

CRECIMIENTO DE *PINUS ELLIOTTII* (*ENGELM*) , SU RELACIÓN CON DENSIDAD BÁSICA Y CALIDAD DE SITIO

GROWTH DE *PINUS ELLIOTTII* (*ENGELM*), RELATIONSHIP WITH SPECIFIC GRAVITY AND QUALITY SITE

Mónica Dorado ¹
Graciela Verzino ²
Juan Argüello ³
Alejandra Pérez ⁴

1. Mgter. Cs Agrop. Silvicultura. Fac. Cs. Agrop. Univ. Nac. Córdoba.
Email: mdorado@agro.uncor.edu
2. M. Sc. Silvicultura. Fac. Cs. Agrop. Univ. Nac. Córdoba. Email: gverzino@agro.uncor.edu
3. Dr. Fisiol. Vegetal Fac. Cs. Agrop. Univ. Nac. Córdoba E-mail: arguello@agro.uncor.edu
4. Mgter Cs Agrop. Fisiología Vegetal. Univ Nac Córdoba. E-mail: Aperez@agro.uncor.edu

SUMMARY

The present study quantified the growth of commercial plantations of *Pinus elliottii* (Engelm) of Calamuchita, linking it with density of the wood and site index. A totally randomized design was used with factorial structure. The samples sites were categorized using conventional method, height growth /year and mixed method, combining in the analysis heights (hill and under) topographic and edaphic and climatic characteristics. Specific gravity and width of the growth rings were assessed on increment cores taken from the trees with a Pressler borer. The method of Houkal and the Arquímedes principle were used to determinate specific gravity, while growth rings were measured with dendrocronological techniques and ring-counter machine. These results suggest that i) height growth alone is not a good estimator of site quality ii) mixed method which combines edaphic, topographic and biological variables provides a good estimator for site quality iii) the speed of growth like indicator of the quality of the wood showed an inverse tendency with the factor topography

Key words: growth, *Pinus* , location, density

RESUMEN

El presente estudio cuantificó el crecimiento de plantaciones comerciales de *Pinus elliottii* (Engelm) de Calamuchita, vinculándolo con densidad de la madera e índice de sitio. Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado con Estructura Factorial. Los sitios forestales muestreados se categorizaron empleando método convencional, crecimiento en altura/año, y método mixto, combinando en el análisis alturas, características topográficas (loma y bajo) y edafoclimáticas. La toma de muestras para determinaciones de densidad y ancho de anillos de crecimiento se realizó de forma no destructiva empleando barreno de Pressler. En los ensayos de densidad básica se usó la metodología de Houkal y su valoración con principio de Arquímedes, mientras que en los recuentos de anillos y sus mediciones, se emplearon técnicas dendrocronológicas y una máquina cuenta anillos. Los resultados experimentales sugieren que i) el uso de crecimiento en altura como único índice de sitio no es suficiente para dicha categorización ii) el método mixto que combina variables edáficas, topográficas y biológicas resultó una excelente herramienta silvícola para valorar sitios iii) la

velocidad de crecimiento como indicador de la calidad de la madera mostró una tendencia inversa con el factor topografía

Palabras clave: crecimiento, Pinus , sitio, densidad

INTRODUCCIÓN

Los estudios de productividad de especies forestales revelan la importancia del sitio forestal como determinante de la velocidad de crecimiento (Fassola et al, 1993). Entre los métodos más empleados en evaluación de sitios forestales citaremos el Índice de Sitio (IS). Este resulta de tomar como base la altura de los árboles dominantes y codominantes (Gerhardt, Parde y Bouchon citados por Friedl et al,1991) . El IS es reconocido por su relación con la producción total, su facilidad de determinación y su uso como expresión de la calidad del sitio (Mader, 1976; Quinteros Doldan, 1987, Ares y Marlats, 1988, Perez y Shaefer, 1988, Scolforo y Machado, 1988 y Fernández, 1989 citados por Friedl et al, 1991). Al respecto, la ley empírica de Eichhorn (1902), presenta a la altura como una variable intrínsecamente correlacionada con la producción total y un buen indicador de la calidad del sitio (Westveld,1933 citado por Vanclay ,1992).En esta línea, White (1979) y Carmean (1967; 1988) encontraron que el 69-75% de la variación en altura de *Pinus* tenía su explicación en la calidad de sitio evaluada en términos de datos topográficos y edáficos asociándose éstos con rasgos más importantes del suelo como profundidad efectiva del perfil; el contenido de piedra y arena y el pH. Existen evidencias experimentales que indican una relación entre velocidad de crecimiento, calidad de sitio y calidad de la madera. Si bien estas relaciones han sido ampliamente estudiadas en el género *Pinus* los resultados son contradictorios (Zobel , 1989). Hawkins (1972), halló que una mejor calidad de sitio produce mayor ancho de anillos y menor densidad básica y porcentaje de madera tardía, para el caso de *Pinus caribaea*. La densidad básica depende de la proporción del volumen de la pared celular con el volumen de toda la madera, esto es, de las proporciones relativas de pared y lumen celular, las que varían según el tipo de leño y especie en cuestión. Por ello, la afirmación de que la densidad de la madera es el mejor estimador único de la calidad de la madera (Houkal, 1983) tiene su respaldo en bases anatómicas y de validación experimental. De hecho, en ensayos de madera se determinó ciertas propiedades mecánicas dependen de la densidad. (Daniel, 1982). Por su parte, Yao, (1972) y Harris et al, (1976) citados por Lara Palma y Muñiz (1998) señalan la importancia de dicha relación, en especial con características tecnológicas tales como la variación dimensional y la resistencia mecánica. Zhang (1997) quien detectó la existencia de relaciones entre densidad y propiedades mecánicas en distintos niveles, así el MOR mostró una relación positiva con la densidad mientras que un comportamiento contrario lo tuvo el MOE, por su parte, Biblis (1997) trabajando con *Pinus taeda* detectó que la densidad de la madera influye positivamente en la resistencia a la flexión . Por todo ello, la densidad básica, se emplea con frecuencia en valoraciones de calidad por su relación con la resistencia, dureza, contenido de fibras por unidad de volumen y otros factores tecnológicamente importantes (Kollman 1959; García Solá,1965; Yao, 1972; Harris,1976; Houkal, 1981; Remacha,1987; Bonavia de Guth,1991). Los valores de densidad se pueden explicar no sólo por la proporción de pared celular sino también por la posición del leño en el fuste, porcentaje de madera de otoño y el ancho de los anillos de crecimiento (Lara y Boltzon, 1998) . Esta propiedad varía entre especies, entre poblaciones y aún dentro de un mismo árbol (Elliot,1970) según la zona y aún dentro de una amplia gama de condiciones que se presentan a lo largo del área de distribución natural de las distintas especies (Daniel, 1982).

Para las especies del genero *Pinus*, el modelo de variación de la densidad, más común, depende del porcentaje de leño de otoño, esto es, de la variabilidad de las densidades

individuales de madera de primavera y de otoño (Lara y Muñiz, 1998). De allí que las condiciones del sitio forestal puedan influenciar la densidad (Houkal, 1983)

El presente estudio planteó el siguiente objetivo de trabajo: determinar la densidad básica de la madera de *Pinus elliottii* (Engelm) y su relación con la velocidad de crecimiento en distintos sitios forestales de Yacanto de Calamuchita y alrededores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon 4 plantaciones de *Pinus elliottii* (Engelm) ubicadas en Valle de Calamuchita en las proximidades de Yacanto de Calamuchita a 32°06' Lat.S. y 64°38' Long.O. Cada plantación y su ambiente asociado constituyó un sitio.

En la identificación de los sitios se usó la siguiente denominación: Atun Pampa Co D, Yacanto Co B, Athos Pampa Co-C y Athos Pampa Co-B (nombre del paraje o zona y Co-letra que indica el complejo de Suelo al que pertenece). Como estimador de la calidad del sitio forestal se usó el método convencional de la altura media de árboles dominantes y codominantes (Daniel, 1982) .Adicionalmente se trabajó con un método mixto, combinando en el análisis altura de los árboles, características topográficas (loma y bajo) y otras variables de interés que condicionan la productividad de *Pinus elliottii* (Engelm), tales como como: pedregosidad, espesor del horizonte A, altitud, precipitación media anual y latitud. Esto es, se consideraron las de mejor correlación con la productividad forestal, realizando una modificación de los métodos descriptos por Schmit y Carman (1978) y Vanclay (1989)

Se seleccionaron plantaciones con las siguientes características (Tabla 1): i) coetáneas entre sí (con ejemplares de una misma clase de edad); ii) rodales mixtos (con más de una especie: *Pinus elliottii*-*Pinus taeda*).En cada rodal, se delimitaron dos parcelas de prueba (en loma y bajo topográfico) de carácter temporario, de 15 metros de diámetro, seleccionando en su interior 6 árboles al azar. Sobre cada ejemplar se midió diámetro a la altura del pecho y altura total y se extrajeron seis muestras con barreno de Pressler (0,5 cm x 30 cm). Cuatro de ellas para determinar crecimiento y edad (a la altura de la base 0,30 m) y dos más a la altura del pecho (1,30 m) para evaluar la densidad de la madera.

Se calculó la densidad (número de árboles por ha), el Area Basal y el Volumen aparente por mediciones y recuentos en la muestra. El Índice de Sitio se estimó con la metodología descripta por Izurieta (1995)

Tabla 1 Características de los sitios muestreados

Suelo Co (complejo C; D, B)

Sitio	Suelo	Fisiografía
Atun Pampa	Co D	Pampa serrana
Yacanto C.	CoB	Sierras fuertemente inclinadas
Athos Pampa	Co C	Quebradas muy inclinadas
Athos Pampa	CoB	Sierras fuertemente inclinadas

Ref: La caracterización citada es una adaptación de datos tomados a campo, de Hoja Suelos 3366-6 y de Geografía Física de Córdoba (Luti, 1979)

Tanto en las mediciones de crecimiento como en las determinaciones de densidad de la madera, se usaron las metodologías descriptas por Pietrarelli (1989) Dorado (2001).

El material para determinaciones de densidad se estandarizó sobre la base de la plantación más joven eliminando la madera juvenil (5 primeros anillos), de propiedades distintas al resto y los anillos que superaban los 18 años (edad del rodal más joven entre los muestreados), de allí el número de anillos constante para todas las muestras, igual a 13.

Los ensayos de densidad se efectuaron sobre la base del Principio de Arquímedes. Se estimó el peso seco mediante secado en estufa a 80°+/- 5° C. hasta llegar a peso constante. Luego, se sumergió el material en agua destilada durante un período de 48 horas, tiempo para alcanzar la saturación (Dorado,2001). Se cuantificó el volumen saturado por inmersión según Principio de Arquímedes y se determinó la densidad según la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad}_{\text{básica}} = \frac{\text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Volumen}_{\text{saturado}}}$$

Diseño Experimental y Tratamiento de Datos

El Modelo planteado en este estudio fue el correspondiente a un Diseño Experimental Completamente Aleatorizado con Estructura Factorial

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau_i * \beta_j + e_{ij}$$

Donde: Y_{ij} : es el valor de la variable observada; μ : es la media general; τ_i : efecto del factor topografía (loma y bajo); β_j : efecto del factor sitio; $\tau_i * \beta_j$: efecto de la interacción de topografía * sitio; e_{ij} es el error experimental.

Se trabajó con las siguientes variables: densidad básica (gr/cm³), altura (m), DAP (m), y crecimiento acumulado en diámetro (mm).

Dado que el crecimiento de esta especie se ajusta a un modelo logístico, que en su esencia es intrínsecamente un modelo lineal, fue posible linealizar la etapa inicial del crecimiento, de dicho ajuste se obtuvo una constante llamada estimador de crecimiento (valor de la pendiente de la recta que modela el crecimiento acumulado en diámetro para los diez primeros años de crecimiento) . Se realizó un ANOVA para las variables: alturaSTD (altura estandarizada); Estim (estimadores de crecimiento); DenSTD (densidad estandarizada) previo verificación de los supuestos estadísticos. Cuando se detectaron diferencias se realizó un Test de Duncan.

De forma complementaria se presenta la siguiente discriminación de tratamientos y muestras tomadas: Sitios: 4 (cada uno de los ambientes asociados a cada plantación)

Cantidad de parcelas: 2 por plantación (loma-bajo)

Número de ejemplares por parcela: 6

Número de muestras para determinar densidad (por plantación) : 24

Número de muestras para evaluar crecimiento(por plantación): 48

Número total de barrenadas por plantación: 72, esto es 24 al 1.30 m para determinar densidad y 48 al 0.30 m para determinar edad y crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del material biológico y áreas de estudio

Las evaluaciones de la calidad de sitio forestal se realizaron con un criterio mixto que incluye variables edáficas, topográficas y altura de árboles (Tabla 2) Se tomó como buen sitio a aquellos en los que los ejemplares mostraron mayor altura y que no presentaron limitantes en su perfil tales como la presencia de calcio en Atun Pampa Co-D.

Tabla.2 Características de los rodales de pinos evaluados

Sitio	Edad	Tratamiento	Densidad(pl/ha)
Atun Pampa	18	Raleo	1600
Yacanto de Calamuchita	21	Raleo(poda)	1600
Athos Pampa	21	Raleo	1600
Athos Pampa	21	Raleo	1600

Altura e Índice de Sitio, indicadores de productividad:

El criterio altura media de árboles dominantes y codominantes de una especie a una determinada edad, permitió categorizar los sitios forestales. El ANOVA para la variable altura de los árboles reveló la existencia de interacción (P=0.001) entre la posición topográfica de

éstos y el sitio en que se encuentran . La interacción significa que los árboles no se comportaron de la misma forma en los 4 sitios . Así, mientras en Athos Pampa los ejemplares son más altos en el bajo, en Atun Pampa y Yacanto no se manifestó tal diferencia. Aún con la existencia de interacción entre los factores sitio y topografía, se evidenciaron tendencias de crecimiento en altura según posición topográfica.

Un test a posteriori mostró distintos agrupamientos (Tabla 3).Del análisis de los mismos surge que el comportamiento de los bajos de Athos Pampa es claramente diferente del resto, con crecimientos mayores, mientras que el caso opuesto es lo observado en Atun Pampa Co D y Yacanto Co B, donde no se detectan diferencias entre posiciones topográficas para cada uno de los sitios.

Tabla.3 Agrupamiento Duncan para altura de *Pinus elliottii* (Engelm)

Grupo	Altura	Sitio	Topografía
A	21.5833	Athos Pampa CoB	bajo
A	20.4167	Athos Pampa CoC	bajo
B	16.25	Athos Pampa CoB	loma
B	15.4167	Yacanto CoB	loma
B	15.25	Athos Pampa CoC	loma
B	14.6	Yacanto CoB	bajo
C	12	Atun Pampa CoD	bajo
C	11.25	Atun Pampa CoD	loma

En los mejores sitios se puede expresar completamente el crecimiento de la especie (dado por su genotipo) y es posible observar diferencias entre loma y bajo. Esto coincide con lo observado por Carmean (1967; 1988) y White (1982) quienes encontraron que un porcentaje elevado de la altura de un árbol estaba en función de la calidad del sitio evaluada además en términos de factores edáficos y topográficos. Sin embargo, en los peores sitios evaluados el genotipo no puede expresarse, por eso no se observan diferencias entre loma y bajo. Los resultados sugieren que la altura refleja la calidad de sitio en los buenos sitios, no así en los malos de allí que la altura no puede ser usada como único indicador de la productividad.

Por su parte, los índices de sitio obtenidos en este ensayo coincidieron en sus promedios y/o se solaparon, considerando los respectivos coeficiente de variación, con los observados por Mutarelli (1991) e Izurieta et al (1995) quienes evaluaron la aptitud forestal de los complejos de suelo en base a dicho índice. Esta valoración permitió categorizar a Atun Pampa CoD como el de menor aptitud forestal y a Athos Pampa como el de mayor aptitud forestal.

Índice de sitio

El índice de sitio (Tabla 4) calculado por el método convencional (altura/año) permitió categorizar los sitios forestales. Así Athos Pampa Co-B se mostró como el mejor, mientras que Atun Pampa Co-D fue el más pobre, evidenciando estos comportamientos intermedios.

Tabla 4 Variables dendrométricas evaluadas en las plantaciones

SITIO.	Atun Pampa Co-D	Yacanto Co-B	Athos Pampa Co-C	Athos Pampa Co-B
IS	0.64	0.73	0.85	0.90
M ³ /ha	210.18	216.41	264.98	302.45

Esta categorización se relaciona con la respectiva productividad para las situaciones extremas, encontrándose explicaciones para las situaciones intermedias cuando se usan métodos mixtos que incluyen el análisis de suelos y su caracterización (Tabla 5)

Tabla 5 Características edáficas y fisiográficas de los sitios muestreados

/ Factor Sitio /	Suelo	Fisiografía	Pd	Pedr	EspA	AF	PP	Alt	Limitante
Atun Pampa Co-D Lat 64° 20' S Long 32°06' O	Co- D	Pampa serrana. Lomas onduladas	10%	10% 20%	ACa 0,51 m	R	1117	1000	Tosca Calcio
Yacanto Co-B Lat 64° 47' S Long 32°08' O	Co-B	Sierras fuertemente inclinadas	15%	10% 20%	0,24 m	B	1117	1000	Afloramiento rocoso
Athos Pampa Co-C Lat 64° 47' S Long 32°04' O	Co-C	Quebradas con fuertes pendientes	17%	20%	0,30 m	R	850	1190	Pendiente Rocas
Athos Pampa Co-B Lat 64° 42' S Long 32°01' O	Co-B	Sierras fuertemente inclinadas	17%	10% 20%	0,24 m	B	850	1160	Afloramiento rocoso

Referencias: Suelo: Co (complejo C; D, B); Pd (pendiente) Pedr (pedregosidad), EspA (espesor del horizonte A), ACa ,horizonte A con calcio; AF (aptitud forestal, B:buena; R:regular, según normas nacionales de Mapa de Suelos); PP (precipitación media anual-mm-); Alt(altitud- m.s.n.m.) La caracterización citada es una adaptación de datos tomados por observación directa y otros de Hoja Suelos 3366-6 y de Geografía Física de Luti

En cada ejemplar se midieron los crecimientos en 4 direcciones cardinales y con estos valores se obtuvieron coeficientes de regresión (Tabla 6) que se utilizaron como estimadores de crecimiento según metodología descrita en Dorado (2001)

Tabla 6 Estimadores de crecimiento de *Pinus elliottii* (Engelm)

Plantación	Loma	Bajo	Promedio por sitio
Atun Pampa- Co-D	0.7483	0.81	0.77915
Yacanto -Co-B	0.4466	0.555	0.5008
Athos Pampa- Co-C	0.55	0.55166	0.55083
Athos Pampa- Co-B	0.565	0.585	0.575

El ANOVA para los estimadores de crecimiento puso en evidencia diferencias estadísticamente significativas ($P=0.001$) entre sitios, no así entre posiciones topográficas dentro de los sitios.

Adicionalmente, el test de Duncan permitió clasificar a los sitios en dos grupos, observándose una clara diferencia en las tasas de crecimiento en diámetro entre Atun Pampa Co-D y el resto de los sitios evaluados (Tabla7)

Tabla 7 Test de Duncan para estimadores de crecimiento

Grupo	Estimador	n	sitio
A	0.77917	12	Atun Pampa CoD
B	0.57500	12	Athos Pampa CoB
B	0.55083	12	Athos Pampa CoC
B	0.50083	12	Yacanto CoB

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la velocidad de crecimiento evaluada a través del estimador de crecimiento a nivel de sitio.

Variable de calidad: densidad básica

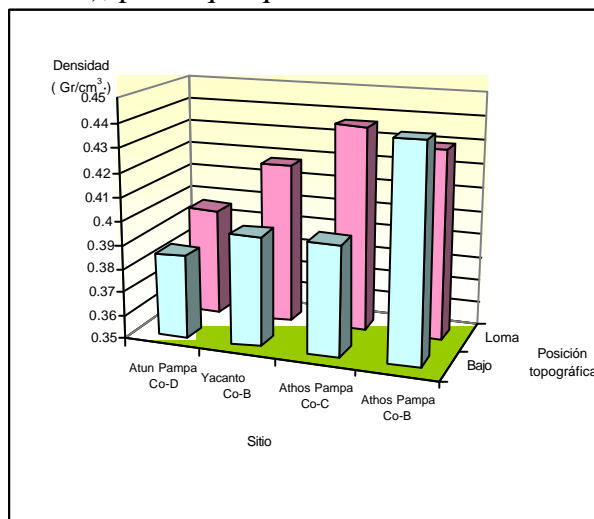
La Tabla 8 muestra los valores de densidad básica de las muestras estudiadas. El ANOVA de la densidad básica estandarizada mostró diferencias significativas ($P>0.0326$) a nivel de sitio. No se detectaron diferencias entre bajo y loma topográfica.

Tabla 8 Densidad básica de *Pinus elliotti* (Engelm)

TRATAMIENTO		Densidad
Posición topográfica	Sitio	(Gr/cm ³)
LOMA	Atun Pampa Co D	0.396
	Yacanto Co BC	0.4183
	Athos Pampa Co C	0.437
	Athos Pampa Co B	0.430
	Atun Pampa Co D	0.385
BAJO	Yacanto Co BC	0.3963
	Athos Pampa Co C	0.3966
	Athos Pampa Co B	0.44015
B	-0.002600	12 Atun Pampa CoD

Los valores promedios de densidad (Fig 1) para todas las muestras fueron de 0.4124 gr /cm³, discriminados en loma: 0.420 gr/cm³ y en bajo: 0.4045 gr/cm³ . Esto podría atribuirse a tasa de crecimiento diferencial en ambas posiciones topográficas , método mixto: el análisis que combina la categorización de sitios por crecimiento altura/año más los datos de suelos y topográficos ermiten afirmar que en la loma el sitio es de peor calidad y el crecimiento menor, con lo cual la proporción de leño temprano y tarde serían diferentes. Esto es a mayor crecimiento mayor expresión del leño temprano y con ello menor densidad ya que la relación porcentual entre espesor de pared y lumen celular conduce a eso.

Estos valores promedio resultan ligeramente inferiores a los citados para *Pinus elliottii* (Engelm) en Misiones, donde los valores promedios de densidad básica son de 0,44 gr/cm³(González et al.,1992). Sin embargo, si se analizan las diferencias entre los datos locales versus los de Misiones sobre una base porcentual, resultan del 7%, valor inferior aún a los coeficientes de variación con los que se trabajó en este estudio (9-13% para la variable densidad básica), por lo que quizás las diferencias no sean tales.

**Fig. 1 Densidad básica de la madera de *Pinus elliottii* (Engelm) por sitio y posición topográfica**

Densidad básica-estimador de crecimiento

Para completar el análisis de las variables se realizó un análisis de regresión entre densidad básica y estimador de crecimiento categorizadas por sitio. Si bien los valores de densidad fueron aparentemente superiores en las parcelas ubicadas en las lomas, donde el crecimiento en altura es menor, este hecho no se reflejó con significancia estadística en el análisis de regresión.

Si se analizan por separado los valores de bajo y loma, es posible distinguir un patrón definido de comportamiento sólo en el bajo ($P=0.043$). La tabla 9 presenta las ecuaciones de regresión. El signo negativo indica un comportamiento inverso entre las variables, de forma tal que una mayor tasa de crecimiento corresponde menor densidad de la madera. Las relaciones coinciden con lo observado por numerosos autores: Goddard y Strickland (1964), Boneman (1972); Hawkins et al (1972), Boden (1982), Tinto et al (1989) y Lara y Botzon (1998) quienes trabajando con diversas especies de pinos determinaron un comportamiento inverso entre densidad básica y velocidad de crecimiento.

Un comportamiento diferente se observó en las lomas, donde la probabilidad asociada fue muy baja, sin significancia estadística. Estos hechos aparentemente contradictorios podrían atribuirse a que en el bajo la disponibilidad de nutrientes, y condiciones microclimáticas edáficas asociadas permiten una mejor expresión fenotípica medible en términos del crecimiento y sus variables alométricas.

Tabla 9 Regresión entre densidad básica y estimadores de crecimiento.

Ecuaciones
Bajo: ($P=0.0431$) *
Densidad= $1,820 - 2,147 * \text{estimador de crecimiento}$
Loma: ($P=0.1499$) no se detectan diferencias significativas
Densidad= $1,725 - 1.492 * \text{estimador de crecimiento}$

Relaciones entre variables

Se categorizó a Atun Pampa, como sitio de menor aptitud forestal por su Índice de Sitio tiene la mayor tasa de crecimiento en diámetro. A su vez tiene el menor DAP entre sitios. Adicionalmente, el crecimiento en altura se pudo usar como bioindicador de la calidad de sitio pero no como el único.

El estudio puso en evidencia que la densidad se correlaciona con el crecimiento en diámetro. Se detectó una asociación entre sitio y crecimiento en altura.

CONCLUSIONES

- Este estudio permitió identificar una relación entre sitio y altura, la cual se expresó completamente en los mejores sitios; no así en los peores sitios. De allí que, la altura de árboles dominantes y codominantes como indicador del sitio, no debería tomarse "per se" como el único elemento válido para indicar la calidad de sitios.
- El método mixto que combina en el análisis de la productividad de un sitio variables edáficas, topográficas e IS resultó una excelente herramienta silvícola para categorizar sitios.
- Las evidencias experimentales demostraron que el sitio forestal determinó la velocidad de crecimiento de *Pinus elliottii* (Engelm). De ellas, el estimador de crecimiento tomado como tasa fue el más adecuado para evaluar la dinámica del crecimiento juvenil en diámetro de los ejemplares de un rodal.
- Las relaciones entre velocidad de crecimiento de *Pinus elliottii* (Engelm) y sitio forestal evaluadas en la zona de Yacanto de Calamuchita y áreas aledañas fueron evidentes a través del análisis de los anillos de crecimiento-entre otros-. Esto es, cómo y cuánto crecieron los ejemplares evaluados, manifestándose en la relación entre proporción de leño temprano y leño tardío que determina la densidad básica de la madera. En efecto, esta propiedad tomada como indicador de la calidad de la madera mostró una tendencia inversa con el factor topografía. Esto quedó de manifiesto en los bajos topográficos.
- La topografía dentro de sitio determinó tendencias de crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- BODEN D.I. 1982. The relationship between timber density of the three major pine species in the Natal midlands and various site and tree factors. 35 th. Ann. Rep. Wattle Res. Inst. S. Africa, 120-126.
- BONNEMANN A. 1972. Modificaciones de las propiedades de la madera como consecuencia de la transformación del bosque natural en bosque manejado en la región forestal de Chile. Actas VII Congreso Forestal Mundial; Tomo 2, pag.2054-2061.
- CARMEAN, W.1975. Forest site quality evaluation in the United States Advances in Agronomy 27:208-269
- DANIEL P.; Helms U. and Baker F. 1982. Principios de Silvicultura. Cap. 6 y 12. Ed. Mc Graw-Hall. 1° ed. WDC.
- DORADO, M. 2001. Tesis de Maestría: Comportamiento silvicultural de *Pinus elliotti*(Englem) en Valle de Calamuchita pp 76
- ELLIOT, G. 1970. Wood density in conifers. Technical communication 8 Commonwealth Forestry Bureau Oxford England
- FASOLA, H; Fernández, R; Crechi, E y Kuzdra H. 1993 Estudio comparativo del comportamiento de funciones de índice de sitio para *Pinus elliottii* Englem en Misiones. Actas Relatorio y Trabajos Voluntarios sobre Bosques Implantados del Cgrso Forestal Argentino y Latinoamericanoo Paraná Entre Ríos.
- FRIEDL, R, Fernández, Roberto; Creci, E1991. Estudio de comportamiento de la función altura-edad en la evaluación de la calidad del sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze Rev Yvyrareta Año 2 N 2 : 42-50
- GODDARD R.E. and Strickland R.K. 1964. Interrelationships among tree and site characteristics. Tree improvement Tips. N°1. Univ. Florida. Florida; 22 pp.
- GONZÁLEZ R, Pereyra, O.,Suirez T 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pino elliottii* reforestado en la provincia de Misiones Rev. Yviraretá 4, 5-19
- HAWKINS P.J.; Nikles, D.G. and Smith W.J. 1972. Management, genetic improvement and wood properties of *Pinus caribaea* in Queensland. Actas VII Congreso Forestal Mundial. pp. 2132-2146. Buenos Aires, Argentina.
- HOUKAL D. 1983. Variación geográfica de la densidad básica de la madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus caribaea* en Honduras. Esc. Nac. de Cs. Forest. Siguatepeque, Honduras. Artículo Científico 4, 11 pgs.
- IZURRIETA G. 1995: Ensayo de raleo en plantaciones de *Pinus elliottii* en el Valle de Calamuchita. Inédito.
- KOLLMANN F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ed. IFIE, Madrid, España. pp 359-484.
- LARA P; Hernando A.y Boltzon de Muñiz G. 1998. Variación de Propiedades físicas, anatómicas y mecánicas de la madera de *Pinus elliotti* Engelm y *Pinus taeda* L. Primer Congreso Latinoameircano IUFRO. Tema 5: productos Forestales. Valdivia- Chile
- LUTI F. et al; 1979: Geografía física de la provincia de Córdoba.
- MUÑIZ G.; Klock, U. 1996. Avaliação das propriedades da madeira das principais especies de *Pinus* plantadas no sul e sudeste do país e sua corelação com o uso final. Projecto Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad de Ciencias Forestales -UNaM- EEA Montecarlo -INTA- Eldorado,Misiones, Argentina

- Pesquisa Reg BANPESQ N 96004342. Pp26. Curitiba.BRASIL
- MUTTARELLI E., 1991. Análisis dasométricos de las plantaciones forestales del Valle de Santa Rosa de Calamuchita, Provincia de Córdoba. Inédito.
- PACHECOY, V.; Gorgas M;Tassile A L. et al, 1988. Mapa de suelos. Estudio de los suelos, descripción y evaluación de la aptitud de uso y fines forestales. Hoja 3366-6 Santa Rosa de Calamuchita. Córdoba
- PIETRARELLI L., 1989. Análisis del crecimiento y producción de poblaciones naturales de Prosopis aff. flexuosa y Prosopis aff. chilensis en distintas densidades. Informe beca invest. CONICOR. Córdoba. Argentina. pp 54
- SCOLFORO, S; Machado A. 1988 Curvas de índice de sitio para Plantacoes de Pinus elliottii nos estados do Paraná e Santa Catarina Floresta XVIII: 140-158
- STOKES M.A. and Smiley T. L. 1968. An introduction to tree-ring dating. Univ. Chicago Press. Chicago.USA. 120 pp.
- TINTO J. y Tortorelli L. 1989. Incidencia de la velocidad de crecimiento sobre el peso específico de la madera de Eucalyptus grandis. Rev. AFOA n°2/89 p34-38.
- VANCLAY,J. 1992. Assesing site productivity in tropical moist forests: a review In: Forest Ecology and Management , 54 : 257-287
- WHITE E. 1979. The prediction and selection of climatological data for ecological purposes in Great Britain. J.Apl.Ecol.,16: 141-160.
- ZHANG, S. 1997 Wood soecific gravity -mechanical property relationship at species level wood Science and technology 31 (3) :181-191
- ZOBEL B. and Van Buijtenen J. 1989. Wood variation causes and control . Ed. Springer. Giessen, Deutschland. pp 363.