo de opciones productivas de especies de Acacias.” Resúmenes de ponencias, seminario diversificación forestal, nuevas opciones, nuevos productos, nuevos mercados (13-15 octubre 2004). www.infor.cl/castano/Investigacion/Avances/Resumenes.pdf (agosto14, 2006)

- POBLETE, H; RODRIGUEZ, S; ZÁRATE, M; 1991. Extraíbles de la madera sus características y efectos sobre la utilización de esta materia prima.- Publicación docente N° 34. Universidad Austral de Chile.
- SAGARDIA, R. 2000. Estudio de Impregnabilidad y Durabilidad natural en madera de *Populus x Euramericana (DODE) Guinier*. Tesis Universidad Austral de Chile.
- SIEBERT, H; BAUERLE, P, 1995. Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon*) en plantaciones mixtas www.revistacienciasforestales.uchile.cl/1995_vol10/n1-2a03.pdf (agosto14, 2006)
- SCHNEIDER, C. 1984. Estudio de permeabilidad en madera de Pino Oregón (*pseudotsuga menziessi (Mirb.) Franco*) y Ciprés (*Cupressus lusitanica Mill.*) crecido en la zona de Valdivia. Tesis Universidad Austral de Chile.
- TUSET, R; DURAN, F. 1979. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Montevideo, Uruguay. Hemisferio sur. Pp: 505-506
- VILLANUEVA, J. 1995. Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens (D.DON) Endl.* Frente al ataque de hongos xilófagos. Tesis Universidad Austral de Chile.
- WOLFF, J.1989. Utilización del Pino Oregón (*pseudotsuga menziessi (Mirb.) Franco*) en la fabricación de tableros de partículas para el uso en exteriores. Tesis Universidad Austral de Chile.

ANEXOS

ANEXO 1

Abstract

ABSTRACT

The natural durability of the *Acacia melanoxylon* wood samples was determined of the attack at two heights of the tree of in sapwood, external heartwood and internal heartwood during four months. For the inoculation the *A. melanoxylon* were used the xylophages fungi *Gloeophyllum trabeum* and *Poria placenta*, the comparison was done with samples of radiata pine.

The degree of deterioration of the samples was classified according to Findlay endorsed by the norm ASTM 2017-71. When was used the fungi *G. trabeum* in sapwood was lost a 45% of mass, classified as non resistant wood; in the external heartwood 28% and in the internal heartwood 36% of loss of mass, both classifies as moderately resistant wood.

For the fungi *P. placenta* in sapwood lost 28% of mass that classifies it like a wood moderately resistant, in the external heartwood 4% and in internal heartwood 3% of loss of mass that classifies it as highly resistant. For the samples of pine radiata both fungi caused a loss of mass of 40% that classifies the wood as moderately resistant.

The variation in two heights for both fungi was not significant.

Key words: Blackwood, xylophages fungi, inoculation, indexes of durability.

ANEXO 2

Estadística Descriptiva

Hongo <i>G. trabeum</i>						
IDENTIFICACION			N°	Peso	Peso	Pérdida
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %
1	1	1	36	3,3022	1,468	55,5448
		ALBURA	37	3,1113	1,2523	59,7499
			38	3,3354	1,6906	49,3134
			39	3,1357	1,2753	59,3297
			40	3,317	0,866	73,8921
1	2	1	26	2,6958	0,9754	63,8178
		ALBURA	27	2,6838	0,4562	83,0017
			28	2,8643	0,9826	65,6949
			29	2,7482	1,9628	28,5787
			30	2,8256	1,6704	40,8834
2	1	1	66	3,0581	2,2056	27,8768
		ALBURA	67	3,1087	2,0296	34,7123
			68	3,316	2,3734	28,4258
			69	3,0088	1,5721	47,7499
			70	3,1834	1,273	60,0113
2	2	1	96	3,7706	2,6363	30,0827
		ALBURA	97	3,524	2,8325	19,6226
			98	3,5454	2,4879	29,8274
			99	3,8151	2,5832	32,2901
			100	3,8246	2,2838	40,2866
3	1	1	126	3,1601	1,5955	49,5111
		ALBURA	127	2,9577	2,0977	29,0766
			128	2,968	2,3055	22,3214
			129	3,2275	2,4049	25,4872
			130	3,3907	1,2652	62,6862
3	2	1	156	2,9286	1,6445	43,8469
		ALBURA	157	2,9355	1,646	43,9278
			158	3,1551	1,551	50,8415
			159	2,9687	1,548	47,8560
			160	2,9936	1,4861	50,3574

Hongo <i>G. trabeum</i>							
IDENTIFICACION			N°	Peso	Peso	Pérdida	
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %	
1	1	2	46	3,2555	2,3252	28,5763	
			D EXTERNO	47	2,674	1,8301	31,5595
				48	3,0687	2,2576	26,4314
				49	3,0317	2,1723	28,3471
				50	3,1659	2,4012	24,1543
1	2	2	16	3,5726	2,54	28,9033	
			D EXTERNO	17	3,5953	2,77	22,9550
				18	3,4008	2,6419	22,3153
				19	3,1046	2,3567	24,0901
				20	2,9822	2,2536	24,4316
2	1	2	76	3,1746	1,8781	40,8398	
			D EXTERNO	77	3,2203	2,4596	23,6220
				78	3,3049	2,2581	31,6742
				79	3,2302	2,4042	25,5712
				80	3,2203	2,3397	27,3453
2	2	2	106	2,9583	1,9894	32,7519	
			D EXTERNO	107	3,2538	0,6829	79,0122
				108	3,0306	2,4561	18,9566
				109	3,2236	2,3593	26,8116
				110	3,3612	2,5296	24,7412
3	1	2	136	2,885	2,3633	18,0832	
			D EXTERNO	137	2,723	2,1966	19,3316
				138	2,9291	1,8856	35,6253
				139	3,1455	2,2035	29,9475
				140	2,8759	2,3441	18,4916
3	2	2	166	2,9522	1,9912	32,5520	
			D EXTERNO	167	2,715	2,276	16,1694
				168	2,7775	1,8268	34,2286
				169	2,7557	2,1006	23,7725
				170	2,7862	2,0074	27,9520

Hongo <i>G. trabeum</i>						
IDENTIFICACION			N°	Peso	Peso	Pérdida
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %
1	1	3	56	2,8285	2,1872	22,6728
		D INTERNO	57	3,0844	2,1313	30,9007
			58	2,4841	1,09	56,1209
			59	2,9441	2,4244	17,6523
			60	2,7032	1,9048	29,5354
1	2	3	6	3,1546	2,575	18,3732
		D INTERNO	7	2,3389	1,5307	34,5547
			8	2,7212	1,7818	34,5215
			9	2,2451	0,6039	73,1014
			10	2,9218	1,8585	36,3920
2	1	3	86	2,5302	1,8797	25,7094
		D INTERNO	87	2,4413	2,0169	17,3842
			88	2,6018	1,6929	34,9335
			89	2,5821	1,2006	53,5030
			90	2,5027	1,9006	24,0580
2	2	3	116	3,2042	1,9493	39,1642
		D INTERNO	117	2,7622	1,91	30,8522
			118	3,2022	1,6464	48,5853
			119	2,9385	1,7705	39,7482
			120	2,9677	1,3617	54,1160
3	1	3	146	2,477	1,9455	21,4574
		D INTERNO	147	2,5908	1,671	35,5025
			148	2,3267	1,2669	45,5495
			149	2,7608	1,5836	42,6398
			150	2,6661	2,0874	21,7059
3	2	3	176	2,5827	1,932	25,1946
		D INTERNO	177	2,6844	0,7473	72,1614
			178	2,5569	2,0498	19,8326
			179	2,6367	1,4996	43,1259
			180	2,9152	2,1391	26,6225

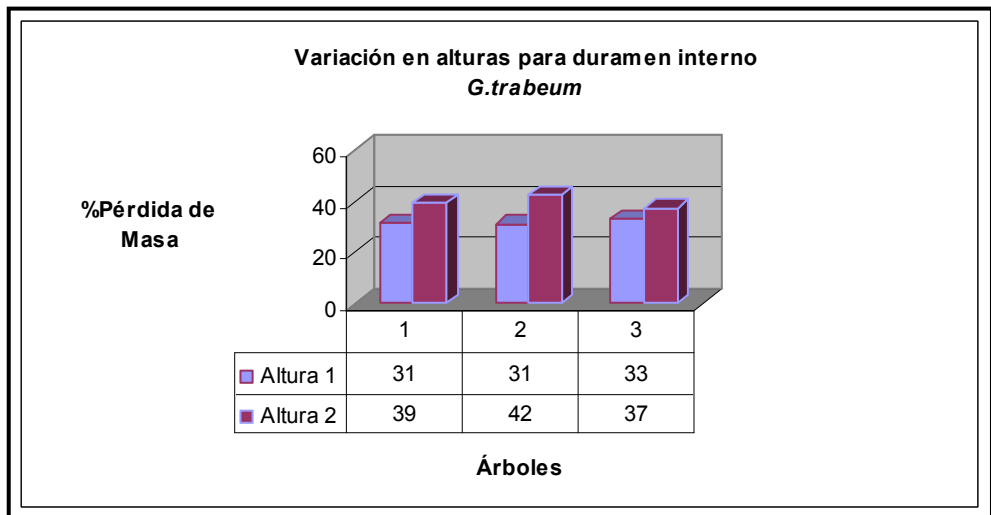
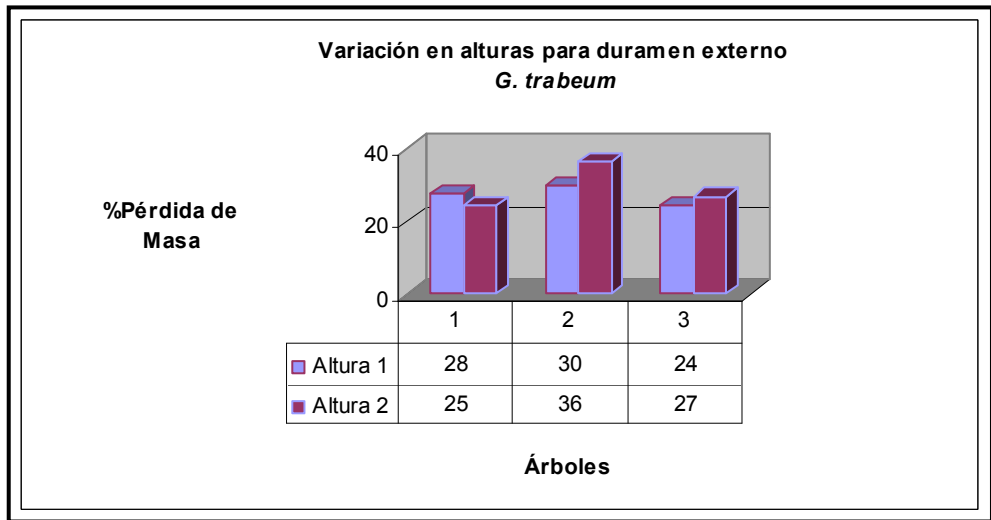
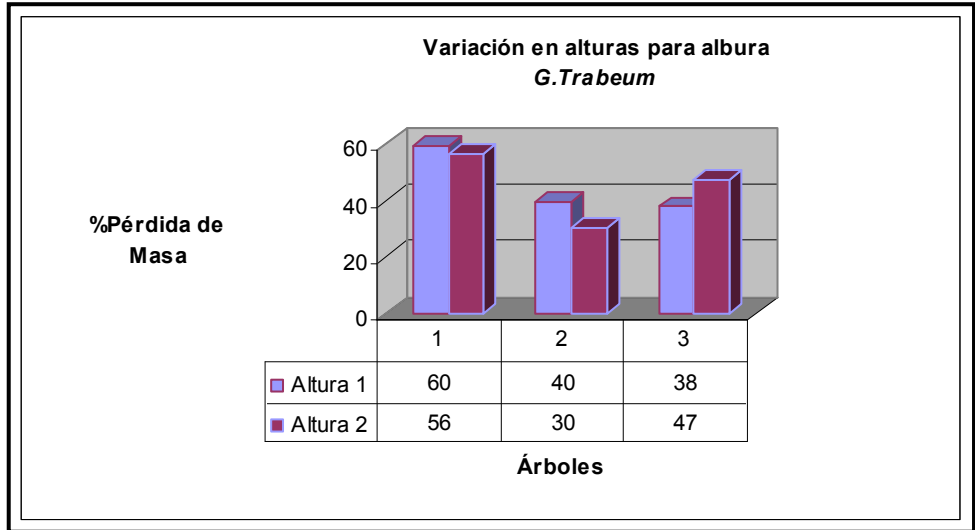
Hongo <i>P. placenta</i>						
IDENTIFICACION			N°	Peso	Peso	Pérdida
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %
1	1	1	31	3,4354	3,0119	12,3275
		ALBURA	32	3,2019	3,1557	1,4429
			33	3,3931	2,7687	18,4021
			34	3,359	3,3026	1,6791
			35	2,8983	2,629	9,2917
1	2	1	21	2,9956	2,9847	0,3639
		ALBURA	22	3,0582	2,2777	25,5215
			23	2,9973	1,7197	42,6250
			24	2,8774	2,1043	26,8680
			25	3,0488	0,4257	86,0371
2	1	1	61	3,0743	2,5434	17,2690
		ALBURA	62	3,3347	2,01	39,7247
			63	3,1983	2,4361	23,8314
			64	2,9584	2,548	13,8724
			65	3,3648	2,2325	33,6513
2	2	1	91	3,7174	2,3599	36,5175
		ALBURA	92	3,8605	2,2599	41,4610
			93	3,839	2,0422	46,8039
			94	3,478	1,6395	52,8608
			95	3,6014	1,4397	60,0239
3	1	1	121	2,8952	2,6973	6,8355
		ALBURA	122	3,4315	2,3891	30,3774
			123	2,9604	2,1099	28,7292
			124	3,2407	2,2727	29,8701
			125	3,3145	1,5394	53,5556
3	2	1	151	3,0699	2,1867	28,7697
		ALBURA	152	2,9687	1,87	37,0095
			153	2,77	2,6836	3,1191
			154	2,9456	2,5035	15,0088
			155	2,8969	1,9346	33,2183

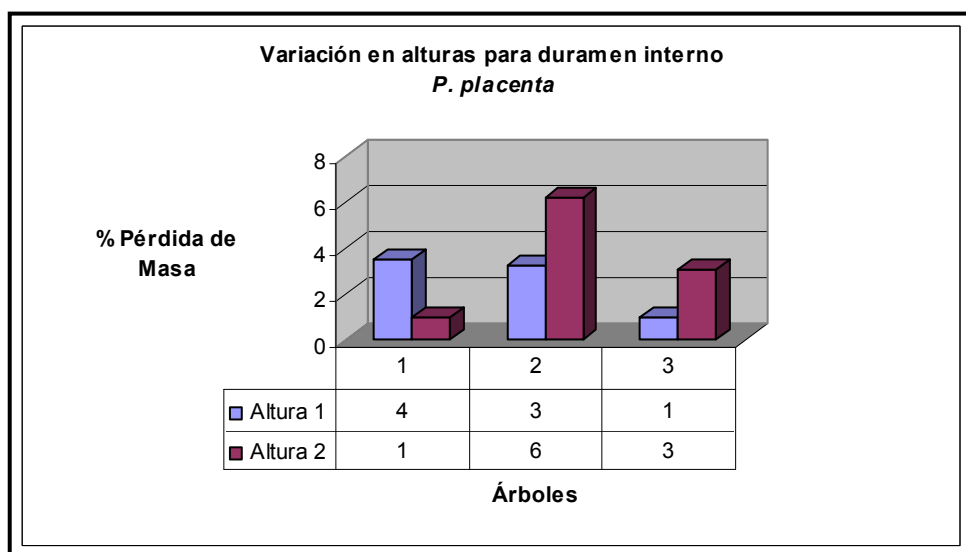
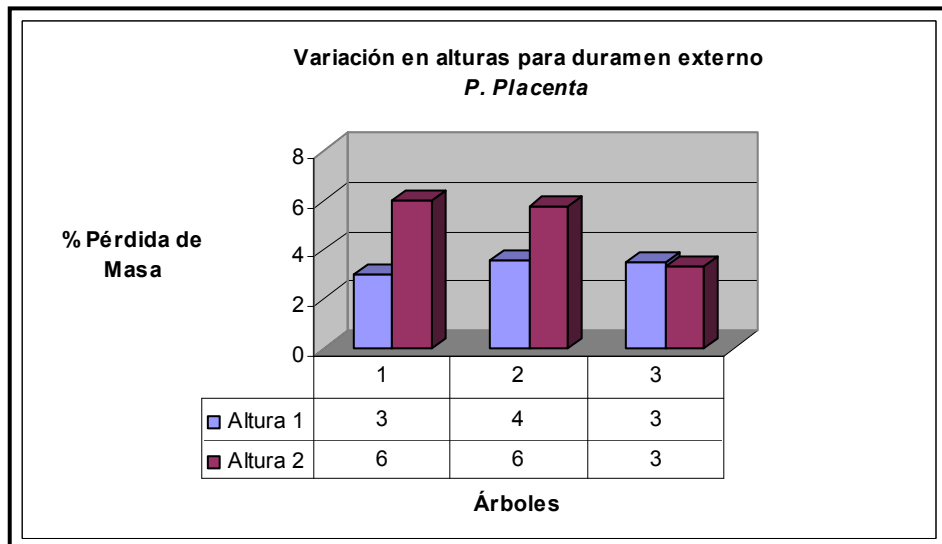
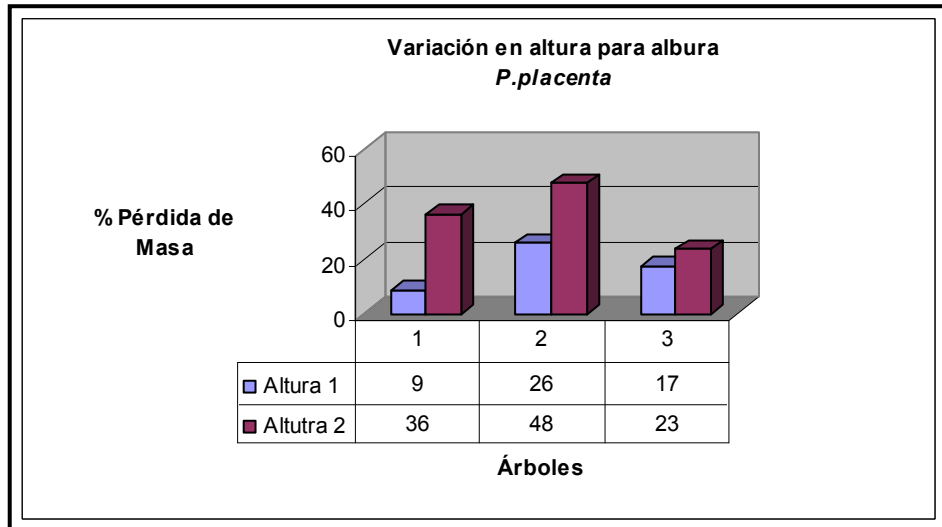
Hongo <i>P. placenta</i>						
IDENTIFICACION			Nº	Peso	Peso	Pérdida
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %
1	1	2	41	2,628	2,5885	1,5030
		D EXTERNO	42	3,5276	3,3957	3,7391
			43	3,3307	3,2375	2,7982
			44	3,4525	3,3091	4,1535
			45	3,3747	3,2868	2,6047
1	2	2	11	3,5648	3,4686	2,6986
		D EXTERNO	12	3,3048	3,1508	4,6599
			13	3,5317	2,8987	17,9234
			14	3,0732	2,948	4,0739
			15	2,9759	2,9522	0,7964
2	1	2	71	3,1875	3,1588	0,9004
		D EXTERNO	72	3,0163	2,9386	2,5760
			73	3,0676	2,9675	3,2631
			74	3,165	3,1013	2,0126
			75	3,1925	2,905	9,0055
2	2	2	101	3,4155	3,02	11,5796
		D EXTERNO	102	3,5502	3,4762	2,0844
			103	3,2005	2,896	9,5141
			104	3,0879	3,005	2,6847
			105	3,0506	2,9583	3,0256
3	1	2	131	3,0017	2,8879	3,7912
		D EXTERNO	132	3,106	3,0412	2,0863
			133	3,0992	3,0478	1,6585
			134	3,0195	2,9267	3,0734
			135	3,3614	3,1335	6,7799
3	2	2	161	2,5454	2,542	0,1336
		D EXTERNO	162	2,7921	2,4545	12,0913
			163	2,7469	2,7026	1,6127
			164	2,5914	2,5848	0,2547
			165	2,7785	2,7123	2,3826

Hongo <i>P placenta</i>						
IDENTIFICACION			N°	Peso	Peso	Pérdida
Árbol	Altura	Posición	Probetas	Inicial	Final	Masa %
1	1	3	51	2,9937	2,8883	3,5207
		D INTERNO	52	2,4323	2,3622	2,8820
			53	2,9549	2,9276	0,9239
			54	2,63	2,5321	3,7224
			55	2,2621	2,113	6,5912
1	2	3	1	2,7596	2,7512	0,3044
		D INTERNO	2	2,2381	2,2293	0,3932
			3	3,0728	3,0464	0,8592
			4	2,5547	2,482	2,8457
			5	2,2953	2,2861	0,4008
2	1	3	81	2,3657	2,3458	0,8412
		D INTERNO	82	2,836	2,6245	7,4577
			83	2,8519	2,7028	5,2281
			84	2,8938	2,8684	0,8777
			85	2,4585	2,4158	1,7368
2	2	3	111	2,9632	2,8995	2,1497
		D INTERNO	112	2,9975	2,9786	0,6305
			113	3,03	2,7495	9,2574
			114	3,1538	2,7899	11,5385
			115	3,2025	2,9551	7,7252
3	1	3	141	2,8225	2,7768	1,6191
		D INTERNO	142	2,5716	2,5452	1,0266
			143	2,2456	2,2283	0,7704
			144	2,5623	2,5585	0,1483
			145	2,4492	2,4135	1,4576
3	2	3	171	2,5196	2,4315	3,4966
		D INTERNO	172	2,7051	2,6345	2,6099
			173	2,7204	2,7048	0,5734
			174	2,7124	2,5106	7,4399
			175	3,1568	3,1219	1,1055

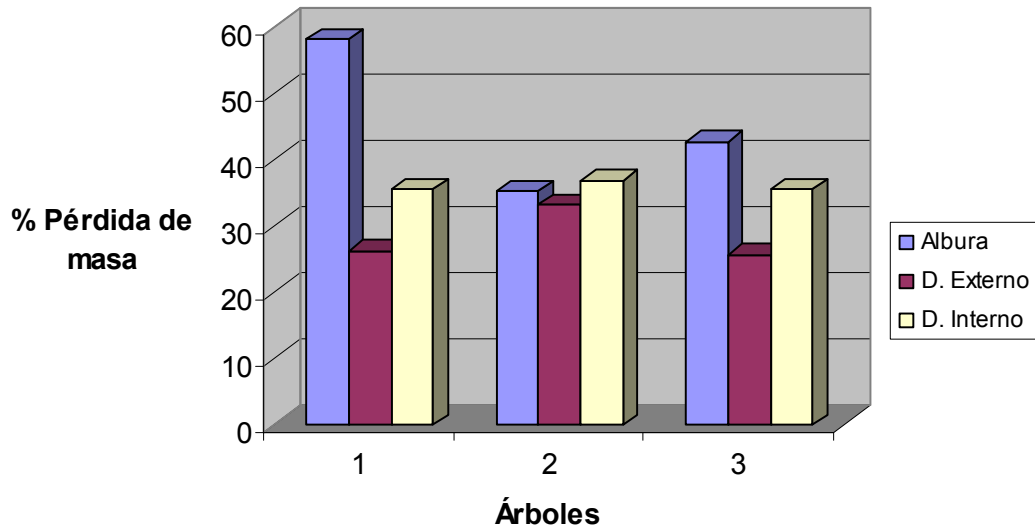
Resumen de estadística descriptiva para el hongo <i>G. Trabeum</i>					
	Cuenta	Promedio	Desv. Estándar	Límite inferior	Límite superior
Promedio total	90	36,4613			
Altura					
1	45	34,991	14,511	17,384	73,892
2	45	37,931	16,897	16,169	83,002
Posición					
1	30	45,220	16,233	19,623	83,002
2	30	28,308	11,110	16,169	79,012
3	30	35,856	14,964	17,384	73,101
Árbol					
1	30	39,846	18,874	17,652	83,002
2	30	35,009	13,601	17,384	79,012
3	30	34,529	14,151	16,169	72,161

Resumen de estadística descriptiva para el hongo <i>P. Placenta</i>					
	Cuenta	Promedio	Desv. Estándar	Límite inferior	Límite superior
Promedio total	90	11,918			
Altura					
1	45	9,102	12,228	0,148	53,556
2	45	14,734	19,734	0,134	86,037
Posición					
1	30	28,569	19,643	0,364	86,037
2	30	4,182	4,030	0,134	17,923
3	30	3,004	3,055	0,148	11,538
Árbol					
1	30	9,732	17,456	0,304	86,037
2	30	15,336	17,687	0,631	60,024
3	30	10,687	14,358	0,134	53,556

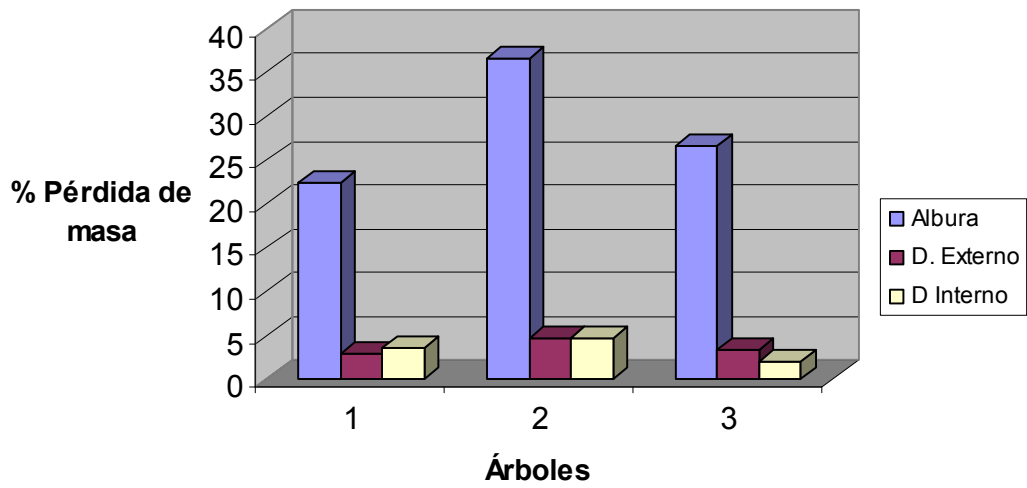




A.melanoxylon para el hongo *G.trabeum* .



A. melanoxylon para el hongo *P. placenta*.



Pérdida de masa por árbol, por posición, hongo *G. trabeum*.

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
1	Albura	1	59,5660	57,9806
		2	56,3953	
1	D. externo	1	27,8137	26,1764
		2	24,5391	
1	D. interno	1	24,5391	31,9638
		2	39,3886	
Promedio				38,7069

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
2	Albura	1	39,7552	35,0885
		2	30,4219	
2	D. externo	1	29,8105	33,1326
		2	36,4547	
2	D. interno	1	31,1176	36,8054
		2	42,4932	
Promedio				35,0089

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
3	Albura	1	37,8165	42,5912
		2	47,3659	
3	D. externo	1	24,2958	25,6154
		2	26,9349	
3	D. interno	1	33,3710	35,3792
		2	37,3874	
Promedio				34,5286

Pérdida de masa por árbol, por posición, hongo *P.placenta*.

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
1	Albura	1	8,6286	22,4559
		2	36,2831	
1	D. externo	1	2,9597	4,4951
		2	6,0304	
1	D. interno	1	3,5281	2,2444
		2	0,9607	
Promedio				9,7318

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
2	Albura	1	25,670	36,6015
		2	47,533	
2	D. externo	1	3,552	4,6646
		2	5,778	
2	D. interno	1	20,633	11,8390
		2	3,045	
Promedio				17,7017

Árbol	Posición	Altura	Pérdida de masa %	Promedio
3	Albura	1	29,8735	26,6493
		2	23,4251	
3	D. externo	1	3,4778	3,3864
		2	3,2950	
3	D. interno	1	1,0044	2,0247
		2	3,0451	
Promedio				10,6868

ANEXO 3

Estadística Inferencial

1. Altura *P. placenta*.

Intervalo de confianza de 95% para el promedio de la altura 1: 13,6178 +/- 4,05053 [9,56-17,66]

Intervalo de confianza de 95% para el promedio de la altura 2: 10,02 +/- 3,76 [6,26-13,78]

Intervalo de confianza de 95% para la diferencia entre los promedios, asumiendo varianzas equivalentes: 3,59373 +/- 5,48158 [-1,88-----9,07]

Puesto que el intervalo de confianza para la diferencia entre los promedios contiene el valor 0, podemos afirmar que no existe una diferencia estadística significativa entre las pérdidas de masa para las alturas 1 y 2.

2. Altura *G. trabeum*.

Intervalo de confianza de 95% para el promedio de la altura 1: 35,8023 +/- 3,58683 [32,2155-39,3891]

Intervalo de confianza de 95% para el promedio de la altura 2: 34,6111 +/- 3,45769 [31,1534-38,0688]

Intervalo de confianza de 95% para la diferencia entre los promedios, asumiendo varianzas equivalentes: 1,19124 +/- 4,941 [-3,74-----6,13]

Puesto que el intervalo de confianza para la diferencia entre los promedios contiene el valor 0, podemos afirmar que no existe una diferencia estadística significativa entre las pérdidas de masa para las alturas 1 y 2.

3. Diferencias entre hongos.

Intervalo de confianza de 95% para el promedio del hongo *P. placenta*: 11,9185 +/- 3,4699 [8,44857-15,3884]

Intervalo de confianza de 95% para el promedio del hongo *G. trabeum*: 36,4613 +/- 3,29459 [33,1667-39,7559]

Intervalo de confianza de 95% para la diferencia entre los promedios, asumiendo varianzas equivalentes: -24,5428 +/- 4,75208 [-29,29----- (-19,79)]

Puesto que el intervalo de confianza para la diferencia entre los promedios no contiene el valor 0, podemos afirmar que existe una diferencia estadística significativa entre las pérdidas de masa para los ataques de los dos hongos.