

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

MADERA JUVENIL EN *Pinus taeda*, CULTIVADO EN URUGUAY

Por

FACULTAD DE AGRONOMIA



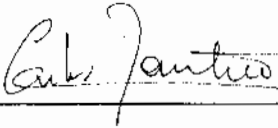
DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA


**Elena BOCAGE BIDART
Leonardo BORAGNO RODRIGUEZ
Adrián ENRIQUE BAPTISTA**

TESIS presentada como uno de los requisitos
para obtener el título de Ingeniero
Agrónomo.

**Montevideo
URUGUAY
2000**

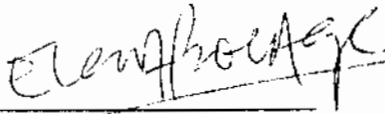
TESIS aprobada por:

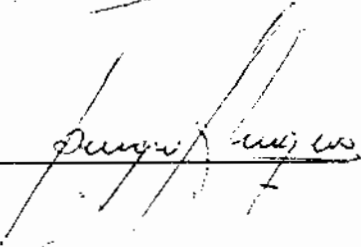
Director: CARLOS MANTERO 
(Nombre completo y firma).

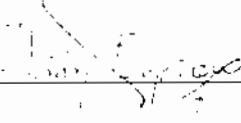
GONZALO ZILIANI 
(Nombre completo y firma).

ESTELA PRIORE 
(Nombre completo y firma).

Fecha: _____

Autores: ELENA BOGAGE BIDART 
(Nombre completo y firma).

Leonardo Soriano Rodríguez 
(Nombre completo y firma).

Adrián Enrique Padilla 
(Nombre completo y firma).

AGRADECIMIENTOS

- *Los autores agradecen al Ingeniero Agrónomo Carlos Mantero, por su permanente apoyo en todas las etapas de elaboración del trabajo.*
- *Al Ingeniero Agrónomo Luis Gallo por la disposición que tuvo con los autores en los trabajos de campo realizados en la Estación Experimental de Bañado de Medina.*
- *A Sr. Julio Ren por el apoyo en la etapa de laboratorio.*
- *Al personal de la Unidad de microscopía y medios audiovisuales.*
- *A la cátedra de microbiología por cedernos el espacio físico para el trabajo de laboratorio, así como muchos de los materiales e instrumentos con que se trabajó.*
- *Al Ingeniero Agrónomo José Králl por su apoyo en la búsqueda de información.*
- *Al departamento de biometría y desarrollo informático.*
- *Al personal de biblioteca.*
- *A Brian G. Butterfield, por su interés y preocupación en brindarnos información.*

LISTA DE CUADROS

1. Comparación de las diferentes técnicas de medición (Chin-Lin Huang <i>et al</i> (1997)).	16
2. Información general de los árboles a muestrear.	17
3. Información de los árboles muestreados, pertenecientes a la parcela podada.	21
4. Información específica de los árboles muestreados.	22
5. Número total de medidas.	27
6. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela <i>A</i> y altura 1,30 m.	32
7. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela <i>A</i> y altura 3,30 m.	33
8. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela <i>B</i> y altura 1,30 m.	34
9. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela <i>B</i> y altura 3,30 m.	34
10. Análisis de varianza.	36

11. Comparación entre tratamientos a las dos alturas.	37
12. Comparación de medias, para la fuente de variación: Tratamiento y Altura.	37
13. Comparación de medias, para la fuente de variación: Anillo.	38
14. Modelo de ajuste cuadrático.	39
15. Modelo ajustado para la parcela con poda a ambas alturas.	40
16. Modelo de ajuste lineal.	40
17. Modelo ajustado para la parcela sin poda a ambas alturas.	41

LISTA DE GRAFICOS

1. **Medidas del ángulo microfibrilar en *Pinus taeda* (Ying *et al* (1994)).** 11
2. **Angulo microfibrilar de la capa S₂ en función del número de anillo, para seis diferentes alturas de muestreo y para 24 árboles (Megraw *et al* (1996)).** 12
3. **Comparación en el árbol N° 33, del ángulo microfibrilar, entre leño temprano y leño tardío, para un mismo número de anillo y la variación de esto a dos alturas (Megraw *et al* (1996)).** 13
4. **Comparación en el árbol N° 10, del ángulo microfibrilar, entre leño temprano y leño tardío, para un mismo número de anillo y la variación de esto a dos alturas (Megraw *et al* (1996)).** 13
5. **Comportamiento del AMF a medida que se aleja de la médula. Parcela A, a las dos alturas.** 33
6. **Comportamiento del AMF a medida que se aleja de la médula. Parcela B, a las dos alturas.** 35
7. **Comparación de modelos para ambos tratamientos a ambas alturas.** 41

LISTA DE FIGURAS

- 1. Representación esquemática de una fibra de madera, mostrando el arreglo de las microfibrillas en las varias capas de la pared celular (El-Hosseiny y Page (1973)).** 3
- 2. Arbol perteneciente a la parcela que fue sometida a poda.** 18
- 3. Arbol perteneciente a la parcela que no fue sometida a poda.** 19
- 4. Ubicación del potrero donde se realizó el trabajo de campo.** 20
- 5. Ubicación de los cuadros del ensayo en el potrero N° 8, presentando el detalle de las parcelas muestreadas.** 21
- 6. Tarugo mostrando los sitios de sección.** 24
- 7. Etapa de trabajo con el micrótopo.** 25
- 8. Etapa de trabajo con el microscopio y cámara fotográfica.** 26
- 9. Foto correspondiente al anillo N° 2, con un ángulo promedio de 37°.** 28
- 10. Foto correspondiente al anillo N° 20, con un ángulo promedio de 19°.** 29
- 11. Foto correspondiente al anillo N° 30, con un ángulo promedio de 13°.** 30

TABLA DE CONTENIDO

Página.

AGRADECIMIENTOS.

III

LISTA DE CUADROS.

IV

LISTA DE GRAFICOS.

VI

LISTA DE FIGURAS.

VII

TABLA DE CONTENIDO.

VIII

1.INTRODUCCION.

1

2. REVISION BIBLIOGRAFICA.

2

2.1. DESCRIPCION DE LA PARED CELULAR.

2

**2.2. CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE
LA MADERA JUVENIL.**

4

**2.3. EFECTOS QUE DETERMINAN LA PROPORCION
DE MADERA JUVENIL.**

6

**2.4. EXTENSION DEL PERIODO DE JUVENILIDAD
EN *P.taeda*.**

10

2.5. ANGULOS MICROFIBRILARES ENCONTRADOS EN <i>P.taeda</i>.	10
2.6. FUENTES DE VARIACION DEL COMPORTAMIENTO DEL ANGULO MICROFIBRILAR.	14
2.7. METODOS DE MEDICION DEL ANGULO MICROFIBRILAR (AMF).	15
3. <u>MATERIALES Y METODOS.</u>	17
3.1. TRABAJO DE CAMPO.	17
3.1.1. <u>Descripción del rodal.</u>	17
3.1.2. <u>Método y materiales de muestreo.</u>	21
3.2. TRABAJO DE GABINETE.	23
3.2.1. <u>Método y materiales.</u>	23
3.2.2. <u>Método de medición del AMF.</u>	23
3.2.3. <u>Número de medidas tomadas.</u>	27
3.2.4. <u>Procesamiento de datos.</u>	31
4. <u>RESULTADOS.</u>	32
4.1. ANGULOS PROMEDIOS OBSERVADOS.	32
4.2. ANALISIS ESTADISTICO.	36
4.2.1. <u>Análisis de varianza.</u>	

4.2.2. <u>Ajuste de los modelos para cada altura y tratamiento.</u>	39
5. <u>DISCUSION.</u>	42
6. <u>CONCLUSIONES.</u>	43
7. <u>RESUMEN.</u>	45
8. <u>SUMMARY.</u>	46
9. <u>BIBLIOGRAFIA.</u>	47

1.INTRODUCCION

Debido al auge de los últimos años del sector forestal en el Uruguay, producto de la ley N° 15.939, la industria forestal tendrá en el mediano plazo una mayor oferta y variedad de productos. Se hace indispensable un conocimiento global de sus características y propiedades, así como de los factores que influyen en éstas, para lograr una mayor calidad de los mismos.

En la actualidad existe la preocupación mundial por la baja calidad de la madera cosechada, lo cual lleva a tener muchos problemas al procesarla. Hasta hace pocos años, el parámetro principal para determinar la calidad de la madera era el peso específico aparente. Recientemente, el porcentaje de la madera juvenil ha cobrado relevancia como parámetro de calidad de madera.

Las nuevas prácticas de manejo, sobre todo rotaciones más cortas dan trozas con mayor porcentaje de madera juvenil. Esta última tiene entre otras características madera de menor densidad, traqueidas más cortas y mayores ángulos microfibrilares.

El propósito de este trabajo es aportar información acerca de la madera juvenil en *Pinus taeda* para un sitio específico del Uruguay, siendo ésta especie una de las más plantadas en el país y con un fuerte mercado potencial.

En el presente, se estudia la variación del ángulo microfibrilar de la capa S₂ de la pared celular, como una de las formas de determinar la proporción de madera juvenil, considerándose ésta última como una de las variables para determinar la calidad de la madera.

A su vez se determina y cuantifica el efecto de la poda en el ángulo microfibrilar, para dos alturas.

Debemos precisar que éste trabajo es un primer acercamiento en pos de suministrar información nacional sobre un tema de interés mundial y actual.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. DESCRIPCION DE LA PARED CELULAR

Tuset y Duran (1986) mencionan, que estudios combinando observaciones con microscopio óptico, microscopio electrónico, luz polarizada y difracción con rayos X, han confirmado la naturaleza fibrilar de la pared celular. Las fibrillas (o microfibrillas o micelas) se componen de manojos o haces de cadenas de moléculas de alfa-celulosa, siendo estas últimas polímeros formados por n unidades de glucosa.

Tanto Chafe (1974) como Barnett *et al* (1997) agregan, que las microfibrillas de celulosa se disponen en forma de láminas, estando presentes en plantas con diferente complejidad, desde algas unicelulares hasta plantas leñosas.

También se conoce hace mucho que la orientación de éstas puede cambiar drásticamente de una lámina a la siguiente como lo mencionan Preston y Astbury (1937); Nicolai y Frey- Wyssling (1938).

La pared celular de una fibra de madera, está compuesta por pared primaria y secundaria.

Una descripción más profunda es detallada por Page *et al* (1972), en esta nos muestran una pared secundaria constituida por las capas S₁, S₂ y S₃, cuyos subíndices se refieren al orden en que se formaron durante la diferenciación. En estas capas, la estructura cristalina de celulosa mencionada, se encuentra embebida en una estructura amorfa de hemicelulosa y lignina. Las capas S₁ y S₃ presentan microfibrillas dispuestas en sentido prácticamente perpendicular al eje de la fibra, mientras que en la capa S₂, las microfibrillas enrollan el eje en sentido helicoidal de manera empinada. El ángulo de la hélice o espiral, es denominado ángulo microfibrilar (AMF) y varía entre las fibras de un

mismo árbol y entre árboles pero es aproximadamente constante dentro de estas. Page (1969) afirma, que la capa S_2 es por lejos la más espesa, entre el 80-95 % del material de pared celular esta contenido dentro de la misma, por lo que su ángulo microfibrilar es importante en el estudio del comportamiento físico de las fibras y la madera. De esto último Page *et al* (1972) dan los siguientes ejemplos, la tensión o fuerza de la fibra depende del ángulo fibrilar y la contracción de una pieza de madera depende del valor promedio de éstas, tal como lo confirman Harris *et al* (1965) y Bain *et al* (1972).

Walker y Woollons (1997) concluyen que la S_2 contribuye en gran forma a la rigidez axial y a la resistencia de la madera, mientras que las capas S_1 y S_3 tienen una influencia menor en estas propiedades ya que tienen sus microfibrillas pobremente alineadas.

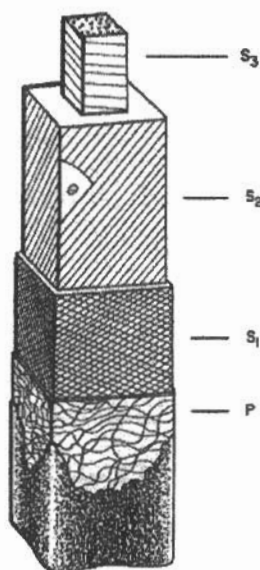


Fig. N° 1. Representación esquemática de una fibra de madera, mostrando el arreglo de las microfibrillas en las varias capas de la pared celular (El-Hosseiny y Page (1973)).

La figura N° 1 representa esquemáticamente según El-Hosseiny y Page (1973), una fibra de madera, mostrando el arreglo de las microfibrillas celulósicas en las varias capas de la pared celular, donde P representa la pared primaria; S₁, S₂ y S₃ son las múltiples capas de que se compone la pared secundaria. Nótese la orientación de las microfibrillas en las sucesivas capas, con el detalle del ángulo para el caso de la S₂, determinado por el eje de la fibra y la orientación de sus microfibrillas.

2.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA MADERA JUVENIL

Los primeros anillos que forma el árbol están constituidos de madera juvenil. Durante este temprano período de crecimiento, las características de la madera producida año tras año cambian gradualmente hasta que se hacen relativamente constantes, conociéndose a este último tipo de material formado, como leño maduro.

Byrd *et al* (1965), detectan que entre las características de leño juvenil y las de leño maduro existen diferencias, siendo de mayor importancia las anatómicas que las químicas.

Frankling *et al* (1969) además habían reportado que el largo celular es más corto en los anillos adyacentes a la médula, siendo menor a 1 mm. De acuerdo a esto, Youming *et al* (1997), agregan, que durante el período de formación de leño juvenil se prioriza la mitosis en detrimento de la elongación celular. Esto da como resultado, células más cortas, lo que condiciona en fuerte medida los valores del ángulo microfibrilar.

McAlister (1988), agrega además, que en las coníferas, la madera juvenil comparada con la madura tiene como diferencias anatómicas, mayor contenido de madera de compresión y menor porcentaje de leño tardío, como diferencias químicas,

menor contenido de celulosa y mayor contenido de lignina y como diferencias físicas menor resistencia y menor peso específico. A su vez Tuset y Duran (1986) nombran las siguientes características físicas:

- Las contracciones tangencial y radial son menores, mientras que la longitudinal es mayor, siendo ésta hasta diez veces más intensa que en la madera normal.
- Las piezas aserradas que la contienen tienden a alabearse durante el secado.

Kretschamn *et al* (1993), concluyen que la madera juvenil, por sus características, tiende a reducir la utilidad tradicional de los productos de la madera, por lo que se vuelve no deseable. La industria del papel se ha adaptado al creciente suministro de leño juvenil como materia prima, mezclándose con madera madura de otros árboles o especies y así mejorando la tecnología del pulpado. Según Clark (1986), las propiedades de la madera juvenil en *Pinus*, la hacen menos deseable tanto para pulpa de papel como para productos de madera sólida.

Tuset y Duran (1986) explican que, al igual que para el caso del grano espiralado (que a veces se presenta asociado con madera de corazón juvenil), la aparición de éste defecto puede reducirse mediante la aplicación de medidas silviculturales y tecnológicas. Las primeras comprenden la realización de bosques cultivados con densidades adecuadas, evitando las densidades defectivas, que favorecen normalmente un crecimiento inicial acelerado. Se establece como un buen ritmo de crecimiento, de uno a dos anillos por centímetro. Como medida tecnológica básica, se recomienda separar en el aserradero la madera cercana a la médula del resto del rollo; con ello se tiende a obtener piezas homogéneas en cuanto al peso específico. Al respecto, se considera que el ideal es separar en una pieza la madera de los primeros doce anillos de crecimiento; sin

embargo, ya se podría lograr una gran mejora en la calidad de las piezas, separando en una de ellas la madera de los primeros cinco anillos, donde ocurre con mayor intensidad la presencia de grano espiralado y madera de corazón juvenil, defectos que dan lugar a alabeos muchas veces intensos, durante el proceso de secado.

West (1997) agrega, que la inclusión del número de anillos de la cara menor de una troza, como criterio adicional al diámetro, en la confección de tarifas ayudaría a determinar con mejor precisión el porcentaje de madera juvenil y por consiguiente la densidad de la madera.

2.3. EFECTOS QUE DETERMINAN LA PROPORCION DE MADERA JUVENIL

Según Clark y Saucier (1986), poco es el conocimiento sobre la mecánica biológica que controla el período de juvenilidad en árboles leñosos, sobre todo en coníferas. Existiendo dos teorías, la primera hace referencia a que éste período está relacionado con el crecimiento en vigor, estando éste último altamente influenciado por la densidad de plantación, mientras que la segunda afirma que esto es controlado genéticamente.

Tuset y Duran (1986), definen a la madera juvenil como un defecto de tipo estructural. Fundamentan que la misma se produce en árboles con crecimiento inicial intenso, dado por condiciones ecológicas muy favorables o de haber crecido en una masa boscosa de baja densidad (escasos árboles por hectárea o densidad defectiva).

Youming *et al* (1997), explican como varía la importancia de cada efecto con la edad del árbol. A medida que éste envejece el componente genético que controla el ángulo microfibrilar pierde importancia. Dicho de otro modo, a medida que el árbol envejece, el componente genético que regula el ángulo microfibrilar disminuye en la

n misma medida que aumenta el peso del componente ambiental. Las diferencias dentro de una procedencia son mayores que las diferencias entre procedencias para árboles creciendo en un mismo sitio.

Por su parte, McAlister (1988), afirma que las propiedades mecánicas y la estabilidad dimensional de las maderas juvenil y madura en plantaciones de *Pinus taeda* están afectadas por el sitio y la fuente de semilla, entendiéndose como componente ambiental el primero y genético el segundo. Este continúa diciendo que los factores de mayor importancia que afectan la formación de madera juvenil, se pueden agrupar bajo los siguientes tres efectos:

A) *EFFECTOS GENETICOS*

- Especie
- Procedencia
- Heredabilidad

B) *EFFECTOS AMBIENTALES*

- Clima
- Estación de crecimiento
- Sitio/ Balance hidrico

C) *EFFECTOS SILVICULTURALES*

- Preparación del sitio
- Espaciamiento
- Plantación
- Raleos/ Podas
- Fertilización
- Riego

El mismo autor afirma que es esencial determinar el efecto de las prácticas silviculturales en las propiedades físicas y mecánicas de la madera de coníferas, de modo que sus efectos adversos en la calidad del producto y en los rendimientos puedan ser minimizados en las futuras plantaciones.

A) EFECTO GENÉTICO

Schweingruber (1993), cita que el desarrollo de las traqueidas se determina por la distancia a la copa, el número de anillo y la posición de la madera dentro del anillo de crecimiento (es decir leño temprano o leño tardío). La clase de madera que se forma depende del grado de desarrollo del árbol cuando ésta se deposita, de la proximidad a la copa y a las yemas de crecimiento.

Este autor hace énfasis en que la madera juvenil y madera madura son muy diferentes y cada una varía entre árboles. Menciona además que la variación entre árboles de un mismo sitio es muy importante. Por último agrega que la variación dentro del árbol tiene tres componentes: a) Dentro del anillo; b) Entre anillos, desde el centro hacia la periferia; c) Y en altura.

B) EFECTO AMBIENTAL

Schweingruber (1993), cita que yemas activas producen muchas auxinas, las que estimulan el desarrollo de traqueidas de gran diámetro y paredes delgadas. Cualquier factor que baje la actividad apical, baja la fuente de auxinas, baja el diámetro celular, aumenta el grosor de pared y por lo tanto aumenta el peso específico en lo que refiere al pasaje de leño temprano a leño tardío. Cuando cesa la elongación del brote, bajan las auxinas y comienza la formación de leño tardío.

Por otra parte, West (1997) afirma, que la calidad del sitio determina el porcentaje de madera juvenil.

C) EFECTO SILVICULTURAL

Shepherd (1986), menciona que el segundo efecto, en orden de importancia, de la poda de ramas vivas inferiores de los árboles jóvenes es mucho menos obvio que la eliminación de nudos. Este autor cita a Larson (1962), quien observó que la remoción de copa viva aleja la porción podada del fuste de la influencia fisiológica de ésta, provocando allí una transición prematura de leño juvenil a maduro. En el mismo trabajo se nombra a Polge *et al* (1973), quienes observaron que en *Pseudotsuga menziesii* y *Abies grandis*, la poda de ramas verdes conducía a una transición más rápida a leño maduro que la esperada en la sección podada del fuste. Shepherd (1986) también, cita a Nicholls y Dadswell (1965), quienes afirman que esta transición de leño juvenil a leño maduro ocurre en todos los árboles. En coníferas resulta en un incremento gradual en la longitud de traqueidas y en la densidad media de los anillos. Finalmente, Schweingruber (1993) concluye que las diferencias en las propiedades de la madera entre montes naturales y bosques implantados se asocian a las cortas rotaciones y consecuentes altos porcentajes de leño juvenil; esto concuerda con lo afirmado por West (1997), quien afirma que las nuevas prácticas de manejo, sobre todo rotaciones más cortas dan trozas con mayor porcentaje de madera juvenil. Schweingruber (1993), continúa diciendo que factores silviculturales tales como, buena preparación del sitio, control de competencia, fertilización y menores densidades van a favorecer el aumento del porcentaje de leño juvenil.

Por otra parte, West (1997) afirma que cambiar sustancialmente la severidad de la poda en *Pinus radiata*, no tiene un gran efecto sobre el porcentaje de madera juvenil. El mismo concluye que la poda tiene su mayor efecto sobre el porcentaje de madera juvenil en la troza basal.

2.4. EXTENSION DEL PERIODO DE JUVENILIDAD EN *P. taeda*.

McAlister (1988), trabajando con *Pinus taeda* en Georgia (Estados Unidos), encuentra un período de transición de madera juvenil entre la quinta y decimoquinta estación de crecimiento.

Según Walker y Woollons (1997), la clasificación entre leño adulto y leño juvenil es muy subjetiva, siendo la transición entre ambos no precisa. Para el género *Pinus*, los mismos citan que las características de la madera adulta se muestran con certeza a partir del anillo 25-30. En el leño adulto las características tales como el ángulo microfibrilar (10°), el largo de las traqueidas (4,5 mm) y la densidad permanecen estables.

Schweingruber (1993), también menciona que en *Pinus taeda* la formación de madera juvenil ocurre durante los primeros diez años. Esto concuerda con lo expresado por Pearson *et al* (1980) y por Zobel y McElwee (1958) quienes afirman que *Pinus taeda* tiene un período de juvenilidad de 9 a 12 años.

2.4. ANGULOS MICROFIBRILARES ENCONTRADOS EN *P. taeda*.

Según Walker y Woollons (1997), el ángulo microfibrilar es la característica fundamental que determina las propiedades de la madera y no el peso específico por sí solo (sobre todo en leño juvenil de coníferas), estando éste en función del número de anillo y de la altura del árbol. Estos mismos autores citan a Ying *et al* (1994), quienes expresan que en el caso del *Pinus taeda*, el cambio en el ángulo microfibrilar con la edad tiene un patrón que se puede representar con una función escalonada, constante para los primeros cinco años y nuevamente constante a partir del año decimotercero, esto se puede apreciar en el gráfico N° 1.

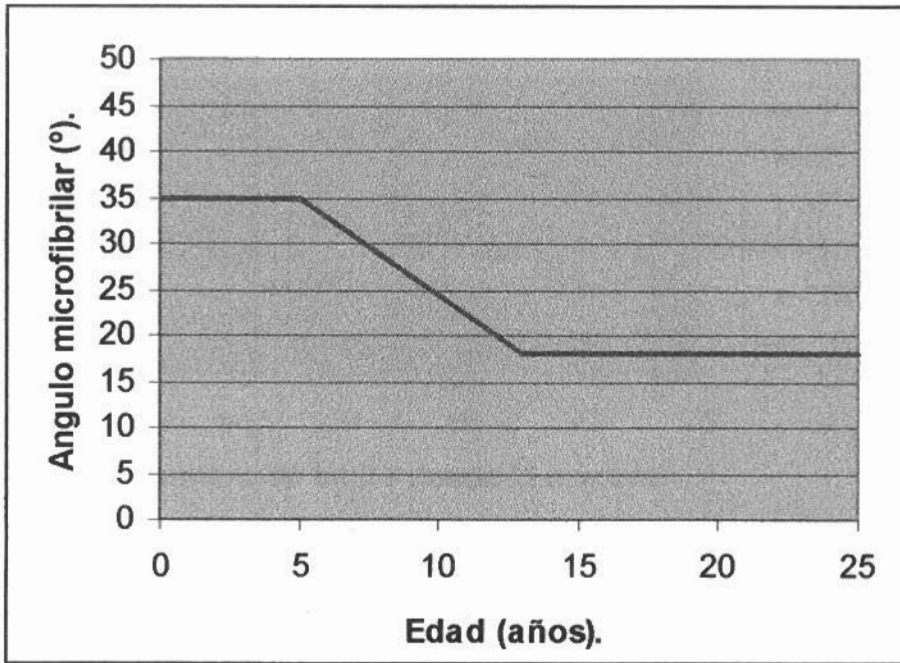


Gráfico N° 1. Medidas del ángulo microfibrilar en *Pinus taeda* (Ying et al (1994)).

Megraw *et al* (1997) modelaron el comportamiento del ángulo microfibrilar de acuerdo al número de anillo desde la médula y la altura en el árbol. Sus resultados se aprecian en el gráfico N° 2, donde cada punto representa el promedio de veinticuatro árboles muestreados. Todos los valores son para anillos completos (leño temprano y tardío juntos).

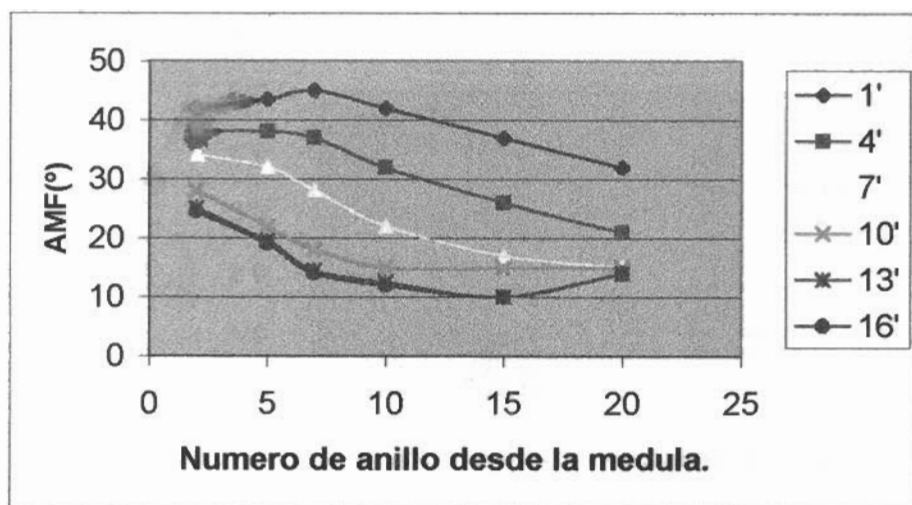


Gráfico N° 2. Ángulo microfibrilar de la capa S_2 en función del número de anillo, para seis alturas diferentes de muestreo y para 24 árboles (Megraw *et al* (1997)).

En éste se ve que el ángulo microfibrilar tiene una fuerte dependencia en la posición del anillo y la altura. Este se hace máximo en los anillos más internos de la base del árbol. También en este gráfico se muestra la influencia del raleo en el aumento del ángulo microfibrilar para 13 y 16 pies en el anillo veinte que fue realizado cuatro años antes de este último muestreo. Lo que demuestra que se verifica un aumento en el ángulo microfibrilar luego de tratamientos que provoquen un rápido crecimiento, tal como lo habían documentado anteriormente Wardrop (1951) y Erickson (1974) y son citados en el trabajo de Megraw (1997). En este trabajo también se estudió la variación existente entre árboles, discriminándose los distintos ángulos microfibrilares a dos alturas diferentes y diferenciándose los mismos para leño temprano y tardío. Los resultados obtenidos se muestran en los gráficos N° 3 y 4. De los gráficos se concluye que a diferentes alturas para un mismo anillo, existen diferentes valores de ángulos microfibrilares, bajando estos a medida que se asciende.

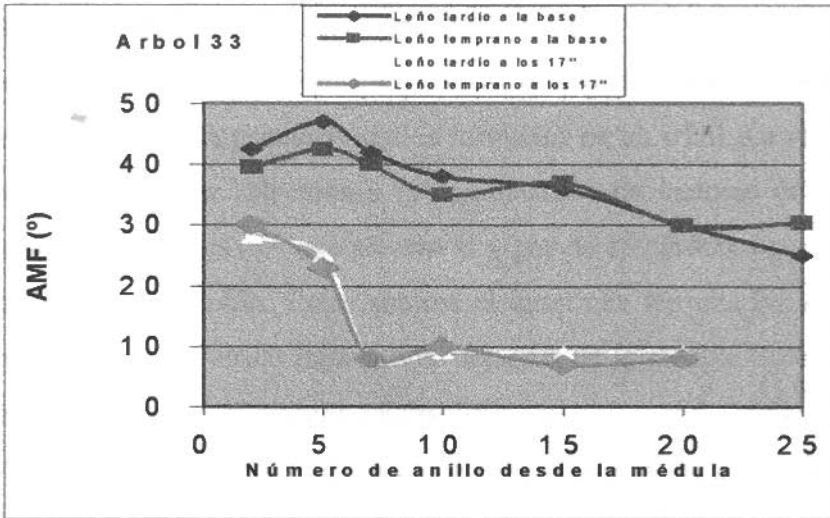


Gráfico N° 3. Comparación en el árbol N° 33, del ángulo microfibrilar, entre leño temprano y leño tardío, para un mismo número de anillo y la variación de esto a dos alturas (Megraw *et al* (1996)).

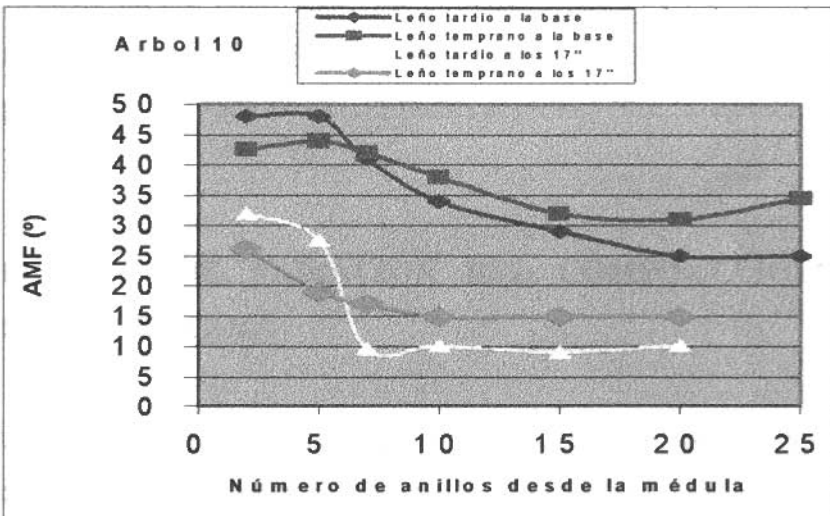


Gráfico N° 4. Comparación en el árbol N° 10, del ángulo microfibrilar, entre leño temprano y leño tardío, para un mismo número de anillo y la variación de esto a dos alturas (Megraw *et al* (1996)).

Maxon *et al* (1965), encontraron, trabajando con *P. taeda*, inclinaciones con respecto al eje longitudinal de las traqueidas desde 5 ° a 25 ° en el leño tardío normal. Afirmando que los ángulos microfibrilares mayores se asocian a anillos de crecimiento más anchos, y en general a los primeros anillos formados en un árbol. La variabilidad de los ángulos microfibrilares se relaciona a la combinación de factores de posición del anillo del árbol y a las condiciones que afectan el vigor de crecimiento como las que se reflejan con el espesor del anillo. Estos autores al igual que los citados anteriormente afirman que el ángulo microfibrilar baja si nos alejamos de la médula. Ellos observaron una tendencia natural a que el ángulo microfibrilar decrezca más gradualmente a la altura DAP que a una altura intermedia entre el tocón y la base de la copa viva, confirmando lo dicho anteriormente. Luego los mismos plantean la importancia que tienen las diferentes prácticas silviculturales sobre la variación del ángulo microfibrilar, mencionando que el espaciamiento de los árboles afecta el mismo, de modo que árboles más juntos tienen ángulos más pequeños (para un número de anillos dado). Concluyendo que, luego del raleo de los pinos aumenta el ángulo microfibrilar. En síntesis estos autores afirman que, la posición del anillo con respecto a la médula y las condiciones ambientales que afectan el vigor de crecimiento, contribuyen a la variación del ángulo fibrilar.

2.6. FUENTES DE VARIACION DEL COMPORTAMIENTO DEL ANGULO MICROFIBRILAR.

De acuerdo a lo expuesto por Donalson (1997), en su estudio de la variación del ángulo microfibrilar, dentro y entre árboles pertenecientes a un mismo sitio, encuentra luego de realizar el análisis de varianza que la mayor variación se da entre árboles ($p = 0,028$). La variación entre los anillos de un mismo árbol ($p = 0,171$) y la variación dentro de un mismo anillo ($p = 0,510$), no resultaron significativas.

2.7. METODOS DE MEDICION DEL ANGULO MICROFIBRILAR (AMF).

Tal como lo describen Chih-Lin Huang *et al* (1997), existen distintos métodos que permiten medir el AMF, algunos de ellos son:

- Luz polarizada (*)
- Tinción con Iodo (*)
- Chequeo ultrasónico
- Apertura de la puntuación (*)
- Calentamiento
- Difracción de Rayos X

(*) La muestras se pueden obtener usando micrótopo o prescindiendo de éste (a mano con elemento cortante).

El cuadro N° 1, compara las diferentes técnicas de medición, donde los números altos indican la mayor precisión, la facilidad de lectura, la facilidad de preparación de la muestra y la simplicidad del equipo a utilizar. Por último, se listan las principales ventajas y desventajas de cada método.

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
Microscopio de luz polarizada / secciones de 15 μm .	2	3	3	3	<input checked="" type="checkbox"/> No se precisa hacer la orientación microfibrilar visible <input checked="" type="checkbox"/> Difícil para fibras de paredes gruesas; se precisa experiencia para encontrar áreas con pared secundaria simples
Microscopio de luz polarizada / secciones a mano.	1	1	5	4	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra fácil. <input checked="" type="checkbox"/> Difícil de alinear y leer.
Tinción con Iodo al microscopio óptico / secciones 15 μm .	5	1-4	2	4	<input checked="" type="checkbox"/> Muy usada para calibrar en el método de difracción de Rayos X <input checked="" type="checkbox"/> Gases tóxicos; Difícil diferenciar el patrón de la S2, del de la S1 o S3
Tinción con Iodo al microscopio óptico / secciones a mano.	4	1-3	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> Rápida preparación de la muestra <input checked="" type="checkbox"/> Difícil de alinear y leer
Chequeo ultrasónico al microscopio óptico / secciones de 15 μm .	5	4	2	3	<input checked="" type="checkbox"/> Chequeo más consistente que el del Calentamiento <input checked="" type="checkbox"/> Mucha fibrilación en ángulos microfibrilares bajos
Apertura de la puntuación al microscopio óptico / secciones de 15 μm .	1-4	1-4	3	4	<input checked="" type="checkbox"/> mínimo entrenamiento; aperturas fácilmente disponibles; alta precisión en leño tardío
Apertura de la puntuación al microscopio óptico / secciones a mano.	1-3	1-3	5	5	<input checked="" type="checkbox"/> mínimo entrenamiento; aperturas fácilmente disponibles; alta precisión en leño tardío
Calentamiento / secciones de 15 μm .	5	5	1	3	<input checked="" type="checkbox"/> Fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Chequeo inconsistente
Difracción con rayos X / Areas de $\frac{3}{4}$ " cuadradas en superficie tangencial de leño temprano y leño tardío.	3	4	2	1	<input checked="" type="checkbox"/> Muchas fibras en un escaneo <input checked="" type="checkbox"/> No se puede usar a campo, se precisa calibración, no se puede leer una sola fibra

A.- Técnica aplicada.

B.- Precisión.

C.- Facilidad de lectura.

D.- Facilidad de preparación de la muestra.

E.- Simplicidad de manejo del equipo.

F.- Principales, ventajas y desventajas del método.

Cuadro N° 1. Comparación de las diferentes técnicas de medición (Chin-Lin Huang *et al* (1997)).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. TRABAJO DE CAMPO

3.1.1. Descripción del rodal

El primer paso para la realización del presente trabajo, consistió en ubicar ejemplares de *Pinus taeda* mayores a 25 años lo más uniformes posibles, en cuanto a edad, sitio de plantación, origen de semilla y manejo silvicultural inicial. También se buscó que existieran árboles podados para poder estudiar el efecto de esta práctica sobre el AMF, así como árboles sin podar que sirvieran de testigo (Ver figura N° 2 y N° 3).

Los árboles se obtuvieron de un ensayo de orígenes, ubicado en La Estación Experimental Bañado de Medina, departamento de Cerro Largo, (Coordenadas geográficas: Longitud 60° 35-40' Oeste y Latitud 36° Sur).

A continuación se presenta el cuadro N°2, esquematizando las características en común de los árboles muestreados:

Ubicación del Rodal	Potrero N° 8 (Al fondo) * Ver Figura N° 4.
Especie	<i>Pinus taeda</i>
Origen de Semilla	Texas; EEUU
Fecha de Plantación	1960
Densidad inicial	1666 árboles /hectárea
Marco de Plantación	3 x 2

Cuadro N°2. Información general de los árboles a muestrear.



Figura N° 2. Arbol perteneciente a la parcela que fue sometida a poda.



Figura N° 3. Arbol perteneciente a la parcela que no fue sometida a poda.

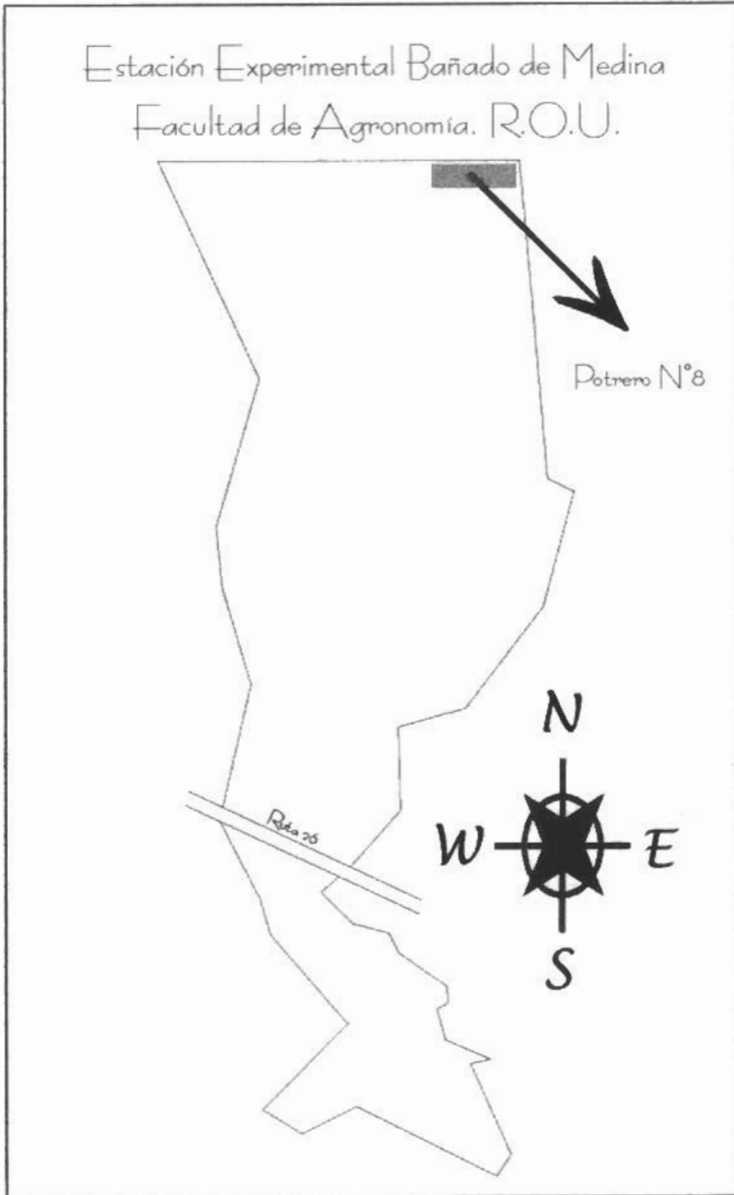


Figura N°4. Ubicación del potrero donde se realizó el trabajo de campo.

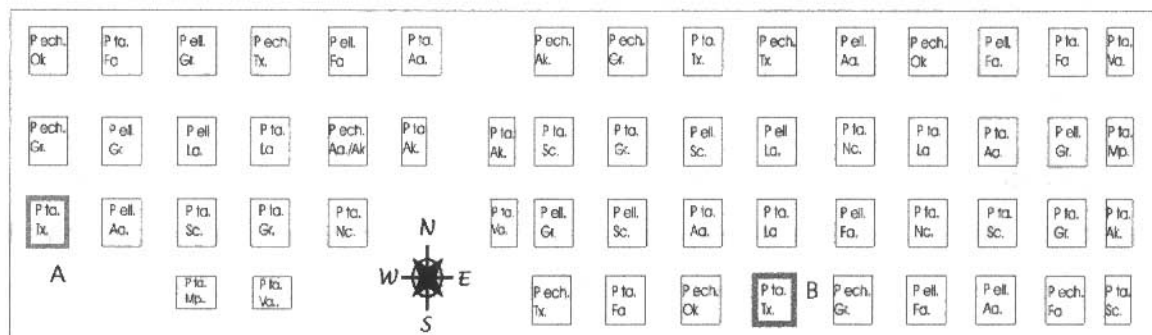
En el cuadro N° 3 se complementa la información para los árboles que fueron sometidos a poda.

N° de Podas	2
Altura de Podas	Superior a 3,50 m
Edad de Podas	De 5 a 8 años

Cuadro N° 3. Información de los árboles muestreados, pertenecientes a la parcela podada.

3.1.2. Método y materiales de muestreo

Como se mencionó anteriormente los árboles tienen diferentes tratamientos silviculturales post-plantación, dichos árboles pertenecían a dos cuadros (repeticiones) distintos dentro del ensayo, los que fueron diferenciados con dos letras, *A* para el cuadro podado y *B* para el sin poda. Inicialmente cada cuadro estaba comprendido por 100 árboles. La Figura N° 5 muestra la ubicación de los cuadros dentro del ensayo.



- Parcela de árboles podados.
- Parcela de árboles no podados.

Figura N° 5. Ubicación de los cuadros del ensayo en el potrero N° 8, presentando el detalle de las parcelas muestreadas.

Los árboles seleccionados dentro de cada cuadro fueron elegidos al azar y en un número de 5 para cada tratamiento. Este número significativo de árboles necesarios, se obtiene a partir del trabajo de Donalson *et al* (1997).

El cuadro N°4, presenta las principales características de los árboles muestreados. Las alturas fueron tomadas con hipsómetro de Blume Leiss y cinta métrica, los diámetros al DAP y a 3,30 m de altura se tomaron con forcípula común graduada en cm. Se realizaron dos medidas del diámetro y se promediaron los valores obtenidos.

Arbol	Altura total (m)	Diámetro al DAP (cm)	Diámetro a 3,30 m (cm)
4 A	33,0	47,50	46,50
7 A	35,0	53,50	49,75
8 A	33,0	50,25	48,25
9 A	30,0	42,00	39,00
10 A	32,5	45,50	45,75
1 B	26,0	44,25	39,50
3 B	26,5	44,75	43,50
7 B	24,5	39,75	35,75
8 B	25,0	49,75	40,25
10 B	23,0	39,5	38,00

Cuadro N° 4. Información específica de los árboles muestreados.

Para las dos alturas mencionadas se extrajo una muestra con calador de Pressler. Los tarugos obtenidos necesariamente debían atravesar la médula del árbol, para que esta fuera la referencia del crecimiento inicial del mismo.

3.2. TRABAJO DE GABINETE.

3.2.1. Método y materiales.

Los tarugos correspondientes a la altura 3,30 m fueron seccionados en los anillos Nº 2, 5, 10, 15, 20, 25 y 30, más precisamente sobre la mitad del leño tardío. Mientras que aquellos que se extrajeron al DAP, agregan un nivel más de muestreo, tomándose como anillo más externo el Nº 35. Esto se correlaciona con la metodología aplicada en los trabajos citados en la revisión bibliográfica. Los fragmentos resultantes son sometidos a un tratamiento de ablandamiento, por inmersión en agua.

La figura Nº 6, esquematiza los sitios de sección de un tarugo, los cuales corresponden a los anillos de interés.

A continuación, se realizan con el micrótopo finos cortes (de 15 a 30 μm) (ver figura 7).

3.2.2. Método de medición del AMF

En primera instancia, se realizó una selección preliminar de métodos de acuerdo a los materiales disponibles. El primero que se intentó fue el de medición del ángulo de la apertura de la puntuación en el leño tardío, dado que la bibliografía lo citaba como una técnica fácil, consistente y rápida. Sin embargo, no se pudo encontrar un número de puntuaciones por preparado que justificara su elección.

Posteriormente se recurrió al método de secado. El mismo consiste en secar secciones de 15 μm sobre mechero, rehumedecerlas y observarlas al microscopio. Sin embargo, el método no garantizaba la observación de las microfibrillas para un número de secciones aceptable.

Tarugo de *Pinus taeda*.

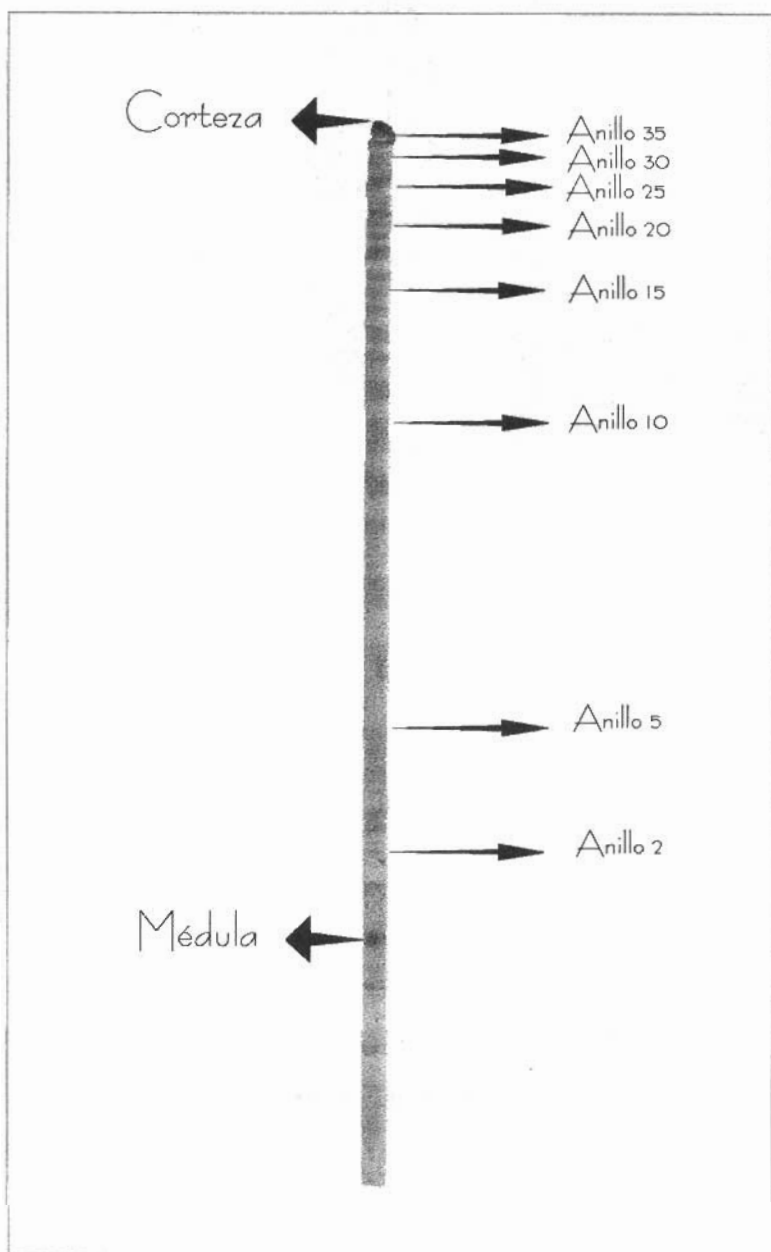


Figura N°6. Tarugo mostrando los sitios de sección.

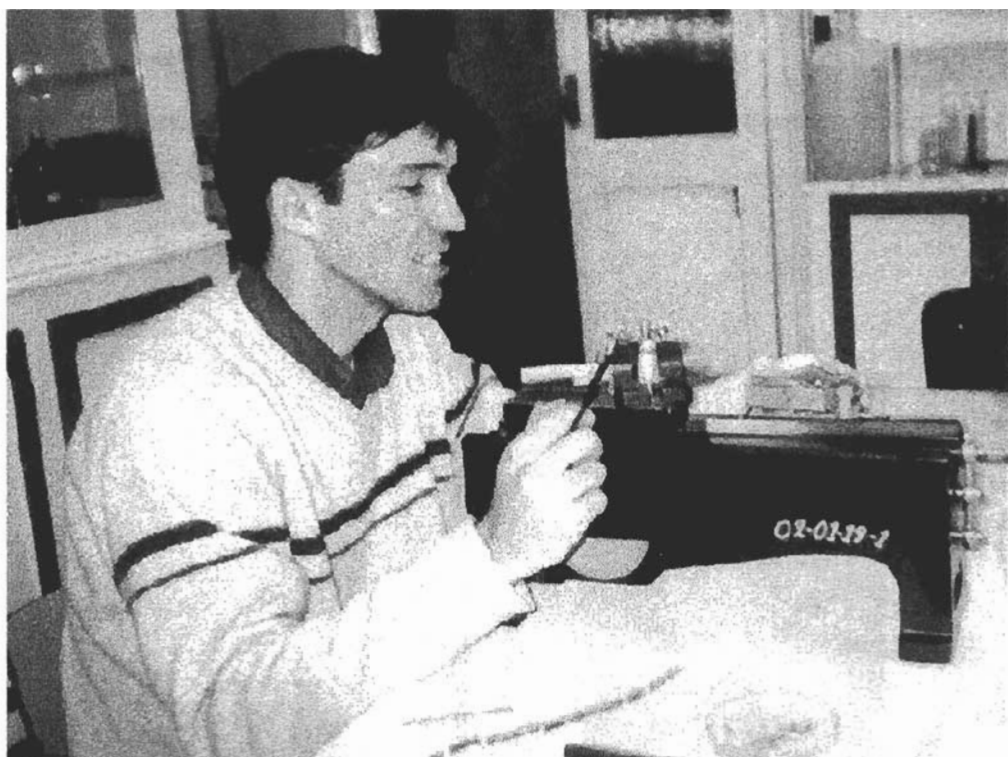


Figura N° 7. Etapa de trabajo con el micrótomo.

Por último, se seleccionó la técnica de Tinción con Iodo, utilizando micrótomo para la obtención de las secciones del leño tardío y cuya metodología se lista a continuación:

- Las secciones de 15-30 μm secas se colocan en un portaobjetos
- Se agrega lugol (Ioduro de potasio, KI) a la sección por cinco segundos
- Se seca con papel secante
- Se agrega una gota de ácido nítrico (HNO_3) sobre el portaobjetos para precipitar los cristales de Iodo.
- Se aplica el cubreobjetos y se extrae el excedente con papel secante.

- Se observa el preparado al microscopio (Aumento 200 X), el cual tiene montada una cámara fotográfica (Ver figura N° 8).
- Se toman imágenes de fibras bien espaciadas mostrando la orientación de la S2.
- Se hacen mediciones del AMF, utilizando semicírculo graduado (Apreciación 1°).



Figura N° 8. Etapa de trabajo con el microscopio y con la cámara fotográfica.

3.2.3. Número de medidas tomadas.

Se tomaron tres fotos para cada preparado histológico. Una vez reveladas, se procedió a medir los ángulos, tal como se observa en las figuras N° 9, 10 y 11. Las tres figuras corresponden a tres anillos diferentes (N° 2, 20 y 30) de un mismo tarugo. Se puede observar como descende el ángulo, a medida que nos alejamos de la médula.

Trabajando con lápiz graso contrastante y con regla, se trazó en primer lugar el eje longitudinal de la/las traqueidas cuyos ángulos microfibrilares (líneas de cristales de Iodo) aparecían más nítidos. A continuación, se trazaron seis líneas siguiendo el sentido de las microfibrillas y con el uso del semicírculo, se registraron las correspondientes medidas, resultando un número total de 2700 (ver cuadro N° 5).

6 medidas por foto.
3 fotos por anillo (Preparado).
7 anillos por tarugo a 3,30 m y 8 anillos a 1,30 m.
2 alturas.
10 árboles (5 por tratamiento).
TOTAL DE MEDIDAS = 2700.

Cuadro N° 5. Número total de medidas.

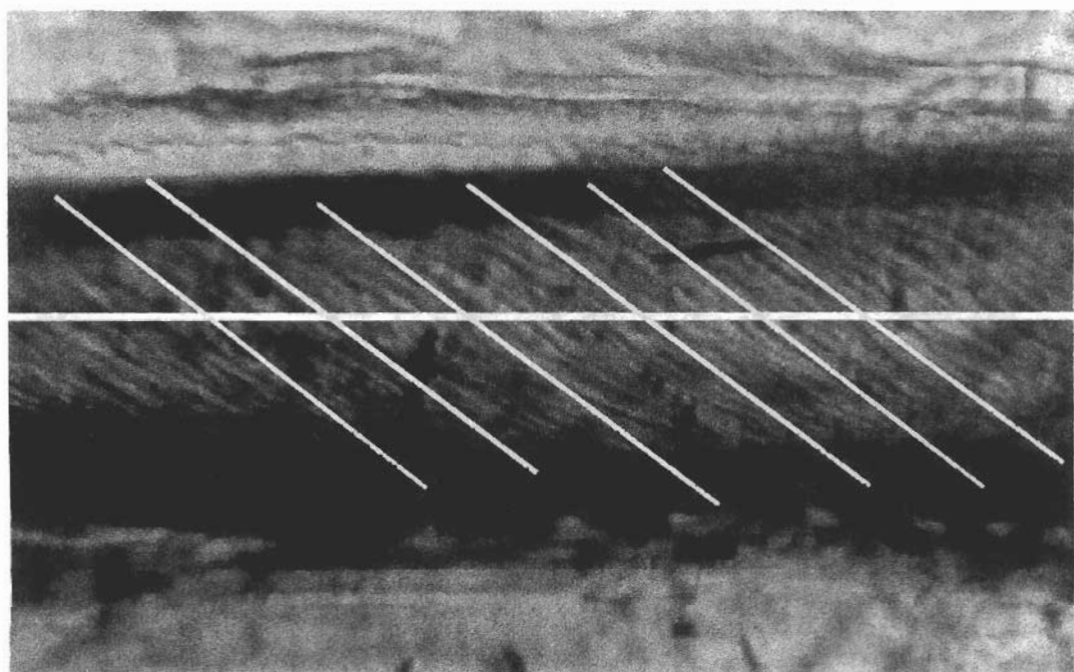
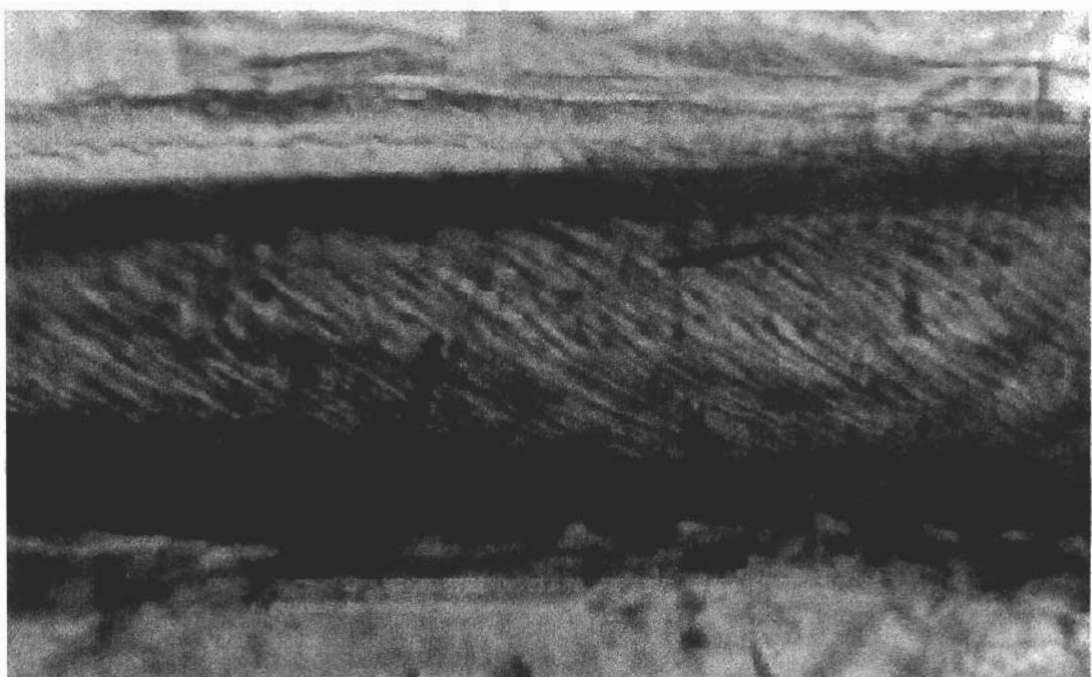


Figura N°9.- Foto correspondiente al anillo N° 2, con un ángulo promedio de 37°.

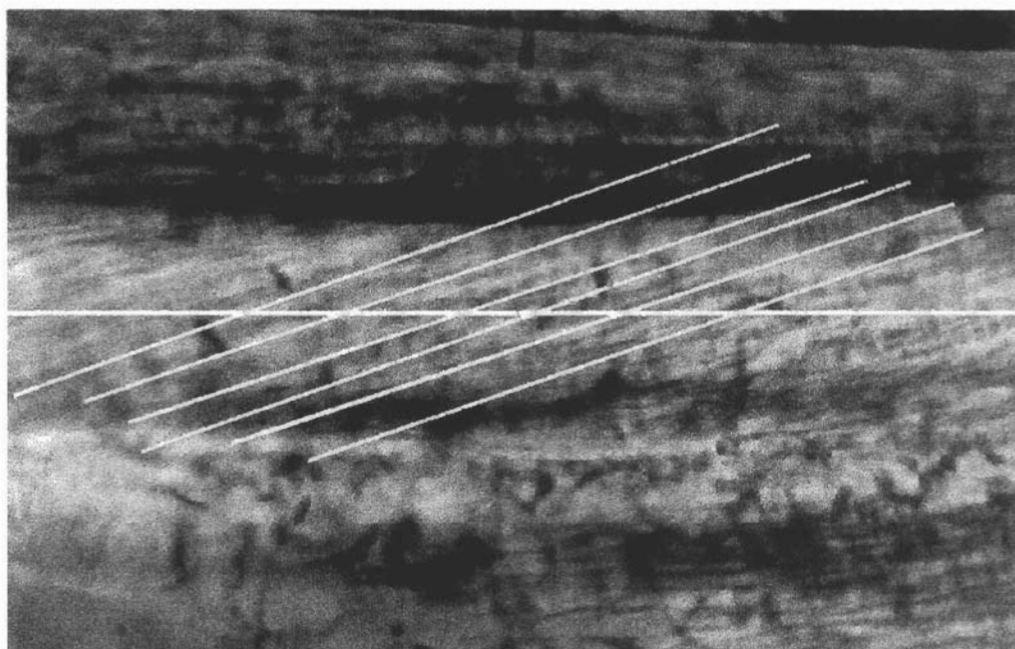
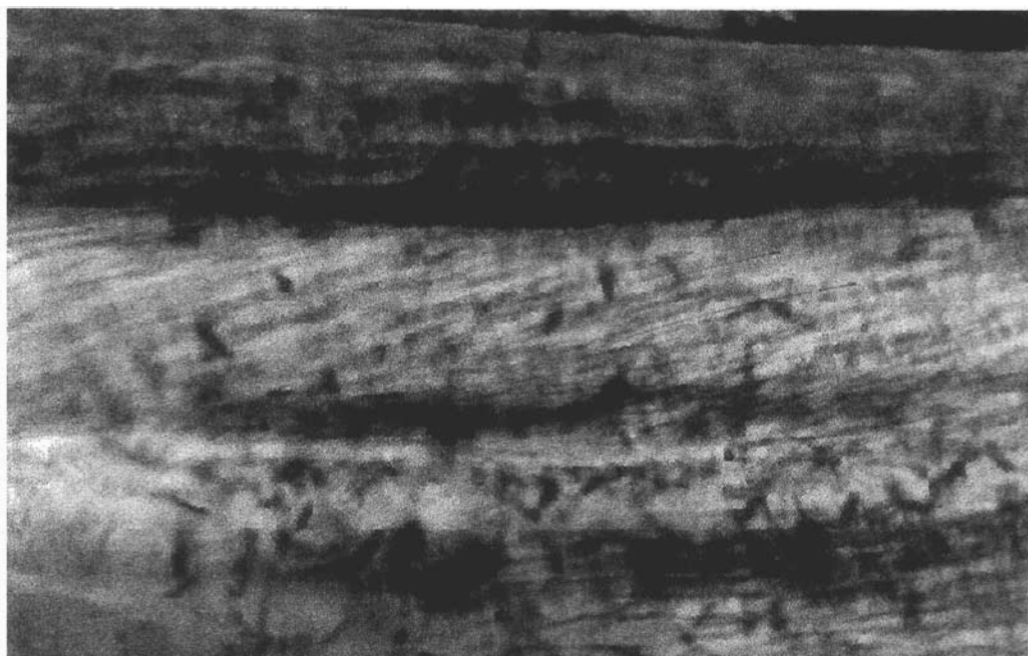


Figura N° 10.- Foto correspondiente al anillo N° 20, con un ángulo promedio de 19° .

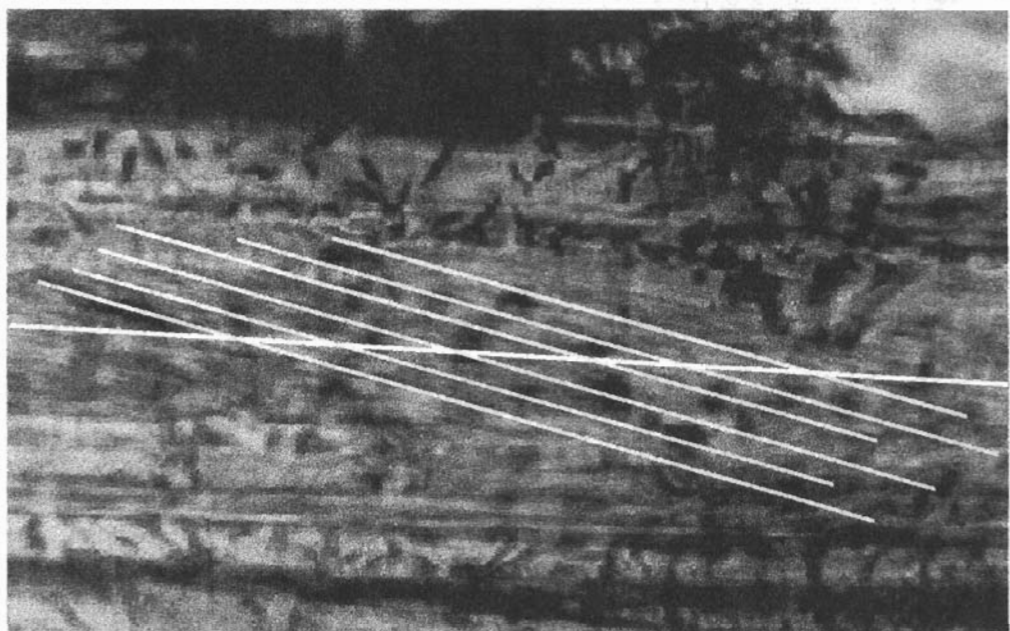


Figura N° 11.- Foto correspondiente al anillo N° 30, con un ángulo promedio de 13°.

3.2.4. Procesamiento de datos

Se confeccionó una planilla por árbol, para cada altura y por tratamiento, donde se registraron, los ángulos microfibrilares de los anillos de interés, identificando el rollo al que pertenecen y el número de foto. En la misma, se calcularon las medias de los respectivos anillos (ver anexos).

Con las medias se confeccionó una segunda tabla, que muestra las medias generales por anillo, para cada altura y por tratamiento. Los datos medios generales, se graficaron, separando por tratamiento, y observando la tendencia del ángulo a las dos alturas, desde la médula hacia la periferia del árbol.

Se realizó el análisis estadístico de los datos: Tratamiento, Altura, Anillo, y todas sus interacciones. Para esto se trabajó con los valores hasta el anillo número 30 por no disponerse de valores para el anillo 35 para la altura 3,30 metros.

Para aquellas fuentes de variación significativas, se compararon las medias mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Por último se ajustaron los modelos de comportamiento del ángulo, en función del número de anillo para cada altura y para ambos tratamientos.

4. RESULTADOS

4.1. ANGULOS PROMEDIO OBSERVADOS.

De manera de simplificar los datos, en los cuadros N° 6 - 9 se muestran las medias generales de AMF por anillo, para todos los árboles seleccionados de cada parcela, A y B, y para cada altura considerada, es decir 1,30 m y 3,30 m. Cabe aclarar que estos datos se extrajeron de los cuadros presentados en el anexo y que la media general se obtuvo del promedio aritmético de la suma de los promedios individuales por anillo.

Con las medias generales de los cuadros se construyeron los gráficos N° 5 y 6 donde se observa el comportamiento de los valores a medida que se alejan desde la médula hacia la periferia del árbol.

PARCELA A

Anillo\Arbol	10	4	8	9	7	Media Gral.
2	36,5	42,8	34,0	38,7	27,8	35,9
5	33,3	41,1	28,3	33,8	24,1	32,1
10	27,1	29,7	26,0	24,1	13,9	24,2
15	18,3	22,9	23,8	17,5	13,8	19,3
20	14,2	23,3	20,7	18,0	13,4	17,9
25	15,6	22,2	10,8	6,1	12,3	13,4
30	12,6	15,4	12,1	8,5	10,3	11,8
35	12,0	18,6	12,3	12,7	10,3	13,2

Cuadro N° 6. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela A y altura 1,30 m.

Anillo\Arbol	10	4	8	9	7	Media Gral.
2	35,4	33,2	36,2	35,4	34,0	34,8
5	22,7	26,8	33,6	31,6	24,6	27,8
10	15,9	21,2	26,1	24,4	23,0	22,1
15	17,6	25,0	21,7	15,1	15,2	18,9
20	15,1	18,7	20,3	11,9	12,4	15,7
25	18,3	10,0	17,8	12,9	14,7	14,6
30	12,6	15,1	18,2	15,9	12,9	14,9

Cuadro N° 7. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela A y altura 3,30 m.

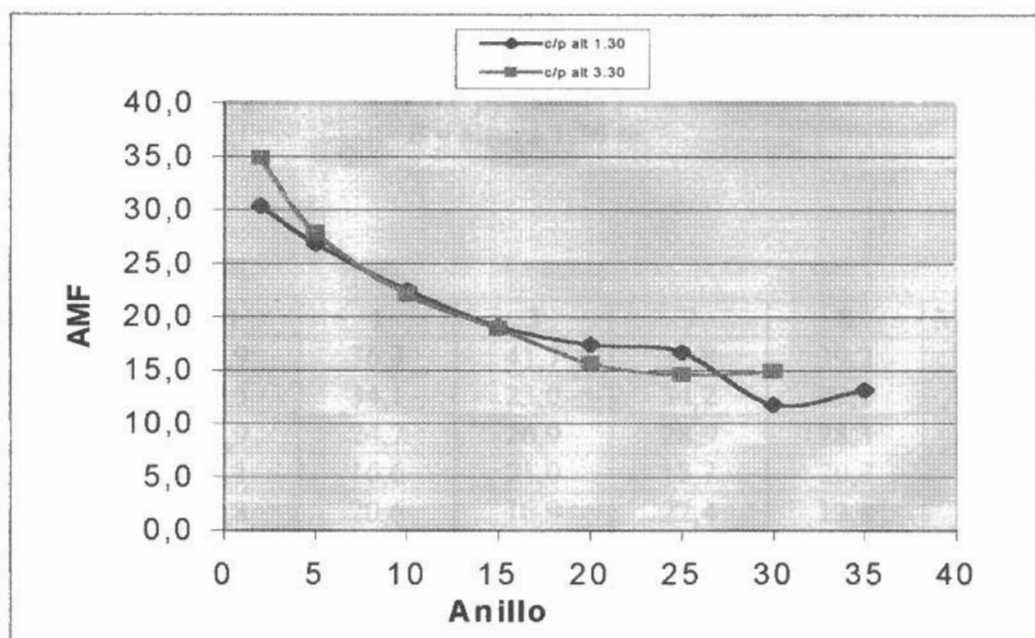


Gráfico N° 5. Comportamiento del AMF a medida que se aleja de la médula. Parcela A, a las dos alturas.

Se observa, que el AMF del leño tardío, decae, desde la médula a los anillos periféricos. Ese comportamiento decreciente, se mantiene tanto para 1,30 m, como para 3,30 m.

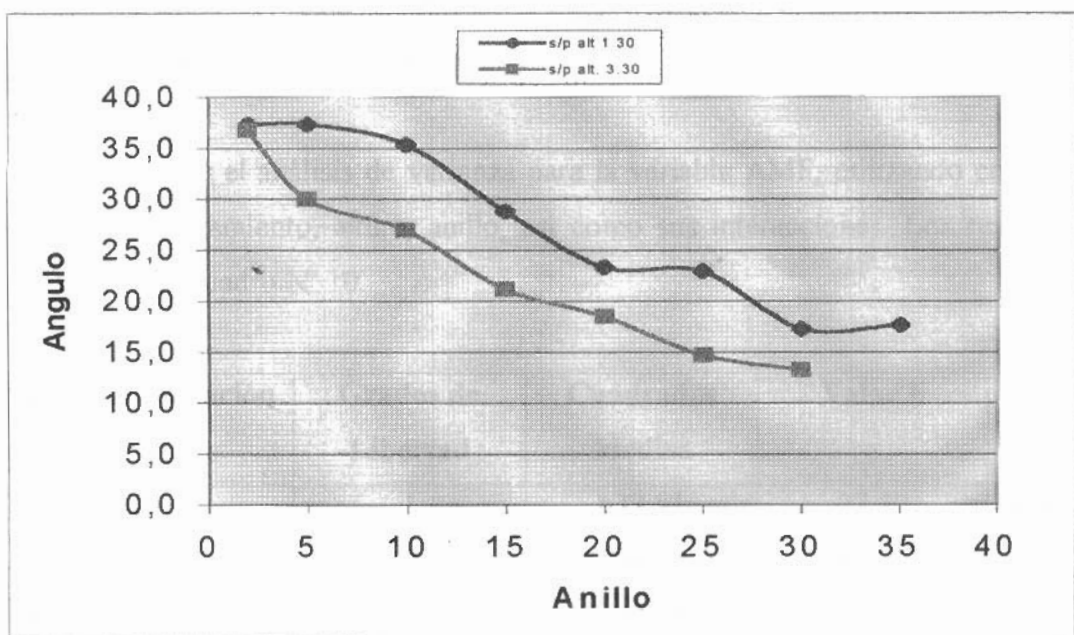
PARCELA B

Anillo\Arbol	10	1	3	7	8	Media Gral.
2	33,4	38,3	36,6	35,6	43,0	37,4
5	32,6	34,2	42,1	41,8	36,1	37,4
10	37,0	27,2	31,1	44,4	36,9	35,3
15	20,2	22,5	32,9	31,0	37,4	28,8
20	16,0	15,2	28,4	22,6	34,5	23,3
25	19,8	15,5	32,5	16,9	30,0	22,9
30	12,6	21,3	18,2	13,3	21,1	17,3
35	14,8	22,3	17,8	14,2	19,6	17,7

Cuadro N° 8. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela B y altura 1,30 m.

Anillo\Arbol	10	1	3	7	8	Media Gral.
2	34,9	36,3	41,7	31,8	39,2	36,8
5	29,5	34,1	23,0	34,2	29,1	30,0
10	25,9	24,7	26,9	28,9	28,3	26,9
15	29,1	16,6	21,0	18,7	20,7	21,2
20	19,8	20,6	16,9	22,4	12,8	18,5
25	19,2	19,4	11,0	9,7	14,1	14,7
30	11,8	16,1	16,2	9,4	13,0	13,3

Cuadro N° 9. Media general de AMF por anillo para todos los árboles de la parcela B y altura 3,30 m.



Gráfica N° 6. Comportamiento del AMF a medida que se aleja de la médula. Parcela B, a las dos alturas.

En la gráfica N° 6 se observa el mismo comportamiento del AMF, decreciente desde la médula hacia la periferia, al igual que los anillos de los árboles de la parcela A y para las dos alturas consideradas.

En este caso, se observa una diferencia, ya que existe una brecha entre los valores a 1,30 m. y 3,30 m. a partir del anillo N° 5, lo cual no ocurría en los valores obtenidos en la parcela A.

4.2. ANALISIS ESTADISTICO

4.2.1 Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para la variable AMF, utilizando como fuente de variación tratamiento, altura, anillo, así como sus interacciones. Los resultados se presentan en el cuadro N° 10.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	1	637,51	27,30	0,0001
Altura	1	379,78	16,26	0,0001
Trat. * Alt.	1	228,08	9,77	0,0023
Anillo	6	1330,19	56,96	0,0001
Trat. * Anillo	6	24,36	1,04	0,4015
Alt. * Anillo	6	20,82	0,89	0,5039
Trat. * Alt. * Anillo	6	15,61	0,67	0,6753

Cuadro N° 10. Análisis de varianza.

En el cuadro N° 10 se observa que hay efecto significativo de la interacción Tratamiento * Altura y del efecto principal Anillo. El resto de las interacciones no resultaron significativas.

Al ser significativa la interacción, interesa estudiar el comportamiento diferencial de los tratamientos a las distintas alturas (ver cuadro N° 11).

Altura	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
A130	1	814,12	34,86	0,0001
A330	1	51,48	2,20	0,1405

Cuadro N° 11. Comparación entre tratamientos a las dos alturas.

En el cuadro N° 11 se observa que para 1,30 existen diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que a 3,30 no se encontraron tales diferencias. El mismo resultado se obtuvo al efectuar la prueba de Tukey (ver cuadro N° 12).

Tratamiento	Altura	Angulo Medio *
SP	A130	28,90 a
SP	A330	23,05 b
CP	A130	22,08 b
CP	A330	21,34 b

* Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

**Cuadro N° 12. Comparación de medias, para la fuente de variación:
Tratamiento y Altura.**

Analizando la interacción de ambas variables en el cuadro N° 12, el único valor medio que marca diferencia respecto a los otros es el correspondiente a los árboles sin poda a 1,30 metros.

Por otra parte, se compararon los AMF promedio de los Anillos. Los datos se presentan en el cuadro N° 13.

Anillo	Angulo Medio *
2	36,21 a
5	31,80 a b
10	27,13 b c
15	22,05 c d
20	18,86 d e
25	16,50 e
30	14,35 e

* Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Cuadro N° 13. Comparación de medias, para la fuente de variación: Anillo.

En el cuadro N° 13, se aprecia la similitud de medias entre anillos cercanos, diferenciándose los valores a medida que se hacen más distantes.

De los análisis anteriores se concluye que es necesario ajustar el modelo de AMF en función del número de anillo para cada altura y tratamiento.

4.2.2 Ajuste de los modelos para cada altura y tratamiento.

Se ajusta el modelo cuadrático para AMF en función del anillo, obteniéndose los siguientes resultados

Modelo cuadrático.

Parámetros		Estimadores	Pr > T
A(Trat.* Alt.)	CP 130	-1.62138934	0.0001
	CP 330	-1.79160360	0.0001
	SP 130	-0.62103049	0.0694
	SP 330	-1.41709911	0.0001
A2(Trat.* Alt.)	CP 130	0.02417599	0.0221
	CP 330	0.03552328	0.0009
	SP 130	-0.00427536	0.6827
	SP 330	0.01934112	0.0661

Cuadro N° 14. Modelos de ajuste cuadrático.

En el cuadro N° 14, se aprecia que el modelo cuadrático, se ajusta para los árboles podados a ambas alturas ($p < 0,05$).

Altura	Modelo Ajustado
1,30	$AMF = 38,97 - 1,6214 (N^\circ \text{ anillo}) + 0,02418 (N^\circ \text{ anillo})$
3,30	$AMF = 37,155 - 1,7916 (N^\circ \text{ anillo}) + 0,0355 (N^\circ \text{ anillo})$

Cuadro N° 15. Modelo ajustado para la parcela con poda a ambas alturas.

Como el modelo cuadrático no se ajusta para los árboles no podados, se ajusta el modelo lineal.

Parámetros		Estimadores	Pr > [T]
A(Trat.* Alt.)	SP 130	-0.75589599	0.0001
	SP 330	-0.80698638	0.0001

Cuadro N° 16. Modelos de ajuste lineal.

En el cuadro N° 15, se aprecia que el modelo lineal, se ajusta para los árboles no podados.

Altura	Modelo Ajustado
1,30	AMF= 40,45 - 0,756 (N° Anillo)
3,30	AMF= 45,38 - 0,807 (N° Anillo)

Cuadro N° 17. Modelo ajustado para la parcela sin poda a ambas alturas.

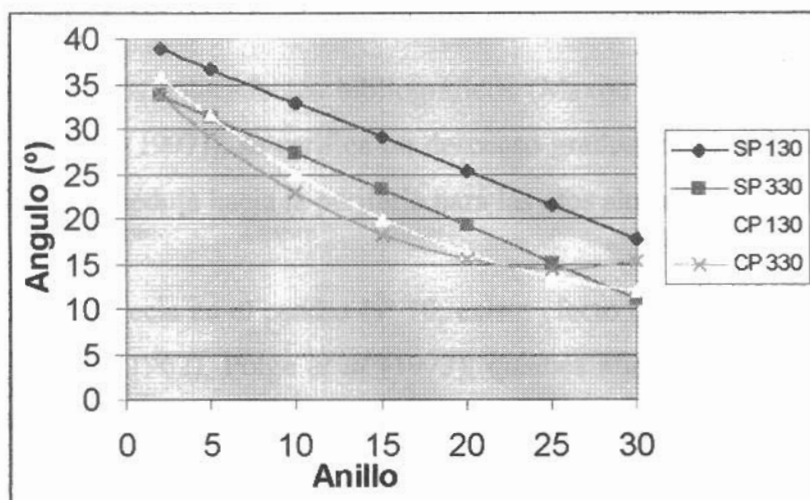


Gráfico N° 7. Comparación de modelos para ambos tratamientos a ambas alturas.

Del gráfico N° 7 se aprecia que los valores encontrados para los modelos ajustados, son similares tanto para los árboles con poda a las dos alturas, como para los árboles pertenecientes a los que no fueron tratados, para la altura 3,30 metros. Esta similitud de valores no se observa para los árboles sin poda a 1,30 metros.

5. DISCUSION

De acuerdo a los antecedentes bibliográficos (Maxon *et al* (1965), Ying *et al* (1994) y Megraw *et al* (1997)), se verifica un descenso gradual del ángulo microfibrilar de la capa S₂ desde la médula hacia la periferia para las dos alturas consideradas.

Tal como se aprecia en el cuadro N° 10, existe efecto del tratamiento (poda), tal como lo citan Larson (1962), Polge *et al* (1973), quienes afirman que la remoción de parte de la copa viva provoca una transición prematura de leño juvenil a maduro.

Analizando la interacción de tratamiento por altura (cuadro N° 12), se encuentra que el único valor medio que marca diferencia respecto a los otros, es el correspondiente a los árboles sin poda a 1,30 metros, siendo éste significativamente mayor. Esto coincide con lo expresado por West (1997), quien afirma que la poda tiene su mayor efecto sobre el porcentaje de madera juvenil de la troza basal.

Considerando el efecto principal de anillo, se identifica leño juvenil hasta el anillo 10, la transición entre los anillos 10 al 20 y a partir de éste último, la madera presentaría características de leño maduro (ver cuadro N° 13). Estas observaciones se acercarian a lo descrito por Walker y Woollons (1997), quienes afirman que las características de la madera adulta se expresan a partir del anillo 25 al 30. Al respecto, habría discrepancias con lo afirmado tanto por Schweingruber (1993), Pearson *et al* (1980), Zobel y McElwee (1958), quienes reconocen un menor periodo de juvenilidad para la especie.

6. CONCLUSIONES.

- Para las condiciones del presente trabajo, se puede afirmar que entre los anillos 10 al 20, el leño se encuentra con características de transición, y a partir del 20 comenzaría a expresarse la madera madura. Para obtener una mayor precisión, se podría disminuir el intervalo entre anillos estudiados
- Existe un claro efecto poda, acelerando la transición de leño juvenil a maduro para la altura 1,30 metros.
- Existe un comportamiento diferencial de los ángulos medios dentro de los individuos no podados si consideramos solamente la variable altura. Para ganar precisión, se podría realizar muestreo de alturas intermedias entre las dos consideradas.
- No existen diferencias entre las alturas en los ángulos medios dentro de los individuos podados.
- Si la poda produce una baja en la proporción de leño juvenil en la troza basal, se estaría aumentando la calidad de la porción del fuste de mayor valor comercial.
- Se considera que el estudio de la variación del AMF es de importancia económica a futuro, es decir, toda mejora en las propiedades tecnológicas de la madera, le aumenta el valor. Por lo tanto, la remoción de los primeros anillos de una troza estaría dejando madera de mayor estabilidad estructural. El criterio científico aquí expuesto puede diferir del criterio económico, en cuanto a que el descarte de un mayor número de anillos conduce a una pérdida absoluta de materia prima, que no se ve siempre compensada por el reconocimiento del mercado, más aún teniendo en cuenta los posibles destinos finales de los productos obtenidos. En Uruguay los

turnos para el género *Pinus*, se piensa que no excederán los 30 años, por lo que esa variable debe estar presente a la hora de decidir cuántos anillos del fuste van a ser descartados.

Si en el futuro se justificara tomar el AMF, junto con otros criterios que determinan la transición, se deberá ajustar las técnicas de escuadría de la troza en el aserradero, así como los criterios de clasificación de las mismas para la confección de tarifas (no considerar solamente el diámetro menor de las mismas, sino también el número de anillos comprendidos).

Tener presente que la característica más notoria de la tabla con poda, es la ausencia de nudos. Ya que el AMF no es visible a simple vista, habría que suministrar al mercado una mayor información sobre las ventajas y mejoras de las propiedades de la tabla a través de la disminución del AMF como una segunda consecuencia deseable de la poda.

La única medida para alterar el AMF no es la poda, por lo que se deben citar e investigar otras (densidades de plantación, raleos, sitio, genética, etcétera).

Para un completo entendimiento de las características y propiedades de la madera juvenil, se tendrían que hacer estudios sobre la variación de la longitud de la fibra, espesor de pared, contenido de celulosa, contenido de lignina y peso específico aparente, así como ensayos de evaluación de las propiedades mecánicas de la madera (contracción tangencial, radial y longitudinal, alabeos, etc.).

7. RESUMEN.

Se estudió el comportamiento del leño juvenil, para un rodal de *Pinus taeda* creciendo en la Estación experimental de Bañado de Medina, en el departamento de Cerro Largo, Uruguay. El estudio se basó en el Angulo Microfibrilar de la capa S₂ de la pared secundaria de las traqueidas del leño tardío, a través del método de Tinción con Iodo, fotografía, trazado y medición de los ángulos.

Se trabajó con árboles de un mismo origen, coetáneos, creciendo en igual condición de sitio y para dos alturas, tratando así de que las diferencias en el comportamiento de la variable, entre los individuos testigo y los individuos podados, se expliquen sólo por el efecto poda.

Se encontró un efecto significativo de la poda en el descenso del ángulo microfibrilar para la porción basal del fuste, que hace desaparecer las diferencias encontradas entre ambas alturas para los testigo. Esto determinaría una transición más rápida a leño maduro, y por lo tanto una menor proporción de leño juvenil.

8. SUMMARY.

Juvenile wood's behaviour of a stand of *Pinus taeda* was studied, in the experimental station of Bañado de Medina, Cerro Largo, Uruguay. To achieve so, the trait of interest was the microfibrillar angle of the S₂ layer of the secondary wall in latewood tracheids, using Iodine dying, photographs, draw and measure of the angles.

Same origin trees were chosen, of the same age, growing in identical site conditions, and for two heights, in an attempt to attribute the differences observed between treated and non-treated individuals exclusively to the pruning effect.

A significant effect of pruning on the decrease of the microfibrillar angle (going from pit outwards) for the butt log was found, which greatly diminishes the difference found in non-pruned trees. Thus, a faster transition to adult wood occurs, and therefore a lower proportion of juvenile wood can be found in pruned trees.

9. BIBLIOGRAFIA.

- BARNETT J.R.; CHAFFEY N.J.; BARLOW P.W. 1997. Cortical microtubules and microfibril angle. In Microfibril angle in wood. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 253-265.
- CHAFE, S.C. 1974. Cell wall structure in the xylem parenchyma of *Cryptomeria*. *Protoplasma* 81: 63-76.
- CHIH-LIN HUANG; KUTSCHA, N.P; LEAF, J.G.; MEGRAW R.A. 1997. Comparison of microfibril angle measurement techniques. In Microfibril angle in wood. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 177-205.
- CLARK, A; SAUCIER, J; 1986, Comparison of juvenile wood in planted loblolly and slash Pine, Athens, Georgia.
- DONALDSON L.A. 1997 Between-tracheid variability of microfibril angles in radiata pine. In Microfibril angle in wood. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 206-224.
- EL-HOSSEINY, F; PAGE, D.H.1973. The measurement of fibril angle of wood fibers using polarized light. Pulp and Paper Research Institute of Canada, Pointe Claire, Quebec, 5 (3): 208-214.
- HARRIS, J.M. Y MEYLAN, B.A. 1965. Influence of microfibril angle on longitudinal and tangential shrinkage in *Pinus radiata*. *Holzforschung*, pp 144-153.

- KRETSCHMANN, D.; MOODY, R.C.; PELLERIN R.F.; BENDTSEN B.A.; CAHILL J.M.; McALISTER R.H.; SHARP D.W. 1993. Effect of various proportions of juvenile wood on laminated veneer lumber. <http://www.fpl.fs.fed.us/>.
- McALISTER, R.H. 1988. Mechanical Properties and dimensional stability of juvenile and mature wood in plantation grown loblolly pine as affected by the location of the seed source. 9 p.
- MEGRAW, R.A.; LEAF, G.; BREMER D; WEYERHAEUSER Co. 1997. Longitudinal shrinkage and microfibril angle in loblolly pine. *In* Microfibril angle in wood. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 27-61.
- NICOLAI, E.; FREY-WYSSLING, A. 1938. Über den Feinbau der Zellwand von Chaetomorpha. *Protoplasma* 30: 401-410.
- PAGE, D.H 1969 A method for determining the fibrillar angle in wood tracheids. *Pulp and paper research institute of Canada Journal of Microscopy*, 90 (2): 137-143.
- PAGE, D.H.; EL-HOSSEINY, F.; WINKLER, K.; BAIN, R. 1972. The mechanical properties of single wood-pulp fibres. Part I: A new approach. *Pulp and paper magazine of Canada*, 73 (8): 198-203.
- PEARSON, R.G.; WEIR, R.J.; SMITH, W.D. 1980. Utilization of pine thinning. *In* Southern Forest Economics Workers Conference. University of Southern Mississippi, Long Beach.
- PILLOW, M.Y.; TERRELL B.Z.; HILLER, C.H. 1959. Patterns of variation in fibril angles in loblolly pine. United States Department of Agriculture Forest Service. Forest Products Laboratory, Madison 5, Wisconsin. 11 p.

- PRESTON, R.D. y ASTBURY, W.T. 1937. The Structure of the wall of the green alga *Valonia ventricosa*. *Proceedings of the Royal Society*. B122: 76-97.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1993. Trees and wood in dendrochronology. Morphological, anatomical and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology. Springer-Verlag. 402 p.
- SHEPHERD, K.R. 1986. *Plantation Silviculture*. Dordrecht, The Netherlands. Martinus Nijhoff. 322 p.
- TUSET R.; DURAN F. 1986. *Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización*. Montevideo, Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. 688 p.
- WALKER J.C.F.; WOOLLONS R.C. 1997 Cell wall organization and the properties of xylem-a speculative review. *In* *Microfibril angle in wood*. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 13-26.
- WEST, G.G. 1997. Standpak evaluation of the effects of site, silviculture, and genetics on mean log age and the proportion of juvenile wood. *New Zealand Journal of Forestry Science* 27 (3): 324-342.
- YOUMING, XU; LIN, HAN; CHUNYUN, XIANG. 1997. Genetic and geographic variation in microfibril angle of loblolly pine in provenances. *In* *Microfibril angle in wood*. B.G. Butterfield. Westport, New Zealand. University of Canterbury. pp 388-395.
- ZOBEL, B; McELWEE, R. 1958. Natural Variation in Wood Specific Gravity of Loblolly pine, and an analysis of contributing factors. *Tappi* 41: 158-161.

ANEXOS

Arbol: 10
Parcela: A
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	1	1	35,5	33,5	30,0	28,0	42,0	43,0	36,6
2	1	2	38,0	34,0	33,0	33,0	40,0	37,0	
2	1	3	39,0	39,0	37,0	37,5	38,0	41,0	
5	1	10	35,0	34,0	33,5	34,5	35,0	35,0	33,3
5	1	11	35,5	34,0	36,0	29,0	34,0	34,0	
5	1	12	29,0	31,0	30,5	32,5	33,0	34,5	
10	1	7	29,0	29,0	31,5	27,0	27,5	26,5	27,1
10	1	8	29,0	29,5	28,0	27,0	27,5	30,0	
10	1	9	25,0	23,0	25,0	23,0	26,0	25,0	
15	1	13	14,0	13,5	25,0	26,0	21,0	22,0	18,3
15	1	14	21,0	19,5	19,0	18,0	17,5	15,0	
15	1	15	18,0	16,0	16,0	15,0	16,0	17,0	
20	1	4	16,0	17,0	16,5	15,0	15,0	17,0	14,2
20	1	5	14,0	13,5	12,0	13,0	11,0	12,0	
20	1	6	12,5	13,5	14,5	15,5	15,0	12,0	
25	1	16	12,5	14,0	14,0	15,0	14,0	14,0	15,6
25	1	17	18,5	17,5	18,5	18,0	19,0	18,5	
25	1	18	14,5	14,0	15,0	14,5	15,0	15,0	
30	13	29	12,0	12,0	12,5	13,0	12,5	12,5	12,6
30	13	30	14,0	13,5	13,5	13,0	14,0	13,5	
30	13	31	11,0	11,5	12,0	11,5	12,5	12,0	
35	13	32	13,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
35	13	33	12,0	12,5	12,0	12,5	12,5	12,5	
35	13	34	11,5	11,5	11,0	12,0	11,5	11,5	

Valores de AMF por anillo, para el árbol Nº 10, parcela A y altura 1,30 m.

Arbol: 4
Parcela: A
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	2	14	42,0	42,0	35,5	39,5	41,0	41,0	42,8
2	2	15	41,5	42,0	42,0	41,0	42,0	41,5	
2	2	16	47,0	43,0	42,5	45,0	50,0	51,0	
5	2	17	41,0	40,0	39,0	47,5	45,0	44,5	41,1
5	2	18	40,0	43,0	44,5	44,5	42,5	38,5	
5	2	19	41,0	40,5	36,5	37,0	37,5	37,5	
10	2	20	24,0	23,5	23,0	22,5	22,0	24,0	29,7
10	2	21	35,0	35,0	32,0	32,0	33,0	33,5	
10	2	22	30,0	28,0	30,0	34,0	37,0	36,0	
15	2	23	24,0	24,0	25,0	25,0	26,0	26,0	22,9
15	2	24	25,0	23,5	21,0	21,0	21,0	21,0	
15	2	25	23,0	23,0	23,0	19,5	21,0	21,0	
20	2	26	25,0	25,5	25,5	28,0	26,0	28,0	23,3
20	2	27	21,5	21,5	22,0	27,0	27,0	21,0	
20	2	28	24,0	25,0	26,0	17,0	15,0	15,0	
25	2	29	20,5	16,0	16,0	16,0	16,5	17,0	22,2
25	2	30	27,5	27,0	27,0	28,5	28,5	29,0	
25	2	31	22,0	23,0	22,0	22,0	20,0	21,5	
30	14	10	16,5	17,0	16,5	17,0	16,5	16,5	15,4
30	14	11	15,0	14,5	14,5	15,0	15,0	14,5	
30	14	12	15,0	15,0	15,0	15,5	14,5	14,5	
35	14	13	17,0	17,5	18,0	18,0	17,0	17,0	18,6
35	14	14	18,5	19,0	18,5	19,0	19,0	19,0	
35	14	15	19,0	20,5	19,0	19,5	19,5	20,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 4, parcela A y altura 1,30 m.

Arbol: 7
Parcela: A
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	1	21	22,0	23,0	23,0	33,0	32,0	31,0	27,8
2	1	22	27,5	30,0	30,0	27,0	27,0	27,0	
2	2	2	24,0	25,0	26,0	33,0	30,0	29,0	
5	2	3	22,5	21,5	21,0	22,0	22,5	23,0	24,1
5	2	4	28,0	28,0	27,0	28,0	27,0	26,0	
5	2	5	25,0	25,0	23,0	21,5	23,0	20,0	
10	2	9	10,0	10,0	11,0	11,5	11,5	11,0	13,9
10	2	10	16,0	15,0	14,5	14,5	15,0	16,5	
10	2	11	15,0	16,0	16,0	15,0	16,0	15,0	
15	2	6	13,5	14,0	14,0	15,0	16,0	15,5	13,8
15	2	7	13,5	13,5	14,0	13,0	13,0	14,0	
15	2	8	12,5	12,0	14,0	13,5	13,5	13,0	
20	11	18	13,0	17,0	12,0	14,0	11,0	10,0	13,4
20	11	19	13,5	14,0	12,0	14,0	15,0	16,0	
20	11	20	12,0	13,0	13,0	14,0	14,0	14,0	
25	11	9	15,0	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	12,3
25	11	10	16,0	14,0	13,0	14,0	13,5	14,0	
25	11	11	9,0	9,0	9,0	8,5	8,5	9,5	
30	13	14	11,0	11,5	10,5	11,0	11,0	10,5	10,3
30	13	15	9,5	9,0	9,0	9,5	8,0	10,0	
30	13	16	11,0	10,5	10,5	11,5	10,5	10,5	
35	13	17	10,5	10,5	10,5	10,5	10,0	10,0	10,3
35	13	18	9,0	8,5	9,0	8,5	8,5	8,5	
35	13	19	12,0	12,5	11,5	11,5	11,5	12,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 7, parcela A y altura 1,30 m.

Arbol: 8
Parcela: A
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar					Media	
2	3	12	32,0	34,5	33,5	33,5	34,5	34,5	34,0
2	3	13	33,0	33,0	30,0	35,0	32,0	30,0	
2	3	14	35,0	35,0	35,5	36,5	36,5	37,5	
5	3	15	33,0	31,0	28,0	31,0	28,0	28,5	28,3
5	3	16	30,0	29,0	29,0	29,0	29,5	28,5	
5	3	17	25,0	25,5	26,5	25,0	25,0	28,5	
10	3	18	25,0	23,5	25,0	25,0	27,5	28,0	26,0
10	3	19	25,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	
10	3	20	27,0	27,0	26,0	26,0	26,5	26,5	
15	3	21	24,0	28,0	27,0	23,0	23,0	21,0	23,8
15	3	22	23,0	23,5	24,0	25,0	23,0	23,5	
15	3	23	24,5	26,0	23,0	22,0	23,0	22,5	
20	3	24	20,5	20,0	17,5	20,0	21,0	25,0	20,7
20	3	25	23,0	22,5	18,0	22,5	23,0	24,0	
20	3	26	17,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	
25	3	27	13,5	13,5	14,5	3,5	12,5	13,5	10,8
25	3	28	11,5	12,0	12,0	13,5	15,0	13,0	
25	3	29	6,5	7,0	7,0	8,5	9,0	9,0	
30	13	35	9,5	9,0	9,5	9,5	9,0	9,5	12,1
30	13	36	14,5	14,0	13,5	14,0	13,5	13,5	
30	13	37	13,5	13,0	13,5	13,0	13,0	13,0	
35	14	1	11,0	11,5	11,5	11,0	11,5	11,0	12,3
35	14	2	13,0	13,5	13,0	13,0	13,0	13,5	
35	14	3	13,5	12,0	12,5	12,5	12,0	12,5	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 8, parcela A y altura 1,30 m.

Arbol: 9
Parcela: A
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	2	32	34,0	33,5	32,0	40,0	40,0	39,5	38,7
2	2	33	44,0	39,0	39,0	39,0	39,0	36,0	
2	2	34	43,0	41,0	39,0	42,0	42,0	35,0	
5	2	35	36,5	35,0	34,0	34,0	37,0	36,0	33,8
5	2	36	46,0	40,0	39,0	43,0	45,0	41,5	
5	2	37	23,0	22,0	23,5	26,5	22,0	24,0	
10	11	15	19,0	20,0	19,0	18,0	18,0	20,0	24,1
10	11	16	33,0	32,0	31,0	31,0	31,0	30,5	
10	11	17	21,0	20,0	23,0	22,0	22,0	22,5	
15	3	3	19,5	18,5	16,0	18,0	16,0	17,0	17,5
15	3	4	20,0	20,0	18,0	21,0	19,0	20,5	
15	3	5	14,5	15,0	15,0	15,0	16,0	15,5	
20	3	6	19,5	20,0	19,0	14,0	19,0	18,0	18,0
20	3	7	24,0	23,5	25,0	25,0	24,5	24,0	
20	3	8	13,5	12,0	12,0	11,0	10,0	9,5	
25	3	9	8,0	7,5	7,0	6,0	7,0	6,5	6,1
25	3	10	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,5	
25	3	11	8,0	8,0	8,0	7,0	7,0	7,5	
30	14	4	6,5	6,0	7,0	6,5	6,0	5,5	8,5
30	14	5	7,5	7,5	8,0	8,5	8,0	8,0	
30	14	6	12,0	11,5	11,0	11,5	11,5	11,0	
35	14	7	13,0	13,5	13,0	13,0	13,0	13,5	12,7
35	14	8	14,0	13,0	14,5	13,0	13,0	14,0	
35	14	9	11,0	11,5	12,0	11,5	10,5	12,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol Nº 9, parcela A y altura 1,30 m.

Arbol: 10
Parcela: B
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	8	10	40,5	40,0	39,5	37,5	40,0	42,0	33,4
2	8	11	30,0	29,5	30,0	29,0	30,0	30,0	
2	8	12	32,0	31,0	31,0	29,0	30,0	29,5	
5	8	13	39,0	38,0	37,5	42,0	40,5	40,0	32,6
5	8	14	28,0	29,5	29,0	29,0	29,0	30,0	
5	8	15	25,5	27,0	29,0	28,5	32,0	32,5	
10	8	25	36,0	35,0	35,0	35,0	34,5	36,0	37,0
10	8	26	34,5	32,5	32,0	33,0	33,0	35,0	
10	8	27	40,0	44,0	41,0	43,0	45,0	42,0	
15	8	16	21,0	20,0	21,0	20,0	20,0	18,0	20,2
15	8	17	19,5	19,0	18,0	19,0	19,0	19,0	
15	8	18	22,0	22,0	20,0	21,5	22,0	22,0	
20	8	19	18,0	18,0	18,0	18,5	18,5	18,0	16,0
20	8	20	11,0	10,5	11,0	11,0	11,0	11,0	
20	8	21	18,0	18,5	19,0	18,5	20,0	19,0	
25	8	22	20,0	20,0	21,0	19,0	21,0	22,0	19,8
25	8	23	17,0	17,5	17,5	17,0	17,0	17,0	
25	8	24	22,0	21,5	23,5	21,0	22,0	21,0	
30	12	25	14,5	13,5	14,0	13,0	13,5	13,0	12,6
30	12	26	12,0	11,5	11,0	10,0	11,5	9,5	
30	12	27	13,0	14,0	14,0	14,5	13,0	12,0	
35	12	34	13,0	14,0	14,0	12,5	12,5	13,0	14,8
35	12	35	15,0	15,5	15,5	16,0	16,5	15,5	
35	12	36	17,0	16,0	15,5	14,5	14,5	15,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol Nº 10, parcela B y altura 1,30 m.

Arbol: 1
Parcela: B
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	7	28	40,5	37,5	34,0	34,0	33,0	33,0	38,3
2	7	29	41,5	42,0	42,0	41,0	34,0	35,0	
2	7	30	37,0	39,5	39,0	42,0	41,5	42,5	
5	7	31	31,5	32,0	33,5	34,0	33,0	32,5	34,2
5	7	32	30,0	32,5	33,0	33,0	33,0	35,0	
5	7	33	37,0	36,0	37,0	36,0	38,0	38,0	
10	7	35	24,0	22,5	22,0	21,0	23,0	24,0	27,2
10	7	36	27,0	27,0	27,0	32,0	35,0	37,0	
10	7	37	30,5	29,0	29,0	27,0	26,0	26,5	
15	8	1	27,0	27,0	26,5	26,5	27,0	27,0	22,5
15	8	2	19,0	17,0	19,0	19,0	19,0	20,0	
15	8	3	21,0	22,0	23,0	22,5	22,0	21,0	
20	8	4	12,0	13,0	12,5	13,0	15,0	13,5	15,2
20	8	5	13,0	14,0	14,5	14,0	14,0	15,0	
20	8	6	18,0	19,5	17,5	18,0	17,5	19,0	
25	8	7	15,0	15,0	15,0	14,5	16,0	15,0	15,5
25	8	8	15,0	15,0	16,0	14,5	14,0	16,0	
25	8	9	15,0	15,0	17,5	17,0	17,0	17,0	
30	12	1	18,0	19,0	19,0	21,0	21,0	20,0	21,3
30	12	2	26,0	26,0	27,0	26,0	25,0	24,0	
30	12	3	16,0	17,5	20,0	19,0	20,0	19,5	
35	12	4	28,0	25,0	25,0	26,0	26,0	26,0	22,3
35	12	5	22,0	25,0	20,0	19,0	21,0	20,0	
35	12	6	21,0	20,0	20,0	20,0	19,0	19,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 1, parcela B y altura 1,30 m.

Arbol: 3
Parcela: B
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	7	10	38,5	37,0	36,5	38,0	38,0	37,0	36,6
2	7	11	36,0	37,0	37,0	37,0	38,0	37,0	
2	7	12	35,5	36,0	34,0	36,0	35,0	36,0	
5	7	13	41,0	41,5	42,0	41,0	43,0	40,0	42,1
5	7	14	45,0	43,0	46,0	41,5	42,0	41,0	
5	7	15	40,0	40,0	42,5	43,0	43,0	43,0	
10	7	16	31,5	30,0	30,5	32,0	33,0	34,0	31,1
10	7	17	31,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	
10	7	18	30,5	31,0	30,0	30,5	31,0	29,0	
15	7	19	33,0	33,5	34,0	33,5	32,5	33,0	32,9
15	7	20	34,5	32,0	32,0	33,5	33,0	33,0	
15	7	21	34,0	33,5	32,0	33,0	31,0	32,0	
20	7	22	33,0	30,0	31,0	29,5	29,0	28,5	28,4
20	7	23	27,0	28,0	29,5	29,0	27,0	27,5	
20	7	24	27,0	26,0	26,5	26,5	27,0	28,5	
25	7	25	31,0	31,0	31,0	31,5	31,5	32,5	32,5
25	7	26	36,5	37,5	37,0	36,0	37,5	37,0	
25	7	27	29,5	30,0	30,0	29,5	28,5	27,5	
30	12	37	19,5	20,0	19,5	20,0	20,5	19,0	18,2
30	12	38	18,0	19,5	19,5	18,0	18,0	18,5	
30	13	1	15,0	16,0	17,5	17,0	16,5	16,0	
35	13	2	16,5	16,5	17,0	17,0	16,0	17,0	17,8
35	13	3	22,5	21,0	22,0	22,5	21,5	20,5	
35	13	4	14,5	15,0	15,5	15,0	14,5	15,5	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 3, parcela B y altura 1,30 m.

Arbol: 7
Parcela: B
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	6	11	39,0	40,0	38,0	38,0	37,0	39,0	35,6
2	6	12	3,0	33,0	34,0	34,0	35,0	35,0	
2	6	13	39,0	39,5	40,0	39,5	38,5	40,0	
5	6	14	41,0	42,0	42,5	41,0	42,0	45,5	41,8
5	6	15	38,0	39,0	39,0	42,0	39,0	40,0	
5	6	16	44,0	43,0	43,0	43,5	43,5	44,0	
10	6	17	44,0	43,0	43,0	43,0	44,0	45,0	44,4
10	6	18	47,0	45,0	46,0	45,0	44,0	43,0	
10	6	19	45,0	45,0	44,0	44,0	45,0	45,0	
15	6	20	26,5	26,0	26,5	26,0	27,5	27,0	31,0
15	6	21	36,0	36,5	37,0	37,0	37,0	37,0	
15	6	22	26,5	29,0	29,0	31,0	32,0	30,0	
20	6	23	31,5	32,0	33,0	32,0	35,0	34,0	22,6
20	6	24	11,0	11,0	11,0	11,5	12,0	11,0	
20	6	25	23,0	23,5	23,0	25,0	24,0	23,0	
25	6	26	22,0	22,0	21,5	19,5	19,5	20,5	16,9
25	6	27	15,0	15,0	15,0	15,0	14,0	15,0	
25	6	28	14,0	15,0	16,0	15,0	15,0	15,0	
30	12	28	10,5	10,5	11,0	11,0	11,5	10,0	13,3
30	12	29	15,5	15,0	15,0	15,5	16,0	15,5	
30	12	30	13,0	13,5	14,0	14,5	14,0	14,0	
35	12	31	16,0	16,0	14,5	15,5	15,5	16,0	14,2
35	12	32	11,0	10,0	10,0	11,0	11,0	11,0	
35	12	33	15,5	15,0	17,0	17,0	17,0	16,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 7, parcela B y altura 1,30 m.

Arbol: 8
Parcela: B
Altura: 1,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	6	29	42,0	41,5	42,0	41,5	42,0	42,5	43,0
2	6	30	46,0	45,0	44,0	43,0	42,0	43,0	
2	6	31	44,0	43,0	43,0	43,0	42,5	43,5	
5	6	32	39,5	40,0	40,0	41,0	41,0	41,0	36,1
5	6	33	29,0	29,5	29,0	29,0	28,5	29,0	
5	6	34	39,5	39,0	39,5	38,0	39,0	39,0	
10	6	35	36,0	39,0	36,0	36,0	35,0	35,0	36,9
10	6	36	39,5	38,0	39,0	38,0	38,0	37,0	
10	6	37	35,0	35,0	36,0	38,0	37,5	36,5	
15	7	1	34,5	34,0	38,5	36,5	37,0	39,0	37,4
15	7	2	40,0	39,0	38,5	38,0	37,0	38,0	
15	7	3	36,0	35,0	36,0	37,0	38,5	40,0	
20	7	4	35,0	37,0	35,0	35,0	37,0	37,0	34,5
20	7	5	31,0	31,0	34,5	31,5	32,0	31,0	
20	7	6	34,5	34,5	34,5	36,5	37,5	37,0	
25	7	7	37,5	36,0	37,5	36,5	35,5	34,0	30,0
25	7	8	20,0	18,0	18,0	19,5	18,0	19,0	
25	7	9	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	
30	13	5	21,0	21,5	23,0	23,5	22,5	24,0	21,1
30	13	6	20,0	21,0	20,5	18,5	18,0	17,5	
30	13	7	21,0	20,5	21,5	22,0	21,5	21,5	
35	13	8	17,0	17,5	17,5	17,0	16,5	17,0	19,7
35	13	9	22,0	21,0	21,5	21,5	22,0	21,0	
35	13	10	20,5	20,5	21,0	21,0	20,0	20,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol Nº 8, parcela B y altura 1,30 m.

Arbol: 10
Parcela: A
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	5	12	34,0	34,5	35,0	34,5	32,5	32,0	35,4
2	5	13	39,0	37,0	35,0	34,0	37,0	37,5	
2	5	14	39,5	39,5	35,0	34,5	33,0	34,5	
5	5	24	17,0	17,0	17,0	18,0	17,5	18,0	22,7
5	5	25	33,0	32,5	33,0	33,5	32,0	32,5	
5	5	26	18,0	19,0	18,0	18,0	17,0	17,0	
10	5	15	14,5	14,0	13,5	12,0	10,0	10,5	15,9
10	5	16	22,0	22,0	22,0	19,0	21,5	21,0	
10	5	17	12,5	23,0	12,0	12,0	13,0	11,5	
15	5	18	19,5	19,0	18,5	19,5	19,0	21,5	17,6
15	5	19	22,0	22,5	22,0	21,5	22,0	22,0	
15	5	20	11,0	11,0	11,5	12,0	12,0	10,5	
20	5	21	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	10,0	15,1
20	5	22	22,0	23,0	23,5	24,0	27,0	26,5	
20	5	23	14,0	12,5	11,5	11,0	11,0	12,5	
25	5	27	14,5	12,5	12,0	13,0	12,5	12,0	18,3
25	5	28	23,0	21,0	21,0	21,5	21,5	21,0	
25	5	29	20,5	21,5	21,0	20,5	19,5	21,5	
30	12	10	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	12,6
30	12	11	9,0	8,5	10,0	11,0	12,0	12,0	
30	12	12	17,0	16,0	15,0	16,0	15,0	15,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 10, parcela A y altura 3,30 m.

Arbol: 4
Parcela: A
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	5	30	29,0	29,5	28,0	24,0	25,0	26,5	33,2
2	5	31	25,0	28,0	29,5	29,5	37,0	37,0	
2	5	32	41,0	43,0	41,0	40,0	42,0	42,0	
5	5	36	31,5	27,0	25,0	27,0	26,5	24,0	26,8
5	5	37	30,5	33,0	32,5	25,0	24,0	29,0	
5	6	1	24,0	23,0	24,0	23,5	27,0	26,0	
10	6	8	25,0	25,0	25,0	17,0	18,0	18,0	21,2
10	6	9	18,5	19,0	18,0	19,0	18,5	19,0	
10	6	10	19,5	20,5	25,0	25,0	25,0	26,0	
15	6	5	25,0	24,5	25,0	24,5	26,0	26,5	25,0
15	6	6	28,0	28,0	28,0	27,0	26,0	27,0	
15	6	7	21,0	24,0	23,5	22,0	22,0	22,0	
20	6	2	21,0	21,0	20,0	21,0	21,0	21,5	18,7
20	6	3	20,0	21,0	20,0	17,0	17,0	17,0	
20	6	4	16,5	16,5	17,0	17,5	17,0	15,0	
25	5	33	10,0	10,5	12,0	6,5	6,5	7,0	10,0
25	5	34	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	8,5	
25	5	35	13,0	12,0	11,0	12,0	12,0	12,0	
30	13	23	14,5	14,5	14,0	13,5	14,5	14,0	15,1
30	13	24	15,0	14,5	15,0	15,0	15,0	15,0	
30	13	25	16,5	17,0	16,0	16,0	16,5	16,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 4, parcela A y altura 3,30 m.

Arbol: 7
Parcela: A
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar					Media	
2	3	36	32,5	34,0	34,0	36,0	34,0	35,0	34,0
2	3	31	33,0	30,0	30,0	31,0	31,0	29,5	
2	3	37	40,0	40,0	39,0	38,0	36,5	28,5	
5	4	2	26,0	26,5	26,0	25,0	25,5	26,0	24,6
5	4	3	27,0	27,5	26,0	25,0	26,0	27,0	
5	4	4	21,0	19,5	21,5	23,0	22,5	22,0	
10	4	5	23,0	24,5	23,0	25,0	23,0	23,5	23,0
10	4	6	25,5	25,0	23,0	25,5	25,0	25,0	
10	4	7	25,0	22,0	20,0	19,5	18,5	18,5	
15	4	8	19,0	17,0	16,0	16,5	18,0	19,0	15,2
15	4	9	13,0	13,0	15,5	14,5	11,0	14,0	
15	4	10	14,0	14,0	15,5	14,0	14,5	15,5	
20	3	33	14,0	13,5	12,5	14,0	12,0	13,5	12,4
20	3	34	12,0	12,0	12,0	13,0	13,5	13,0	
20	3	35	11,0	11,0	11,0	12,0	11,5	12,0	
25	4	11	15,0	16,0	15,5	16,0	15,0	16,0	14,7
25	4	12	12,0	12,0	12,5	12,0	12,5	11,5	
25	4	13	17,0	17,0	16,0	16,0	16,5	16,5	
30	13	20	12,5	12,0	13,0	12,5	12,5	12,0	12,9
30	13	21	13,0	13,5	13,5	13,0	13,0	13,0	
30	13	22	13,5	13,0	13,0	13,5	13,5	13,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 7, parcela A y altura 3,30 m.

Arbol: 8
Parcela: A
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar					Media	
2	4	31	39,0	41,5	40,5	39,0	38,0	36,0	36,2
2	4	32	33,0	35,0	33,5	33,5	35,0	37,5	
2	4	33	35,5	32,0	35,0	35,0	36,0	36,0	
5	4	34	34,0	36,0	28,5	30,0	28,5	29,0	33,6
5	4	35	41,0	37,0	34,0	32,0	35,0	33,0	
5	4	36	35,0	33,0	34,0	34,0	34,5	36,0	
10	4	37	22,5	22,0	21,5	22,0	29,0	31,0	26,1
10	5	1	21,0	18,0	23,0	30,0	30,0	26,0	
10	5	2	30,0	35,0	33,0	24,0	26,0	26,0	
15	5	6	23,0	25,0	23,5	24,0	25,0	24,5	21,7
15	5	7	27,0	29,0	21,0	21,5	21,0	22,0	
15	5	8	18,0	17,5	16,0	18,0	17,0	18,0	
20	5	3	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,5	20,3
20	5	4	21,0	20,0	18,0	19,5	18,0	18,0	
20	5	5	21,0	20,0	22,0	22,0	23,0	22,0	
25	11	12	15,0	15,0	15,0	16,0	14,5	15,0	17,8
25	11	13	17,0	17,0	18,0	18,0	16,0	16,5	
25	11	14	21,5	21,5	21,0	21,0	21,0	21,0	
30	12	19	17,0	16,0	17,0	19,0	19,0	18,0	18,2
30	12	20	18,0	19,0	19,0	18,0	18,0	19,0	
30	12	21	18,5	17,5	19,0	18,5	19,5	18,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 8, parcela A y altura 3,30 m.

Arbol: 9
Parcela: A
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar					Media	
2	4	14	37,5	36,0	35,0	35,0	34,0	32,0	35,4
2	4	15	38,5	38,5	39,0	33,5	33,0	35,0	
2	4	16	38,0	36,0	38,0	34,0	32,0	32,0	
5	4	17	25,0	25,5	24,5	24,0	25,0	27,0	31,6
5	4	18	21,0	21,0	21,0	21,0	22,0	23,0	
5	11	4	46,0	49,5	49,0	48,0	48,0	47,5	
10	4	19	18,5	20,0	18,5	19,0	19,0	19,0	24,4
10	4	20	26,0	28,0	20,0	21,0	22,0	22,0	
10	4	21	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	
15	4	22	13,0	12,0	12,5	12,5	11,5	11,5	15,1
15	4	23	13,0	13,0	13,0	12,0	12,5	14,0	
15	4	24	21,0	21,5	20,0	19,5	18,5	20,5	
20	4	25	14,0	15,0	14,5	12,0	12,5	12,0	11,9
20	4	26	10,0	10,5	11,0	10,0	9,0	10,0	
20	4	27	12,5	11,5	12,0	12,5	13,0	13,0	
25	4	28	15,0	13,5	13,5	12,0	12,0	12,0	12,1
25	4	29	14,5	13,5	13,0	13,5	14,0	12,0	
25	4	30	10,0	10,0	11,0	9,0	9,0	11,0	
30	12	13	17,0	16,0	15,0	15,0	16,0	16,0	15,9
30	12	14	15,0	16,0	16,0	19,0	18,0	19,0	
30	12	15	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	14,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 9, parcela A y altura 3,30 m.

Arbol: 10
Parcela: B
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	10	28	38,0	39,0	38,0	40,0	39,5	40,0	34,9
2	10	29	35,0	34,0	33,0	33,5	35,0	35,0	
2	11	5	32,0	32,0	32,0	32,0	31,0	29,0	
5	10	30	25,0	24,5	22,5	23,5	24,0	24,5	29,5
5	10	31	29,0	30,0	30,5	28,0	31,5	32,5	
5	10	32	34,0	34,0	35,0	34,0	34,0	35,0	
10	10	33	24,0	24,5	25,0	25,0	25,5	24,0	25,9
10	10	34	25,0	25,5	26,0	24,5	26,0	24,0	
10	10	35	28,0	29,0	27,0	28,0	28,0	27,0	
15	10	36	27,0	28,0	26,0	27,5	27,5	27,0	29,1
15	10	37	25,0	25,0	25,0	24,5	23,5	23,0	
15	10	38	27,5	36,5	38,0	39,5	37,0	37,0	
20	11	8	8,0	7,5	8,0	9,0	8,0	8,0	19,8
20	11	6	24,0	25,0	24,0	24,0	27,0	25,0	
20	11	7	27,0	27,0	26,0	26,0	26,5	27,0	
25	11	1	19,5	19,5	18,0	20,0	18,0	18,0	19,2
25	11	2	22,5	22,0	23,0	22,0	21,0	20,0	
25	11	3	16,5	17,0	16,5	17,0	18,0	17,0	
30	12	22	11,0	9,5	10,0	9,5	10,5	11,0	11,8
30	12	23	12,0	14,0	12,5	13,5	13,0	16,0	
30	12	24	11,0	12,0	12,5	11,5	11,0	12,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 10, parcela B y altura 3,30 m.

Arbol: 1
Parcela: B
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	9	26	37,5	34,0	34,0	31,0	31,0	37,5	36,3
	9	27	40,5	39,0	37,0	43,0	44,0	42,0	
	9	28	31,0	34,0	33,0	32,5	36,0	36,0	
5	9	29	37,0	38,0	38,0	36,0	36,0	37,0	34,1
	9	30	36,0	34,0	33,5	33,0	32,5	33,0	
	9	31	31,0	31,0	30,5	31,0	32,0	33,5	
10	9	35	14,0	13,5	13,0	13,5	12,0	12,0	24,7
	9	36	31,0	31,5	32,0	31,0	33,0	33,5	
	9	37	28,5	28,5	29,0	30,0	30,0	29,0	
15	10	32	19,5	18,0	19,5	19,0	20,0	19,5	16,6
	10	33	14,5	14,0	15,0	16,0	17,5	19,5	
	10	34	14,0	13,0	13,5	15,0	15,0	17,0	
20	10	4	18,0	18,0	18,5	18,0	19,0	18,5	20,6
	10	5	20,5	20,0	20,0	19,0	21,0	20,5	
	10	12	24,5	23,5	24,5	23,0	22,0	23,0	
25	10	6	18,0	18,0	18,5	18,5	18,0	18,0	19,4
	10	7	18,0	19,0	18,0	19,0	21,0	23,0	
	10	8	21,0	20,5	20,0	19,5	20,0	20,5	
30	13	11	13,0	13,0	13,5	13,0	14,0	13,5	16,1
	13	12	19,5	19,0	18,5	18,0	18,5	18,5	
	13	13	16,0	16,5	16,5	17,0	16,0	16,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 1, parcela B y altura 3,30 m.

Arbol: 3
Parcela: B
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	8	28	46,0	45,0	45,0	44,0	45,5	45,5	41,7
2	8	29	35,5	36,0	35,0	36,0	36,0	36,0	
2	8	30	44,0	43,0	42,5	44,0	46,5	45,5	
5	8	31	25,5	25,0	25,0	25,0	25,0	24,0	23,0
5	8	32	22,0	22,0	21,5	22,0	22,0	21,5	
5	8	33	21,0	23,0	22,0	21,0	22,5	24,0	
10	8	34	30,0	29,0	29,5	31,0	30,5	30,5	26,9
10	8	35	29,5	30,0	29,5	29,0	30,0	30,0	
10	8	36	20,0	19,0	21,0	22,0	21,0	23,5	
15	8	37	21,0	21,0	21,0	21,0	21,5	21,5	21,0
15	8	38	27,0	27,0	24,0	25,0	25,0	25,0	
15	9	1	15,0	16,0	16,5	17,0	17,0	17,0	
20	9	2	17,5	16,0	16,0	16,5	16,5	16,5	16,9
20	9	3	22,0	20,0	21,0	20,5	20,0	20,5	
20	9	4	13,0	13,0	13,5	14,0	14,0	14,0	
25	9	5	8,5	8,0	7,5	8,0	8,0	7,0	11,0
25	9	6	17,0	15,0	16,0	17,0	17,0	16,5	
25	9	7	9,0	8,0	9,0	10,0	9,0	8,0	
30	12	7	13,5	11,5	11,0	9,0	10,0	10,0	16,2
30	12	8	18,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	
30	12	9	19,0	19,0	20,0	19,0	19,0	18,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 3, parcela B y altura 3,30 m.

Arbol: 7
Parcela: B
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	9	8	33,0	32,5	33,5	33,0	34,0	33,0	31,8
2	9	9	25,0	25,0	25,0	25,0	23,0	24,0	
2	9	10	40,0	39,0	36,5	37,0	36,0	37,0	
5	9	11	31,5	33,0	33,0	32,0	30,0	32,0	34,2
5	9	12	36,0	35,5	34,0	34,0	33,0	34,0	
5	9	13	36,0	36,0	35,0	35,0	37,0	38,0	
10	9	14	30,0	30,0	29,0	28,5	29,0	29,0	28,7
10	9	15	27,0	29,0	29,0	30,0	29,0	27,0	
10	9	16	29,0	28,0	28,0	28,5	29,0	27,5	
15	9	17	22,0	22,0	24,0	22,5	22,0	23,0	18,7
15	9	18	17,0	17,0	16,5	19,0	19,0	21,0	
15	9	19	17,0	15,0	14,5	14,5	15,0	15,0	
20	9	20	26,0	25,5	25,0	23,0	24,0	24,5	22,4
20	9	21	25,0	24,0	20,5	23,0	21,0	21,0	
20	9	22	21,0	21,0	19,0	20,0	20,0	19,5	
25	9	23	10,0	11,0	10,0	11,0	11,0	11,0	9,7
25	9	24	9,0	8,5	8,0	8,0	8,0	8,5	
25	9	25	10,5	10,0	9,5	10,0	10,0	11,0	
30	12	16	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,4
30	12	17	11,0	10,0	11,0	11,0	11,0	11,0	
30	12	18	7,0	7,0	8,0	10,0	9,0	8,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 7, parcela B y altura 3,30 m.

Arbol: 8
Parcela: B
Altura: 3,30 m

Anillo	NºRollo	Nº Foto	Angulo Microfibrilar						Media
2	10	9	36,5	38,0	40,0	40,0	42,0	42,0	39,2
2	10	10	36,0	35,0	35,0	35,0	38,0	38,0	
2	10	11	42,0	42,0	41,5	42,0	41,0	41,0	
5	10	13	34,0	33,0	31,5	32,0	31,0	30,0	29,1
5	10	14	26,0	26,5	27,0	28,0	27,5	27,0	
5	10	15	31,0	27,0	29,0	28,0	26,5	28,5	
10	10	16	31,0	29,0	29,0	28,0	28,0	32,0	28,3
10	10	17	29,5	30,5	30,0	31,0	29,5	28,5	
10	10	18	25,0	26,0	25,5	26,0	25,0	25,0	
15	10	19	22,5	22,0	22,5	23,0	24,0	23,0	20,7
15	10	20	20,0	21,0	19,5	19,0	19,0	18,5	
15	10	21	19,5	19,5	20,0	19,5	19,5	20,0	
20	10	22	13,0	13,5	12,0	12,5	12,0	11,5	12,8
20	10	23	10,5	11,5	11,0	11,0	12,0	12,0	
20	10	24	15,0	15,0	14,5	14,0	15,0	14,5	
25	10	25	9,0	9,5	9,0	9,5	10,0	9,0	14,1
25	10	26	17,5	16,0	17,5	17,5	16,0	18,0	
25	10	27	15,5	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	
30	13	26	18,5	18,0	18,0	18,5	17,5	18,0	13,0
30	13	27	11,0	11,5	12,0	11,0	10,5	10,5	
30	13	28	10,0	10,0	10,0	10,0	9,5	10,0	

Valores de AMF por anillo, para el árbol N° 8, parcela B y altura 3,30 m.