

Estructura y desarrollo de un rodal coetáneo de *Austrocedrus chilensis* en El Bolsón, Río Negro, Argentina

JF Goya*, JJ Ferrando, DA Bocos y PF Yapura

Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900 La Plata, Argentina.

Recibido: 8 de Agosto de 1994. Aceptado: 18 de Agosto de 1995.

Resumen

El bosque de *Austrocedrus chilensis* constituye un recurso de gran importancia en su área de distribución natural. El análisis de la situación actual de estos bosques revela que existe poca información sobre su estructura y dinámica desde la perspectiva del manejo forestal. La definición de un sistema silvícola brinda el marco para la planificación del manejo con garantías de previsión sobre la respuesta del bosque. Este trabajo analiza la estructura y el crecimiento de cuatro fases de desarrollo de un rodal coetáneo de origen natural. Las edades, a la altura del pecho, de cada fase fueron de 18, 36, 43 y 63 años y sus densidades fueron de 2450, 900, 300 y 260 individuos $\cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente. Los correspondientes incrementos medios anuales fueron de 8,37, 8,34, 5,65 y 6,67 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. Del análisis se desprende que un rodal coetáneo de esta especie podría alcanzar un volumen total de aproximadamente 370 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a un turno de máxima producción continua de 63 años (a la altura del pecho) con un incremento promedio de 7 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Palabras claves: Ciprés de la cordillera, crecimiento, fases de desarrollo, manejo forestal, turno.

Structure and development of an even-aged stand of *Austrocedrus chilensis* at El Bolsón, Río Negro, Argentina

Summary

Austrocedrus chilensis forest is a major resource within its natural distribution range. Current state analysis of these forests reveals the scarcity of information about their structure and dynamics in a forest management perspective. Silvicultural system selection provides a framework for planning the management with certain accuracy about forest response. This paper studies structure and increment at four development stages of an even-aged stand grown up naturally. At each stage, ages were 18, 36, 43, and 63 years, while densities were 2450, 900, 300, and 260 trees $\cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. Correlated mean annual increments (MAI) were 8.37, 8.34, 5.65, and 6.67 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$. It results from analysis that a coetaneous stand of this species could reach a total volume of about 370 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ at a rotation age of maximum MAI of 63 years (at breast height), according to a mean annual increment of 7 $\text{m}^3 \cdot \text{ha} \cdot \text{yr}^{-1}$.

Key words: Ciprés de la cordillera, development stages, forest management, growth, rotation age.

* Técnico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

INTRODUCCION

Austrocedrus chilensis (D. Don) Flor. et Boutelje (ciprés de la cordillera) es una especie natural de la Región de los Bosques Subantárticos (Cabrera, 1971). Su área de distribución se extiende desde los 36°30' S en la provincia del Neuquén hasta 43°35' S en la provincia del Chubut (Hueck, 1978), formando masas puras o mixtas con *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Blume (coihue), siendo la conífera nativa de mayor área de distribución geográfica (Dezzoti y Sancholuz, 1991).

Desde el punto de vista económico, debido a las cualidades estéticas y tecnológicas de su madera y a su amplia distribución natural, es la especie forestal más importante en la Provincia de Río Negro y la segunda en los bosques Andino Patagónicos. La falta de experiencias silviculturales determinaron la aplicación de cortas arbitrarias que provocaron, en algunas zonas, la degradación de sus masas naturales.

Definir un sistema silvícola es dar un marco para la planificación del manejo y la ordenación, asegurando la conservación del recurso dentro de un esquema de optimización económica. En esta planificación se debe tener en cuenta el objetivo silvicultural o bosque meta. El estudio de la dinámica del desarrollo de rodales, desde disetáneos a coetáneos, que permita aplicar sistemas adecuados, encuentra en la caracterización estructural de los mismos el punto de partida. La estructura de un bosque puede ser definida como la constitución y fisonomía determinadas por la distribución de especies, edades, diámetros y alturas de los árboles que lo componen.

En términos generales, es posible aplicar distintos sistemas silvícolas al mismo tipo de bosques, para lo cual es necesario considerar las interacciones de los múltiples factores implicados (ecológicos, económicos, so-

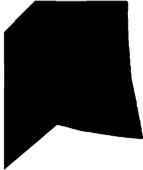
ciales, etc.). Schmidt (1985) ha señalado que las características biológicas del ciprés no implican restricciones para la aplicación de cualquiera de los sistemas silvícolas clásicos. Por otro lado, existen ejemplos de manejo de una especie, tanto como masa regular (coetánea) o irregular (disetánea) con resultados muy satisfactorios (Daniel, et al 1982).

Naturalmente, es posible encontrar estructuras coetáneas de ciprés de la cordillera como consecuencia de su característica y de disturbios, tales como el fuego (Veblen y Lorenz, 1987; Donoso, 1993), que crean condiciones de competencia y exposición del suelo (Seibert, 1982) para permitir la regeneración por claros. Basadas en las características ecológicas de esta especie, distintos autores han propuesto alternativas de manejo. Las mismas van desde un manejo como bosque irregular hasta tratamientos como masa coetánea (Chauchard y Barnabá, 1986; van Konynenburg, 1990; Schmidt, 1985; Bava y Gonda, 1993). El objetivo de este trabajo fue analizar el desarrollo de un rodal coetáneo a través del estudio de la estructura y el crecimiento de distintas etapas de su evolución (cronosecuencia) y paralelamente, aportar elementos para la discusión sobre la silvicultura del ciprés de la cordillera.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se encuentra comprendida en la zona central de la distribución de los bosques subantárticos, al suroeste de la Provincia de Río Negro, ubicada entre los 41°40' y 42°10' S y entre los 71°20' y 71°42' W, con altitudes que van de 300 a 600 msn.

La región presenta una temperatura media anual de 9,3°C y una precipitación media de 904 mm anuales. El balance hídrico,



elaborado según el método de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951) para la estación meteorológica de El Bolsón (41°56' S - 71°33' W) muestra excesos de humedad en invierno (mayo-septiembre) que totalizan 445 mm. Las moderadas deficiencias se presentan durante la temporada de crecimiento (diciembre-marzo) con un total de 156 mm. Ambos indicadores resultan característicos del clima de la región de los bosques magallánicos (Burgos y Vidal, 1951).

El sitio forma parte de la reserva forestal Loma del Medio, en la localidad de El Bolsón. Se trata de un bosque de ciprés de la cordillera, con pendientes que van de 10 a 30% y exposición S-SW, en el que aparecen como especies acompañantes el coihue, con el cual forma en algunos sectores bosques mixtos, *Nothofagus antarctica* (Forst.) Oerst. (ñire), *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels. (radal) y en menor proporción *Maytenus boaria* Mol. (maitén).

La información se obtuvo de parcelas permanentes (PP) ubicadas selectivamente en áreas bien pobladas de bosque puro de ciprés. El criterio de selección de las PP fue obtener una cronosecuencia de las distintas etapas o fases del desarrollo de un bosque regular (coetáneo). Se instalaron cuatro parcelas circulares de superficie variable entre 500 y 1.000 m² (Matteucci y Colma, 1982).

En cada parcela se registró la pendiente, exposición y altitud. De cada individuo \geq a 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) se relevó especie, DAP y posición sociológica (dominante, codominante u oprimido). Esta última clasificación se basó en la posición relativa en el dosel y el vigor que presentó cada individuo (Spurr y Barnes, 1980). La altura total de los individuos sólo se midió en aquellos clasificados como dominantes y codominantes.

La edad y el crecimiento se obtuvieron a partir del análisis de muestras de barreno

extraídas de individuos dominantes y codominantes de diferentes clases diamétricas. Para este análisis se trabajó con un error estándar de la media (S_x) inferior al 10% de sus respectivas medias. Una vez obtenidas las muestras se acondicionaron (montaje y pulido) y se midieron distancias radiales por períodos de 5 y 10 años con una lupa binocular graduada.

Para la estimación de la edad de cada parcela se ajustó una curva de regresión tomando como variables edad (a la altura del pecho)-clase diamétrica de individuos dominantes y codominantes. Este ajuste se realizó mediante técnicas de regresión. La edad se estimó con los individuos pertenecientes a esta posición sociológica, que en todas las parcelas superaron el 80%

El crecimiento del rodal en cada parcela (m³.ha⁻¹.año⁻¹) se obtuvo combinando el crecimiento individual con la densidad (individuos.ha⁻¹) por clases diamétricas (Klepac, 1976). Los volúmenes totales se estimaron mediante funciones ajustadas para la región (Chauchard y Barnabá, 1986; Chauchard et al, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSION

Estructura

El análisis de las distribuciones diamétricas de las cuatro parcelas muestra un incremento de la dispersión conforme aumenta el diámetro promedio de cada parcela (Figura 1), evolución que es característica de masas regulares o coetáneas (Klepac, 1976). Por otro lado, las edades promedio a la altura del pecho de cada parcela (18, 36, 43 y 63 años con $S_x \% < 20$, indican la existencia de una clase de edad, determinando rodales naturalmente coetáneos (Hawley y Smith, 1982; Donoso, 1993). Estos resultados indican la

razonabilidad de asumir que cada una de las parcelas representa una fase del desarrollo de un rodal regular y que existiría una secuencia entre ellas.

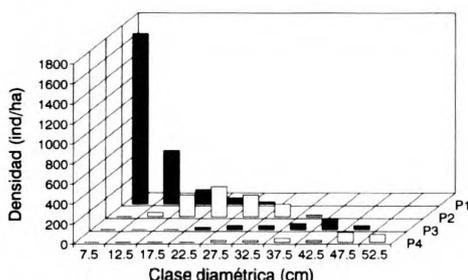


Figura 1. Distribuciones diamétricas en clases de 5cm de las cuatro fases de desarrollo de un rodal coetáneo de ciprés de la cordillera.

Diameter distributions in 5cm classes at four development stages of a coetaneous stand of ciprés de la cordillera.

El ajuste de una ecuación de regresión que vincula la edad promedio de la clase con la clase diamétrica de árboles dominantes y codominantes, arrojó valores significativos de r^2 y prueba de F. Similares resultados se obtuvieron en el ajuste con transformación logarítmica, de DAP-altura (Tabla 1).

Al utilizar los modelos ajustados para edad y altura y relacionar las distintas parcelas, se observa la correlatividad de ellas respecto de estas variables (Figura 2) considerando el supuesto de pertenencia de cada

estructura a un mismo rodal, por lo tanto, a igual sitio, debería esperarse una evolución de las variables edad-altura como la indicada en la Figura 2.

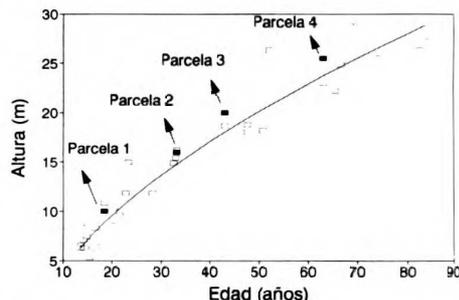


Figura 2. Relación altura-edad para árboles dominantes y codominantes de ciprés de la cordillera. Δ : valores individuales, \blacksquare : valores medios de parcela.

Height-age relationship for dominant and codominant trees of ciprés de la cordillera. Δ : individual data, \blacksquare : mean plot values.

El ajuste de una ecuación logarítmica relacionando densidad con DAP promedio cuadrático (pendiente 1,55; $r^2 = 0,97$, $n = 4$), muestra una coincidencia de las distintas etapas con la regla de los $-3/2$ (Yoda et al, 1963; Kira et al, 1953) que caracteriza distintos estadios de un rodal bien poblado.

El análisis de los parámetros estructurales indica que las parcelas representan áreas de densidad completa o con plena ocupación del sitio (Tabla 2). Estos valores coinciden con

Tabla 1. Modelos de regresión edad promedio-clase diamétrica (5cm) y altura-DAP para árboles dominantes y codominantes de ciprés de la cordillera. E = edad a la altura del pecho (años), D = clase diamétrica (cm), H = altura (m), DAP = diámetro a la altura del pecho (cm).

Regression models of mean age-diameter class (5cm) and height-DBH for dominant and codominant trees of ciprés de la cordillera. E = age at breast height (years), D = diameter class (cm), H = height (m), DAP = diameter at breast height (cm).

Modelo	n	a	b	r^2	F	P
$E = a + b D$	10	6,9754	1,2159	0,94	127,59	0,0001
$\ln H = a + b \ln DAP$	33	0,7775	0,6238	0,94	506,12	0,0001

Tabla 2. Parámetros estructurales e incrementos anuales de las cuatro fases de desarrollo de un rodal coetáneo de ciprés de la cordillera. ICA = incremento corriente anual en volumen, IMA = incremento medio anual en volumen.

Structural parameters and anual increments at four development stages of coetaneous stand of ciprés de la cordillera. ICA = volumetric current anual increment, IMA = volumetric mean anual increment.

Parcela	Edad promedio (años)	DAP promedio (cm)	Altura dominante (m)	Densidad (ind.ha ⁻¹)	Area basal (m ² .ha ⁻¹)	ICA (m ³ .ha ⁻¹ .año ⁻¹)	IMA (m ³ .ha ⁻¹ .Año ⁻¹)
1	18	10	10	2.450	20,96	13,71	8,37
2	36	24	16	900	41,87	12,19	8,34
3	43	39	20	300	34,39	7,58	5,65
4	63	45	25	260	45,14	7,34	6,67

los mencionados por Bava y Gonda (1993) en su propuesta de manejo para esta especie, en la que se indica una densidad de 300 individuos.ha⁻¹ y un área basal de 50 m². ha⁻¹ la que correspondería a la última etapa de desarrollo (Parcela 4, Tabla 2). Si bien la determinación de estos parámetros no pretende ser un plan de manejo, pueden ser valores de referencia al planificar intervenciones, ya que estarían indicando etapas por las cuales podría atravesar un rodal coetáneo manejado.

Crecimiento

El análisis de los incrementos a nivel individual (Tabla 3, Figura 3) muestra valores de competencia relativamente bajos entre ellos. Esto concuerda con la característica sociológica de los individuos muestreados, dominantes y codominantes, (Klepac, 1976).

Esta característica también se refleja en la estimación del turno de máxima producción continua (MPC) o edad de igualación del incremento medio anual (IMA) con el incremento corriente anual (ICA), el cual se establece en 63 años (Figura 3). Se debe considerar que las edades se obtuvieron a la altura del pecho, por lo cual se les debe adicionar el tiempo necesario para alcanzar esa altura, el cual es variable de acuerdo a las condiciones de crecimiento. En individuos dominantes este valor, en promedio, fue de 10 años. Así, este turno re-

sulta aproximado a los turnos tecnológicos de 80 y 90 años estimados para la especie (Chau-chard y Barnabá, 1986; Bava y Gonda, 1993)

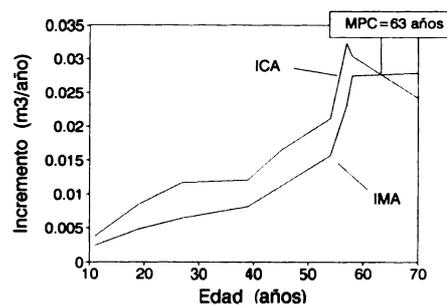


Figura 3. Incrementos anuales en volumen para árboles dominantes y codominantes de ciprés de la cordillera. ICA = incremento corriente anual, IMA = incremento medio anual, MPC = máxima producción continua. La edad de los árboles es la edad a la altura del pecho.

Volumetric anual increments for dominant and codominant trees of ciprés de la cordillera. ICA = current anual increment, IMA = mean anual increment, MPC = maximum sustained yield. Trees ages are at breast height.

Estos resultados indican la importancia que tiene para el estudio del crecimiento del ciprés la clasificación de los individuos de acuerdo a su posición sociológica. Es común encontrar bajas relaciones DAP - edad en individuos que han crecido oprimidos por un dosel superior, lo cual se debe a la persistencia de esta especie medrando en estas condi-



Goya et al, Estructura y desarrollo de ciprés de la cordillera...

Tabla 3. Estadísticas de los incrementos anuales en volumen para árboles dominantes y codominantes de ciprés de la cordillera.

Volumetric annual increments statistics for dominant and codominant trees of ciprés de la cordillera.

Clases Diamétricas (cm)	n	Edad (años)	Crecimiento		Edad		Crecimiento medio	
			Corriente (m ³ .año ⁻¹)	Medio (m ³ .año ⁻¹)	s ^{-x} (%)	CV (%)	s ^{-x} (%)	CV (%)
7,5	14	11	0,0038	0,0024	10,14	37,96	11,85	44,37
12,5	17	19	0,0085	0,0048	9,43	40,02	9,06	38,44
17,5	19	27	0,0117	0,0065	9,03	38,31	8,78	37,25
22,5	26	39	0,0121	0,0082	6,84	34,90	7,10	36,21
27,5	26	45	0,0165	0,0112	5,92	30,19	6,61	37,74
32,5	25	54	0,0153	0,0131	4,77	23,87	5,77	28,88
37,5	10	54	0,0270	0,0184	7,96	25,17	8,76	27,70
42,5	8	57	0,0323	0,0231	8,47	23,96	7,19	20,34
47,5	6	58	0,0304	0,0275	3,69	9,05	3,75	9,18
52,5	6	70	0,0242	0,0279	2,95	7,23	2,76	6,77

ciones (Veblen y Lorenz, 1987) que retardan su crecimiento (Donoso, 1993).

Los incrementos a nivel de rodal medidos en las parcelas (Tabla 2), resultan comparables a los hallados por Costantino (1958) en bosques puros de ciprés en la zona de Epuyén, cercano a este estudio, y al bosque de ciprés de tipo compacto (Dezzotti y Sancholuz, 1991).

CONCLUSIONES

Según las secuencias estructurales observadas, un rodal puro de ciprés -bajo condiciones de manejo- llegaría a un turno de máxima producción continua a los 63 años (a la altura del pecho), con un volumen aproximado de 370 m³. ha⁻¹ y un crecimiento promedio de 7 m³. ha⁻¹. año⁻¹. Estos resultados podrían esperarse si los individuos del rodal crecieran con un grado de competencia relativamente bajo, dado que en todas las parcelas analizadas más del 80% de los individuos fueron dominantes o codominantes.

Las parcelas estudiadas se desarrolla-

ron naturalmente, presentándose en pequeñas superficies, probablemente producto de regeneración por claros. Para lograr estos desarrollos a una escala de manejo económico, se debe planificar una adecuada aplicación en el tiempo y espacio de los tratamientos silviculturales para conducir estas estructuras. Estos resultados preliminares deben considerarse simplemente como valores de referencia que brindan una perspectiva de la capacidad productiva del ciprés bajo estas condiciones.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Ing. Ftal. Luis M. Chauchard por impulsar la idea de este trabajo. Al Servicio Forestal Andino de la Provincia de Río Negro y al Campo Forestal General San Martín (INTA) por el apoyo brindado en los trabajos de campo y a la promoción 1988 del curso de Ordenación Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP) por la colaboración en trabajos de campaña.

BIBLIOGRAFIA

- Bava J y N Gonda** (1993) Propuesta silvícola preliminar de manejo para ciprés de la cordillera. Actas Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Comisión V, Paraná. 100pp.
- Burgos JJ y AL Vidal** (1951) Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thomthwaite. *Meteoros* 1: 3-32.
- Cabrera AL** (1971) Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.
- Costantino I** (1958) Primeros resultados de las parcelas permanentes de *Libocedrus chilensis*. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 34: 131-159.
- Chauchard L y J Barnabé** (1986) Plan de Ordenación Cuartel «Loma del Medio-Río Azul» Provincia de Río Negro. IFONA-Servicio Forestal Andino. Informe Interno. 62pp.
- Chauchard L, M Rey y MG Peñalba** (1991) Funciones de volumen para ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (Don.) Flor. et Bouleje). Actas de las VI Jornadas Técnicas: Inventarios-Modelos de Producción y Crecimientos Forestales. Eldorado, Misiones: 40-48.
- Daniel PW, UE Helms y FS Baker** (1982) Principios de Silvicultura. Ed Mc Graw Hill, México. 492 pp.
- Dezzotti A y L Sancholuz** (1991) Los Bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. *Bosque* 12: 43-52.
- Donoso Zegers C** (1993) Bosques templados de Chile y Argentina, Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria SA, Santiago de Chile: 414-424.
- Hawley RC y DM Smith** (1982) Silvicultura Práctica. Ed Omega, Barcelona. 458 pp.
- Hueck K.** (1978) Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. GTZ RF de Alemania. p.403.
- Kira T, H Ogawa and N Sakazaki** (1953) Intraspecific competition among higher plants. *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University. Series D4*:1-16.
- Klepac D** (1976) Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 365 pp.
- Matteucci SD y A Colma** (1982) Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía 22 Serie Biología OEA. 163pp.
- Schmidt H** (1985) Tratamientos silviculturales para el manejo de los bosques nativos de las provincias patagónicas de la República Argentina. OEA. 59 pp.
- Seibert P** (1982) Carta de vegetación de la región de El Bolsón, Río Negro y su aplicación a la planificación del uso de la tierra. *Documenta Phitosociológica* 2:1-120.
- Spurr SH y BV Barnes** (1980) Ecología forestal. AGT Ed SA, México. 690 pp.
- van Konynenburg E** (1990) Los bosques de ciprés en la Provincia de Río Negro: estado, estructura y dinámica. *Dendron* 11:2.
- Veblen TT and DC Lorenz** (1987) Post-fire stand development of *Austrocedrus-Nothofagus* forests in northern Patagonia. *Vegetatio* 71: 113-126.
- Yoda K, T Ogaki and K Hozumi** (1963) Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology, Osaka City University* 14:107-129.