"IMPORTANCIA DE LA FRACCION EXTRAIBLE EN EL PROCESO DE PUDRICION CAUSADO POR Gloeosoma vitellinum (Lév.) Bres, SOBRE Nothofagus dombeyi (Mirb.) Bl.

Roberto Ipinza C. *
Miguel Herrera M. **
Juan Donoso G. ***

(*) Ing. For. Prof. Ayudante de Patología Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile.
(**) Ing. For. Prof. Ayudante de Patología Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. U. de Chile.
(***) Inf. Forestal. Dr. Profesor de Patología Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. U. de Chile.

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por S.E.C.A.T. Universidad de Chile, para Proyecto PATOLOGIA FORESTAL y de PRODUCTOS.

RESUMEN

En este trabajo se estudia la incidencia de los extraíbles de la madera de **Nothofagus dombeyi** (Mirb). B.L, en el proceso de pudrición (en condicionesde Laboratorio) causado por **Gloeosoma vitellinum** (lév.)Bres., utilizando el análisis de pérdida de peso.

Se logra a través de una metodología basada en diferentes normas yconceptos microbiólogicos, que significa diferenciar el sustrato leñoso en función de efectos xilema, extraíbles e interacción. Se desprenden algunas conclusiones tales como:

- La presencia de extraíbles incrementa la tasa de pérdida de peso en el sustrato natural para cuatro semanas iniciales del proceso de pudrición ($\alpha \leq 0.01$)
- Durante la sexta, octava, y décima semana, dicho efecto estimulante nose manifiesta. Para estos tiempos de remoción, el incremento en pérdida de peso (del sustrato lixiviado), es significativamente superior ($\alpha \leq 0{,}05$)al sustrato natural.

SUMMARY

Wood extractives of **Nothofagus dombeyi** (Mirb). BL were studied for incidence on decay, under laboratory conditions, by **Gloeosoma vitellinum** (Lév)Bres., using weightloss analysis.

This sudy was completed using methodology based on different micro - biological concepts and standards. The woody substrate was differentiated according to its functions of xylem, extractives and interaction effects. Relevant conclusions were obtained such as:

- The presence of extractives increases the weight-loss rate in the natural substrate, up to four weaks after iniciating the decay process ($P \leq 0.01$)
- During the sixth, eight, and tenth week, the weightloss phenomena was not observed. For the selected time periods the increment of weight-loss of the leached substrate is significatly greater ($P \leq 0{,}05$) than the natural substrate.

I. INTRODUCCION

La resistencia o suceptibilidad natural de una especie leñosa, se manifiesta en forma de una gradiente contínua, bajo situaciones de variación de algunos componentes del proceso de pudrición (Herrera, e Ipinza, 1978). Igual gradiente es posible determinar si se consideran procedencias distintas de una misma especie, y aún más dentro de un individuo determinado (Scheffer, 1973), si se mantiene constante el organismo fungoso y el medio ambiente; razón por la cual existen divergencias sobre el valor de la resistencia natural al proceso de pudrición de la madera de **Nothofagus dombeyi** (Mirb). Bl. Al respecto, Ortíz, y Cuevas, (1965), de acuerdo al test de durabilidad natural propuesto por Cartwright, y Findly, (1946), concluyeron que albura de **N. dombeyi** es suceptible al ataque de hongos, no así duramen que experimenta una pérdida en peso inferior a 5 °/o.

Donoso, y Veloso, (1968), utilizando la metodología de durabilidad natural señalada por Cuevas, y Ulloa, (1967) y los hongos de prueba para Latifoliadas: **Polystictus versicolor** (L. ex. Fr.) Quel. y **Lenzites trabea**, Pers, ex.Fr., determinan que albura es suceptible y duramen es resistente. Cabe destacar que dichos autores consideran tres procedencias de sustrato de **N. dombeyi**: Llancacura (Prov. de Osorno), Trafún (Prov. de Valdivia), Malleco (Prov. de Malleco).

En cambio French, y Tainter, (1973), al emplear el test de bloques sobre suelo A.S.T.M. D 2017, con el hongo de prueba **Polyporus versicolor** L. ex Fr. (Madison 697), obtienen pérdidas de peso promedio de 48 °/o en duramen de trozas comerciales de **N. dombeyi** de tres procedencias: Fundo Rinconada (Prov. de Cautín): Fundo Trafún (Prov. de Valdivia); Fundo Río Pescado (Prov. de Llanquihue). Luego de acuerdo a estos autores la madera de esta especie, no es resistente a la pudrición.

La variabilidad que presenta esta especie de **Nothofagus**, en relación a albura y duramen, aún no se ha establecido, Sin embargo, de acuerdo a Scheffer, y Cowling, (1966), la resistencia natural que presenta el sustrato madera es atribuída, en términos generales, a diversos factores que pueden resumirse en:

- Extraíbles de la madera.
- Estructuras físico-química de la pared celular.
- Factores varios: Contenido de N, valor de pH,contenido de almidón,.....etc.

Como base preliminar, a estudios posteriores, en este trabajo se pretende determinar la significancia de los extraíbles (en etapas iniciales del proceso de pudrición) en la acción del hongo oligofágico lignivora **Gloeosoma vetellinum** (Lév.) Bres., sobre **N. dombeyi.**

MATERIAL Y METODO

Material

Substrato

El material leñoso se obtuvo de trozas, de **N. dombeyi** colectadas en Bullileo, 50 km. de Parral, Provincia de Linares, VII Región. Se seleccionaron de árboles con las siguientes características:

- Arboles del dosel superior.
- Arboles sanos, sin presencia de signos o síntomas de enfermedad.
- Diámetro a la altura del pecho (D.A.P) de 15 ± 1 cm.
- Altura promedio de 10 ± 2m.
- Sector homogéneo en cuanto a pendiente y exposición.
- Corte transversal con 1 - 5 anillos por centímetro lineal.
- Albura y duramen diferenciado.
- Color y aspecto de la madera representativo de la especie (CORMA, 71).

Las trozas se extrajeron a una altura comprendida entre 1,3 a 1,8 m. sobre el nivel del suelo, por lo que corresponden a una longitud de 50 cm. Los extremos de las trozas se sellaron con barniz para evitar la excesiva pérdida de humedad, que pudiese colapsar la madera.

Hongo.

El inóculo lo constituye el hongo oligofágico de pudrición blanca (Herrera, e Ipinza, 1978) **G. vitellinum**, aislado de **N. dombeyi** en la zona de Alcaldeo de Castro, en Chiloé Insular (Mayo 1976), a través del metodo de "cultivo vivo" de esporas y trama de carpóforos frescos en medio de cultivo al 2 - 2,5 °/o agar-malta.

Previo a la realización experimental de este estudio, se determinaron los requerimientos de

temperatura y luz óptima para este hongo; la evaluación se realizó a través de la tasa de crecimiento radial en placa Petri; los resultados fueron los siguientes: Temperatura óptima 25-30°C. sin luz.

Método.

Diseño experimental

Elección del tamaño y forma de la unidad experimental.

El tamaño de las probetas o unidad experimental es de 0,5 x 1,5 x 1,5 cm. aproximadamente (volumen 1,125 cm^3).

Su forma y tamaño se escogió por dos razones:

- Son fácilmente lixiviables por solventes polares y no polares.
- Uniformidad en el proceso de pudrición (Wilcox, 1964).

Una vez confeccionadas las probetas de albura y duramen, se aleatorizan separadamente para minimizar el margen de error de las estimaciones de sus características.

Análisis estadístico.

Para aceptar o rechazar la hipótesis propuesta en esta investigación e ir, verificando diferencias estadísticamente significativas durante el proceso de pudrición, se hizo necesario definir cuatro tratamientos.

- Albura con extraíbles = AaBc.
- Albura sin extraíbles = AaBs.
- Duramen con extraíbles = AdBc
- Duramen sin extraíbles = AdBs.

En cada uno de ellos, se determina el peso seco, a diversos tiempos de remoción (t_i = 4,6, 8, 10, semanas, incluyendo to = madera sana).

Los valores promedios finales de peso (Yji) para cada t_i están fuertemente influenciados por los pesos anhidros iniciales (Xji); para eliminar esta influencia y poder realizar una comparación confiable, se utiliza el modelo mixto de Li, (1969).

Yji ajustado = Yji - b (Xji - X), para t_i

donde Yji ajustado = valores corregidos (peso finales) en t_i

Yji = medias observadas de los pesos finales en t_i

Xji = medias observadas en los pesos iniciales en t_i

X = media general de los valores observados en peso inicial en t_i

b = coeficiente de regresión del error.

El diseño estadístico corresponde a un Análisis de Covarianza (ANCOVA), con un factorial de 2^2 y consta de: factor xilema y factor extraíble, cada uno a dos niveles; albura y duramen para el primero, y presencia y ausencia de extraíbles para el segundo.

El cálculo de pérdida de peso, utilizando los valores corregidos en la prueba de Duncán, permite comparar los distintos tratamientos en base a los t_i respectivos.

Acondicionamiento de las probetas.

Extracción preliminar de las probetas.

Una vez obtenidas, las probetas se secan a 50°C. en una estufa durante 24 horas o más hasta obtener un contenido de humedad a peso constante. Luego se mantienen en 4 bolsas de polietileno, correspondiente a cada uno de los tratamientos respectivos.

Para eliminar los extraíbles de las probetas AaBs y AdBs, se procede a efectuar extracciones sucesivas con solventes de menor a mayor polaridad (Peterson y Cowling, 1964). Se usan aquellos propuestos por Thompson, (1965) Eter Etanol-Benceno 1:2 (v/v). Agua.

Para extracción en albura y duramen respectivamente, se utilizan dos equipos Soxhlet compacto (45/50), las unidades calefactoras son dos montos eléctricos.

El proceso de extracción se realiza en una campana de vidrio como medida de seguridad dada la inflamabilidad de los solventes.

La metodología de extracción con éter y alcohol-benceno corresponde al principio general de la norma A.S.T.M. D 1108 y ASTM D 1105 respectivamente, salvo en el tiempo total de extracción y sifoneo por hora; al respecto se sigue el procedimiento propuesto por Thompson, (1965), que indica 25 horas por cada solvente, a un ritmo, de un sifoneo por hora.

El método de extracción con agua, se enmarca en el principio general de solubilidad en agua caliente (norma ASTM D 1110).

Una vez finalizado el proceso con cada uno de los tres solventes, las probetas se secan 24 horas a temperatura ambiente.

Enumeración de las probetas.

Cada probeta se identifica en la cara radial o tangencial en base al tratamiento y con enumeración correlativa.

Determinación del peso anhidro.

Para remover las partículas de aserrín adheridas a las probetas, se someten a aire comprimido(4-8 kg/cm^2);posteriormente se secan (50°C, durante 4 horas) y se enfrían en un desecador, pesándose luego a la diez-milésima de gramo (0,0001 g); se repite el secado a intervalos de 1 hora, hasta obtener peso constante. Las probetas, luego se almacenan, en bolsas de polietileno. El procedimiento de secado es válido para todas las remociones (t_i).

Humedad de las probetas.

Las probetas de cada tratamiento se sumergen a agua bidestilada, para acondicionarlas a un contenido de humedad relativa de 70 $\pm$ 4°/o (Wilcox, 1968). La verificación de la humedad esperada se realiza por muestreo aleatorio. A intervalos regulares de tiempo, se pesan grupos de 20 probetas por tratamiento, considerando la siguiente relación:

Ph= Pa 1.7 ($\pm$0,04)

Ph= Peso húmedo a calcular.

Pa= Peso anhidro inicial valor promedio para cada tratamiento (Xij)

Luego de acondicionadas, se almacenan a temperatura ambiente.

Número de probetas y frascos de pudrición.

Cada frasco Kolle contiene ocho probetas correspondiente a dos por cada tratamiento. En cada remoción (t_i), se escogen 20 francos Kolle para análisis de pérdidas de peso, considerando además cinco frascos Kolle, como control.

Medios de cultivo, Esterilización, Inoculación e Incubación.

Medios de cultivo.

— Fuente del Inóculo.

Se siembra en medio de cultivo agar-agar al 1 °/o, en disco Petri, para obtener micelio sin sustancias alimenticias almacenadas.

— Frasco de pudrición.

La pudrición de las probetas se realiza en frascos Kolle, con un medio de cultivo especialmente adaptado para este ensayo. Consiste de 50 ml. de agar-agar al 1,5 °/o por frasco, dispuesto en una delgada lámina, la que se cubre con 20 $\pm$ 2 gramos de cuarzo fino esterilizado y homogéneamente distribuído.

Esterilización y disposición de las probetas.

La esterilización se efectúa en ambos medios de cultivo a 120° C y 1,055 kg/cm^2 (durante 20 minutos), en autoclave. El cuarzo se esteriliza aparte, agregándose una vez que el medio de cultivo en el frasco de pudrición se encuentra solidificado; al mismo tiempo se colocan las probetas dentro del frasco de pudrición. Estos dos últimos procesos se efectúan en una cámara bacteriológica.

La disposición de las probetas obedece a un ordenamiento regular dentro de cada frasco Kolle.

Inoculación e Incubación.

— Preparación del Inóculo.

A partir del medio descrito se procede a producir inóculo suficiente mediante multiplicación de la cepa original. Con una asa de inoculación se repica micelio, de los tubos de ensayo que contiene la cepa madre, a discos Petri.

Los discos Petri inoculados se colocan en una cámara de cultivo,sin luz, a 27,5°C.

— Frascos de pudrición.

La inoculación se realiza en una cámara bacteriológica, donde se procede a inocular probeta por probeta con cubos de agar de aproximadamente 0,125 cm3, proveniente del medio de cultivo anteriormente descrito y en donde se ha desarrollado micelio.

Los frascos de pudrición son incubados en cámara de cultivo a 27,5°C y 70 $\pm$4°/o de humedad relativa (Wilcox, 1968). Cada dos semanas a partir del primer mes de incubación, se le agrega 5ml. de agua bidestilada a cada frasco de pudrición manteniendo rigurosas medidas de asepsia.

— **Remoción de los frascos de pudrición.**

Cada dos semanas, a partir del mes de inoculado, 20 frascos son removidos al azar desde las cámaras de cultivo.

El ensayo duró 10 semanas, lo que permite obtener una serie de eventos en etapas progresivas de pudrición.

RESULTADO, ANALISIS Y DISCUSION

Intensidad del Proceso de Pudrición.

La intensidad del proceso de pudrición se determina relacionando la variable peso anhidro final, a lo largo del proceso. Esta relación de tipo diferencial y expresada porcentualmente, define al concepto "Porcentaje en pérdida de peso anhidro" que se expresa como sigue:

$$\text{Porcentaje de Pérdida de peso Anhidro} = \frac{Pto - Pti}{Pto} \times 100$$

Pto = Peso anhidro, madera sana (to).

Pti = Peso anhidro, tiempo i (4,6,8 y 10 semanas)

De esta expresión debe entenderse, a lo largo del texto, que el término pérdida de peso refleja un valor porcentual basado en peso anhidro.

La pérdida de peso (Figura N° 1), cuantifica la intensidad de este proceso biodegradante y representa el porcentaje neto de material de pared celular degradado como resultado del proceso de respiración del hongo lignivora; luego este parámetro, es un buen estimador de la actividad enzimática de **G. vitellinum**.

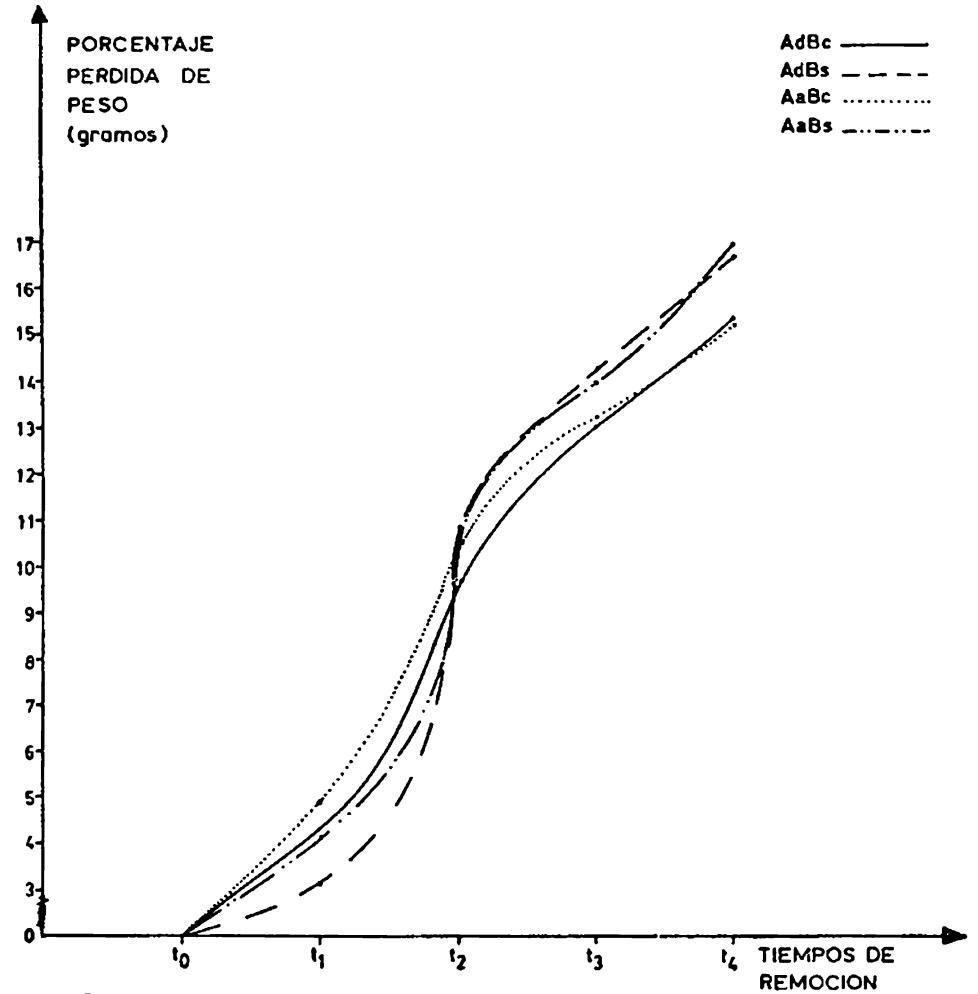

Fig. N°1.— Comportamiento del porcentaje de pérdida de peso de los tratamientos en las etapas de remoción estudiadas (to, t_i).

ANCOVAS y Pruebas de Duncan.

Del resultado de los ANCOVAS (Tabla N° 1), para los t_i respectivos, se desprende que los efectos principales e interacción, son causantes de las diferencias en pérdidas de peso en cada tiempo de remoción, y sólo el efecto principal xilema presenta en t_2, t_3 y t_4 un nivel de significancia inferior. a t_1.

Tabla N° 1. Resumen de los ANCOVAS para cada tipo de remoción (t_1)

	Nivel de significación de los efectos principales e interaccion ≥ 95 °/o de confianza.		
t_i	XILEMA	EXTRAIBLE	INTERACCION
t_1	0,9995	0,9995	0,9995
t_2	0,95	0,9995	0,9995
t_3	0,95	0,9995	0,9995
t_4	0,95	0,9995	0,9995

De acuerdo a la significación estadística ($\alpha \leq 0{,}05$), de la pérdida de peso, obtenida mediante la Prueba de Duncan, los tratamientos se ordenan en cada t_i respectivo. Estas relaciones cronológicas individuales del proceso de pudrición, (Tabla N° 2), tienden a explicar el comportamiento de las pérdidas de peso de los distintos tratamientos durante el proceso de biodegradación.

Tabla N° 2

Relaciones cronológicas individuales del proceso de pudrición de acuerdo a la Prueba de Duncan para cada t_i ($\alpha \leq 0{,}05$)	
t_i	TRATAMIENTOS
t_1	AaBc > (AaBs = AdBc) > AdBs
t_2	(AdBs = AaBc = AaBs) > AdBc
t_3	AdBs > AaBs > (AaBc = AdBc)
t_4	(AdBs = AaBs) > AdBc > AaBc

Rol de los extraíbles durante el proceso de pudrición.

El factor extraíble juega un rol fundamental en las etapas cronológicas del proceso de pudrición en estudio; si se supone por un momento que la diferencia en durabilidad entre albura y duramen sólo se debe a este factor, el comportamiento diferencial del proceso de pudrición estaría indicando que la cantidad y composición de los extraíbles es distinta entre albura y duramen. Por mediciones en laboratorio es posible afirmar que la cantidad de extraíbles es diferente. En duramen es de alrededor de 7 °/o en cambio en albura es sólo de 5 °/o; en cuanto a la calidad de los extraíbles y de acuerdo a Hillis, W. (1962) existen igualmente marcadas diferencias.

En una ordenación numérica,de mayor o menor (pérdida de peso), de los tratamientos en las etapas cronológicas respectivas y considerando dos tipos de sustratos: natural y lixiviado,es posible notar (Tabla N° 3) que el comportamiento de los dos tipos de sustrato difieren en estas etapas iniciales del proceso de pudrición.

Tabla N° 3. Ordenamiento numérico de acuerdo a la prueba de Duncan /t_i.

Tipos de sustrato	Tratamientos	Tiempos de remoción			
		t_i	t_2	t_3	t_4
Sustrato natural	AdBc	2	2	3	2
	AaBc	1	1	3	3
	AdBc	3	1	1	1
Sustrato lixiviado	AaBs	2	1	2	1

En la etapa t_1, el sustrato natural experimenta las mayores pérdidas de peso en comparación al sustrato lixiviado; esto indica que la presencia de extraíbles juega un rol estimulante en la etapa inicial de colonización, pero antes, es conveniente establecer, conforme a estudios histoquímicos realizados (Herrera, e Ipinza, 1978), que el contenido de almidón en albura es muy superior al de duramen, encontrando en este último escasos gránulos de almidón distribuídos irregularmente en los radios medulares; luego el efecto, por lo menos inicial del factor extraíble en albura, está enmascarado por dicha fuente inmediata de carbohidratos fácilmente hidrolizables. Este efecto en la etapa inicial es denominado "efecto combinado extraíble-almidón".

Al comparar AdBc y AdBs, se constata una diferencia de 1,17 °/o entre los dos tratamientos: en AaBc y AaBs en cambio, la diferencia es sólo de 0, 65 °/o. Ambas diferencias son estadísticamente significativas a un $\alpha = 0.01$.

En la etapa en cuestion, **G. vitellinum** experimenta en el substrato lixiviado un proceso de adaptación, ya que es un medio al cual fisiológicamente no está adaptado por la inexistencia del estímulo natural antes mencionado.

En cambio en el substrato natural, se produce un efecto estimulante en la actividad enzimática intracelular, debido fundamentalmente a la presencia de extraíbles y carbohidratos simples.

En t_2 se observan los mayores incrementos en pérdida de peso (Figura N° 1), la actividad intracelular se iguala, a excepción de AdBc, que continúa con el nivel de importancia de t_1 (Tabla N° 3). El análisis estadístico demuestra en esta etapa, que el factor extraíble explica el mayor porcentaje de la variación encontrada, en desmedro de la pérdida de significancia del factor xilema.

El nivel logrado, por el substrato lixiviado, se debe a una complementación funcional alternativa del punto activo de las enzimas sobre el sustrato, indicando una adaptación a un medio no-natural; la relación enzima-substrato es más eficiente a nivel intracelular que la encontrada en t_1, e inclusive más eficiente que el substrato natural en esta segunda etapa. Es necesario señalar que posiblemente, el incremento en la intensidad de pudrición del substrato lixiviado, obedezca a un problema de mayor accesibilidad en la matriz polimérica de la madera, una vez producida la adaptación.

El tratamiento AaBc, sin embargo, presenta aún el efecto combinado extraíble-almidón.

En t_3 y t_4, continúa la tendencia creciente en pérdida de peso del substrato lixiviado, en cambio, el consumo de materiales celulósicos lignificados del substrato natural se ve retardado; dicho decremento, es probable que se deba a una disminución de la actividad metabólica, producto de cambios radicales (factores ecológicos, Jocquiot,(1967) del substrato degradado este fenómeno nos ayuda a entender el proceso de pudrición natural como una sucesión ecológica de poblaciones de micro-organismos con requerimientos nutricionales disímiles.

El sustrato lixiviado en t_4, no presenta diferencias significativas en pérdida de peso entre tratamientos, connotando que la cantidad y calidad de extraíbles de albura y duramen, son responsable del comportamiento diferente en el sustrato natural.

- El factor extraíble juega un rol de estimulante en la biodegradación del substrato natural en t_1, en cuanto a pérdida de peso, pero el efecto estimulante de su presencia es despreciable en los t_1 posteriores.
- En t_2, el substrato lixiviado presenta mayores incrementos en pérdida de peso por una rápida habilidad en la adaptación del organismo fungoso a un sustrato no-natural.
- En t3 y t4, el sustrato lixiviado presenta los mayores incrementos en pérdida de peso.
- **G. vitellinum** sobre el sustrato natural de **N. dombeyi,** al término de diez semanas, determina que alburaes mas resistente que duramen, dicha diferencia en pérdida de peso es significativa a un $\alpha = 0{,}01$. El sustrato lixiviado después de diez semanas, presentó pérdidas de peso para albura y duramen, estadísticamente iguales, en este caso la sensibilidad de nuestro patrón básico de pudrición (pérdida de peso), no segrega diferencias significativas entre albura y duramen.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book of ASTM standards, 1971. Philadelphia, Pa, 1971. V. 16, 894 p.

2. ANDERSON, A.B. On the chemistry of wood rot, Tappi 45 (1): 40A-62a.1962.

3. CARTWRIGHT, K. St. G. y FINDLAY, W.P.K. Decay of timber and its prevention. London, His Majestry's Stationary Office, 1946. 294 p.

4. CORPORACION CHILENA DE LA MADERA. Maderas, Santiago, Corma, 1971.

5. CUEVAS, E. y ULLOA, I. Durabilidad natural de la madera de Tepa y Coihue. Valdivia, Chile. Actas de las terceras Jornadas Forestales. ACHIF. 1967. pp. 86-89.

6. DONOSO, J.E. y VELOSO, E. Durabilidad natural de la madera de algunas especies forestales de interés comercial en nuestro país. Santiago Universidad de Chile. Escuela de Ingeniería Forestal. Boletín Técnico Número 17. 1968. pp. 17-33.

7. FRENCH, D.W. y TAINTER, F.H. Comparative decay resistance of chilean woods. Forest Products Journal 23 (8): 49-51. 1973.

8. HERRERA, M. e IPINZA, R. Contribución al conocimiento del proceso de pudrición causado por **Gloeosoma vitellinum** (Lév). Bres., sobre **Nothofagus dombeyi** (Mirb). Bl. Tesis. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1978. 132 p.

9. JACQUIOT, C. Les champignons du bois. Bulletin Trimestriel de la Société Mycologique de France 83 (2): 229-241. 1967.

10. Li, C.C. Introducción a la estadística experimental. Trad. Ribó G. Barcelona, Omega, 1969. 496 p.

11. ORTIZ, M. y CUEVAS, E. Durabilidad natural de maderas y productos derivados frente al ataque de agentes biológicos de destrucción. Santiago, Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico Número 21.1965. pp. 122 - 126.

12. PETERSON, C. y COWLING, E.B. Decay resistance of extractive free coniferous. woods to white rot fungi. Phytopathology 54 (5): 542-546. 1964.

13. SCHEFFER, T.C. Microbiological degradation and the causal organisms. In Nicholas, D.D., ed. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. New York, Syracuse University Press.1973. VI. pp. 31 - 106.

14. SCHEFFER, T. y COWLING, E.B. Natural resistance of wood to microbial deterioration. Annual Review of Phytopathology 4: 147 - 170. 1966.

15. THOMPSON, W.S. Decay of nondurable softwoods by white-rot fungi. Forest Products Journal 15 (2): 64-68. 1965.

16. WILCOX, W.W. Preparation of decayed wood for microscopical examination. US. Forest Product Laboratory. Note FPL-056. 1964. 22 p.

17. WILCOX, W.W. Changes in wood microstructure through progressive stage of deca US. Forest Product Laboratory. Paper FPL - 70. 1968. 46 p.