

ESTRUCTURA Y DINAMICA DE UNA POBLACION DE *GOMORTEGA KEULE* (MOL.) BAILLON EN UN RODAL ANTIGUO DE BOSQUE VALDIVIANO, CORDILLERA DE NAHUELBUTA, CHILE

STRUCTURE AND DYNAMICS OF A POPULATION OF GOMORTEGA KEULE (MOL.) BAILLON IN OLD GROWTH VALDIVIAN RAIN FOREST IN SOUTH-CENTRAL CHILE

Paola Villegas D.¹, Carlos Le Quesne^{2,3} & Christopher H. Lusk¹

¹Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.
E-mail: aysen501@yahoo.com

²Corporación Nacional Forestal, Serrano 529 P.3, Concepción, Chile

³Dirección actual: Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

RESUMEN

Gomortega keule (Mol.) Baillon es un árbol endémico de Chile, que se encuentra actualmente en peligro de extinción. Aunque los patrones de regeneración de la especie se desconocen, algunos autores aluden a una generalizada escasez de plántulas. Este artículo presenta una investigación de la estructura poblacional y los patrones de regeneración de *G. keule* en un bosque antiguo en Caramávida, Cordillera de Nahuelbuta. Los objetivos fueron (i) determinar el patrón de regeneración que esta especie ha presentado en el pasado, (ii) verificar si existe actualmente regeneración sexual de *G. keule* y (iii) caracterizar los ambientes lumínicos en que ésta se produce. En una parcela de 0,24 ha se midió el diámetro a la altura de pecho (DAP) y la posición espacial de cada uno de los árboles de *G. keule* y de dos de las especies más comunes asociadas (*Aextoxicon punctatum* y *Eucryphia cordifolia*). Se usaron dos analizadores de doseles LAI-2000 para medir los ambientes lumínicos sobre cada plántula de *G. keule*. La irregularidad en la distribución diamétrica de *G. keule* y la asociación de las plántulas con un claro reciente en la parcela sugieren un patrón de regeneración episódica por apertura de claros. Aunque actualmente hay plántulas en el rodal, los bajos niveles de luz prevalecientes en el sotobosque hacen dudar de sus posibilidades de supervivencia. Al parecer *G. keule* sería una especie más intolerante a la sombra que las otras dos especies analizadas que muestran evidencias de regeneración más continua. La conservación y restauración de poblaciones de esta especie requerirá complementar esta primera investigación demográfica con otras semejantes, además de mejorar el conocimiento de otros aspectos de su biología.

PALABRAS CLAVES: Caramávida, dinámica forestal, LAI-2000, rareza, regeneración.

ABSTRACT

Gomortega keule is an endemic Chilean tree currently in danger of extinction. Although the regeneration patterns of the species are poorly-understood, some authors have alluded to a widespread lack of seedlings in established populations. Past regeneration patterns were inferred from diameter distributions in a population of *G. keule* in an old-growth stand at Caramávida in south-central Chile. These data were compared with those of two of its most common associates, *Aextoxicon punctatum* and *Eucryphia cordifolia*. Seedling light environments were also measured in order to identify the conditions that favour sexual regeneration of the species. Results suggest that sexual regeneration of *G. keule* requires considerable canopy opening. On the other hand, *A. punctatum* shows evidence of continuous regeneration and *E. cordifolia* shows a strong tendency to reproduce by suckering. *G. keule* appears to be more shade-intolerant than the other two species studied. The

irregularity of *G. keule*'s diameter distribution, and the association of seedlings with a recent canopy opening on the plot, suggest a strongly discontinuous regeneration pattern. Although seedlings of *G. keule* were present on the plot, these seem unlikely to survive in the low light levels now prevailing in the partially closed gap where they established. *G. keule* appears to be less shade tolerant than the other two species studied, which show evidence of more continuous regeneration. Conservation and restoration of populations of *G. keule* will require further demographic studies, as well as research on other aspects of the biology of the species.

KEYWORDS: Caramávida, Chilean coast range, forest dynamics, LAI-2000, rarity, regeneration.

INTRODUCCION

La especie arbórea *Gomortega keule* pertenece a una familia monotípica endémica de Chile, y se encuentra actualmente en peligro de extinción (Benoit 1989). Su distribución actual es muy restringida y discontinua, señalándose para la Cordillera de la Costa entre el sur del río Maule (35°44' S) y el sur de la Cordillera de Nahuelbuta (37°40' S), siendo conocidas en la actualidad solamente 22 poblaciones (San Martín & Sánchez 1999).

Estudios de los bosques lluviosos templados en el hemisferio sur muestran la importancia de entender la ecología de regeneración de las especies arbóreas para comprender sus distribuciones geográficas y estructuras poblacionales (Read & Hill 1988; Veblen & Stewart 1982), y para abordar problemas de conservación (Veblen & Ashton 1982). Aunque los patrones de regeneración de *G. keule* no han sido estudiados en detalle, Maldonado (1990) alude a una amplia escasez de plántulas en poblaciones de la especie, sugiriendo una falta actual de regeneración por vía sexual. En cambio, observaciones de campo indican que en *G. keule* predominaría la reproducción de tipo asexual, evidenciada por la producción de nuevos fustes por brotes epicórmicos. Sin embargo no hay estudios cuantitativos al respecto.

El presente estudio pretende mejorar el conocimiento del comportamiento regenerativo de *G. keule*, mediante el análisis de su estructura poblacional en un rodal antiguo, y comparación con la de las principales especies asociadas. Definimos tres objetivos: (i) Determinar el modo de regeneración (*sensu* Veblen & Stewart 1982; Veblen 1992) que ha presentado *G. keule* durante el desarrollo de un rodal antiguo; (ii) Verificar si existe actualmente regeneración sexual de *G.*

keule en el rodal; (iii) Determinar en qué ambiente lumínico se produce regeneración sexual de la especie.

MATERIALES Y METODOS

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el sector Caramávida (37° 40' 60S, 73° 20' 60W), ubicada en la ladera occidental de la Cordillera de Nahuelbuta, en un área con pendientes que oscilan entre los 20° y los 35°, de orientación norte. Se trata de un pequeño sector (< 2 ha) sin intervención antrópica donde se presenta una población de *G. keule* con individuos de gran diámetro, en una vegetación tipo bosque Valdiviano. Se trataría del único rodal antiguo de esta especie que ha sido reportado. Aparte de *G. keule*, que domina el rodal en términos de área basal (Tabla I), las otras especies principales del dosel son olivillo (*Aextoxicon punctatum* R. et P.), tepa (*Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde), ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), lingue (*Persea lingue* (R. et P.) Nees ex Kopp) y tinea (*Weinmannia trichosperma* Cav.). Los

TABLA I. Área basal de las especies principales de un rodal antiguo de bosque Valdiviano, Caramávida, Cordillera Nahuelbuta.

| Especie | Área basal (m ² ha ⁻¹) |
|---------------------------------|--|
| <i>Gomortega keule</i> | 28.1 |
| <i>Aextoxicon punctatum</i> | 18.2 |
| <i>Eucryphia cordifolia</i> | 12.0 |
| <i>Laureliopsis philippiana</i> | 4.6 |
| Otras | 7.8 |
| Total | 70.7 |

estratos inferiores incluyen abundante regeneración de *A. punctatum* y *L. philippiana*, y también especies arbóreas de menor envergadura (*Myrceugenia planipes* (H. et A.) Berg y *Gevuina avellana* Mol.). Se presenta un sotobosque de quila (*Chusquea quila* Kunth) y varias especies de helechos (*Blechnum*, *Adiantum*). Algunos individuos de *G. keule* presentan claras evidencias de un origen vegetativo, observándose brotes epicórmicos derivados de la base de individuos mayores.

INVENTARIO DE LA ESTRUCTURA DE RODAL

Para determinar la estructura del rodal se demarcó una parcela de 40 x 60 m, con su eje mayor en forma perpendicular a la pendiente. Se dispuso en ella un total de doce transectos contiguos y paralelos de 5 m cada uno en dirección paralela a la pendiente de la quebrada. En cada transecto se determinó la especie y se midió el diámetro a la altura de pecho (DAP) para cada uno de los individuos constituyentes del rodal y se anotó la ubicación de éstos en forma de coordenadas dentro de la parcela.

La interpretación de las distribuciones de tamaños o edades en un rodal, a veces junto con información espacial, nos da indicios acerca de cómo ha sido su regeneración pasada (Veblen 1992; Duncan 1993). Los modos de regeneración dependen de las características de la especie y la historia de perturbación del rodal, y pueden clasificarse como (a) regeneración continua, (b) regeneración por apertura de claros ("gap-phase"), o (c) regeneración por perturbación catastrófica (Veblen 1992).

Se ha encontrado que las distribuciones diamétricas de poblaciones con una historia de regeneración continua son bien descritas por una función exponencial o potencial (Hett & Loucks 1976). En cambio, poblaciones con distribuciones diamétricas menos continuas o irregulares, producto de una regeneración más estrechamente vinculada a las perturbaciones, no se ajustan bien a estas funciones. Por ende, se evaluó el ajuste a la función potencial de la distribución de diámetros de la población de *Gomortega keule*, además de las otras dos especies dominantes del rodal (*Eucryphia cordifolia* y *Aextoxicon punctatum*), cuya ecología de regeneración es mejor conocida (Veblen 1985; Figueroa & Lusk 2001).

Nuestra interpretación de las estructuras de diámetro se basa en el supuesto de que existe una buena correlación entre diámetro y edad en las poblaciones que estudiamos. No se taladraron árboles para coleccionar información de edades, considerando que se trata del único rodal antiguo reportado de una especie con problemas de conservación. Si bien es sabido que el coeficiente de correlación entre diámetro y edad puede variar considerablemente entre rodales y entre especies, en poblaciones multietáneas en general se da una correlación significativa (Lusk 1989; Stewart & Rose 1990; Veblen 1992). Aunque son muy escasos o inexistentes los datos de edad para dos de nuestras especies de estudio (*G. keule*, *A. punctatum*), Veblen (1992) encontró fuertes correlaciones entre edad y diámetro en poblaciones de *E. cordifolia* en bosques antiguos en Isla Grande de Chiloé. Para comprender a cabalidad el modo de regeneración que ha presentado *G. keule* en el pasado también se realizó un mapa de la parcela para distinguir a simple vista si existían asociaciones positivas o negativas entre tres clases de tamaño para la especie. Las clases de tamaño elegidas para este análisis fueron: clase juvenil: 0 - 9.9 cm (incluyendo plántulas); clase mediana: 10.0 - 49.9 cm, y clase grande: ≥ 50 cm.

Las plántulas (< 1,35 m en altura) de *G. keule* se encontraban en reducido número, por lo que fue posible contar la totalidad de ellas. En cambio, para la estimación de la densidad de las numerosas plántulas de *A. punctatum* y *E. cordifolia* se utilizó 38 cuadrantes de 1m x 1m dispuestos aleatoriamente dentro de la parcela.

CUANTIFICACIÓN DE AMBIENTES LUMÍNICOS DE PLÁNTULAS DE *GOMORTEGA KEULE*

Se realizaron mediciones de apertura del dosel para cuantificar los ambientes lumínicos en los cuales regenera *G. keule*. Se midió el porcentaje de apertura del dosel sobre cada plántula de *G. keule* existente dentro de la parcela, utilizando dos ejemplares del equipo LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (Li-COR, Lincoln, Nebraska, EE.UU.). Este consiste en un conjunto de sensores concéntricos, que perciben un campo de vista de 148°, unido a una caja control (Welles y Norman 1991; Machado & Reich 1999). Uno de los equipos se utilizó dentro del bosque y el otro en

un área completamente abierta para ser usado como referencia. Luego de obtenidos los datos fueron comparados entre sí para obtener el porcentaje de apertura del dosel. Estudios recientes demuestran que las mediciones con el LAI-2000 son altamente correlacionados con variación espacial en el flujo fotónico diario dentro de los rodales forestales (Machado & Reich 1999). También se realizaron estas mediciones para 28 puntos aleatorios dentro de la parcela, a fin de compararlos con el ambiente lumínico en el que se desarrollan las plántulas de la especie.

RESULTADOS

ESTRUCTURA POBLACIONAL

Aunque el número de individuos por clase tiende a disminuir levemente a medida que aumenta el

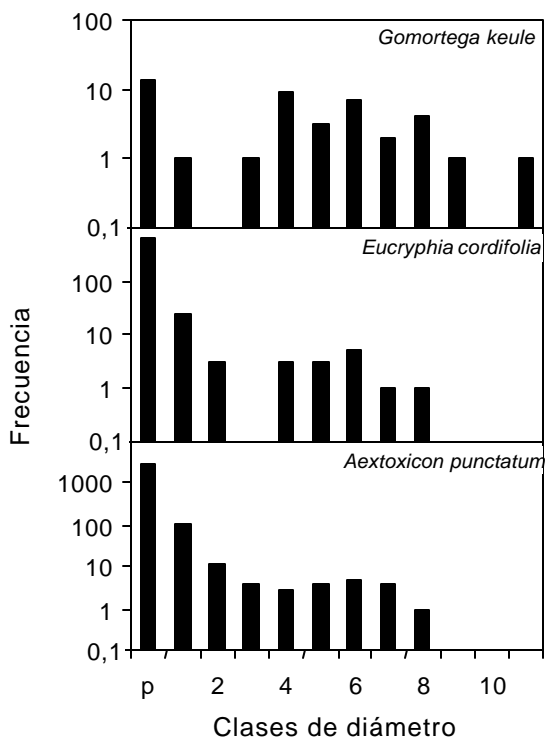


FIGURA 1. Histogramas de distribución de diámetro a la altura del pecho (DAP) para las tres especies estudiadas. Clases DAP: p = plántulas; 1 = 0-9,9 cm; 2 = 10-19,9 cm; etc. La utilización de escala logarítmica en el eje-y se debe a la gran abundancia de plántulas de *E. cordifolia* y *A. punctatum*.

tamaño de los individuos, la distribución de diámetros de *G. keule* es irregular y con discontinuidades, notablemente la ausencia de individuos entre 10 y 20 cm DAP (Fig. 1). Dicha irregularidad se refleja en un ajuste no significativo a la función potencial (Tabla II).

TABLA II. Ajuste de los histogramas de DAP a la función potencial para cada una de las tres especies.

| Especie | R^2 | P | N |
|-----------------------------|-------|-------|----|
| <i>Gomortega keule</i> | 0,02 | 0,70 | 11 |
| <i>Aextoxicon punctatum</i> | 0,84 | 0,001 | 8 |
| <i>Eucryphia cordifolia</i> | 0,21 | 0,25 | 8 |

En la población de *Eucryphia cordifolia*, el número de individuos por clase tiende a disminuir a medida que aumenta el tamaño de los individuos. Se presentan algunas irregularidades, y aunque éstas son menores que para *G. keule* (Fig. 1), el ajuste a la función potencial no fue significativo (Tabla II). Los números de plántulas y árboles juveniles de esta especie fueron muy superiores a los encontrados en *G. keule*.

Para *Aextoxicon punctatum* el histograma de distribución de DAP nos muestra una figura llamada de "J invertida" (Veblen 1980, Donoso 1993), con fuerte presencia de juveniles y una disminución bastante regular del número de individuos a medida que aumenta el tamaño (Fig. 1). En consecuencia, el ajuste potencial es bueno y altamente significativo (Tabla II).

El mapa de la parcela sugiere una asociación negativa entre los individuos juveniles y la población adulta (Fig. 2). Mediante un análisis espacial bivariado $K_{12}(t)$ (Ripley 1977; Lotwick & Silverman 1982) no se detectó una asociación negativa significativa, probablemente debido al número muestral muy bajo. La mayoría de los juveniles se encontraban en un claro antiguo abierto por la caída de un árbol del dosel. Sin embargo, al momento de muestreo, el claro ya se había cerrado en gran medida por el crecimiento del bambú *Chusquea quila*, además de haber sido parcialmente ocluido por la expansión de las copas de los árboles vecinos. En el mapa se puede distinguir este agrupamiento ubicado hacia la derecha de la parcela (Fig. 2).

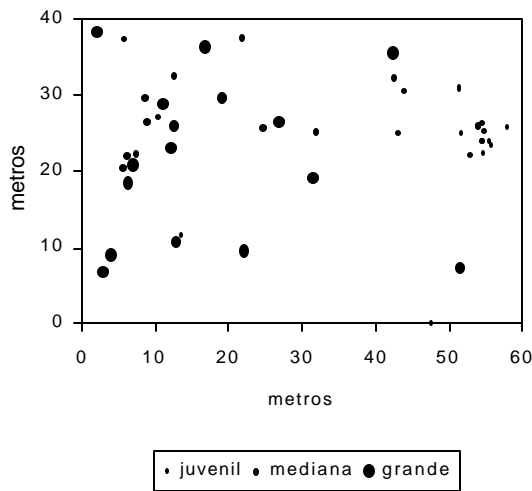


FIGURA 2. Mapa de individuos de *Gomortega keule* en la parcela por clases de diámetro: juvenil = 0-9,9 cm; mediana = 10-49,9 cm; grande = ≥ 50 cm.

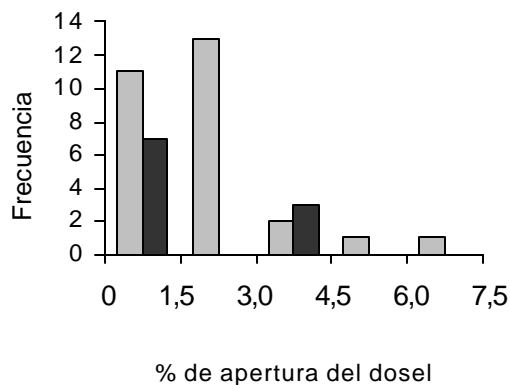


FIGURA 3. Ambientes lumínicos de plántulas de *Gomortega keule* (negro), comparados con los de puntos aleatorios en la parcela (gris), medidos con el analizador de doseles LAI-2000.

CUANTIFICACIÓN DE AMBIENTES LUMÍNICOS

El ambiente lumínico medio de las plántulas de *G. keule* no difirió en forma significativa del resto de la parcela ($t = 1,2$; $p > 0,05$). Las plántulas de *G. keule* ocupaban un rango lumínico menor que los puntos aleatorios de la parcela (Fig. 3). Sin

embargo, esto puede deberse a la localización de la mayoría de las plántulas en un área restringida, donde se encontraba un claro antiguo, y a un número menor de plántulas muestreadas en relación a los puntos aleatorios.

DISCUSION

En el rodal estudiado se evidencia una regeneración discontinua de *Gomortega keule*. Esto se desprende de la irregularidad de su distribución diamétrica (Fig. 1), que no se ajusta a la función potencial (Tabla II), y en la escasez de individuos juveniles. Esta situación contrasta con la de *Aextoxicon punctatum*, que muestra un buen ajuste a la función potencial (Tabla II), concordando con Veblen *et al.* (1981), que reportan una gran cantidad de plántulas y brinzales de esta especie en el sotobosque de la selva Valdiviana. Así mismo, Figueroa & Lusk (2001) encontraron que las plántulas de esta especie crecen preferentemente en ambientes de baja luminosidad, evidenciando un alto nivel de tolerancia a la sombra. Además, hay concordancia con la clasificación de Donoso (1989) que ubica a *A. punctatum* en el máximo nivel de tolerancia a la sombra de las especies del bosque Valdiviano. En tanto que la estructura poblacional de *Eucryphia cordifolia*, con un ajuste no significativo a la función potencial, es compatible con un nivel intermedio de tolerancia a la sombra señalado para la especie (Veblen *et al.* 1981; Donoso 1989). Muchos de los juveniles de *E. cordifolia* presentes en la parcela parecían haberse originado como retoños de raíz, lo cual ya se ha documentado en otros bosques antiguos (Veblen *et al.* 1981).

A pesar de la presencia de algunas plántulas de *G. keule* en la parcela estudiada (Fig. 1), es dudoso que éstas representen real regeneración de la especie en este sector. La asociación de la mayoría de las plántulas con un claro antiguo, y las observaciones de más plántulas de la especie en sectores con luz directa fuera de la parcela, como caminos y borde de bosque, sugieren que la especie es bastante intolerante a la sombra. Aunque las plántulas en la parcela probablemente se establecieron en respuesta a la apertura del claro, el mismo ya había sido parcialmente ocluido al tiempo de muestreo. Dadas estas evidencias, y el bajo nivel lumínico actual en el que se encuentran las plántulas

muestreadas (Fig. 3), podemos inferir que aquellas plántulas probablemente no tienen buenas perspectivas de sobrevivencia. Entonces, dada la presencia de árboles multifustales y la evidencia de rebrotes epicórmicos, podemos concluir que la especie se está propagando principalmente por vía asexual en este bosque antiguo.

Los antecedentes disponibles para *G. keule* sugieren que la escasa regeneración de la especie no se debería a una falta de germinación. Donoso & Escobar (1985) informaron un 24% de germinación de *G. keule* en vivero, con semillas que ya habían estado expuestas a lo menos un período invernal de escarificación natural en el bosque. Esta cifra, aunque no es elevada, cae dentro del rango de valores documentados para las principales especies del bosque Valdiviano que acompañan *G. keule* en Caramávida (Figueroa *et al.* 1996).

Este estudio sugiere que la comprensión de los problemas de conservación de *G. keule* requerirá el estudio de otros aspectos de la biología de la especie. Su estructura poblacional en Caramávida, y la asociación de sus plántulas con situaciones recientemente perturbadas, sugeriría que se trata de una especie intolerante a la sombra. La evidencia de reproducción vegetativa podría explicar la capacidad de *G. keule* de mantener altas densidades locales a pesar de una escasa regeneración por vía sexual, en fuerte contraste a su rareza a nivel de paisaje. Es concebible que problemas de dispersión limiten su capacidad de aprovechar los claros alejados de los árboles madre, ya que la semilla de *G. keule* es una de las más grandes de toda la flora Chilena (Donoso & Cabello 1978), que difícilmente sería transportada por los herbívoros que habitan los bosques de la Cordillera de la Costa en la actualidad. La conservación y restauración de poblaciones de esta especie requerirá complementar esta primera investigación demográfica con otras semejantes, además de mejorar el conocimiento de otros aspectos de su biología.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la valiosa ayuda en terreno de María de los Angeles Moreno, Sylvia Figueroa, Omar Fritis, y el transporte de CONAF Cañete, además de los comentarios de Antonio Lara y un árbitro anónimo.

BIBLIOGRAFIA

- BENOIT, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- DONOSO, C. 1989. Antecedentes básicos para la silvicultura del tipo forestal siempreverde. Bosque 10: 37-53.
- DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina, variación, estructura y dinámica. Tercera edición. Editorial Universitaria. 484 pp.
- DONOSO, C. & B. ESCOBAR. 1985. Germinación de *Gomortega keule* (Mol.) Baillon. Bosque 6: 120-122.
- DUNCAN, R.P. 1993. Flood disturbance and the coexistence of species in a lowland podocarp forest, Westland, New Zealand. Journal of Ecology 81: 403-416.
- FIGUEROA, J., J.J. ARMESTO & J.F. HERNÁNDEZ. 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 243-251.
- FIGUEROA, J. & C. LUSK. 2001. Germination requirements and seedling shade tolerance are not correlated in a Chilean temperate rain forest. New Phytologist 152: 483-490.
- HETT, J.M. & O.L. LOUCKS. 1976. Age structure models of balsam fir and eastern hemlock. Journal of Ecology 64: 1029-1044.
- LOTWICK, H.W. & B.W. SILVERMAN. 1982. Methods for analyzing spatial processes of several types of points. Journal of the Royal Statistical Society B44: 406-413.
- LUSK, C.H. 1989. Age structure and dynamics of a podocarp/broadleaved forest in Tongariro National Park. PhD thesis, University of Auckland, New Zealand.
- MACHADO, J.L., P. REICH. 1999. Evaluation of several measures of canopy openness as predictors of photosynthetic photon flux density in deeply shaded conifer/dominated forest understory. Canadian Journal Forest Research. 29: 1438-1444.
- MALDONADO, C. 1990. Caracterización del hábitat de *Gomortega keule* (Mol.) Baillon en su rango de distribución y algunos antecedentes de su reproducción sexual. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 113pp.
- READ, J. & R.S. HILL. 1988. The dynamics of some rainforest associations in Tasmania. Journal of Ecology, 76: 558-584.
- RIPLEY, B.D. 1977. Modelling spatial patterns. Journal of the Royal Statistical Society. B39: 172-212.
- SAN MARTIN, J. & A. SANCHEZ. 1999. Las comunidades relictas de *Gomortega keule* (Gomortegaceae, Magnoliopsida) en Chile central. Anales del Jardín Botánico de Madrid 57: 317-326.
- STEWART, G.H. & A.B. ROSE. 1990. The significance of life history strategies in the developmental history of mixed beech (*Nothofagus*) forests,

- New Zealand. *Vegetatio* 87: 101-114.
- VEBLEN, T.T. 1985. Forest development in tree-fall gaps in the temperate rain forest of Chile. *National Geographic Research*. 1: 161-184.
- VEBLEN, T.T. 1992. Regeneration dynamics. En: *Plant Succession: Theory and Prediction* (eds: D. Glenn-Lewin D., R. Peet & T. Veblen), pp. 152-187. Chapman & Hall. London.
- VEBLEN, T.T., C. DONOSO, F. M. SCHLEGEL & R. ESCOBAR. 1981. Forest dynamics in south central Chile. *Journal of Biogeography*. 8:211-257.
- VEBLEN, T.T. & D. ASHTON. 1982. The regeneration status of *Fitzroya cupressoides* in the Cordillera Pelada, Chile. *Biological Conservation*. 23: 141-161.
- VEBLEN, T.T. & G. STEWART. 1982. On the conifer regeneration gap in New Zealand: the dynamics of *Libocedrus bidwillii* stands on South Island. *Journal of Ecology*, 70: 413-436.
- WELLES, J.M & J.M. NORMAN. 1991. Instrument for Indirect Measurement of Canopy Architecture. *Agronomy Journal*. 83: 818-825.

Recibido: 14.03.03

Aceptado: 19.08.03

Manejado por Julio Gutiérrez