

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Forestales

Escuela de Ingeniería Forestal

# **Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas**

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Forestal.

Profesor Patrocinante: Sr. Pablo Donoso H.

**Daniel Uteau Puschmann**

**Valdivia Chile 2003**



# Contenido

Calificación del Comité de Titulación . .	1
Dedicatoria .	3
Agradecimientos .	5
RESUMEN .	7
1. INTRODUCCION .	9
2. MARCO TEORICO . .	11
2.1 Acerca de las especies en estudio .	11
2.2 Acerca de los índices de competencia . .	12
2.3 Acerca de la posición relativa de las copas . .	17
2.4 Acerca de las variables de crecimiento .	18
3. DISEÑO DE INVESTIGACION .	21
3.1 Areas de estudio . .	21
3.2 Metodología . .	27
4. RESULTADOS . .	33
4.1 Resultados generales . .	33
4.2 Relaciones generales .	35
4.3 Análisis gráfico .	38
5. DISCUSION DE RESULTADOS .	49
6. CONCLUSIONES . .	53
BIBLIOGRAFIA .	55
ANEXOS .	57
ANEXO 1. Abstract & Keywords . .	57
ANEXO 2. Estadísticos de las funciones Competencia - Crecimiento analizadas . .	58
ANEXO 3. Gráficos de Relación entre CCR% y CC . .	60
ANEXO 4. Relaciones gráficas estadísticamente significativas entre crecimiento y variables de competencia .	62



## Calificación del Comité de Titulación

Patrocinante: Sr. Pablo Donoso Hiriart 6,8

Informante: Sr. Mauro González Cangas 6,5

Informante: Sr. Carlos Le Quesne Geier 6,3

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y 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. Pablo Donoso H.



## Dedicatoria

A Constanza Valenzuela, amor de mi vida



## Agradecimientos

**Jesús**, mi Señor.

Sin ti ni siquiera habría terminado mi carrera. Tu constante apoyo sin condición, tanto en el área académica como en las cosas cotidianas de la vida, me permitió seguir adelante con este proyecto para mi vida. Gracias por permitirme este regalo. Te alabo y alabaré por siempre y en la eternidad. Profesor **Pablo Donoso**, sin su constante apoyo e instrucciones, este trabajo habría sido un tortuoso y largo camino sin fin.

Estaré siempre agradecido por haber compartido todos sus conocimientos tan sencillamente conmigo. **Verónica Fredes**, la mujer que mantiene vivo el instituto de Silvicultura. Por nosotros conocida como Vero, un eslabón vital en todo el quehacer universitario. Junto a la **Ale** hacen una dupla fenomenal. Gracias por aguantarme todas las llamadas telefónicas y arreglarme muchos percances de último minuto. **Constanza Valenzuela**. Tú y tu familia ha hecho mi estadía en Valdivia muy agradable y hogareña en todo momento.

Gracias por toda la ayuda en montón de cosas que no se alcanzan a escribir, pero que juntas habrían sido un gran problema.

Gracias por ayudarme con los formularios y con todo el proceso de datos. También quiero agradecer a muchos que han hecho posible este trabajo. **Jan**, gracias por tu apoyo y por prestarme el Jeep para ir a terreno. **Rodrigo**, gracias por tus ideas innovadoras. **Gonzalo**, gracias por tus conocimientos en ingeniería que me compartiste. **Gabriel**, gracias por enseñarme a usar AutoCAD<sup>®</sup> y por tu teoría de las funciones. Profesora **Alicia Ortega**, usted, aunque no fue profesora informante de mi trabajo me ayudó casi tanto como uno de ellos, gracias por la ayuda estadística



## RESUMEN

La investigación forestal, en el área de las especies nativas de Chile, es una actividad poco desarrollada hasta el momento. Dentro de esta área, la mayoría de los ensayos están enfocados a especies del género *Nothofagus* y a formaciones boscosas de características coetáneas. Las especies tolerantes y semitolerantes (como Laurel y Ulmo, respectivamente) han quedado al margen de los estudios realizados, contándose con poca información acerca de su desarrollo y potencialidades como especies de interés forestal.

Este estudio tiene como objetivo describir el crecimiento de Laurel y Ulmo en función de la situación de competencia en la que se encuentran. Las mediciones incluyeron cinco plantaciones ubicadas en la provincia de Valdivia, X Región. Todas estas plantaciones son multiespecíficas e incluyen individuos de Laurel, Ulmo o ambas especies, entre otras.

La metodología se centró en calcular y analizar dos índices de competencia. Para expresar la competencia por luz se utilizó el índice de Competencia de Copas (CC) diseñado por Stabler (1951), el cual, expresa linealmente la superposición de las copas de los árboles competidores con el sujeto. Para la cuantificación de la competencia por espacio terrestre disponible, se utilizó el Área Potencialmente Aprovechable (APA) descrito por Brown (1965) con ponderaciones corregidas según Moore *et al.* (1973), el cual expresa el área de la que dispone un individuo para su desarrollo radicular.

En las plantaciones, en las que los individuos de Ulmo o Laurel se encontraron bajo dosel, se notó una fuerte relación entre el APA y el crecimiento, lo cual se explica en parte por la fuerte competencia por agua y nutrientes a la que se ven sometidos estos

individuos. También se pudo notar que en los individuos de mayor edad, el crecimiento se vio mayormente influenciado por el APA, no así en los individuos jóvenes, en los cuales el crecimiento se vio mejor explicado por la competencia de copas. No obstante, esta relación es menor a la anteriormente mencionada, probablemente por la falta de información acerca de la influencia de la competencia que ejercen las especies arbustivas y otras malezas.

Se propusieron algunas medidas silviculturales que pueden servir para futuros ensayos, entre las cuales está la alternativa de adelantar un primer raleo que proporcione a estas especies más espacio para captación de luz, a fin de que puedan alcanzar las posiciones intermedias y codominantes del dosel. En su condición como especies semitolerantes es necesario brindarles este tipo de facilidades.

Palabras Clave: Indices de Competencia, Area Potencialmente Aprovechable, Competencia de Copas, Plantaciones mixtas, Especies Semitolerantes.

# 1. INTRODUCCION

La investigación forestal en el ámbito de las especies nativas de Chile se ha centralizado en el género *Nothofagus* y en formaciones coetáneas, las cuales, a partir de una silvicultura relativamente simple, proporcionan altos rendimientos.

Las especies tolerantes a la sombra o de sucesión tardía han quedado al margen de los estudios dadas sus dificultades en el manejo o simplemente por desconocimiento de las propiedades madereras y otros usos que poseen. Muchos autores han argumentado que este tipo de especies son aptas para un esquema silvicultural mixto, en el cual no sólo se trabaja con varias especies, sino también con varias edades. La argumentación en pro de este tipo de prácticas consiste en que una mayor diversidad de estratos y especies aprovecha mejor los recursos del sitio de lo que pudiera hacerlo un monocultivo, ya que cubre los espacios desaprovechados (Kelty *et al.*, 1992). Aun más, algunos autores exponen la idea de efectos nodriza y posibles simbiosis que son de beneficio para el crecimiento de las especies deseadas. En una proporción adecuada y con buen manejo, las especies en estudio en este trabajo, se ajustan bien en este sistema.

Actualmente, en la Provincia de Valdivia, se han realizado múltiples ensayos en diversas condiciones de sitio para las especies Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y Laurel (*Laurelia sempervirens*). Ambas especies han sido consideradas tradicionalmente como tolerantes a semitolerantes a la sombra (Donoso, 1993; González *et al.*, 1997) y han sido plantadas con varios propósitos, de los cuales el principal es la obtención de madera.

El objetivo de este trabajo es describir el desarrollo de estas dos especies en distintas condiciones de sitio, considerándose las variables edáfica, ambiental y

silvicultural. Se describirán dos factores fundamentales para la evaluación del desarrollo de estas plantaciones. Por un lado se caracterizará la situación de competencia en la cual se encuentran los individuos plantados y por otro lado se determinará su crecimiento, es decir, se evaluará el crecimiento. De esta forma, este trabajo busca explicar el crecimiento en función de la competencia para individuos de Ulmo y Laurel en plantaciones mixtas.

Los individuos a evaluar corresponden a las especies Ulmo y Laurel plantados en cinco áreas de estudio ubicadas dentro de la provincia de Valdivia y abarcan edades entre 5 y 20 años. De este modo se puede establecer el comportamiento de estas especies durante el inicio de su desarrollo. Las plantaciones corresponden a ensayos con varias especies nativas entre las que se encuentran ulmos y laureles.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Acerca de las especies en estudio

#### 2.1.1 Laurel

Laurel es considerado como una especie de alto valor forestal dada su buena capacidad de producir madera de alta calidad, empleada en la fabricación de chapas, terciados, parques y puertas. Su agradable olor y fácil trabajabilidad la han hecho famosa en la fabricación de muebles de calidad (Hoffmann, 1982). Armesto *et al.* (1995) clasifican esta especie como vulnerable, por las intensas intervenciones que han recibido sus bosques y por la sustitución ampliamente practicada en el país.

En cuanto a su hábitat, se la considera una especie que se adapta fácilmente a zonas templadas y de humedad media (Ramírez y Figueroa, 1985). En la precordillera de la zona central se la encuentra principalmente en quebradas, cerca de los arroyos y en la zona sur se la encuentra en el llano central (Donoso, 2001).

Diversos autores la han considerado como una especie de tolerancia media a la sombra. El Laurel presenta regeneración por semilla, vástagos y muy frecuentemente por rebrotes de tocones o de raíces. Su modo de regeneración en claros, o en algunas ocasiones continuo, hacen que sea clasificada como una especie semitolerante a tolerante (Donoso, 1993; Veblen *et al.*, 1979).

Por otra parte, los crecimientos del Laurel en ensayos anteriores han sido considerados como buenos. Donoso (1993) cita dos ensayos de plantaciones hechas con Laurel en Frutillar (X Región), las cuales presentan incrementos medios anuales (IMA) en diámetro de 0,8 y 0,9 cm e incrementos medios anuales en altura de 0,4 y 0,5 m respectivamente.

### 2.1.2 *Ulmo*

Ulmo es una especie de excelencia en varios sentidos por su capacidad de generar múltiples recursos. Su madera, dura y pesada, tiene varios usos en la carpintería y la fabricación de durmientes. Su corteza es usada en curtiembres artesanales y su flor produce un néctar de excelente calidad capaz de generar un mercado en torno a la miel de Ulmo. Al mismo tiempo la leña y el carbón extraídos de esta especie gozan de gran aceptación en la población sureña (Donoso, 2001; Hoffmann, 1982). Ha sido clasificada como una especie rara, es decir, en mejor estado de conservación que Laurel, pero en peligro de llegar a ser vulnerable, especialmente por la intensa explotación con fines leñeros practicada en la zona sur del país (Armesto *et al.* 1995)

Al Ulmo se le observa preferentemente en zonas templadas y al igual que el Laurel se encuentra en mejores condiciones en zonas de humedad media (Ramírez y Figueroa, 1985). Sin embargo, no tiene mayores dificultades para desarrollarse en zonas más húmedas, colaborando con un mejor drenaje y cediendo el paso a otras especies de mayor tolerancia a la humedad (Donoso, 1993).

Muy habitual en el Ulmo es su regeneración por rebrotes en tocones de árboles muertos en pie o caídos y rebrotes de las raíces de árboles adultos. Su modo de regeneración es principalmente por claros y puede llegar a ser considerada colonizadora en situaciones específicas. Por la dinámica que muestran sus comunidades, Donoso (1993) y Veblen *et al.*, (1979) la consideran una especie semitolerante a la sombra.

Algunos antecedentes de los incrementos han sido registrados por Donoso (1993). De ellos, uno que destaca es una plantación de Ulmo en la localidad de Frutillar donde se registraron incrementos medios anuales de 1 cm en diámetro y 0,5 m en altura. Barría (1996) describe una plantación de Roble-Raulí-Ulmo en la que esta última especie alcanza crecimientos periódicos de 0,66 cm al año en diámetro.

## 2.2 Acerca de los índices de competencia

Daniels *et al.* (1986) agrupan los índices de competencia en dos, poniendo énfasis en si estos miden los rodales como un todo o si miden los árboles individualmente. Los índices de competencia para árbol individual analizan el estado del árbol como un solo individuo dentro del rodal. Buscan establecer cómo los vecinos inmediatos modifican la disponibilidad de recursos ambientales a un árbol individual. Debido a que el crecimiento ocurre en árboles individuales, su crecimiento es la unidad básica del desarrollo del rodal (Arney, 1973).

Dentro de la amplia gama de índices de competencia se pueden distinguir varios

grupos como:

- Indices independientes de la distancia
- Indices dependientes de la distancia
- Indices de área de traslape
- Indices de competencia de forma poligonal

Algunos ejemplos se describen a continuación.

### 2.2.1 Indices independiente de la distancia

Dentro de este grupo se encuentra un índice de competencia elaborado por Glover y Hool (1979), el cual, hace una relación entre el área basal de un árbol respecto del área basal de la parcela.

$$G_s = \frac{D_s^2}{\left[ \frac{\sum_{p=1}^n D_p}{n} \right]^2} \quad [1]$$

Donde: G = Índice de Glover y Hool (1979)

D = D.A.P.

S = Sujeto

P = Parcela

### 2.2.2 Indices dependientes de la distancia

Dentro de este grupo se encuentra el índice de Hegyi (1974) que representa la suma de la relación entre los diámetros de un sujeto y un competidor versus la distancia entre ellos dentro de un radio preestablecido.

$$ICH = \sum_{c=1}^n \frac{D_s / D_c}{Dist_{sc}} \quad [2]$$

Donde: ICH = Índice de competencia de Hegyi (1974)

$D_c$  = Diámetro del árbol competidor

$D_s$  = Diámetro del árbol sujeto

$Dist_{sc}$  = Distancia entre ambos árboles

### 2.2.3 Indices de área de traslape

En los índices de área de traslape se pretende establecer la competencia entre dos individuos en relación al área en que sus copas se traslapan. Como la fórmula de área de traslape es compleja mediante un cálculo manual, Stabler (1951) propone utilizar el

ancho radial del traslape, el cual, también es un buen indicador.

$$ICS = \sum_{i=1}^n a_{sc} \quad [3]$$

Donde: ICS = Índice de competencia de Stabler (1951)

$a_{sc}$  = ancho radial del área de traslape de las copas entre sujeto y competidor

n = número de competidores cuyas copas traslapan con el sujeto

Este índice puede aplicarse fácilmente a situaciones como la presentada en la figura\_1.

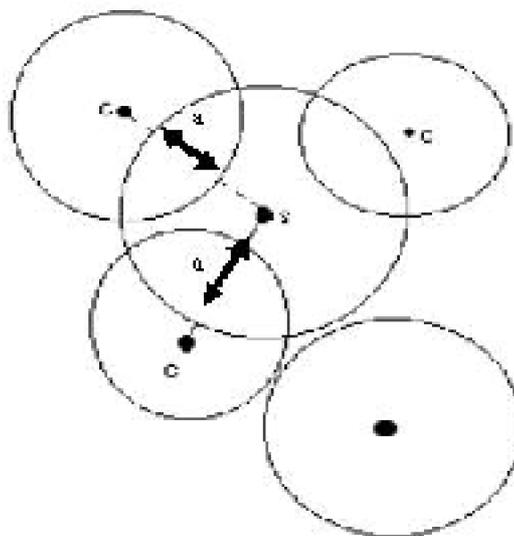


FIGURA 1. Expresión gráfica del ancho radial del traslape de copas

Newnham (1964), en cambio, utiliza una medida angular para estimar el área de traslape entre el árbol sujeto y sus competidores. Esta medida consiste en un ángulo que tiene su origen en el fuste del árbol sujeto y se abre hasta los vértices del traslape entre el sujeto y el competidor de la manera ilustrada en la figura 2.

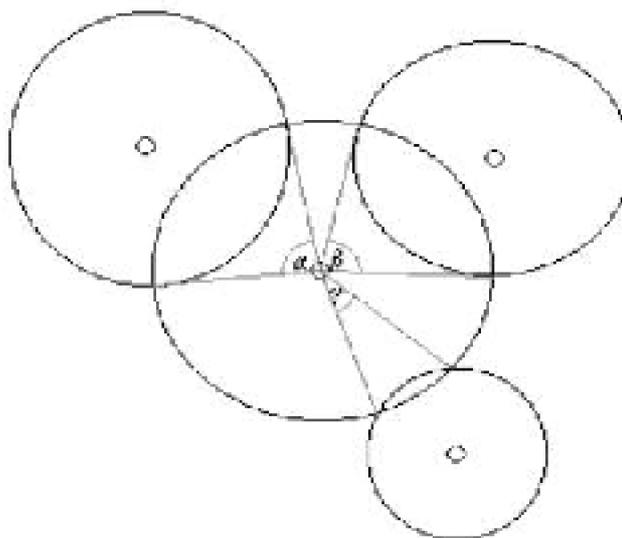


FIGURA 2. Angulos formados por las intersecciones de los traslapos

Este índice presenta grandes dificultades para su medición en terreno ya que la observación de los puntos de intersección resulta dificultosa, especialmente si se trata de árboles de distinta altura de copa.

Luego, la fórmula que expresa el índice de competencia es:

$$ICN = \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^n a_i \quad [4]$$

Donde: ICN = Índice de competencia de Newnham (1964)

$a_i$  = ángulo formado por las intersecciones de la copa del árbol. competidor con el árbol sujeto.

#### 2.2.4 Índices de competencia de forma poligonal

Estos índices construyen un polígono alrededor del árbol sujeto, el cual va a variar dependiendo de las variables a utilizar y el método de cálculo a emplear.

Brown (1965) sugiere utilizar el Area Potencialmente Aprovechable (APA) como un buen índice para estimar competencia. Se define el APA como un polígono irregular formado alrededor de un árbol sujeto (s), cuyos lados son rectas trazadas entre los árboles competidores (c) y el sujeto. Estas rectas se ubican en  $90^\circ$  en relación a una recta trazada entre los fustes de ambos árboles. Las intersecciones entre estas rectas definen los vértices del polígono. Dicha situación se encuentra ilustrada en la figura 3.

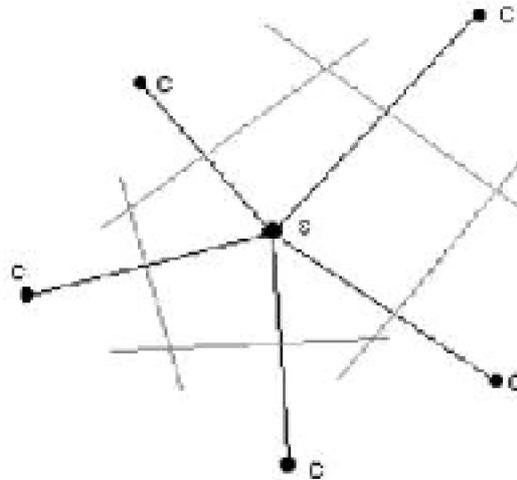


FIGURA 3. Diseño del Área Potencialmente Aprovechable (APA)

Este modelo presenta un error al no ponderar las diferencias de tamaños entre competidores y sujeto. Moore *et al.* (1973) modificaron este esquema ubicando las transversales no al medio, sino proporcional al área basal de los individuos como muestra la figura 4.

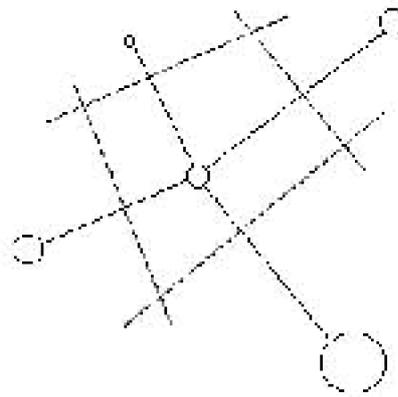


Figura 4. Área Potencialmente Aprvechable (APA), modificado según Moore *et al.* (1973)

Para este caso el punto medio entre los árboles es proporcional al área basal y puede calcularse mediante la siguiente relación:

$$DP_{sc} = \frac{L_s^2}{(D_s^2 - D_c^2)} \times D_{sc} \quad [5]$$

Donde:  $DP_{sc}$  = Punto medio entre competidor y sujeto

$D_s$  = D.A.P. del árbol sujeto

$D_c$  = D.A.P. del árbol competidor

$D_{sc}$  = Distancia entre árbol sujeto y competidor

Prodan *et al.* (1997) concluyen que el modelo de Brown (1965) presenta una mayor varianza, favoreciendo las modificaciones establecidas por Moore *et al.* (1973).

## 2.3 Acerca de la posición relativa de las copas

Mucho se ha discutido acerca de la clasificación de los árboles individuales en relación a los árboles que los rodean. En general se tiende a usar indicadores visuales que determinan la posición en altura de un individuo en respecto de los árboles que le rodean. Para bosques coetáneos, la clasificación de Kraft, (Donoso, 1993) define a los árboles según el estrato en el que se encuentran sus copas (figura 5). Esta clasificación considera árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos. Para su aplicación en bosque multietáneos se ha modificado levemente esta clasificación añadiendo un estrato emergente constituido principalmente por especies intolerantes, situación muy típica de los bosques siempreverdes (Donoso, 1981). Esta clasificación cuenta con el problema de que un individuo de un estrato "intermedio" puede en realidad ser dominante o codominante dependiendo de el lugar en que se encuentre.



FIGURA 5. La clasificación de copas de Kraft

Para bosques multietáneos, Veblen *et al.* (1981) proponen una clasificación similar designando los estratos según el tipo de copas habiendo: Copa emergente, copa principal superior, copa principal inferior, bajo copa principal y copa cubierta.

Finalmente Synnott (1979), propone una clasificación en la que hace una jerarquización de acuerdo con la cantidad de luz que reciben los individuos. Este define 5 tipos de árboles que son: emergente, dosel superior, dosel inferior, reserva superior y reserva inferior. Estos están en orden de mayor a menor luz recibida y se explican en la figura 6.

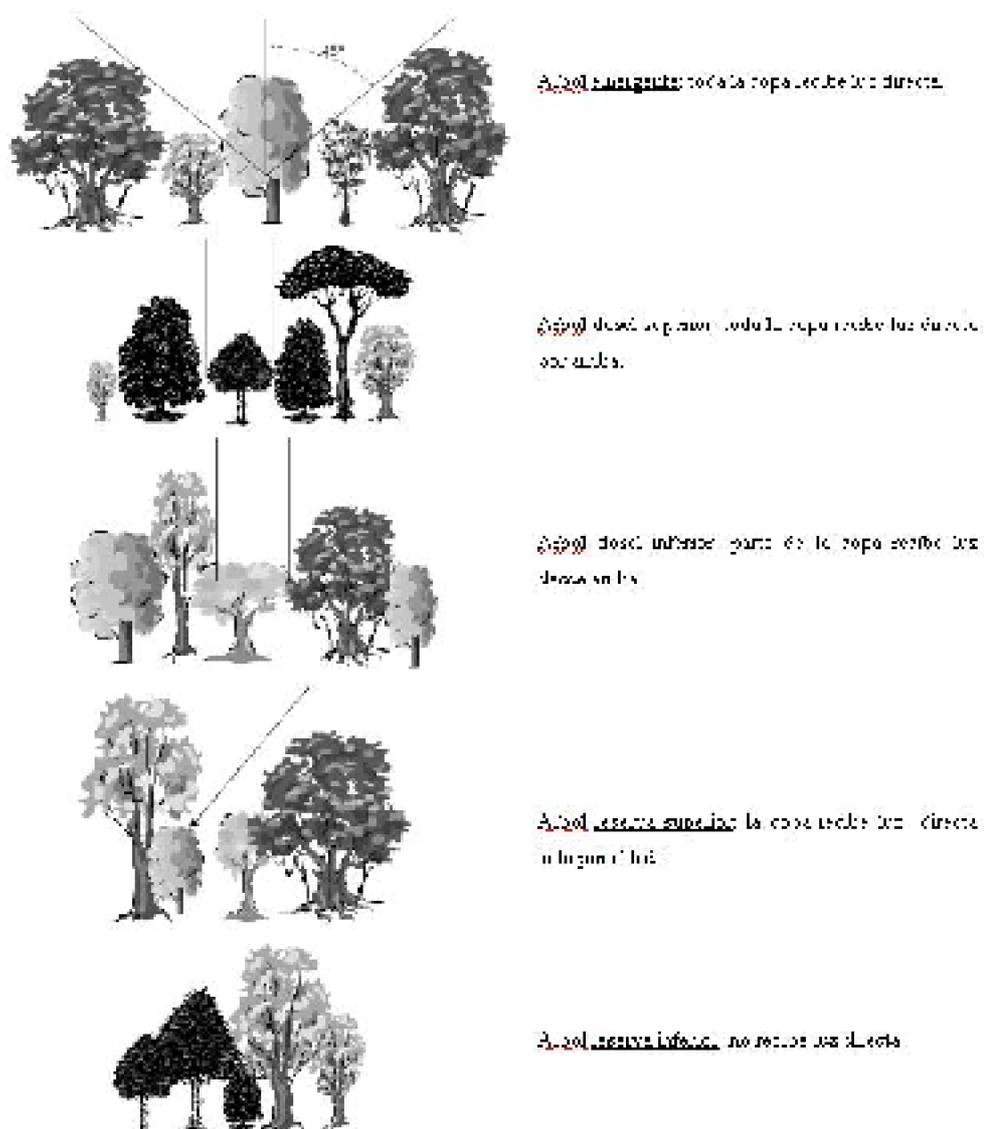


FIGURA 6. Clasificación de copas según Synnott (1979)

## 2.4 Acerca de las variables de crecimiento

Importante al momento de medir las variables descriptivas de un individuo, es considerar que éstas están enmarcadas dentro de un rango de tiempo. Esto es comúnmente denominado "crecimiento". El crecimiento es el incremento gradual de un organismo en un determinado período de tiempo. A su vez, el crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento de dicho organismo (Prodan *et al.*, 1997).

Con respecto a los crecimientos y rendimientos, Prodan *et al.* (1997) hacen mención a cuatro tipos:

- Incremento anual corriente (IAC): el crecimiento de un organismo en un año.

- Incremento periódico (IP): el crecimiento de un organismo acumulado durante varios años.
- Incremento medio anual (IMA): el crecimiento medio de un organismo hasta una determinada edad.
- Incremento acumulado (IA): es el crecimiento acumulado de un organismo hasta una edad determinada.

Respecto a sus representaciones gráficas, las curvas que generan estas variables son ampliamente conocidas en el ámbito forestal. La figura 7 ilustra la relación existente entre las variables antes mencionadas. Para poder relacionarlas es necesaria la información dasométrica a obtener de los individuos a analizar.

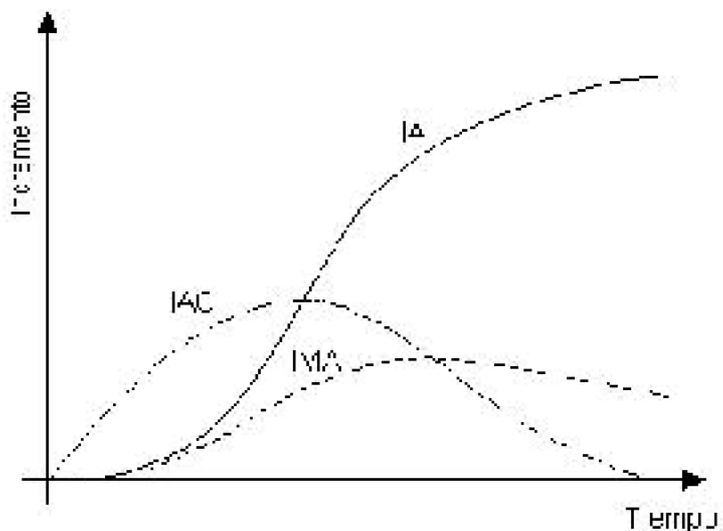


FIGURA 7. Relación entre las variables de incremento



## 3. DISEÑO DE INVESTIGACION

### 3.1 Areas de estudio

Para el siguiente estudio fueron seleccionados cinco lugares ubicados dentro de la Provincia de Valdivia, todos los cuales tienen plantaciones mixtas de especies nativas incluyendo Laurel y Ulmo entre ellas. Estas áreas son Arboretum Universidad Austral de Chile (UACH) [A], Predio las Palmas [B], Predio Chucaypulli [C], Predio Licán [D] y Predio Riñihue [E] (figura 8). Un breve resumen de los principales antecedentes de estas áreas se aprecia en el cuadro 1.

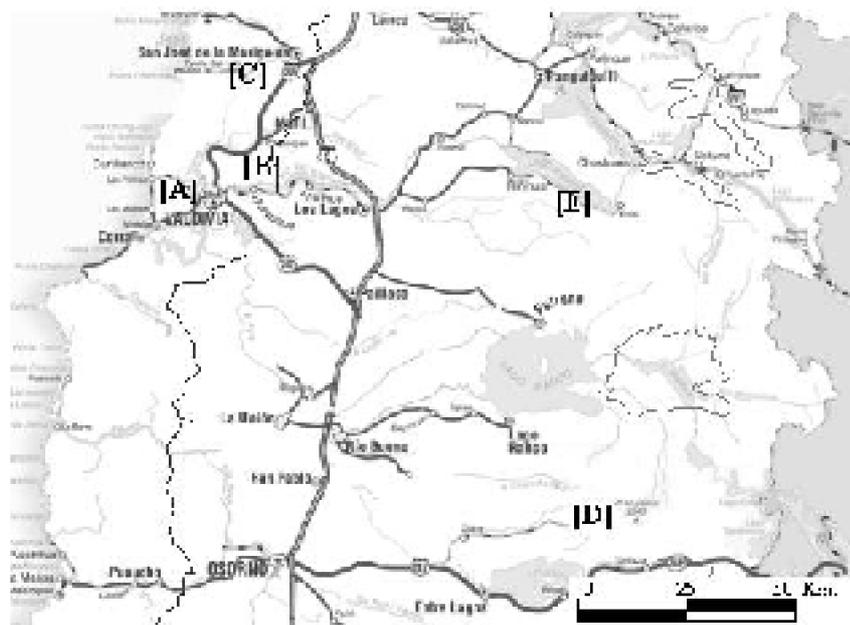


FIGURA 8. Ubicación de las áreas de estudio

CUADRO 1. Antecedentes de las áreas de estudio

Area	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo de planta	Espaciamiento (m)	Serie de suelo
Arboretum	50	1/1	2 x 2	Asoc. Tres Cruces
Las Palmas	100	1/1	2 x 2	Los Ulmos
Chucaypulli	100	1/1	2 x 2	Pelchuquín
Riñihue	130	s/i	2 x 2	Liquiñe
Licán	700	1/1	2 x 2	Liquiñe

### 3.1.1 Arboretum Universidad Austral de Chile, Valdivia

Ubicado en la Isla Teja en la ciudad de Valdivia, pertenece a la Facultad de Ciencias Forestales de la UACH. Aproximadamente a 50 m.s.n.m. se encuentran dos plantaciones de Laurel bajo un dosel ralo de Roble (*Nothofagus obliqua*) y sobre suelo rojo arcilloso perteneciente a la asociación de series Tres Cruces. Esta asociación está formada a partir de rocas metamórficas y cenizas volcánicas antiguas con profundidad variable (en este caso, profundo) y buen drenaje (CIREN, 1999). Las edades de estas plantaciones corresponden a 15 y 20 años y su espaciamento es 2 x 2 m. La situación del sitio es en general buena y ha favorecido notablemente el crecimiento de Laurel (figura 9).

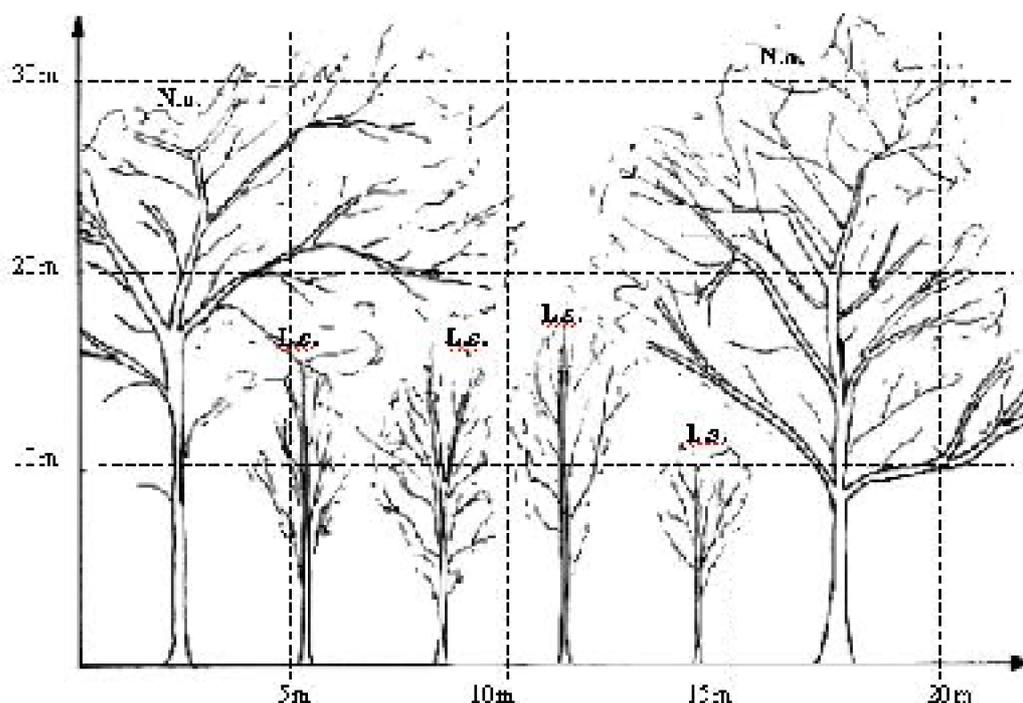


FIGURA 9. Perfil vertical de la situación en Arbolito UACH

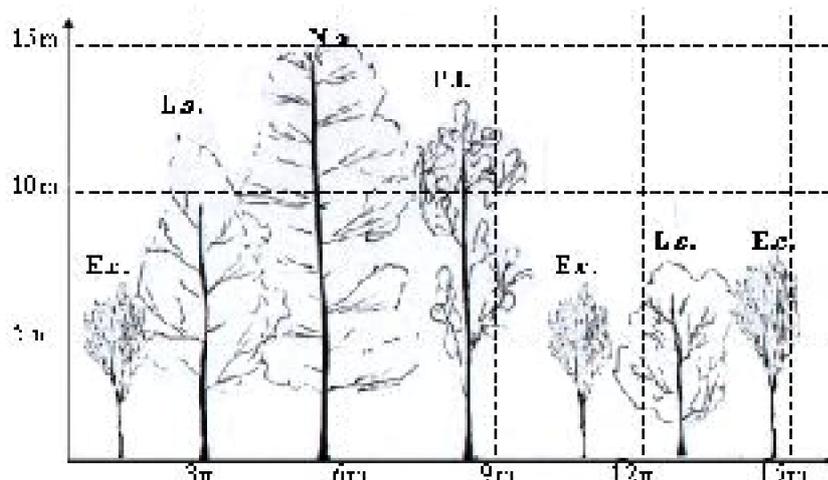
N.o. = *Nothofagus obliqua*, L.s. = *Laurelia sempervirens*

La plantación de Laurel parece estar en una buena condición de sitio y el dosel ralo de Roble no ha entorpecido el crecimiento sino que lo ha favorecido, produciendo en los individuos de Laurel una copa pequeña y alargada con fustes rectos sin bifurcaciones.

### 3.1.2 Predio Las Palmas, Valdivia

Ubicado a 25 km. de Valdivia por la salida norte de esta ciudad, el predio "Las Palmas" pertenece a la empresa CEFOR-UACH y constituye un centro de investigación de la Facultad de Ciencias Forestales de la UACH. Allí, a 100 m.s.n.m., se encuentra una plantación de Ulmo, Raulí, Lingue, Laurel del año 1983 con plantas de vivero del tipo 1/1, plantadas a campo abierto. Los Ulmos y Laureles que allí se encuentran corresponden a un replante realizado el año 1991, colocándose las plantas entre las hileras de Raulí (figura 10). El suelo de la plantación corresponde a la serie Los Ulmos, caracterizada por suelos profundos, rojo arcillosos originados a partir de cenizas volcánicas antiguas sobre el complejo metamórfico de la costa. En general corresponden a suelos bien drenados de textura arcillosa a franco arcillosa (CIREN, 1999).

La plantación se encuentra en un general mal estado para las especies Laurel y Ulmo. Raulíes y Lingues son las especies que registran mayores crecimientos, ocupando el estrato dominante (figura 10).



L.S. = *Laurelia sempervirens*, E.L. = *Eucryphia cordifolia*, Y.L. = *Yucca laetifolia*, P.L. = *Passiflora ligularis*

FIGURA 10. Perfil vertical del predio Las Palmas

### 3.1.3 Predio Chucaypulli, San José de la Mariquina

A 10 km de San José de la Mariquina hacia el sudoeste y a aproximadamente a 100 m.s.n.m., se encuentra el predio Chucaypulli, el cual cuenta con una plantación mixta coetánea de Roble - Raulí - Coigüe - Avellano - Laurel - Ulmo a un distanciamiento de 2 x 2 m, establecida el año 1991 sobre un suelo de la serie Pelchuquín, caracterizada por ser suelos profundos de cenizas volcánicas sobre una toba cementada con óxidos de hierro y manganeso, de textura franco limosa y buen drenaje (CIREN, 1999). Los individuos más favorecidos son Coigüe y Raulí, mientras que Laurel ha quedado sumergido bajo las copas de las demás especies. Ulmo en tanto, ha quedado en una posición intermedia a codominante (figura 11).

Los individuos de Laurel se encontraron en una situación suprimida y se registró una alta mortalidad. Los Ulmos, en tanto, pudieron adaptarse mejor a las condiciones del sitio, ocupando el estrato intermedio. La observación de la especie Calle Calle (*Libertia elegans*), indicadora de suelos húmedos con mal drenaje, proporciona una idea de porqué el Laurel crece tan suprimido, a diferencia del Ulmo que es más tolerante a esta situación. El cierre de copas por parte de los *Nothofagus* ha afectado considerablemente a la expansión de las copas de Laurel. El Ulmo, en cambio, ha adoptado otra estrategia manteniendo copas pequeñas con algunas ramas que reciben luz directa.

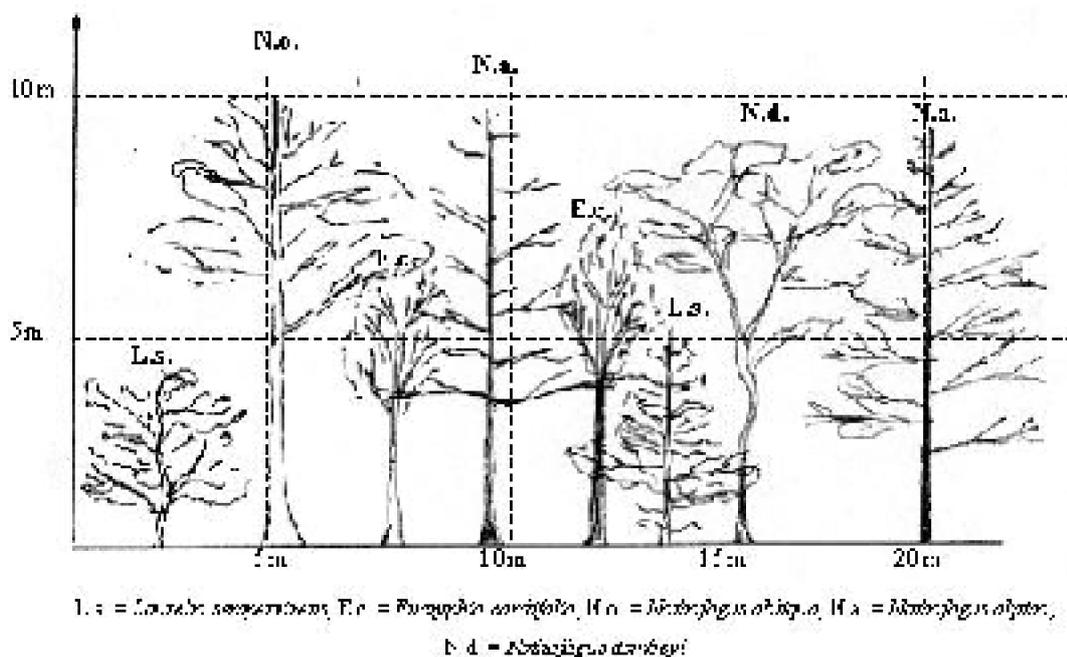


FIGURA 11. Perfil vertical predio Chucaypulli

#### 3.1.4 Predio Riñihue, Panguipulli

A 7 km al este de la localidad de Riñihue, en la ribera del lago del mismo nombre, se encuentra el predio Riñihue, en el cual, se instaló el año 1981 una plantación mixta de Roble - Raulí - Ulmo a un distanciamiento de 2 x 2 metros. Esta plantación contiene un sector raleado y otro sin intervenciones. La plantación se encuentra sobre suelo de la serie Liquiñe, descrito como profundo derivado de cenizas volcánicas de textura franco arenosa con pómez meteorizada y excesivo drenaje (CIREN, 1999). En ambos sectores el Ulmo se encuentra bastante suprimido por las demás especies, registrando bajos incrementos y alta mortalidad (figura 12).

La situación ha sido levemente favorable para Ulmo. Aunque en años anteriores se registró que Ulmo ocupaba el dosel codominante (Barría, 1996), Robles y Raulíes han aprovechado mejor las condiciones del sitio dejando a Ulmo actualmente en una situación suprimida. La caída de algunos individuos de Roble y Raulí han provocado mortalidad en Ulmo, notándose en los fustes quebrados a media altura. Aún así hay posibilidad para algunos Ulmos de alcanzar el dosel superior, puesto que el cierre de copas en el sector raleado aún no ocurre.

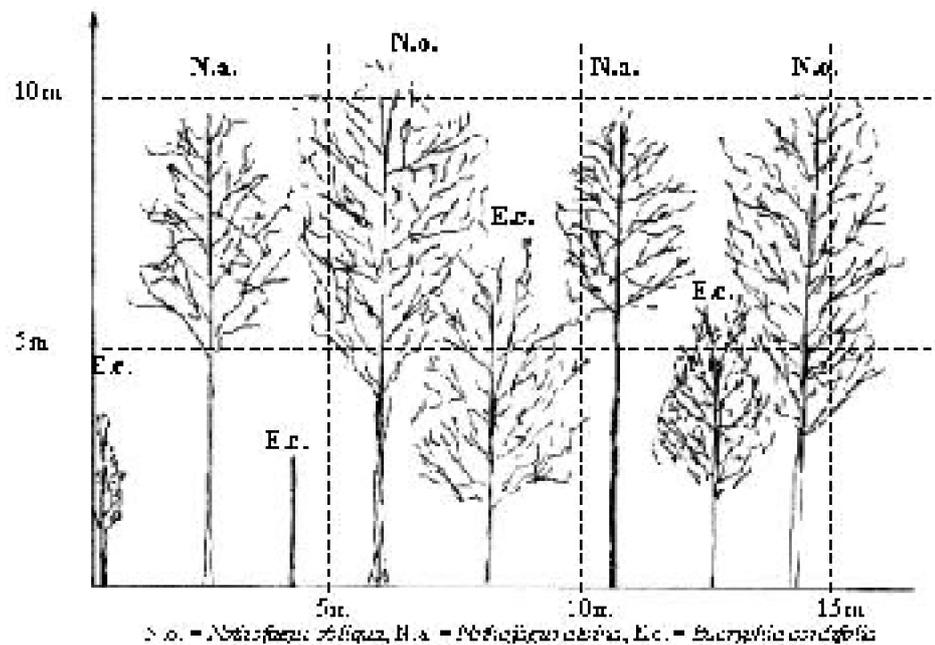
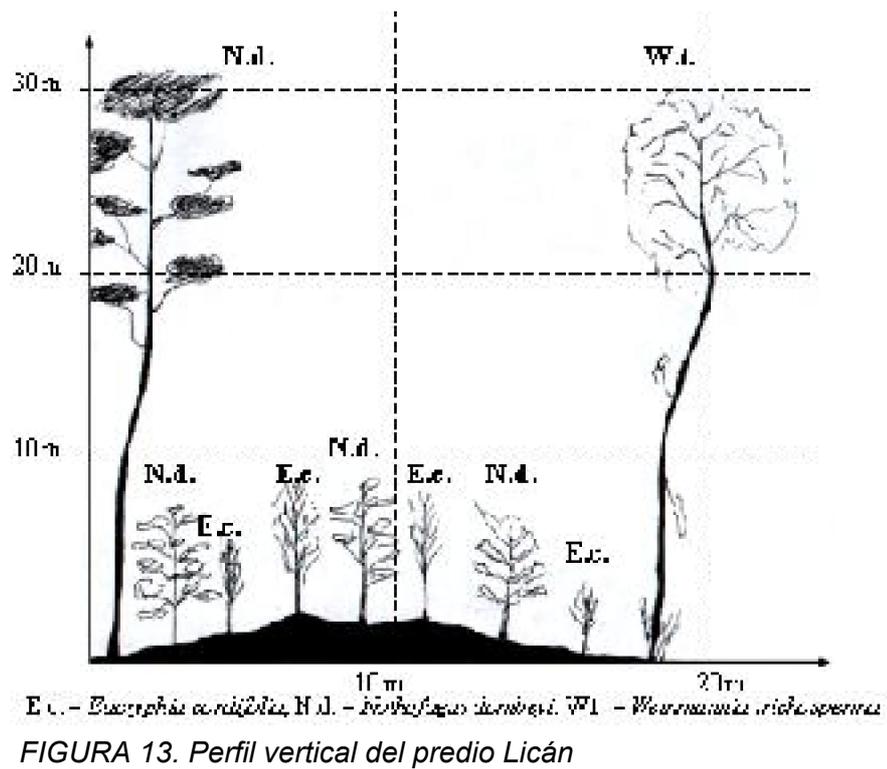


FIGURA 12. Perfil vertical del predio Riñihue

### 3.1.5 Predio Licán, Lago Ranco

Ubicado a 50 km al noreste de Entrelagos, en la cordillera de Los Andes y a una altitud promedio de 700 m.s.n.m. se encuentra el predio Licán, de propiedad de la empresa COMACO S.A. Allí se encuentra una plantación mixta de Ulmo - Coigüe a un distanciamiento de 2 x 2 metros. El suelo del lugar es derivado de ceniza volcánica muy profunda perteneciente a la serie Liquiñe, cuya textura es franco arenosa con pómez meteorizada y excesivo drenaje (CIREN, 1999). En las primeras evaluaciones, esta plantación ha sido considerada muy buena por la alta sobrevivencia y crecimiento de los individuos, registrándose el incremento promedio en altura que alcanza 51 cm.

Las plantaciones de Ulmo - Coigüe se concentran en grandes claros, producto de una intensa corta de protección. Como ilustra la figura 13, los Coigües crecen levemente más que los Ulmos. Al no existir un traslape de copas, en esta situación el índice de competencia de copas es para todos los individuos nulo.



## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Metodología de terreno

Se midieron 20 individuos de Ulmo y/o 20 de Laurel para cada situación, considerándose las variables D.A.P, altura total, posición sociológica, distancia a los competidores más cercanos, diámetro de los competidores más cercanos, posición sociológica, azimut y altura de los competidores (figura 14).

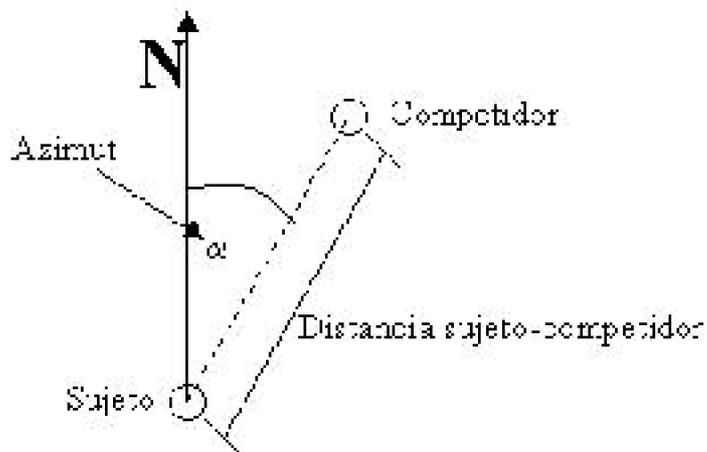


FIGURA 14. Esquema de medición de los datos tomados

Para la elección de los competidores se seleccionaron sólo aquellos individuos de posición sociológica igual o superior a la del árbol sujeto. Para efecto de medir la situación de luminosidad en la que se encontraron los individuos, se utilizó la clasificación sociológica de Synnott (1979), la cual permite una mejor comprensión de la cantidad de luz que reciben los individuos.

Para efectos de determinar la competencia de copas, se utilizó el índice de competencia de Stabler, descrito en el punto 2.2.3 de este trabajo. Para su cálculo se midió el ancho de la copa del sujeto en dirección a cada competidor (variable que se denominó SC) y el ancho de copa de cada competidor en dirección al sujeto (variable denominada CS). Estas dos variables permitieron establecer el ancho radial del traslape de copas indicado en negrita en la figura 15.

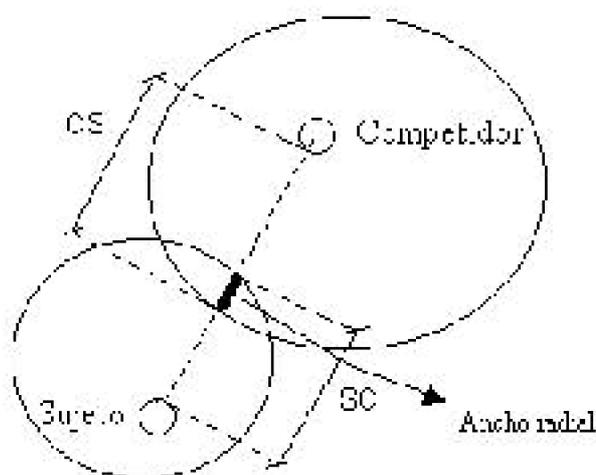


FIGURA 15. Diagramación de las variables SC y CS

Estos datos no fueron considerados en el caso de la plantación de Ulmo - Coigüe del predio Licán, puesto que en este caso no hay competencia de copas dada la corta edad de las plantas.

En el caso de Laurel de Arboretum, no pudo medirse directamente el traslape de las copas por encontrarse los individuos volteados. Por lo tanto, se diseñó una curva de relación D.A.P - RADIO DE COPA (RC), pudiéndose de esta forma reconstruir el escenario previo al volteo. Las funciones utilizadas para obtener la mejor regresión fueron:

$$D.A.P = b_0 + b_1 RC \quad [6]$$

$$D.A.P = b_0 + b_1 RC + b_2 RC^2 \quad [7]$$

$$D.A.P = b_0 + b_2 \ln(RC) \quad [8]$$

De las funciones 6,7 y 8 se eligió, tanto para Laurel como para Roble, la función 7

dado su mayor valor de  $R^2$ . Las expresiones correspondientes se pueden visualizar en el cuadro 2.

**CUADRO 2. Funciones de regresión diámetro-radio de copa en Arboretum**

Para Laurel	Para Roble
$RC = 10.10 - 2.42DAP + 0.19DAP^2 - 0.01DAP^3$	$RC = -0.42 + 0.07DAP$
$R^2 = 0.71$	$R^2 = 0.86$
Valor p = 0.046	Valor p = 0.022

Donde: RC = Radio de copa, DAP = Diámetro altura al pecho

También se extrajeron tarugos de incremento a 1,3 metros de altura de cada individuo de Laurel y Ulmo seleccionado en las plantaciones de mayor edad, esto es en las situaciones Riñihue y Arboretum. Los tarugos de incremento fueron puestos en tablillas y debidamente codificados para su lijado y observación bajo lupa en laboratorio. Este proceso de montaje siguió con los estándares propuestos por Stokes y Smiley (1968).

### 3.2.2 Análisis de resultados

Para el análisis de la información se procedió a realizar dos cálculos. En primer lugar, el cálculo del área potencialmente aprovechable (APA) corregido (Moore et. al, 1973. Véase figura 4). Con los datos de distancia sujeto-competidor y azimuth se pudo establecer las ubicaciones de los individuos en un eje de coordenadas cartesianas usando planilla de cálculo MSEXcel<sup>®</sup>. Luego, las coordenadas fueron insertadas en una planilla de diseño gráfico del software AutoCAD<sup>®</sup>. Ubicados los puntos en esta planilla se pudo diseñar los límites del APA de cada individuo, para que el software calcule el área del polígono. El APA, expresado en m<sup>2</sup>, está en directa relación con el área basal de los individuos seleccionados.

En cuanto al índice de competencia de Stabler, este se obtuvo a través de cálculos directos en planilla MS Excel<sup>®</sup> al comparar las variables distancia sujeto - competidor, SC y CS mediante la siguiente relación:

$$CC = \sum_{i=1}^n (CS_i + SC_i) \quad [9]$$

Donde: CC = Competencia de copas

n = número de competidores cuyas copas traslapan con el sujeto

Dist = Distancia entre sujeto y competidor

CS = Radio de copa del competidor en dirección al sujeto

SC = Radio de copa del sujeto en dirección al competidor

La competencia de copas se expresa en metros lineales de traslape de copas. Esto quiere decir que si algún individuo tiene un CC=3, por ejemplo, tiene 3 metros lineales traslapados en dirección a sus competidores directos.

Existe la posibilidad de que individuos de copa pequeña presenten alto valor de traslape de copas, es decir, tienen gran parte de su copa cubierta. Existe también la posibilidad de que individuos de copas más grandes que los anteriores tengan el mismo valor de traslape de copas, por lo tanto tienen, proporcional al tamaño de sus copas, una mayor área descubierta. Para descartar este posible error se calculó una competencia de copas relativa, expresada en porcentaje. Esta variable expresa la cantidad lineal de copa bajo dosel en relación al tamaño de su copa. Mediante la siguiente expresión es posible obtener dicho porcentaje:

$$CCR\% = \frac{CC}{\sum_{i=1}^n SC_i} \times 100 \quad [10]$$

Donde: CCR% = Competencia de copas relativa (en porcentaje)

CC = Competencia de copas

n = número de competidores cuyas copas traslapan con el sujeto

SC = Radio de copa del sujeto en dirección al competidor

Una vez obtenidos APA y CC se procedió a establecer posibles relaciones con las variables de crecimiento IMA (Incremento medio anual en diámetro) y IMAAL (Incremento medio anual en altura). Para esto se utilizaron modelos de regresión que representan varias tendencias posibles. Las variables dependientes a utilizar<sup>®</sup> fueron seleccionadas de acuerdo a su valor p arrojado por el paquete estadístico Systat<sup>®</sup>. Las funciones a evaluar fueron:

Lineal:  $y = b_0 + b_1 x$  [11]

Polinomial de 2<sup>o</sup> orden:  $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$  [12]

Polinomial de 3<sup>o</sup> orden:  $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3$  [13]

Logarítmico:  $y = b_0 + b_2 \ln(x)$  [14]

Exponencial:  $y = b_0 e^{b_1 x}$  [15]

Potencial:  $y = b_0 x^{b_1}$  [16]

Para la selección del mejor modelo se siguieron las recomendaciones de CAO *et al.* (1980) que seleccionan la mejor función ponderando como variable más importante el mayor R<sup>2</sup>, luego el menor Error Estándar y finalmente el mayor valor de F tabulado. El estadístico coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, que indica el grado en que una o varias variables pueden explicar el comportamiento de otra, se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$R^2 = \frac{\sum(Y_i - Y_m)^2}{\sum(Y_i - Y_e)^2} \quad [17]$$

Donde:  $R^2$  = Coeficiente de determinación

i = Valor Observado

e = Valor Estimado

m = Valor Medio

Para medir la significancia de los modelos de ajuste se utilizó el valor p, el cual determina la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, siendo esta correcta, lo cual se conoce como Error Tipo 1. Por esta razón se rechazarán los modelos que presenten un valor p mayor a 0,05 es decir, 5%.

Junto con lo anterior se procedió, para todas las relaciones, a analizar gráficamente la nube de puntos de los valores residuales vs. los valores estimados. También se utilizó el Error Medio Cuadrático (EMC) como valor de referencia a fin de poder detectar anomalías en las relaciones estudiadas.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Resultados generales

Para obtener una primera aproximación a los valores de las variables descritas anteriormente se calcularon las medias de las variables de mayor interés, las cuales se muestran en el cuadro 3.

**CUADRO 3. Medidas de las variables de interés para Ulmo y Laurel**

**Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas**

Area de estudio	Riñihue Ulmo	Chucayp.	Omoayp. Laurel	Arboretum Laurel	Licán	Las Palmas Ulmo	Las Palmas Laurel
<b>Número</b>	20	20	20	13	20	20	20
<b>Edad (años)</b>	22	9	9	20	4	12	12
<b>DAP (cm)</b>	14.40	5.68	4.36	11.96	2.85	1.68	2.78
<b>Altura (m)</b>	11.48	5.60	4.42	12.54	3.50	3.35	4.10
<b>IMAAL (m/año)</b>	0.52	0.62	0.49	0.63	0.88	0.28	0.34
<b>IMA (cm/año)</b>	0.65	0.60	0.50	0.61	0.71	0.14	0.23
<b>CC (m)</b>	3.99	2.27	2.62	2.52	0.00	1.18	1.31
<b>APA (m<sup>2</sup>)</b>	5.29	3.66	5.39	2.45	3.00	0.013	0.026
<b>RC (m)</b>	1.68	0.87	0.96	2.07	-	0.43	0.59
<b>CV% IMA</b>	21.80	23.10	42.70	30.50	38.40	36.50	75.80
<b>CV% IMAAL</b>	24.00	20.30	36.70	16.20	26.90	31.30	59.10
<b>CV% CC</b>	69.90	38.90	49.00	54.00	0.00	59.10	74.50
<b>CV% APA</b>	50.50	60.90	59.30	174.60	81.90	121.90	131.00

Donde: DAP = Diámetro a 1,3m (cm)

IMAAL = Incremento medio anual en altura (m)

IMA = Incremento medio anual en diámetro (cm)

CC = Competencia o traslape de copas (m)

APA = Area potencialmente aprovechable (m<sup>2</sup>)

RC = Radio medio de copa (m)

CV% = Coeficiente de variación (porcentual)

Como puede observarse, los incrementos son bastante homogéneos en las áreas de estudio a excepción de Las Palmas - Ulmo. Los mayores incrementos se encuentran en la plantación de Ulmo en Licán. Estos crecimientos excepcionalmente buenos se deben a la buena condición de sitio en la que se encuentran y a la buena calidad de la planta utilizada (plantas vigorosas, sanas y monopódicas). Los bajos valores de APA en el predio Las Palmas, se deben a que los Laureles y Ulmos fueron plantados cuando la plantación de Raulí tenía 8 años de edad. Esto provocó la baja tasa de crecimiento de los individuos en estudio.

La variabilidad de los rodales estudiados también juega un papel importante en el análisis de las situaciones. El cuadro 3 resume las varianzas y coeficientes de variación porcentuales para poder comparar la variabilidad de los lugares estudiados.

Una de las situaciones de mayor variabilidad descritas es el Laurel del Predio Las Palmas. Esto se debe a la presencia de dos tipos de suelos en el área de estudio. El primer tipo tiene buen drenaje, no presenta compactación y permitió el normal desarrollo de las plantas. El otro tipo de suelo se encontró compactado por faenas de cosecha anteriores y produjo una alta mortalidad de los individuos plantados, dejando al resto de las plantas en pequeños grupos de 3 o 4 individuos.

---

La alta variabilidad del APA en el Laurel del Arboretum UACH se debe a la presencia de dos individuos que se encontraron prácticamente sin competencia directa a su alrededor lo cual desvió el cálculo del APA a áreas más grandes que las realmente aprovechables por dichos árboles.

## 4.2 Relaciones generales

Las funciones 10 a 15 descritas en el punto 3.2.2 fueron probadas para encontrar posibles relaciones entre las variables de crecimiento, (IMA y IMAAL) y las variables de competencia (CC y APA) a fin de describir como las segundas explican el comportamiento de las primeras.

El cuadro 4 describe en forma general las relaciones existentes entre estas variables, considerando siempre las funciones que lograron un mayor coeficiente de determinación. Para el caso de la plantación de Ulmo en el predio Licán, no se asignó una función para las variables relacionadas con la competencia de copas, puesto que esta no existió, debido a la corta edad de la plantación.

Como podrá observarse, la función que en general resultó ser la que mejor explicó las relaciones existentes, fue la función polinomial de segundo orden, seguida de la función polinomial de tercer orden.

La primera observación al cuadro 4 hace notar claramente que los rodales del Arboretum (Laurel) y de Riñihue (Ulmo) son los que presentan mayores relaciones en IMA e IMAAL. Al mismo tiempo coincide que ambos rodales tienen una edad de 20 y 22 años respectivamente, es decir, son las plantaciones más antiguas estudiadas. En estos dos casos el incremento se relaciona directamente al APA siendo el traslape de copas una variable de poca influencia. Por el contrario, en las plantaciones de menor edad (a excepción de Las Palmas - Ulmo) el incremento se ve más influenciado por la variable CC.

### CUADRO 4. Relaciones entre variables de crecimiento y variables de competencia

**Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas**

Lugar	Especie	Mejor función	R <sup>2</sup>	Valor p
Arboretum	Laurel	$DMA = -0.0097dPA^2 - 0.1137dPA + 0.4438$	<b>0.97</b>	<b>0.0001</b>
		$DMA = -0.037800d^2 + 0.232500d + 0.32$	0.21	0.3190
		$DMA_{A.L} = 0.8282dPA^{(0.66)}$	<b>0.59</b>	<b>0.0020</b>
		$TMG_{A.L} = 0.148000d^2 - 0.440000d + 0.401500d + 0.3733$	0.29	0.3460
		$TMG = -0.0703dPA^2 - 0.0108dPA + 0.4152$	0.05	0.5870
Chucaypulli	Laurel	$TMG = -0.030300d^2 - 0.197000d + 0.4677$	<b>0.17</b>	<b>0.0080</b>
		$TMG_{A.L} = -0.1002dPA^2 + 0.1187dPA^2 - 0.1042dPA + 0.8300$	0.05	0.8370
		$TMG_{A.L} = 0.167000d^2 - 0.200000d + 0.3700d + 0.2588$	<b>0.19</b>	<b>0.0210</b>
Las Palmas	Laurel	$TMG = -0.1517dPA^{(0.77)}$	0.07	0.2740
		$TMG = -0.229dPA^{(0.66)}$	<b>0.19</b>	<b>0.0520</b>
		$TMG_{A.L} = -0.1370d(5dPA) + 0.1717$	0.08	0.2340
		$TMG_{A.L} = 0.182400d^2 - 0.405300d + 0.584700d + 0.1294$	0.35	0.0620
Licán	Ulmo	$DMA = -0.1117dPA^2 - 0.1114dPA + 0.111525$	<b>0.73</b>	<b>0.0001</b>
		$DMA = -0.111400d^2 + 0.111500d + 0.111524$	0.18	0.1900
		$DMA_{A.L} = -0.1027dPA^2 + 0.1615dPA + 0.2875$	<b>0.49</b>	<b>0.0030</b>
		$DMA_{A.L} = 0.1365dPA^{(0.66)} + 0.4332$	0.09	0.1810
Chucaypulli	Ulmo	$DMA = 0.0034dPA^3 - 0.0410dPA^2 - 0.1767dPA + 0.4230$	0.06	0.7240
		$DMA = 0.076900d^3 - 0.242500d^2 + 0.9547$	0.33	0.1060
		$DMA_{A.L} = 0.1024dPA^2 - 0.1292dPA + 0.6852$	0.02	0.9600
		$DMA_{A.L} = 0.146100d^3 - 0.320700d^2 + 0.129400d + 0.1422$	0.12	0.5680
Las Palmas	Ulmo	$DMA = 0.0732dPA^2 + 0.2817$	<b>0.64</b>	<b>0.0001</b>
		$DMA = 0.021500d^3 - 0.370300d^2 + 0.881000d + 0.1277$	0.04	0.7790
		$DMA_{A.L} = 0.0051dPA^{(0.67)}$	<b>0.56</b>	<b>0.0001</b>
		$DMA_{A.L} = 0.175000d^3 - 0.050400d^2 + 0.109500d + 0.3026$	0.14	0.6010
Licán	Ulmo	$DMA = 0.0179dPA^2 - 0.141dPA + 0.3553$	0.08	0.4300
		n. Ley completaria de copa	-	-
		$DMA_{A.L} = 0.1226dPA^2 + 0.1855dPA + 0.6512$	0.19	0.1620
		n. Ley completaria de copa	-	-

N = 20 en todos los casos excepto Arboretum (N = 13)

Dado el alto valor p registrado, la mayoría de las funciones deben ser descartadas por su alta variabilidad. A fin de saber si esta variabilidad está ligada a subpoblaciones pertenecientes a una determinada posición sociológica, algunos rodales estudiados permitieron hacer una división según la posición de los individuos. Se evaluaron dos grupos siendo estos: (1) Individuos de posiciones sociológicas E, S e I (reciben luz directa) y (2) Individuos de posición sociológica RS y RI (que no reciben luz directa). No se consideraron para esta separación los rodales Arboretum - Laurel y Licán - Ulmo puesto que todos los árboles estudiados corresponden al mismo grupo (2 y 1, respectivamente), por lo que los resultados coinciden con los del cuadro 4.

Como puede apreciarse en los cuadros 5 y 6, solamente los Ulmos de Chucaypulli pudieron ser divididos en dos grupos claros, mientras que en las demás áreas de estudio, la mayoría de los individuos pertenece al grupo (2).

CUADRO 5. Relación de las variables en estudio para posiciones sociológicas E,S e I

Lugar	Especie	N	Mejor función	R <sup>2</sup>	Valor p
Chucaypulli	Ulmo	9	$IMA = -0.0232APA^2 - 0.2495AFA + 0.1721$	0.30	0.3410
			$IMA = 0.1630CC^2 - 0.2627CC + 0.2046$	0.09	0.7320
			$IMAAL = 0.0011APA^2 - 0.0071AFA + 0.7733$	0.02	0.9510
			$IMAAL = -0.0522CC^2 + 0.2703CC + 0.3424$	0.17	0.5670

CUADRO 6. Relación de las variables en estudio para posiciones sociológicas RS y RI

Lugar	Especie	N	Mejor función	R <sup>2</sup>	Valor p
Las Palmas	Ulmo	16	$IMA = 27.5145APA^2 - 9.7240AFA + 0.2353$	0.13	0.2040
			$IMA = 0.1153A^2 + 0.33750F$	0.14	0.1490
			$IMAAL = 48.3621APA^2 - 3.7273AFA + 0.2702$	0.14	0.3750
			$IMAAL = 0.0428CC^2 - 0.0735CC + 0.3004$	0.15	0.2530
Riñihue	Ulmo	17	$IMA = 0.0039APA^2 + 0.0779AFA + 0.2636$	0.75	0.0001
			$IMA = -0.0038CC^2 + 0.0464CC + 0.5242$	0.17	0.2750
			$IMAAL = 0.3298^2 CC^2$	0.43	0.0030
Chucaypulli	Ulmo	14	$IMAAL = -0.0047CC^2 + 0.0730CC - 0.3121$	0.30	0.0730
			$IMA = 0.0028APA^2 - 0.0466AFA + 0.5107$	0.23	0.2570
			$IMA = 0.0172CC^2 - 0.1394CC^2 - 0.3374CC + 0.1634$	0.55	0.0250
			$IMAAL = 0.0125APA^2 - 0.1016AFA + 0.6195$	0.35	0.0620
Chucaypulli	Ulmo	11	$IMAAL = 0.0223CC^2 - 0.1897CC + 0.4674CC + 0.1996$	0.54	0.0130
			$IMA = 0.6737AFA^2 + 0.05$	0.06	0.7670
			$IMA = 0.0583CC^2 - 0.4016CC + 0.0009$	0.73	0.2070
			$IMAAL = 0.0111APA^2 - 0.0153AFA - 0.1111$	0.06	0.7570
			$IMAAL = 0.0523CC^2 - 0.2542CC + 0.3777$	0.13	0.5230

Los comportamientos de los ulmos de Chucaypulli y de los laureles de Las Palmas no muestran grandes variaciones si se separan según su posición sociológica. Para los ulmos de Riñihue se observa una mayor relación de IMA e IMAAL con la variable CC y para el Laurel de Chucaypulli se obtuvo una notable mejoría en la relación de las variables de crecimiento con la competencia de copas, al omitir aquellos individuos que reciben luz directa. Sin embargo, en este último caso, la relación IMA-CC, aumentó considerablemente la variabilidad de los datos notándose en el incremento del valor p de 0.008 a 0.025

La división en dos grupos no causó algún cambio en las tendencias anteriormente explicadas ya que el crecimiento de Ulmos en Riñihue sigue explicándose mejor con el

APA, en cambio en las plantaciones de menor edad, el crecimiento continua relacionándose mejor con la competencia de copas. Por el contrario, el valor p se vio aumentado en la mayoría de los casos. De esta forma, no hubo funciones antes descartadas que hubieran cambiado lo suficiente como para ser estadísticamente significativas.

En cuanto a la variabilidad de los individuos medidos, no se encuentra una relación coherente. Al parecer las plantaciones de mayor variabilidad en IMA (Licán - Ulmo, Chucaypulli - Laurel y Las Palmas - Laurel; cuadro 3) presentan bajas correlaciones entre las variables estudiadas. Sin embargo, esta tendencia no se repite para los coeficientes de variación de IMAAL, los cuales no presentan ninguna relación entre alta variabilidad y bajo  $R^2$ . Tampoco hay una relación entre alta variabilidad de IMA, IMAAL, APA y CC y bajo valor p obtenido en las funciones de ajuste.

## 4.3 Análisis gráfico

### 4.3.1 Relaciones entre competencia de copas y competencia de copas relativa

La relación entre estas dos variables se presentó muy alta, indicando que los individuos que tienen mayor traslape lineal de copas (ver figura 1) corresponden a aquellos árboles que tienen mayor radio de copas, es decir, árboles con copas más grandes suelen tener un mayor porcentaje de su copa traslapada.

Como muestra la figura 16, la relación en ambos casos es de tipo logarítmica con un valor  $R^2$  de 0.68 para Laurel y 0.84 para Ulmo con valores p de 0.0001 y 0.0002 respectivamente, demostrando una buena relación entre las variables. Esta situación es válida para todas las demás áreas estudiadas y sus gráficos pueden observarse en el anexo 3.

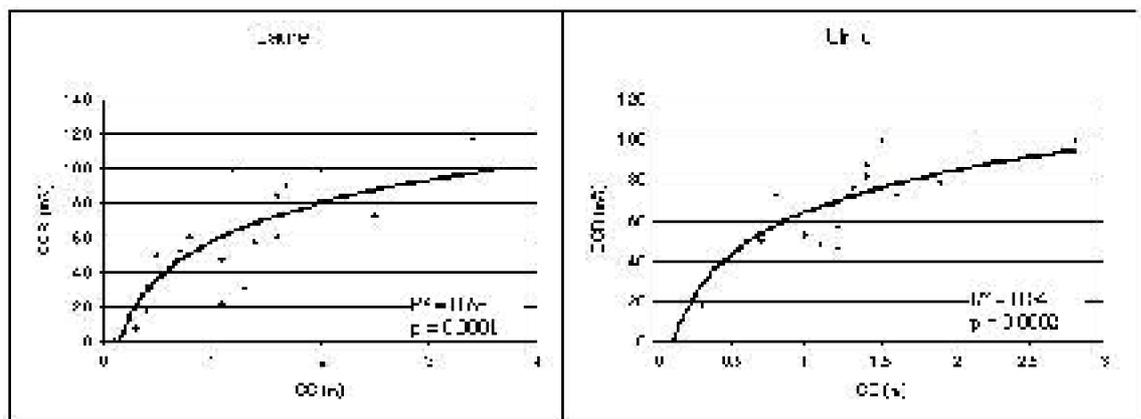


FIGURA 16. Relación CC - CCR para Ulmo y Laurel % para Laurel y Ulmo de Las Palmas

Como muestra el cuadro 7, la relación entre las variables CC y CCR% es muy alta. Es por eso que la utilización de cualquiera de estas dos variables arroja resultados semejantes.

CUADRO 7. Relación entre las variables CC y CCR%

Lugar	Especie	Mejor función	R <sup>2</sup>	Valor p
Arboretum	Laurel	CC = 14.213CCR - 1.5485	0.78	0.0010
Las Palmas	Laurel	CC = 31.523Ln(CCR) + 58.452	0.68	0.0001
Las Palmas	Ulmo	CC = 29.796Ln(CCR) + 64.38	0.84	0.0002
Riñihue	Ulmo	CC = 29.444Ln(CCR) + 21.501	0.85	0.0001
Chucaypulli	Laurel	CC = 30.88CCR <sup>0.75</sup>	0.79	0.0001
Chucaypulli	Ulmo	CC = 42.062Ln(CCR) + 33.622	0.72	0.0001

Utilizando la variable de competencia de copas relativa por si sola o en compañía de competencia de copas absoluta, las funciones antes descartadas continuaron siendo no significativas. Los modelos que presentan buenas relaciones de crecimiento y competencia de copas, disminuyeron su relación al incorporar la variable CCR%.

#### 4.3.2 Relaciones entre crecimiento y Area Potencialmente Aprovechable (APA)

Las relaciones presentadas en el cuadro 4 pueden ser descritas por medio de gráficos de nubes de puntos con líneas de tendencia, las cuales, representan las funciones empleadas. Para estas representaciones se eligieron las mejores relaciones dentro de las funciones significativas encontradas. Los demás gráficos de las funciones estadísticamente significativas se encuentran en el anexo 4.

Como puede observarse en la figura 17, la alta relación entre las variables IMA Y APA de Ulmos en el predio Riñihue es evidente. Pueden notarse dos individuos que salen de la curva catalogados de *outliers* (prueba hecha en software Systat<sup>®</sup>).

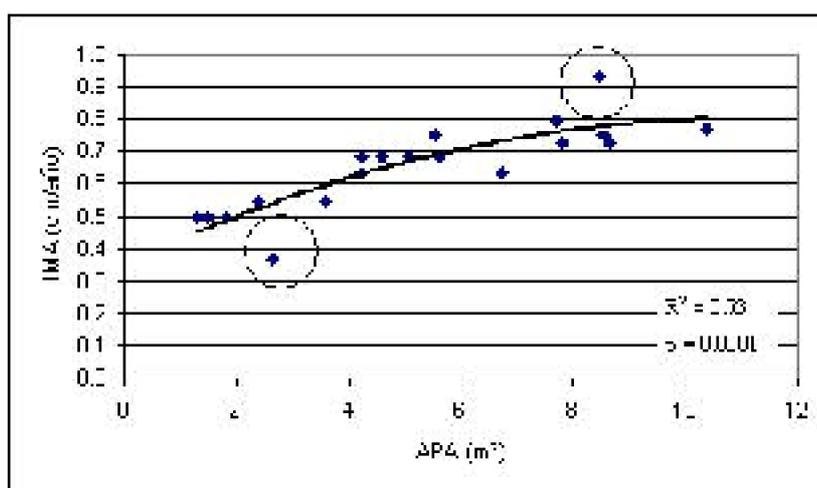


FIGURA 17. Relación IMA-APA para Riñihue - Ulmo

Al eliminar estos individuos el valor  $R^2$  aumenta de 0.73 a 0.86, es decir, mejora en un 13% la relación. Lo mismo podría pensarse en los Laureles del Arboretum, sin embargo, la figura 18 muestra que en este caso no se trata de tres individuos *outliers* sino de algunos individuos que escapan de la nube de puntos, pero que se mantienen dentro de una tendencia determinada.

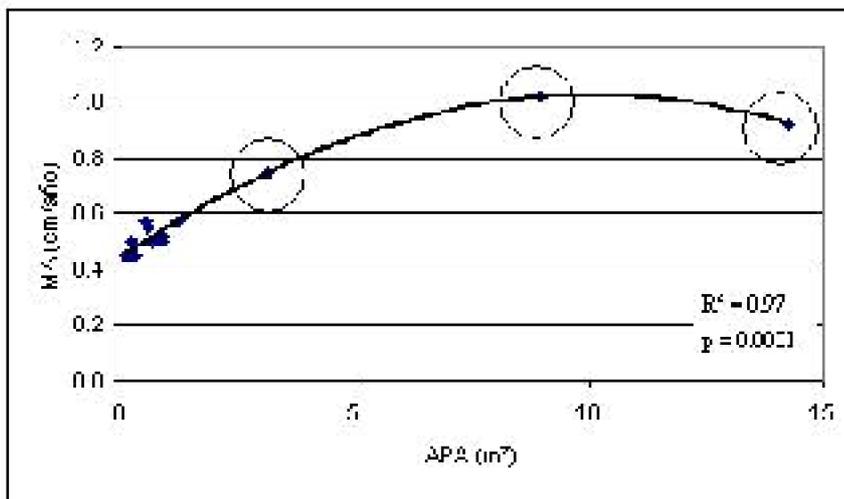


FIGURA 18. Relación IMA-APA para Arboretum - Laurel

En este caso se observa una tendencia lineal positiva hasta  $APA=4$ . Los dos puntos más alejados continúan dentro de una tendencia normal y los vacíos intermedios se deben a que estos dos individuos se encontraron en una situación de muy escasa competencia (de ahí el alto valor de APA).

Los Ulmos de Las Palmas también presentan una buena relación IMA-APA. Por lo que muestra la figura 19 se puede observar que al igual que en todos los casos la curva presenta una relación ascendente. Leves aumentos en la variable APA hasta  $APA = 0.01 \text{ m}^2$  implican un fuerte aumento relativo en el IMA.

Es probable que en los casos de las figuras 17, 18 y 19 haya una relación entre el hecho de estar casi completamente bajo dosel y la buena relación entre IMA o IMAAL y APA. Los individuos, al verse privados de luz directa (como son estos tres casos), comienzan a competir fuertemente por nutrientes y agua. Esta puede ser una explicación a la alta influencia que el APA tiene sobre el crecimiento de estos individuos.

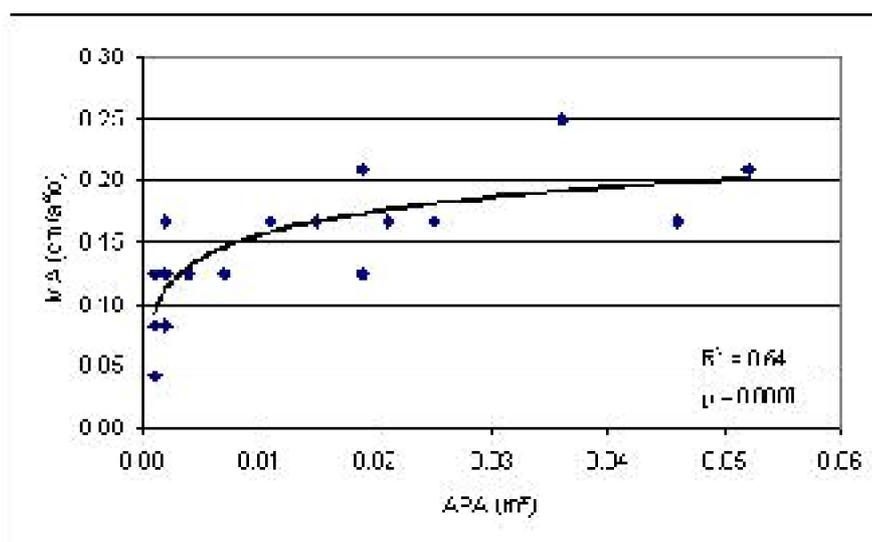


FIGURA 19. Relación IMA-APA para Ulmo - Las Palmas

#### 4.3.3 Relaciones entre crecimiento y Competencia de Copas (CC)

Para las plantaciones más jóvenes se cumple lo anteriormente mencionado. En general, las presentan una mejor relación de IMA o IMAAL con competencia de copas.

La figura 20 ilustra una situación engañosa. La relativamente buena relación entre las variables IMA y CC con un  $R^2$  de 0.47, está influenciada por el punto señalado. Este punto, llamado *punto de influencia*, determina la pendiente de la curva y, por lo tanto, la relación entre ambas variables.

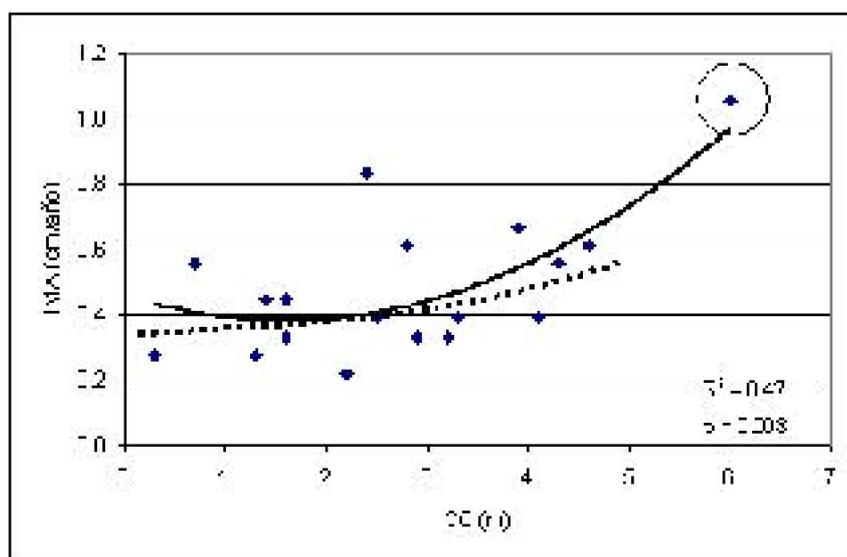


FIGURA 20. Relación IMA-CC para Chucaypulli - Laurel

Al eliminar dicho punto, el valor de  $R^2$  desciende a 0.12, es decir, un 35%. A su vez la línea de tendencia queda como la línea punteada, reflejando la poca relación entre ambas variables. Por su parte, el valor  $p$  aumenta a 0.4, lo cual hace que el modelo no sea significativo. Algo semejante ocurre con los árboles de Las Palmas - Laurel. Al

observar la función exponencial se pueden distinguir dos puntos *outlier* que empeoran la relación (figura 21). Al eliminarlos, el valor  $R^2$  aumenta de 0.19 a 0.33. También pueden observarse dos *puntos de influencia* que mejoran considerablemente la relación. Al quitar estos puntos, la curva se vuelve plana y el valor  $R^2$  desciende a 0.03, mientras el valor  $p$  asciende a 0.44, confirmando la alta influencia de estos puntos.

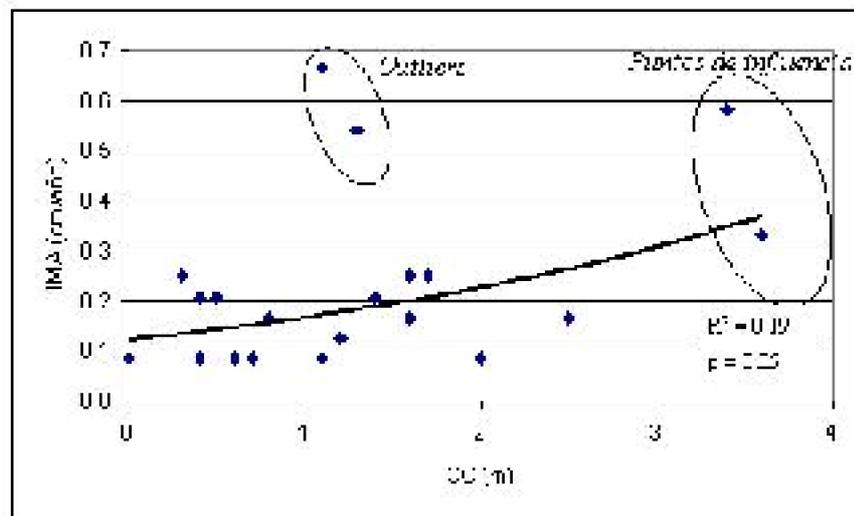


FIGURA 21. Relación IMA-CC para Las Palmas - Laurel

En todos los casos anteriormente mencionados, no existe una explicación acerca de los puntos llamados *outliers* o los *puntos de influencia*. Se trata en todos los casos de árboles en condiciones de sitio y competencia similares. Estos individuos tampoco pertenecen a una posición sociológica en especial, es por esto que no se ha podido determinar una verdadera razón para eliminar estos datos.

Otros casos especiales son los gráficos que ilustran relaciones bajas entre las variables estudiadas. Estos gráficos en su mayoría presentan curvas con forma de plato o con forma de plato invertido. Todos estos gráficos han sido descartados por el alto valor  $p$  que presentaron sus modelos.

#### 4.3.4 Relaciones no determinadas

Aunque las demás relaciones hayan sido descartados por la poca significancia mostrada, varias de ellas sugieren dos poblaciones y un quiebre en el momento en que la competencia de copas alcanza los 2 a 3 metros de traslape.

La figura 22 muestra una tendencia que se repite en varias de las curvas que incorporan la variable CC. El quiebre de la curva se produce a los 2.2 metros de traslape. Un quiebre similar, aunque menos notorio, se produce en la relación IMA-CC en Riñihue - Ulmo (figura 23). Aproximadamente en el punto 2.5 la curva se vuelve plana para luego ascender.

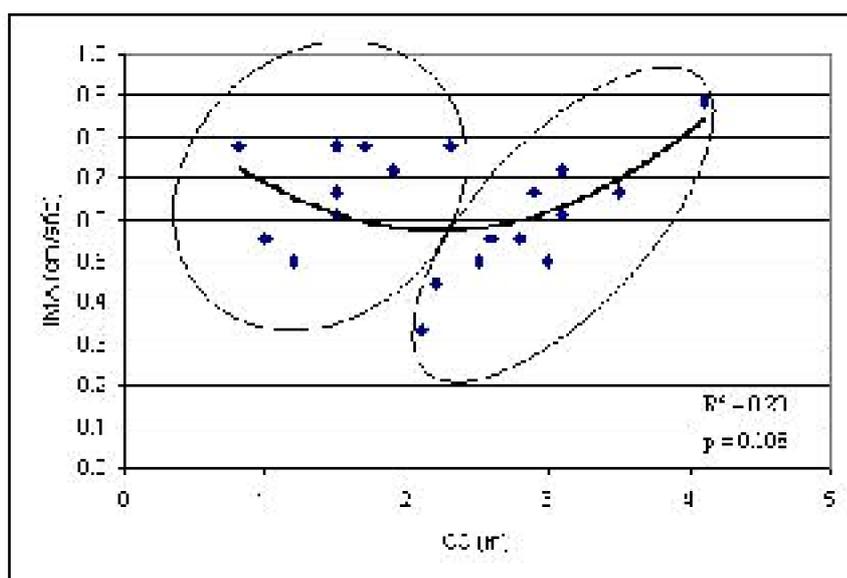


FIGURA 22. Relación IMA-CC para Chucaypulli - Ulmo

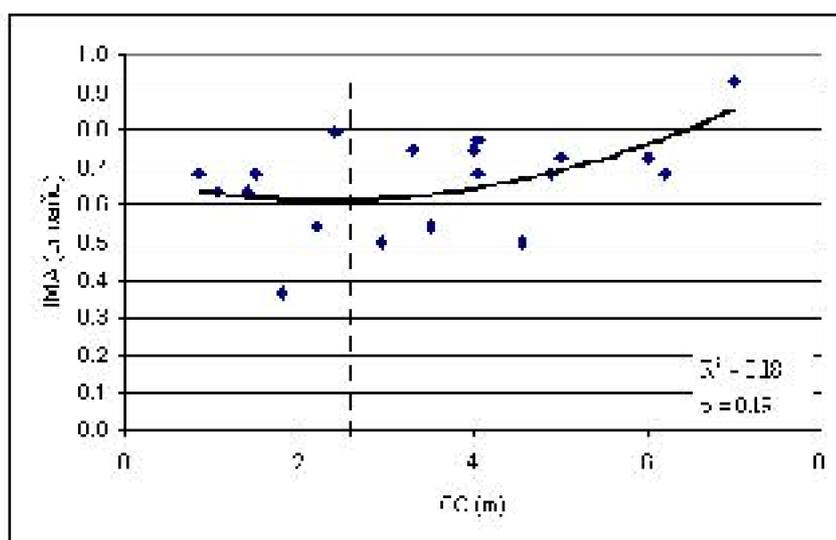


FIGURA 23. Relación IMA-CC para Riñihue - Ulmo

Este tipo de relaciones, aunque no significativas, sugieren que existe un punto en el que la competencia de copas facilita el crecimiento. Sin embargo, un análisis más detallado acerca de la relación entre radio de copa y competencia de copas, muestra otra explicación al respecto. La figura 24 muestra dicha relación para el caso visto en Chucaypulli - Ulmo. En un principio hay una curva plana (no hay relación) hasta el punto en que la competencia de copas alcanza los 2,2 m de traslape. Luego comienza una relación positiva entre ambas variables.

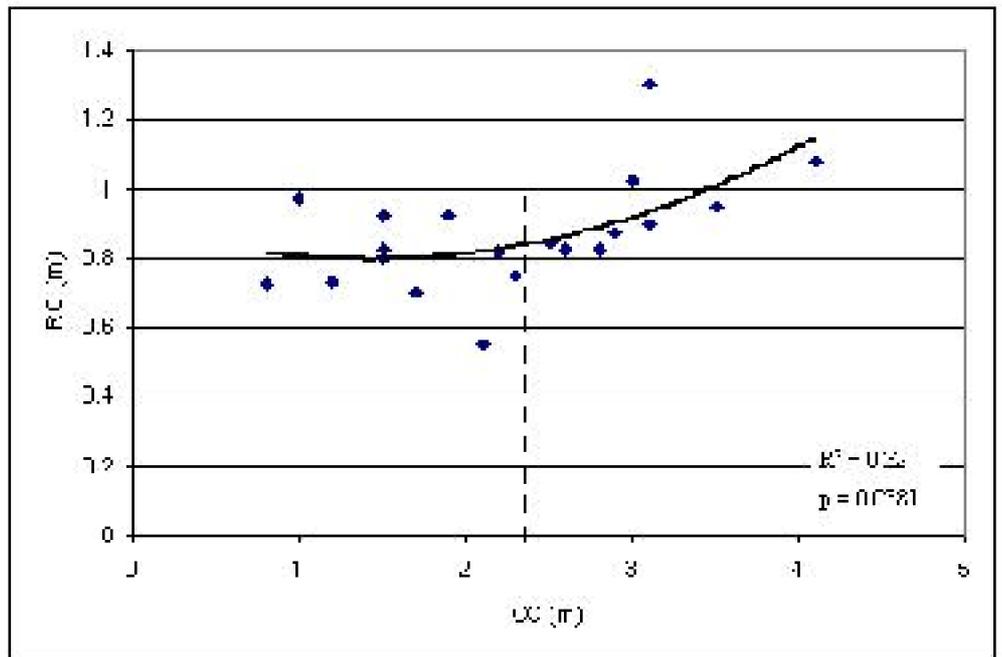


FIGURA 24. Relación entre Radio de Copa (RC) y Competencia de Copas (CC) para Chucaypulli - Ulmo

De esta curva se desprende la idea de que la competencia de copas está relacionada con el crecimiento de los individuos, siempre y cuando exista una relación positiva entre el radio de copa y la competencia de copas. Esto puede notarse nuevamente en el caso de Riñihue - Ulmo que puede apreciarse en la figura 25.

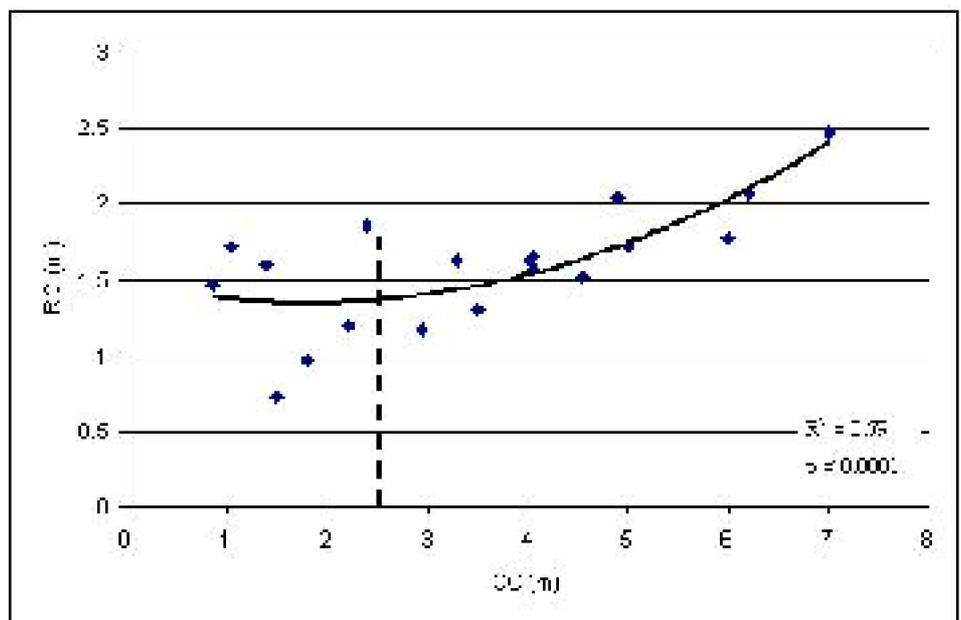


FIGURA 25. Relación entre Radio de Copa (RC) y Competencia de Copas (CC) para Riñihue - Ulmo

En este caso también existe un punto (CC = 2,5) en el cual la relación comienza a

mejorar. Este punto, coincidente con el ilustrado en la figura 23, sugiere lo mismo que el gráfico anterior.

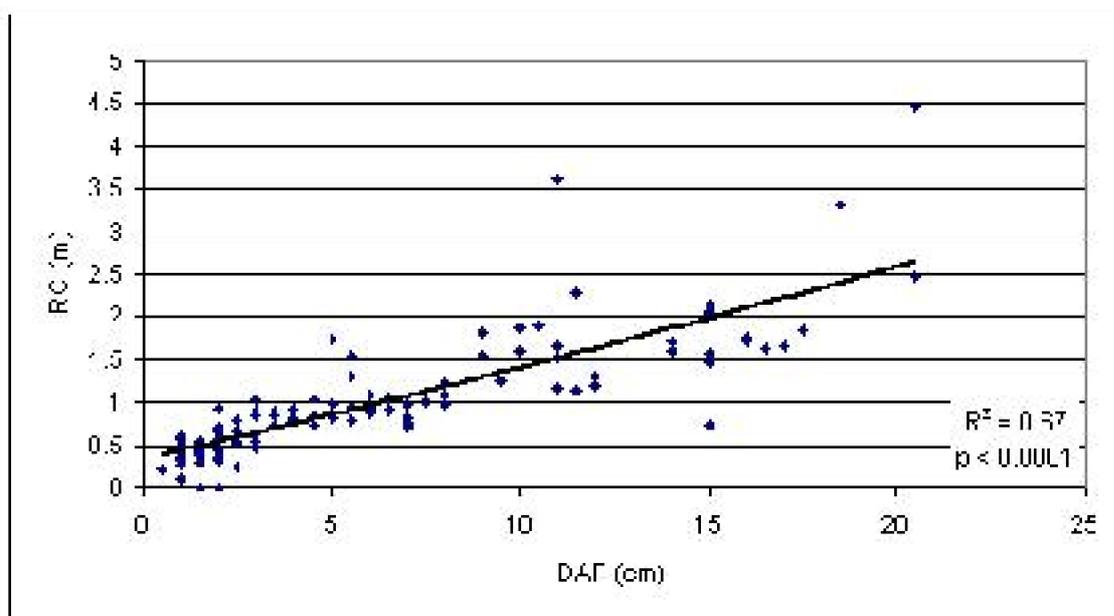
La razón, por la cual en estos casos hay un grupo de árboles en los cuales su radio de copas no se relaciona bien con la competencia de copas, queda sin determinar. Se trata de árboles cuyas demás variables son muy similares a las del resto de los individuos. No se encuentran en sitios diferentes ni pertenecen a una posición sociológica específica.

Por otra parte, el cuadro 8 muestra que al incorporar la variable "radio de copa" en las funciones de crecimiento, las relaciones mejoraron sustancialmente en el valor  $R^2$  y su significancia. Esto puede explicarse dada la alta relación existente entre el DAP y el radio de copa de los individuos. Como las plantaciones estudiadas tienen individuos de la misma edad, el DAP es la expresión total del IMA, razón por la que IMA está tan relacionado con RC. La figura 26 ilustra esta buena relación. Esta relación lineal positiva, explica la mejora de las relaciones descritas en el cuadro 8. El estar tan relacionadas estas variables, sugiere que no es una variable que complemente la relación Crecimiento - Competencia de Copas, sino una variable que explica el crecimiento por sí sola. Por esta razón es preferible aislar esta variable de modo que se pueda conocer cómo la variable CC explica el crecimiento.

#### **CUADRO 8. Relación entre IMA e IMAAL incorporando la variable Radio de Copas (RC)**

**Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas**

Lugar	Especie	Variable dependiente	Variables independientes	R <sup>2</sup>	Valor p
Ardmorem	Laurel	IMA	CC - CC <sup>2</sup>	0.21	0.3190
		IMA	CC - CC <sup>2</sup> + RC	0.87	0.0003
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.29	0.3460
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + RC	0.30	0.3320
Chucaypail	Laurel	IMA	CC - CC <sup>2</sup>	0.47	0.1780
		IMA	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.58	0.0157
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.49	0.0210
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.40	0.0513
Las Palmas	Laurel	LN(IMA)	CC	0.19	0.0520
		IMA	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.85	0.0000
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.23	0.0690
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + RC	0.71	0.0002
Riñihue	Ulmo	IMA	CC - CC <sup>2</sup>	0.18	0.1400
		IMA	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.52	0.0201
		LN(IMAAL)	CC	0.09	0.1810
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + RC	0.83	0.0000
Chucaypail	Ulmo	IMA	CC - CC <sup>2</sup>	0.23	0.1080
		IMA	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.21	0.2365
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.12	0.5580
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + RC + RC <sup>2</sup>	0.17	0.5500
Las Palma	Ulmo	IMA	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.04	0.8790
		IMA	CC - RC	0.44	0.0127
		IMAAL	CC - CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.04	0.8700
		IMAAL	CC - RC	0.22	0.1440



**FIGURA 26.** Relación DAP - RC (Radio de copa) para todos los individuos estudiados





## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

En plantaciones bajo dosel, el área potencialmente aprovechable, es un factor importante al explicar el crecimiento de los individuos. Este es el caso de la mayoría de los individuos evaluados en este estudio, puesto que la mayoría se encontró en una situación bajo dosel.

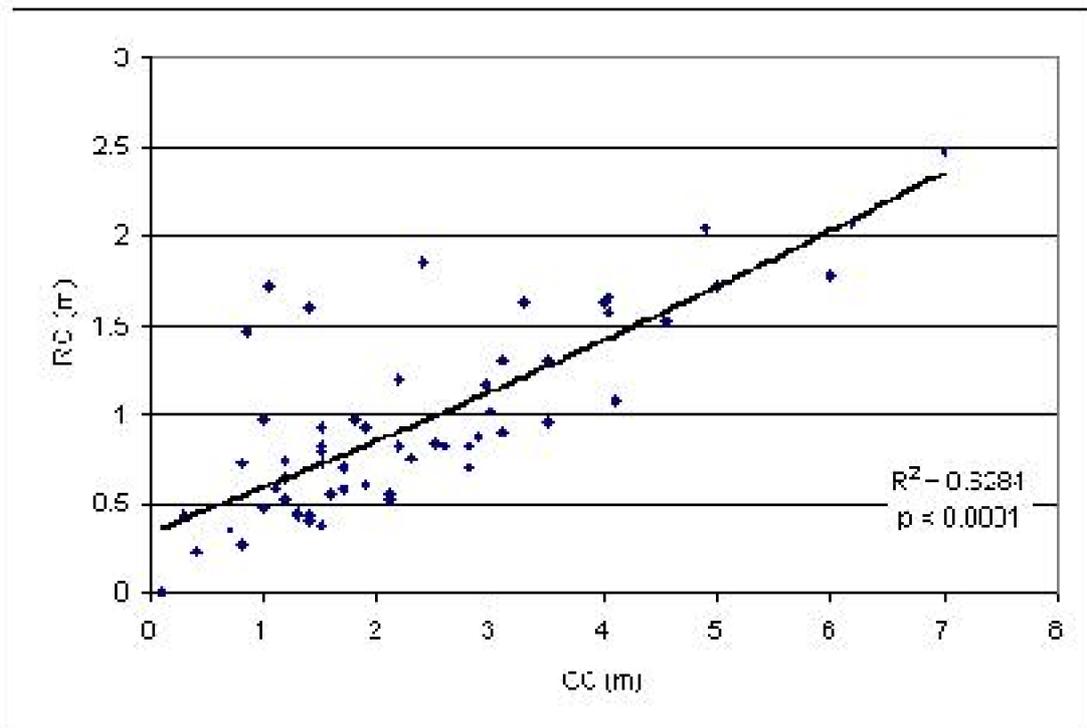
En este sentido, puede notarse un problema silvicultural, al integrarse especies semitolerantes en los cultivos. En todos los casos evaluados en este trabajo, Ulmo y Laurel están acompañados de especies intolerantes de rápido crecimiento (ya sea *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus dombeyi* o *Nothofagus alpina*). En los mejores casos, las plantaciones han sido planificadas coetáneamente, sin embargo, el rápido crecimiento de las especies del género *Nothofagus* han dejado a Ulmo y Laurel en una posición rezagada. Esta situación está al borde de lo que estas especies pueden tolerar y se acentúa aparentemente después de los 10 años de edad. Esto fue claramente observable en la plantación de ulmo de Riñihue, en la cual había ulmos en buenas condiciones bajo un sector raleado y ulmos en malas condiciones en aquellos sectores que no fueron raleados.

Surgen entonces, tres alternativas de manejo que mejorarían las condiciones de Ulmo y Laurel en plantaciones mixtas. La primera es plantar los árboles más distanciados. Dejar el tradicional esquema de 2x2 o 2x3 no es fácil y puede tener consecuencias negativas en la forma de los árboles, sin embargo, esta alternativa ya ha sido sugerida por Kelty *et al.* (1992) con el fundamento de proporcionar a las especies semitolerantes aunque sea una porción de copa que reciba luz directa. La segunda

alternativa es adelantar un primer raleo (no comercial) a una edad entre 10 y 15 años de modo que estas especies puedan retomar su normal crecimiento. Al respecto, Barría (1996) detecta en la plantación de Roble - Raulí - Ulmo (Riñihue) un acelerado crecimiento inicial de Ulmo, similar al crecimiento de los ulmos estudiados en Licán, que le permite quedar en una posición dominante en la plantación. Esta situación es revertida el año 6, cuando los robles y raulíes de la plantación sobrepasan a Ulmo en altura y diámetro (Barría, 1996). Este antecedente sugiere que el raleo puede (y debería) hacerse tempranamente. La tercera alternativa es simple, aunque bastante menos viable que las anteriores, y consiste en plantar estas especies uno o dos años antes que el resto. De esta manera las especies de más rápido crecimiento tardarán más en sobrepasarlas. Por ejemplo, si en la situación de Licán, los Ulmos hubieran sido plantados un año antes, ahora Coigües y Ulmos tendrían el mismo tamaño.

En cuanto a la competencia de copas, esta se vio menos ligada al crecimiento de los individuos. Es probable que en muchos casos la toma de datos haya sido insuficiente, ya que solamente se consideró la competencia de copas con especies arbóreas. En terreno se observó que en varios individuos, la competencia de herbáceas era un factor limitante en el crecimiento. Este tema ya ha sido discutido anteriormente por otros autores que enfatizan la importancia de la competencia de herbáceas con los árboles en plantaciones. Al respecto, Richardson (1993) señala que la competencia de especies herbáceas y arbustivas disminuye considerablemente el incremento en volumen de las especies plantadas, siendo esta una de las variables más importantes durante el crecimiento inicial de los individuos. Es probable que durante los primeros años de crecimiento, el espacio radicular del cual disponen los árboles para crecer, sea de poca importancia ya que aun no existe competencia a este nivel. Es por esta razón que la competencia durante los primeros años está enfocada principalmente al recurso luz. Esto se puede observar especialmente en la plantación de Ulmo en Licán en la que el APA no presenta relación con el crecimiento, sin embargo, Ulmos y Coigües están compitiendo fuertemente en espacio para expandir sus copas. Al no haber traslape de copas en esta plantación, se podría monitorear año a año el crecimiento de las copas y la influencia del traslape de estas sobre el crecimiento. De esta forma podría determinarse la edad en la que la competencia de copas es demasiado fuerte para Ulmo y hacer un raleo.

La relación entre el crecimiento y la competencia de copas está muy ligada a algunas observaciones, lo cual refleja cierta inestabilidad de las relaciones estudiadas. Esto puede deberse a varias causas dentro de las cuales está el reducido tamaño de la muestra. Sin embargo, la fuerte relación que existe entre el radio de copas y la competencia de copas da a entender que hay más factores involucrados en la competencia por luz. Aunque en las figuras 24 y 25 puede observarse que existen tramos en los que la Competencia de Copas no se relaciona bien con el Radio de Copa, la tendencia general muestra que existe una relación prácticamente lineal entre ambas variables (para el caso de Ulmo) como lo muestra la figura 27. Sin embargo, la falta del tramo superior de la curva, es decir, la relación en individuos sobre los 20 años deja un vacío en la relación entre estas variables. Un estudio complementario de suma utilidad sería verificar que esta relación mantenga su tendencia a lo largo de los años.



Donde: RC = Radio de Copas y CC = Competencia de Copas

FIGURA 27. Relación RC - CC para todos los individuos de ulmo estudiados

El hecho de que el crecimiento se relacione con el radio de copa debe ser investigado en mayor profundidad ya que permitiría facilitar este tipo de trabajos, porque la toma de datos para medir el radio de copa es mucho más sencilla que la metodología para medir la competencia de copas.

En el caso de la metodología para calcular el APA, se sugiere probar algunos métodos alternativos que, aunque no faciliten la toma de datos en terreno, disminuyen considerablemente el tiempo de cálculo del APA en oficina. Para esto se aconseja el índice de competencia de Hegyi (1974), el cual es conceptualmente parecido al APA, aunque expresa la competencia en forma lineal en vez de hacerlo en área como lo hace APA (véase el punto 2.2.2 y fórmula [2] de este trabajo). Este índice expresa la suma de las porciones de área que los competidores pueden ocupar en dirección al sujeto. Por tratarse de una ecuación simple, este índice puede ser calculado con mucha rapidez y sin los requerimientos de software gráficos como los señalados en la metodología de este trabajo. En futuros ensayos puede probarse esta metodología en comparación con APA, a fin de determinar si existen diferencias significativas entre ambos indicadores de competencia.

Respecto a los incrementos registrados, existe gran variabilidad en los resultados expuestos. Las plantaciones con mayores incrementos en diámetro fueron Licán para Ulmo, alcanzando 0,71 cm/año y Arboretum para Laurel, con un IMA de 0.61 cm/año. Estos valores, aunque menores que los citados por Donoso (1993), se encuentran dentro de un rango de crecimiento bastante promisorio para estas especies. En cuanto a los incrementos en altura, la mayoría de las plantaciones mostró un buen crecimiento. Tanto

## Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas

---

en crecimiento en diámetro como en altura, las plantaciones de Las Palmas, mostraron bajos valores por las razones antes mencionadas. Una comparación entre los crecimientos descritos en este trabajo y los citados en otros documentos pueden observarse en el cuadro 9.

**CUADRO 9. Crecimientos en diámetro y altura registrados**

Area de estudio	IMA (cm/año)	AAAL (m/año)
Riñihue - Ulmo	0.65	0.52
Chucaypulli - Ulmo	0.60	0.62
Licán - Ulmo	0.71	0.88
Las Palmas - Ulmo	0.14	0.28
Frutillar - Ulmo*	1.00	0.50
San Martín - Ulmo**	s/i	0.40
Chucaypulli - Laurel	0.50	0.49
Arboretum - Laurel	0.61	0.63
Las Palmas - Laurel	0.23	0.34
Frutillar1 - Laurel*	0.80	0.40
Frutillar2 - Laurel*	0.90	0.50
San Martín - Laurel**	s/i	0.21

\* = Citado por Donoso (1993)

\*\* = Citado en González *et al.* (1997)

En el cuadro 9 se ve reflejada la importancia de los esquemas de manejo a emplear ya que la diferencia en crecimiento entre una plantación y otra es suficientemente alta como para ser considerada una alternativa de manejo.

Para mejores resultados son recomendables dos metodologías complementarias a este trabajo. La primera sería una metodología que incluya el factor "competencia de herbáceas" por luz, agua y nutrientes. La segunda sería una metodología que permita un seguimiento año a año para comprobar dos cosas: (1) ¿Qué sucede una vez que los árboles pasan la "barrera" de los 3m de traslape de copas? y (2) ¿A qué edad el APA comienza a ser una variable de importancia para el crecimiento de los árboles plantados?.

## 6. CONCLUSIONES

En plantaciones de mayor edad, el crecimiento en diámetro y en altura de Laurel y Ulmo, al estar estos en condiciones de sombra o bajo dosel, es altamente influenciado por el área potencialmente aprovechable.

Lo anteriormente expuesto puede deberse a que los individuos, al verse privados de luz directa, comienzan a competir fuertemente por nutrientes y agua, es decir, radicalmente.

En plantaciones jóvenes (esto es, menor a 10 años) el crecimiento se ve mayormente afectado por la competencia de copas. Esta relación no es tan clara como la anteriormente expuesta, lo cual puede deberse a que no se tomaron en cuenta factores de importancia como la competencia con arbustos y herbáceas.

Esta situación puede deberse a que durante los primeros años de crecimiento, el espacio radicular del cual disponen los árboles para crecer, sea de poca importancia ya que aun no existe competencia a ese nivel.

La falta de datos y experimentaciones con las especies Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) no permite indagar con más detalle en algunos temas que serían muy provechosos para elaborar esquemas silviculturales que permitan mejores rendimientos en plantaciones de especies nativas.

Se sugieren metodologías que permitan tener mayores antecedentes del comportamiento de las variables estudiadas a lo largo del tiempo y que incluyan otros factores de competencia como la competencia de herbáceas por nutrientes, luz y agua.

## **Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas**

---

Tanto Laurel como Ulmo mostraron un comportamiento de especie semitolerante a la sombra al crecer mejor en condiciones de semisombra que completamente bajo dosel. Se recomienda plantar estas especies en forma conjunta con las especies dominantes y abrir el dosel a edad temprana a fin de no disminuir su crecimiento.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Armesto, J.; C. Villagrán; M. Kalyn. 1995. Ecología de los bosques nativos de Chile. 2ª ed. Santiago, Editorial Universitaria. 477 p.
- Arney, J.D. 1973. Tables of quantifying competition stress on individual trees. Can.For.Serv.Pac.For.Res.Cent.Inf.Rep. 16 p.
- Barría, L.P. 1996. Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de Roble-Raulí, con una de Roble-Raulí-Ulmo en la Provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 110\_p.
- Bella, I. 1971. A new competition model for individual trees. Forest Science 17:364-372
- Brown, G.S. 1965. Point density in stems per acre. New Zealand Forestry Research. Note N°38. 13p.
- Cao, Q.; H. Burckhart; M. Timoty. 1980. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of Loblolly Pine to any merchantable limit. Forest Science 26(1):71-80
- CIREN. 1999. Descripciones de suelos materiales y símbolos. Estudio Agrológico de la Provincia de Valdivia - X Región. Publicación CIREN. 196 p.
- Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento técnico N° 38. Investigación y desarrollo forestal (CONAF, PNUD-FAO). Chile, Edición FAO. 82 p.
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, Estructura y Dinámica. 4º ed. Chile, Editorial Universitaria. 484 p.

- Donoso, C. 2001. Árboles nativos de Chile. 10ª ed. Valdivia, Marisa Cúneo Ediciones. 116 p.
- Glover, R; N. Hool. 1979. A basal area ratio predictor of loblolly pine plantation mortality. *Forest Science* 25:275-282
- González, M. E.; C. Donoso; S. Fraver. 1997. Respuesta inicial de *Eucryphia cordifolia*, *Laurelia sempervirens* y *Aextoxicon punctatum* en plantaciones mixtas en sectores recientemente florecidos con *Chusquea quila* en el centro-sur de Chile. *Bosque* 18(1): 53-60
- Hoffmann, A. 1982. Flora Silvestre de Chile; zona Araucana. 4º ed. Santiago, Ed. Fundación Claudio Gay. 257 p.
- Kelty, M.; C. Larson; C. Oliver. 1992. The Ecology and Silviculture of Mixed Species Forests. Holanda. Kluwer Academic Publishers. 187 p.
- Lorimer, C. 1983. Test of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. *Forest Ecology and Management* 6(1983):343-360
- Prodan, M.; R. Peters; F. Cox; P. Real. 1997. Mensura forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Santiago, GTZ-IICA. 586 p.
- Ramirez C.; H. Figueroa. 1985. Delimitación ecosociológica del bosque valdiviano (Chile) mediante análisis estadísticos multivariados. *Studia Oecologica* 6:105-124
- Richardson, B. 1993. Vegetation management practices in plantation forests of Australia and New Zealand. *Can. J. For. Res.* 23(1993) : 1989-2005
- Sanchez, J. 1994. Comparación de índices de competencia para *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus glauca*. Tesis Ing. For. Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 73\_p.
- Stokes M.; T. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press. Chicago. 48p.
- Veblen, T.; D.H. Ashton; F. Schlegel. 1979. Tree regeneration strategies in a lowland *Nothofagus*-dominated forest in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 6:329-340
- Veblen, T.; C. Donoso; F. Schlegel. 1981. Forest Dynamics in South Central Chile. *Journal of Biogeography* 8:211-247
- Vita, A. 1977. Crecimiento de algunas especies forestales en el Arboretum del Centro Experimental Frutillar. X Región. *Boletín Técnico* 47. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 16 p.
- Webster, C.; C. Lorimer. 2003. Comparative growing space efficiency of four tree species in mixed conifer-hardwood forests. *Forest Ecology and Management* 177(2003) : 361-377

# ANEXOS

## ANEXO 1. Abstract & Keywords

Initial growth of Laurel (*Laurelia sempervirens*) and Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) in mixed native species plantations.

The need to investigate the behavior of native species in mixed plantations in Chile is relevant. This study aimed to define the factors that explain better the growth of Laurel and Ulmo. Two competition variables were analyzed: The Growing Space Polygon (GSP) and Canopy Overlap (CO). The GSP demonstrated to be very useful to predict the growth in those plantations where Laurel and Ulmo had their crowns below the main canopy. Maybe the lack of light increases the root competition to obtain water and nutrients from the soil. The CO has proved to be a difficult variable to measure and it is only useful if it is directly related with the canopy radius.

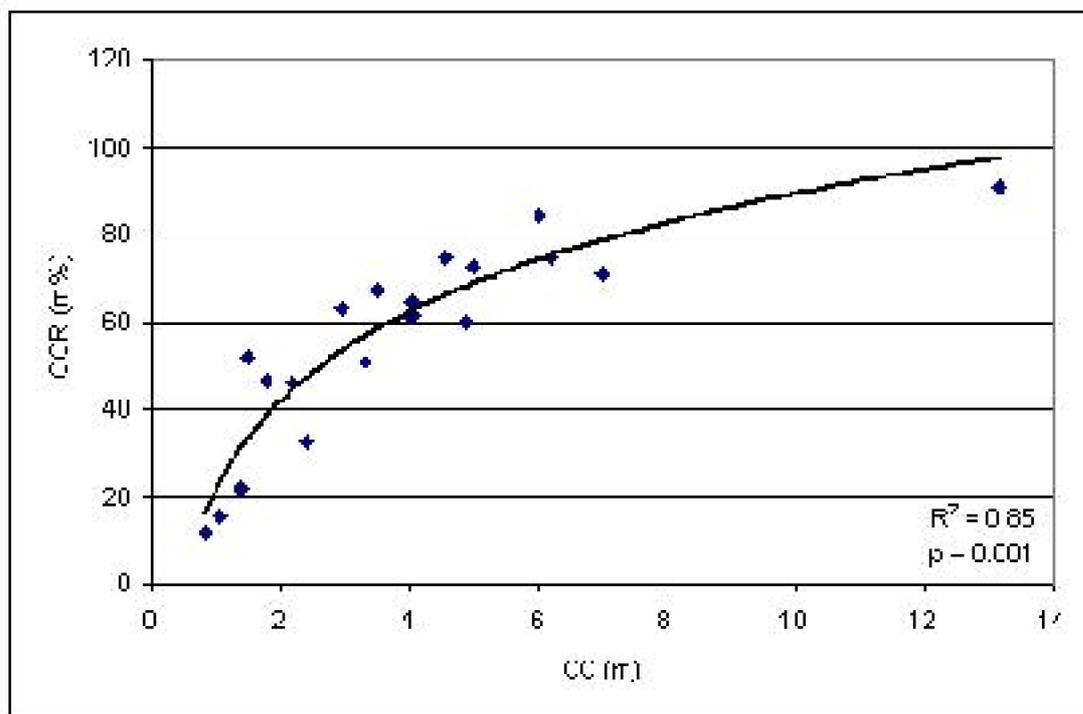
Silviculture techniques that could improve the growth of these species in mixed plantations were proposed as well as some additional studies that can be made to complement this study.

*Keywords: Competition index, Growing Space Polygon, Canopy Overlap, Mixed Plantations, Growth, Semitolerant Species.*

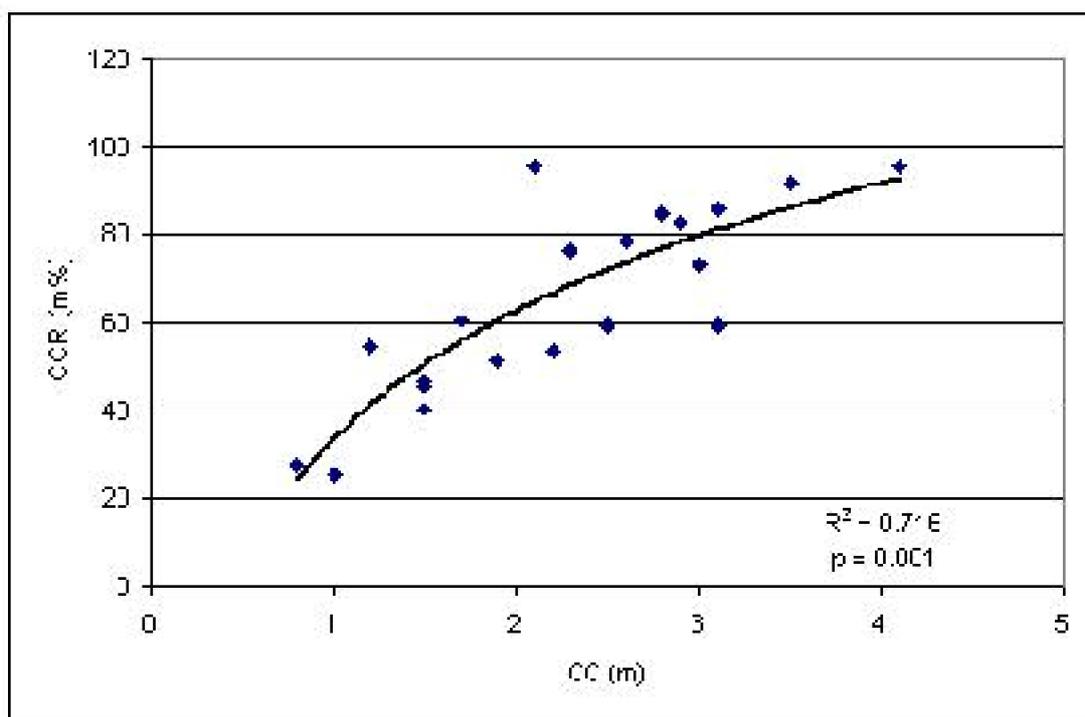
## **ANEXO 2. Estadísticos de las funciones Competencia - Crecimiento analizadas**

Lugar	Especie	Variable Dependiente	Variables Independientes	Rentabilidad	Valor p	Error Estándar	Estándar	EMC
Arboretum	Laurel	IMA	APA + APA <sup>2</sup>	0.97	0.0001	0.03	180.44	0.20
Arboretum	Laurel	IMA	CC + CC <sup>2</sup>	0.21	0.3190	0.18	1.28	0.04
Arboretum	Laurel	IMAAL	APA	0.59	0.0020	0.10	15.86	0.17
Arboretum	Laurel	IMAAL	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.29	0.3460	0.09	1.26	0.01
Chucaypulli	Laurel	IMA	APA + APA <sup>2</sup>	0.05	0.6870	0.22	0.38	0.02
Chucaypulli	Laurel	IMA	CC + CC <sup>2</sup>	0.47	0.0080	0.17	6.67	0.18
Chucaypulli	Laurel	IMAAL	APA + APA <sup>2</sup> + APA <sup>3</sup>	0.05	0.8570	0.19	0.24	0.01
Chucaypulli	Laurel	IMAAL	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.49	0.0210	0.14	4.49	0.09
Las Palmas	Laurel	Ln(IMA)	APA	0.07	0.2740	0.68	1.27	0.58
Las Palmas	Laurel	Ln(IMA)	CC	0.19	0.0520	0.63	4.34	1.71
Las Palmas	Laurel	IMAAL	Ln(APA)	0.08	0.2240	0.19	1.58	0.06
Las Palmas	Laurel	IMAAL	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.35	0.0690	0.17	2.87	0.09
Riñihue	Ulmo	IMA	APA + APA <sup>2</sup>	0.73	0.0001	0.07	23.38	0.12
Riñihue	Ulmo	IMA	CC + CC <sup>2</sup>	0.18	0.1900	0.12	1.83	0.03
Riñihue	Ulmo	IMAAL	APA + APA <sup>2</sup>	0.49	0.0030	0.09	8.21	0.07
Riñihue	Ulmo	IMAAL	Ln(CC)	0.09	0.1810	0.12	1.94	0.03
Chucaypulli	Ulmo	IMA	APA + APA <sup>2</sup> + APA <sup>3</sup>	0.06	0.7840	0.15	0.36	0.01
Chucaypulli	Ulmo	IMA	CC + CC <sup>2</sup>	0.23	0.1080	0.13	2.55	0.04
Chucaypulli	Ulmo	IMAAL	APA + APA <sup>2</sup>	0.02	0.8600	0.21	0.15	0.01
Chucaypulli	Ulmo	IMAAL	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.12	0.5680	0.20	0.69	0.03
Las Palmas	Ulmo	IMA	Ln(APA)	0.64	0.0001	0.03	32.11	0.03
Las Palmas	Ulmo	IMA	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.04	0.8790	0.06	0.22	0.00
Las Palmas	Ulmo	Ln(IMAAL)	APA	0.56	0.0001	0.21	23.23	1.05
Las Palmas	Ulmo	IMAAL	CC + CC <sup>2</sup> + CC <sup>3</sup>	0.04	0.8700	0.09	0.23	0.00
Licán	Ulmo	IMA	APA + APA <sup>2</sup>	0.08	0.4800	0.28	0.77	0.05
Licán	Ulmo	-	-	-	-	-	-	-
Licán	Ulmo	IMAAL	APA + APA <sup>2</sup>	0.19	0.1620	0.22	2.03	0.10
Licán	Ulmo	-	-	-	-	-	-	-

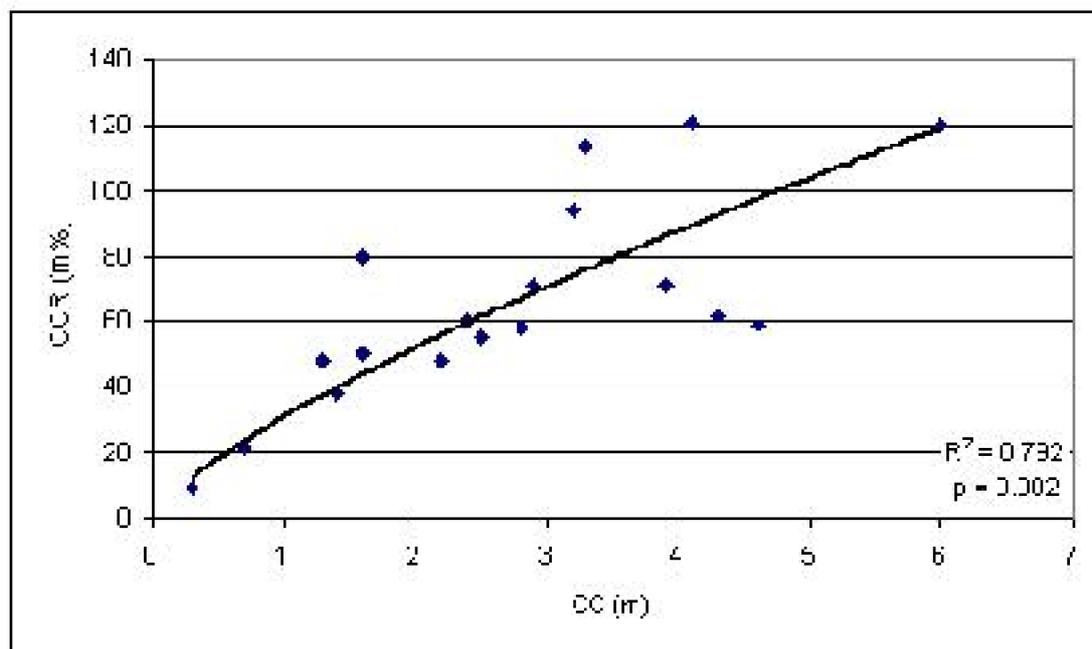
### ANEXO 3. Gráficos de Relación entre CCR% y CC



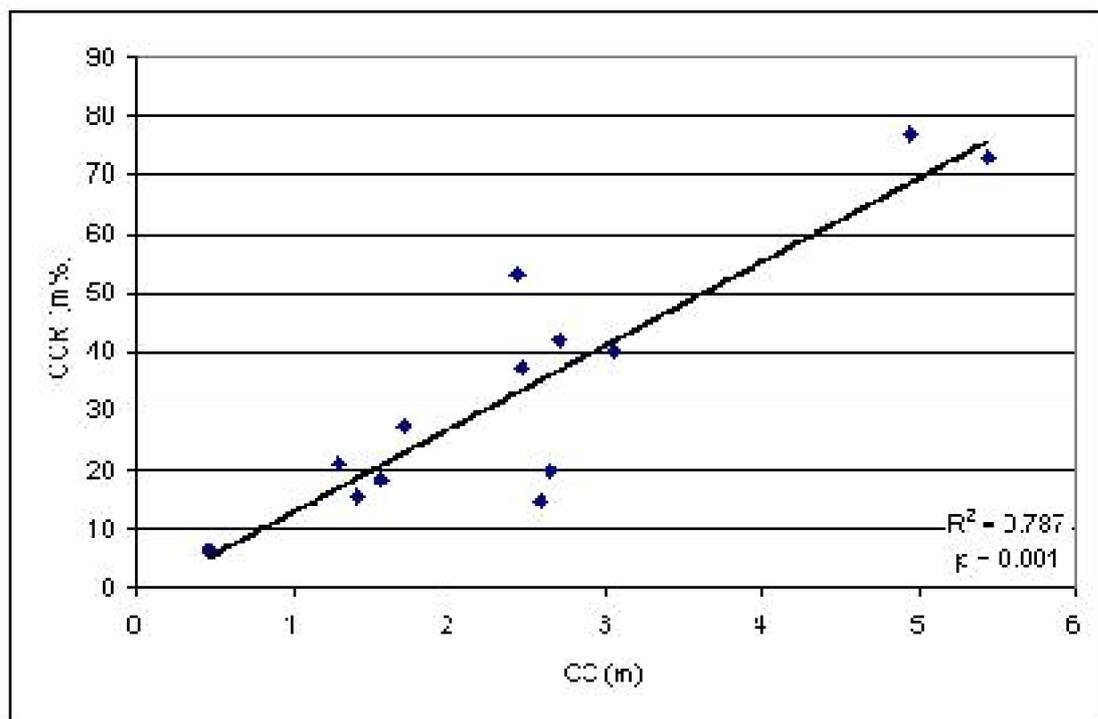
Relación: CCR% CC para Ríñihue Ulmo



Relación CCR%-CC para San José - Ulua

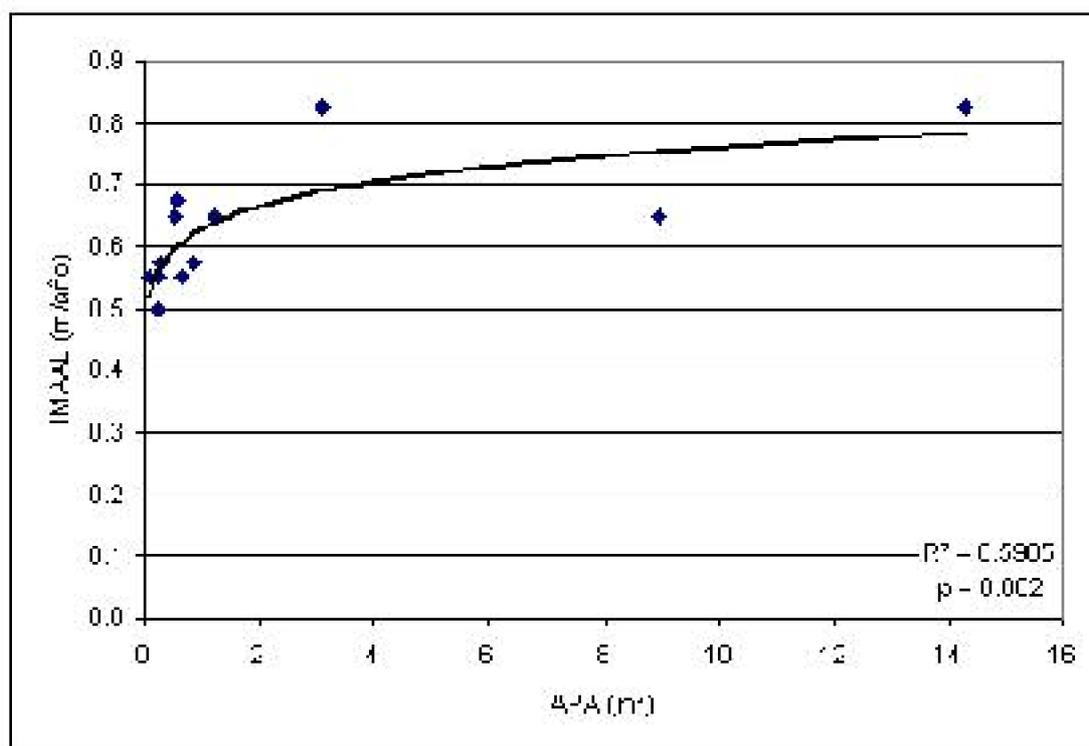


Relación CCR%-CC para San José - Laurel

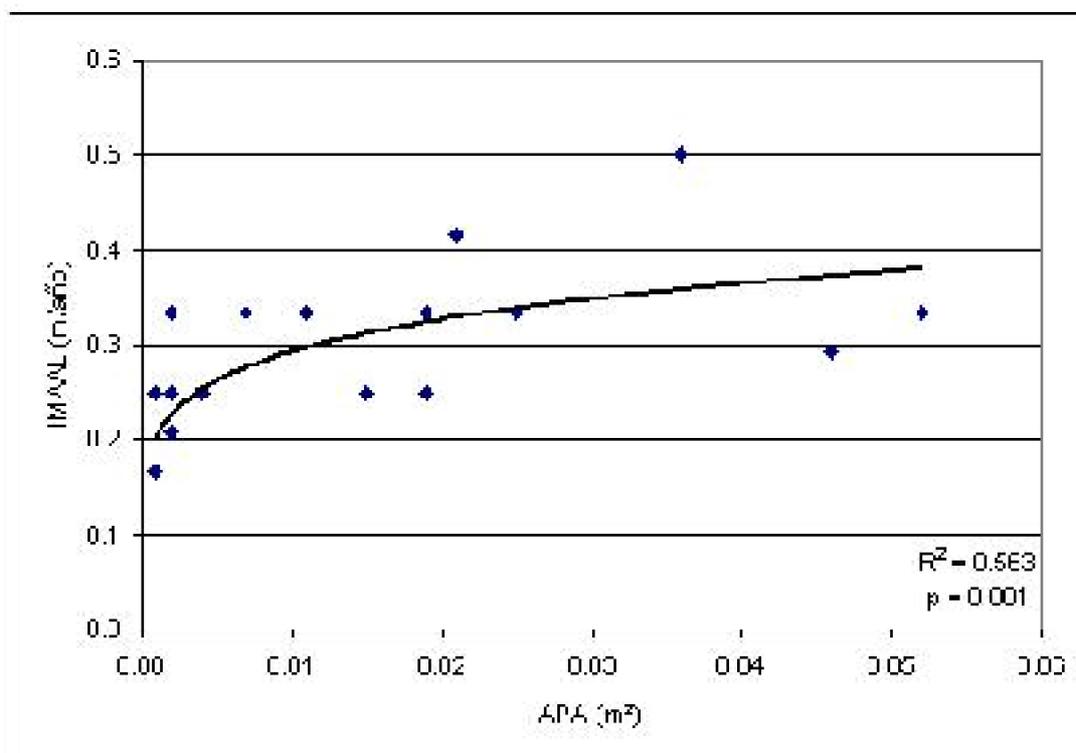


Relación CCR%-CC para Act. laurel - Laurel

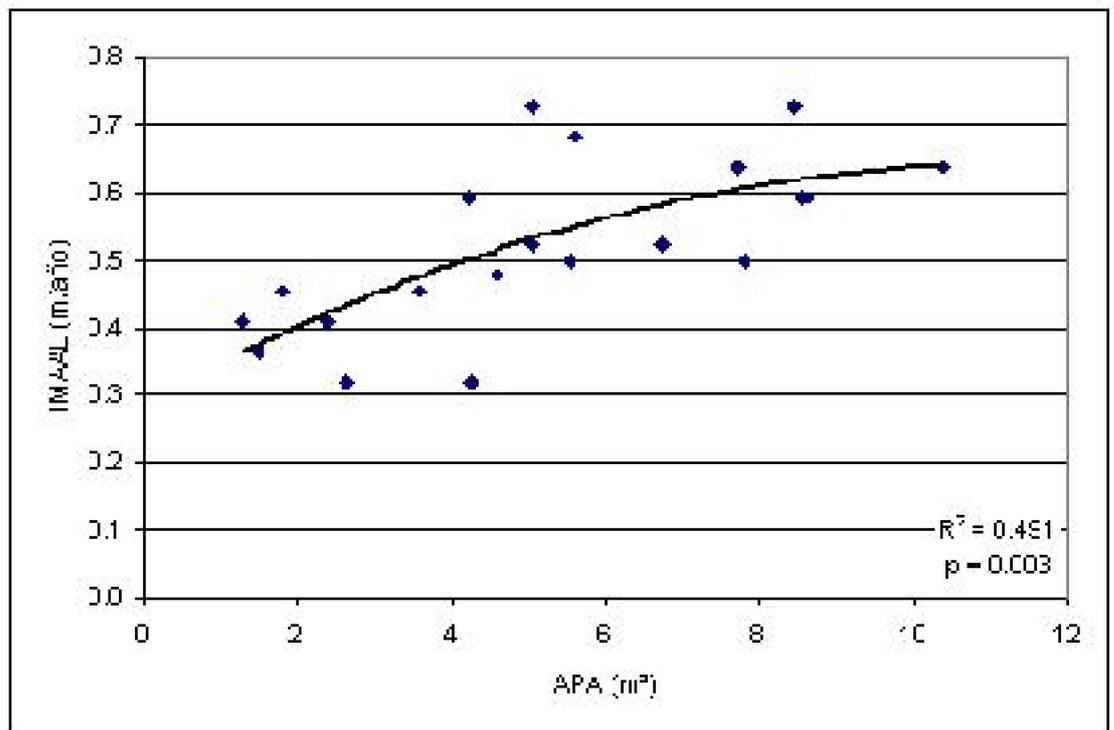
## ANEXO 4. Relaciones gráficas estadísticamente significativas entre crecimiento y variables de competencia



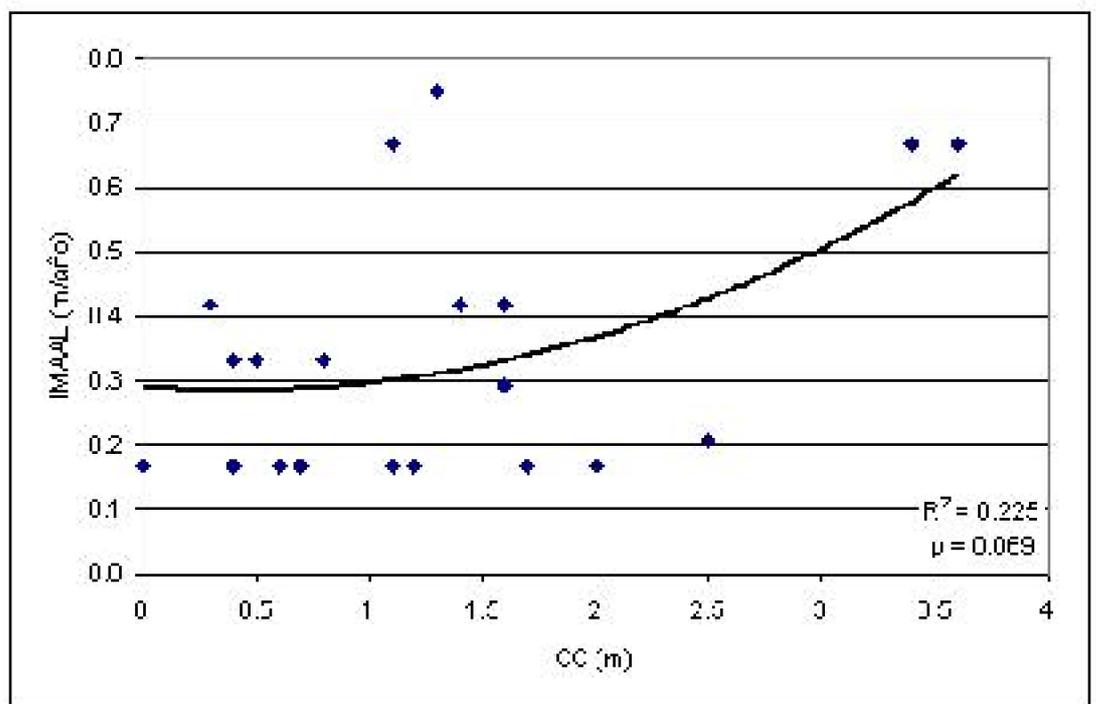
Relación IMΔAL-APA para Arboctum - Laurel



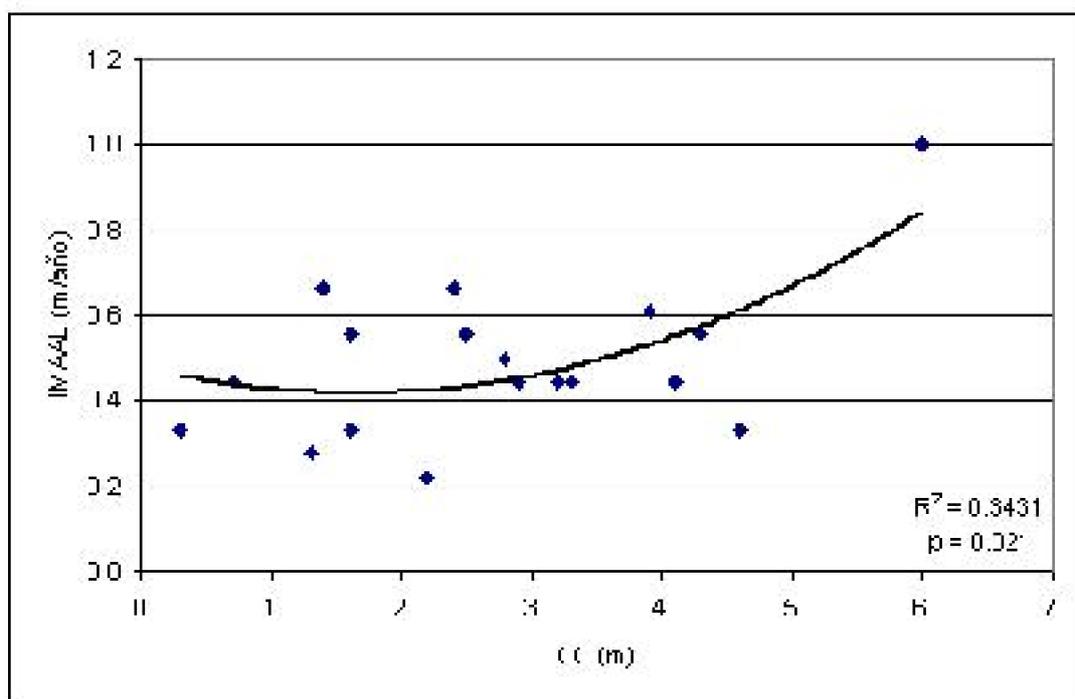
Relación IMΔAL-APA para Las Palmas - Ulmo



Relación IMAAL-APA para Rihue - Ulmo



Relación IMAAL CC para Las Palmas Laurel



Relación TMAAATCC para San José - Laurel