

**DESARROLLO DE PLANTAS DE LOS GENEROS FAGUS Y NOTHOFAGUS EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD. REVISION BIBLIOGRAFICA.** Hans Grosse Werner, Ingeniero Forestal, Dr. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Concepción - Chile.

## INTRODUCCION

La radiación afecta el crecimiento en dos formas. Como luminosidad disponible para la activación de la clorofila con el fin de producir carbohidratos y como catalizador de la función metabólica a través de la temperatura.

No todas las especies reaccionan de igual forma frente a una disponibilidad de luminosidad determinada. Esta variación influye en la eficiencia de la producción de azúcares, lo que a su vez se traduce en niveles de desarrollo distintos.

Los antecedentes bibliográficos relacionados con el tema para el género *Nothofagus* son escasos. De este modo, resulta interesante incorporar también algunos estudios realizados con *Fagus sylvática*, especie que según algunos estudios presenta un comportamiento parecido al de los *Nothofagus* spp. Los estudios conocidos, informan sobre la reacción de la regeneración natural bajo distintas condiciones de cobertura del dosel, como también de la reacción de plantas colocadas bajo sombreadores.

## ANTECEDENTES PARA *Fagus sylvática*

Los antecedentes presentados para *Fagus sylvática* se refieren a experiencias recopiladas en la República Federal Alemana.

Posterior a un buen año semillero, BURSCHEL, HUSS y KALBHENN (1964) instalaron bajo distintas coberturas de dosel ensayos para conocer el desarrollo de la regeneración natural. Dentro de los factores que se consideraron para el ensayo se incorporaron tratamientos al suelo en los sectores de Bovenden y Gahrenber, cerca de Göttingen.

Ya al primer año de crecimiento comenzó a detectarse un mejor desarrollo en los ensayos con luminosidad más alta. Al año siguiente esta diferencia fue aún más marcada, especialmente en el crecimiento radicular y del tallo. La producción de biomasa seca medida bajo un 52% de cobertura superó en un 25% a la producida bajo un 72% de cobertura.

Este resultado ya hacía evidente la incidencia de la luminosidad en el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, aún no se conocía el rango de dosificación óptimo. Por este motivo BURSCHEL y HUSS (1964) instalaron en vivero un ensayo con sombreadores que dejaban pasar el 100, 76, 42, 24, y 12% de la luminosidad disponible.

La mayor altura de las plantas fue alcanzada bajo sombra moderada. También la superficie foliar por planta como el peso por hoja logró su máximo, bajo condiciones de sombra intermedias, mientras que la superficie foliar máxima por hoja se alcanzó en la variante más oscura. La producción de biomasa seca y el número de hojas por planta, sin embargo, aumentaban en función de una mayor disponibilidad de luz. Este fenómeno alcanzó su máxima expresión en el peso seco de las raíces (Cuadro 1).

Otros experimentos fueron realizados por SCHMALTZ (1964) y por BURSCHEL y SCHMALTZ (1965). Ellos utilizaron sombreadores en dos sitios, aplicando fertilizantes en el mejor de éstos. El material utilizado fueron plantas de un año procedentes de vivero y del bosque, donde se habían regenerado naturalmente. Después de dos años de observación se pudo concluir lo siguiente:

**Factor de forma para raulí - Area de Panguipulli.**

Los factores de forma natural (FF0,1) y artificial (FF1,3) por clase de altura y diámetro (DAP) se presentan en el Cuadro 8. La muestra con la cual se calcularon los factores de forma natural y artificial fue estratificada en dos clases de diámetro y tres clases de altura, con el objetivo de obtener variación de la forma con respecto al tamaño de los individuos.

**CUADRO 8**

**FACTOR DE FORMA NATURAL (FF0,1) Y FACTOR DE FORMA ARTIFICIAL (FF1,3) PARA RAULI POR CLASE DE DIAMETRO SIN CORTEZA (cm) Y CLASE DE ALTURA TOTAL (m).**

Clase de Altura (m)	Clase de diámetro s/c en cm a 1,3 m de altura			
	Factor de Forma Natural (FF0,1)		Factor de Forma Artificial (FF1,3)	
	6 - 20	21 - 35	6 - 20	21 - 35
10 - 13	0,487 (17)	0,436	0,494 (17)	0,442
14 - 17	0,502 (21)	0,444	0,489 (21)	0,430
18 - 21	0,530 (8)	0,523	0,504 (8)	0,500

NOTA: ( ), Número de árboles muestra en cada clase de diámetro y altura.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. HUSCH, B. MILLER, CH, y BEERS, T. (1982): Forest Mensuration. John Wiley & Song. Inc. Canadá. 401 pp.
2. LOETSCH, F., ZOHRER, F. y HALLER, K (1973): Forest Inventory Vol. II München, BLV. 467 pp.
3. PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt A.M. 644 pp.
4. SPURR, S.H. (1952): Forest Inventory. The Ronald Press Co., N.Y.
5. ZOHRER, F., (1980): Forstinventur. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 207 pp.

**DESARROLLO DE PLANTAS DE LOS GENEROS FAGUS Y NOTHOFAGUS EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD. REVISION BIBLIOGRAFICA.** Hans Grosse Werner, Ingeniero Forestal, Dr. División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121, Concepción - Chile.

## INTRODUCCION

La radiación afecta el crecimiento en dos formas. Como luminosidad disponible para la activación de la clorofila con el fin de producir carbohidratos y como catalizador de la función metabólica a través de la temperatura.

No todas las especies reaccionan de igual forma frente a una disponibilidad de luminosidad determinada. Esta variación influye en la eficiencia de la producción de azúcares, lo que a su vez se traduce en niveles de desarrollo distintos.

Los antecedentes bibliográficos relacionados con el tema para el género *Nothofagus* son escasos. De este modo, resulta interesante incorporar también algunos estudios realizados con *Fagus sylvática*, especie que según algunos estudios presenta un comportamiento parecido al de los *Nothofagus* spp. Los estudios conocidos, informan sobre la reacción de la regeneración natural bajo distintas condiciones de cobertura del dosel, como también de la reacción de plantas colocadas bajo sombreadores.

## ANTECEDENTES PARA *Fagus sylvática*

Los antecedentes presentados para *Fagus sylvática* se refieren a experiencias recopiladas en la República Federal Alemana.

Posterior a un buen año semillero, BURSCHEL, HUSS y KALBHENN (1964) instalaron bajo distintas coberturas de dosel ensayos para conocer el desarrollo de la regeneración natural. Dentro de los factores que se consideraron para el ensayo se incorporaron tratamientos al suelo en los sectores de Bovenden y Gahrenber, cerca de Göttingen.

Ya al primer año de crecimiento comenzó a detectarse un mejor desarrollo en los ensayos con luminosidad más alta. Al año siguiente esta diferencia fue aún más marcada, especialmente en el crecimiento radicular y del tallo. La producción de biomasa seca medida bajo un 52% de cobertura superó en un 25% a la producida bajo un 72% de cobertura.

Este resultado ya hacía evidente la incidencia de la luminosidad en el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, aún no se conocía el rango de dosificación óptimo. Por este motivo BURSCHEL y HUSS (1964) instalaron en vivero un ensayo con sombreadores que dejaban pasar el 100, 76, 42, 24, y 12% de la luminosidad disponible.

La mayor altura de las plantas fue alcanzada bajo sombra moderada. También la superficie foliar por planta como el peso por hoja logró su máximo, bajo condiciones de sombra intermedias, mientras que la superficie foliar máxima por hoja se alcanzó en la variante más oscura. La producción de biomasa seca y el número de hojas por planta, sin embargo, aumentaban en función de una mayor disponibilidad de luz. Este fenómeno alcanzó su máxima expresión en el peso seco de las raíces (Cuadro 1).

Otros experimentos fueron realizados por SCHMALTZ (1964) y por BURSCHEL y SCHMALTZ (1965). Ellos utilizaron sombreadores en dos sitios, aplicando fertilizantes en el mejor de éstos. El material utilizado fueron plantas de un año procedentes de vivero y del bosque, donde se habían regenerado naturalmente. Después de dos años de observación se pudo concluir lo siguiente:



- El máximo crecimiento expresado en peso seco total y altura se alcanzó en el mejor sitio con el 100% de luminosidad, bajando a medida que la disponibilidad de luz disminuía. Distinta fue la reacción de crecimiento en el sitio más pobre, donde los crecimientos en altura superaban el alcanzado bajo luz completa en los niveles con un 18% y un 77% de luminosidad.
- Para las plantas naturalmente regeneradas su peso seco máximo se alcanzó con un 77% de luminosidad.

CUADRO 1

**REACCION DE DISTINTAS VARIABLES DE ESTADO EN PLANTAS DE UN AÑO DE *Fagus Sylvática* EN FUNCION DE LA LUMINOSIDAD**

Característica	Valor absoluto	Luminosidad (%)				
		100	76	42	24	12
Altura	1.010 mm	100	107	111	106	97
Peso total	818 mg/pl	100	93	78	82	52
Peso tallo	269 mg/pl	100	100	97	103	67
Peso hojas	165 mg/pl	100	98	92	100	71
Peso raíz	384 mg/pl	100	87	59	60	34
Número hojas	4,5 /pl	100	89	73	78	60
Superf. foliar/pl	31,8 cm <sup>2</sup> /pl	100	112	126	136	120
Peso por hoja	37,1 mg/hoja	100	109	124	127	117
Superf. por hoja	7,1 cm <sup>2</sup> /pl	100	127	173	175	199

FUENTE: BURSCHEL y HUSS, 1964

Aprovechando un año con alta producción de semillas, HUSS y STEPHANI (1978) ralearon un rodal de *Fagus* hasta llegar a producir una radiación global dentro de éste de un 22% y un 40%. Ellos probaron, además del factor luminosidad, la incidencia de otros factores como fertilización y eliminación de la competencia, los cuales no cabe analizar aquí. Sin embargo, resulta interesante destacar que la radiación global disponible incidió sobre el crecimiento en un grado mucho más alto que todos los otros factores considerados.

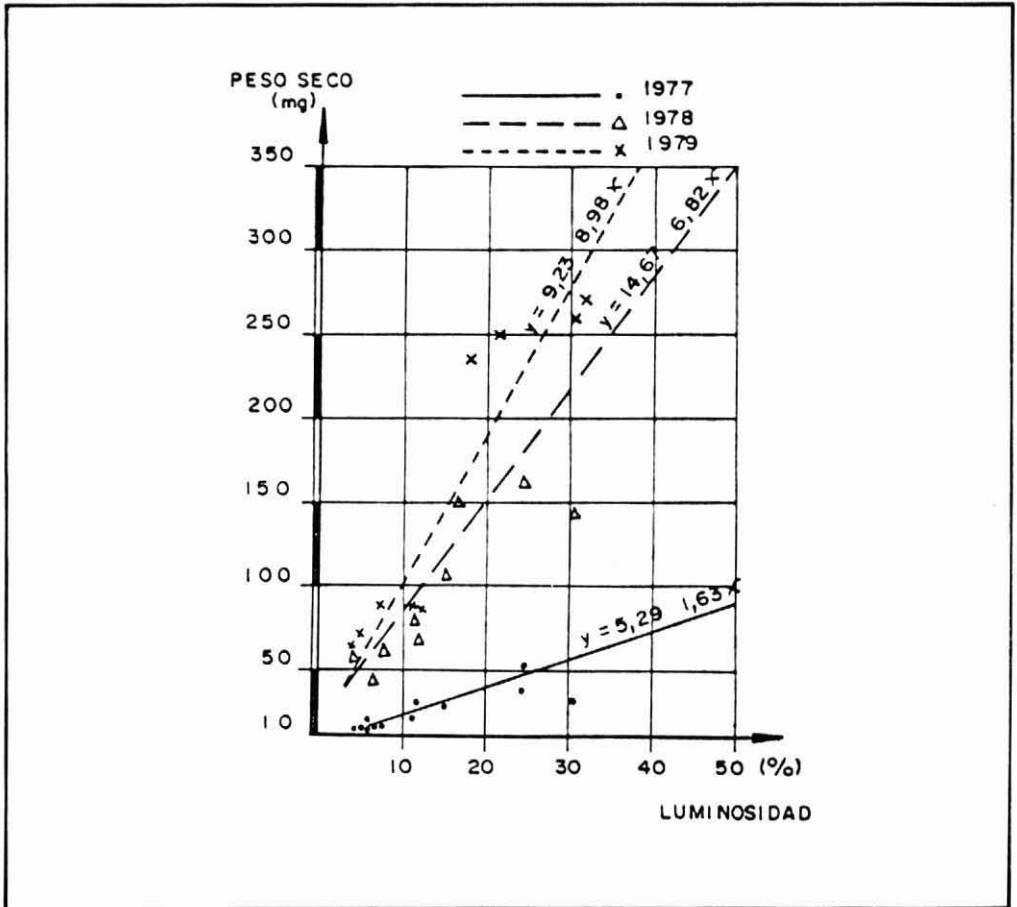
- En la situación de menor cobertura de copa aumentó el crecimiento en peso seco considerablemente, el diámetro del cuello de la planta en un 50% y la altura en un 15%.
- No se observó un desarrollo proporcional mayor de la raíz a mayor luminosidad, como había ocurrido en otras experiencias.

Antecedentes acerca del desarrollo de plantas de *Fagus* regeneradas bajo un rango de 5% a 50% de luminosidad entregan SUNER y ROHRIG (1980) para un período de observación de 3 años (Figura 1 y Cuadro 2).

- Aparece destacable que el mayor porcentaje de sobrevivencia de las plantas después de tres períodos vegetacionales se produjo con un 30% de luminosidad, aumentando considerablemente la mortalidad con más o menos luz disponible.
- El crecimiento expresado en peso seco del tallo aumentó a mayor disponibilidad de luminosidad, acrecentándose la diferencia durante períodos vegetacionales sucesivos. Esto queda demostrado con el aumento de las pendientes de las regresiones graficadas en la Figura 1.

FIGURA 1

**DESARROLLO DEL PESO SECO DEL TALLO DE REGENERACION NATURAL DE *Fagus sylvática* DURANTE 3 AÑOS**



FUENTE: SUNER y ROHRIG, 1980.

## CUADRO 2

**SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE REGENERACION  
NATURAL DE *Fagus sylvática* DESPUES DE DOS PERIODOS  
VEGETACIONALES**

Parámetro	Luminosidad relativa (%)			
	4,6	15,5	30,4	49
Sobrevivencia (%)	7	30	71	40
Crecim. en altura (mm)	15	10	11	30

FUENTE: SUNER y ROHRIG, 1980.

### ANTECEDENTES PARA EL GENERO NOTHOFAGUS

Los estudios realizados con distintas especies del género *Nothofagus* referente a sus requerimientos de luminosidad entregan importantes antecedentes básicos. Están principalmente referidos a su desarrollo bajo condiciones naturales en el bosque.

En el sector de Arquihue, en la provincia de Valdivia, en la Cordillera de los Andes, ROSENFELD (1972) analizó el desarrollo de raulí y coigüe durante los primeros 30 años de vida. Comparó su desarrollo entre terrenos parcial y totalmente explotados, es decir, con penumbra y plena luz. La regeneración de ambos *Nothofagus* se había originado mayoritariamente por semillas. Dicho autor destaca la acción del competidor "colihue" que, por la sombra que provoca, actúa como un retardante para el desarrollo de la regeneración arbórea. Esto puede significar que la rotación se alargue en al menos 20 años.

Referente a la incidencia sobre el desarrollo de las plantas por la presencia o ausencia de un dosel de árboles adultos, indica que el raulí soporta mejor que el coigüe la situación de sombra provocada por 20-30 árboles del dosel superior.

Estos resultados se complementan con el muestreo de las condiciones de luminosidad para la regeneración natural realizado en Arquihue por ESPINOZA (1972). Este estudio se amplió también a otros sectores no considerados por ROSENFELD (1972), agregando en la Cordillera de los Andes, a Niblinto, en la provincia de Malleco, y a Los Chenques, en la provincia de Bío-Bío. Para la Cordillera de la Costa agrega "Nahuelbuta", en la provincia de Malleco.

Mediciones de la luminosidad mínima para la regeneración natural, realizados durante el verano, corroboran lo observado por Rosenfeld (1972) en el sentido que el coigüe requiere más disponibilidad de luz que el raulí, pasando los 1.500 lux, mientras que la exigencia mínima del roble baja un poco de este valor.

Para el sector de Nahuelbuta se consideraron, además de las mediciones de requerimiento mínimo para la regeneración natural de *Nothofagus* expresadas en lux, mediciones que indican la radiación global en cal/cm<sup>2</sup>. Los valores indicados en términos relativos para la luminosidad y radiación global se presentan en el Cuadro 3. Estos difieren en el sentido que en términos de radiación global la exigencia mínima de roble y raulí es igual, con un 3,8%, mientras que en términos de luminosidad la tolerancia del roble supera a la del raulí.



## CUADRO 3

**REQUERIMIENTOS DE LUMINOSIDAD Y RADIACION GLOBAL MINIMOS  
PARA LA REGENERACION DE *Nothofagus* spp  
EN NAHUEL BUTA**

Especie	Valores Relativos	
	Luminosidad	Radiación global
Roble	2,2	3,8
Raulí	3,1	3,8
Coigüe	3,9	4,8

FUENTE: ESPINOZA, 1972

La información ya entregada es ampliada para el sector de Nahuelbuta por MULLER-USING (1973). Para una situación de 55 m<sup>2</sup> de área basal, llegando un 7% de luminosidad (6.500 lux) a la regeneración de *Nothofagus*, aúñse encontraron 8.000 plantas por ha, de las cuales 800 fueron calificadas como individuos con expectativas comerciales. Para el sector de Arquihue, en una situación de 35 m<sup>2</sup> de área basal, pero a diferencia de Nahuelbuta con una gran cantidad de colihue, el número de plantas con buenas expectativas fue más o menos el mismo, variando entre 400 y 1.000 por ha.

Considerando experiencias realizadas en Arquihue, Niblinto, Nahuelbuta y Los Chenuques, destaca la presencia de regeneración de *Nothofagus* spp, también en condiciones difíciles. El raulí presenta entre éstas la mayor tolerancia frente a condiciones de sombra. Aunque la presencia de colihues de hasta 6 m de altura significa un fuerte retraso en el crecimiento del raulí, al menos un 10% de las plantas presentes se consideran como individuos de buenas expectativas, que van a superar la altura de las especies competidoras.

Antecedentes acerca del desarrollo de *Nothofagus* spp bajo condiciones experimentales en un vivero en Valdivia entregan AGUILERA y FEHLANDT (1981). Cubriendo las platabandas de los ensayos con distintos materiales lograron 3 gradientes de sombra: plena luz o testigo (100% de luminosidad), semisombra (40% de luminosidad) y sombra total (2% de luminosidad). Las especies consideradas fueron roble y coigüe. Las observaciones se prolongaron por dos periodos vegetacionales.

Cabe destacar que durante ambos periodos vegetacionales el mayor crecimiento para todas las especies se produjo con el régimen del 40% de luminosidad relativa y el crecimiento más lento con un 2% (Cuadro 4).

**CUADRO 4**

**RESULTADOS EXPRESADOS EN PESO SECO TOTAL, DIAMETRO DEL CUELLO Y LONGITUD DEL TALLO PARA RAULI, ROBLE Y COIGUE DESPUES DE UNO Y DOS PERIODOS VEGETACIONALES (vivero sector Valdivia)**

P. Veg.	1		2		2		2	
Lumnin.	Peso seco total				Diam. Cuello		Long. Tallo	
Relat.	g	%	g	%	mm	%	cm	%
<b>RAULI</b>								
100	0,60	100	15,05	100	7,5	100	40,6	100
40	2,35	391	30,97	206	9,7	129	75,6	186
2	0,09	15	0,51	4	2,1	28	14,2	35
<b>ROBLE</b>								
100	0,87	100	14,73	100	4,8	100	50,0	100
40	2,32	267	27,46	186	5,4	113	94,8	190
2	0,04	5	0,21	1	0,4	8	12,3	25
<b>COIGUE</b>								
100	0,31	100	22,29	100	8,0	100	72,2	100
40	0,43	139	20,10	90	8,1	101	94,1	130
2	0,02	5	0,07	0,3	0,9	11	7,6	11

FUENTE: AGUILERA Y FEHLANDT (1981)

**INTERPRETACION GENERAL ACERCA DE LA RELACION ENTRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS FORESTALES Y LA LUMINOSIDAD**

Durante los últimos decenios se ha insistido en la realización de ensayos para conocer el comportamiento de plantas arbóreas frente a distintas dosis de luminosidad. Específicamente, se han estudiado los cambios en el crecimiento y los niveles de tolerancia de las especies.

Para ésto se emplearon sombreaderos artificiales y naturales. Estos últimos representados por los estratos arbóreos en niveles de altura superiores.

También se trató de conocer la incidencia en el crecimiento de otros factores del sitio, tales como distintos estratos de suelo, fertilizantes y regímenes hídricos. El material considerado en las experiencias fue, en términos generales, plántulas en su primera fase de desarrollo.



La reacción de las plantas fue evaluada con una serie de variables de estado tales como el peso seco total y parcial, la altura, el diámetro del cuello de la planta y la superficie foliar. El factor de mayor incidencia para su desarrollo fue sin excepción la luminosidad, siempre y cuando los requerimientos mínimos de los otros factores se satisficían.

Las experiencias realizadas indican que la luminosidad mínima para la sobrevivencia de las especies de los géneros *Nothofagus* y *Fagus*, es cercana al 5%. El incremento de la disponibilidad de luz, sin embargo, aumenta las posibilidades de sobrevivencia de las plantas en el tiempo. Sobre el nivel mínimo comienza una cierta proporcionalidad de la actividad fotosintética con la intensidad lumínica. Sin embargo, varios estudios demuestran que no necesariamente se mantiene, una proporcionalidad lineal.

A partir de cierto punto, que podríamos denominar como un punto de saturación de luz, un aumento de la intensidad lumínica no produce un mayor crecimiento. Incluso algunas experiencias demuestran una baja en el desarrollo de las plantas. Ensayos en vivero con *Fagus sylvática* y las tres especies del género *Nothofagus*, (raulí, roble y coigüe), demuestran esta tendencia durante los dos primeros períodos vegetacionales. Esto plantea la hipótesis acerca de la existencia de un rango de luminosidad donde se genera un máximo crecimiento de las especies del género *Nothofagus*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUILERA, L. Y FEHLANDT, A. (1981): Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst., *Nothofagus alpina* (Mirb.) Bl. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Bl. bajo tres grados de sombra. Tesis: Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal. 101 pp.
2. BURSCHEL, P., HUSS, J. (1964): Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung; Forstarchiv, Bd. 35, S. 225-233.
3. BURSCHEL, P., HUSS, J. y KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche; Schriftenreihe der Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen. 186 pp.
4. BURSCHEL, P., y SCHMALTZ, J. (1965): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen; Allgem. Forstzeitung, Bd. 136, S. 193-210.
5. ESPINOZA, M. (1972): Alcances sobre las condiciones de luz como factor importante en la regeneración natural del bosque tipo raulí *Nothofagus alpina* (Poep. et ENDL, KRASSER) y coigüe (*Nothofagus dombeyi* MIRB - OERST). Tesis de grado. Univ. Austral de Chile. Fac. de Ing. For. 76 pp.
6. HUSS, J. y STEPHANIE, A. (1978): Lassen sich angekommene Buchennaturverjüngungen durch frühzeitige Auflichtung, durch Düngung oder Unkrautbekämpfung rascher aus der Gefahrenzone bringen; Allg. Forst- u. Jagdztg; Bd. 149, S. 133-145.
7. MULLER - USING, B. (1973): Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in den chilenischen Anden - und Küstenkordillere. Diss. Univ. München. 229 pp.
8. ROSENFELD, J. M. (1972): Desarrollo de la regeneración de raulí *Nothofagus alpina* y coigüe *Nothofagus dombeyi* bajo diferentes grados de luminosidad. Tesis de Grado. Univ. Austral de Chile. Fac. de Ing. For. 63 pp.
9. SCHMALTZ, J. (1964): Untersuchungen über den Einfluss von Beschattung und Konkurrenz auf junge Buchen. Diss. Univ. Göttingen. 114 pp.
10. SUNER, A. y ROHRIG, E. (1980): Die Entwicklung der Buchennaturverjüngung in Abhängigkeit von Auflichtung des Altbestandes. Hannover: Forstarchiv, Bd. 51 145-149.