

Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003)

Distribución de grano espiralado y patrones de espiralidad en *Pinus taeda* de Rivera

Sr. Javier Doldán
Ing. Quím. Raúl de Castro
Dr. Sadaaki Ohta

Colaboradores:
Ing. Quím. Silvia Böthig Per. Agr. Hugo O'Neill
Ing. Agr. OF Alvaro Pérez del Castillo Sr. Dilvar Silva Sr. Luciano Benites

Informe de Investigación N°3
Noviembre 2000



PRÓLOGO

En el presente trabajo, que es el tercero de la serie: “Informes de Investigación”, se reúnen estudios realizados como parte del “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales” en el marco del convenio entre el Sector Productos Forestales del LATU y JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) en Montevideo, Uruguay desde 1998 hasta 2003.

Con esta serie, el LATU pretende contribuir a la difusión tecnológica como una herramienta para el desarrollo de la industria forestal.

Los autores agradecen al Sr. Harushi Kobayashi (Coordinador del Proyecto) y al Dr. Yoshitake Fujisawa (Instituto de Mejoramiento genético de árboles, Japón) por su invaluable apoyo en este estudio.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	2
2.1. MATERIALES	2
2.1.1. <u>Muestreo realizado</u>	2
2.2. MÉTODO DE MEDIDA DEL GRANO INCLINADO.....	2
2.2.1. <u>Obtención de muestras</u>	3
2.2.2. <u>Marcado de líneas de base</u>	3
2.2.3. <u>Corte</u>	4
2.2.4. <u>Medida</u>	5
3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	6
3.1. RELACIÓN ENTRE PROBETAS DIAMETRALMENTE OPUESTAS...	6
3.2. SELECCIÓN Y DESCARTE.....	7
3.3. FRECUENCIA DE INCLINACIÓN DE GRANO.....	9
3.4. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE INCLINACIÓN DE GRANO.....	10
3.4.1. <u>Relación en cada anillo de crecimiento</u>	10
3.4.2. <u>Relación en la totalidad de probetas</u>	12
3.4.3. <u>Clasificación según valores de porcentaje de inclinación de grano</u>	12
3.5. PATRONES DE INCLINACIÓN DE GRANO.....	14
3.5.1. <u>Cambio del ángulo y dirección de inclinación desde la médula a la corteza</u>	14
3.6. CLASIFICACIÓN POR PATRONES DE INCLINACIÓN.....	16
4. <u>CONCLUSIONES</u>	21
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	22

DISTRIBUCIÓN DEL GRANO ESPIRALADO Y PATRONES DE ESPIRALIDAD EN *PINUS TAEDA* DE RIVERA

1. INTRODUCCIÓN

La madera es un material anisotrópico. Esta propiedad está determinada por la construcción del tejido celular de la madera, en donde la estructura unitaria, en el caso de las coníferas la traqueida, es de 50 a 100 veces más larga que ancha. Por otro lado, es sabido que las propiedades de la madera varían según la orientación y dirección de las células.

Las propiedades que muestran una pronunciada variación anisotrópica son: resistencia, contracción y permeabilidad. Asimismo, las maderas que exhiben una dirección del grano inclinada (formando un ángulo con la dirección del eje longitudinal), frecuentemente disminuyen sensiblemente sus propiedades de resistencia y se dificulta su trabajabilidad.

En las especies de pinos existen desviaciones en la dirección del grano observándose mayormente dos fenómenos, el crecimiento espiralado que afecta gran parte del árbol y el grano inclinado producido por el efecto de la existencia de nudos cercanos u otros defectos.

La aparición del grano espiralado en coníferas es muy común y usualmente sigue una dirección “Left-hand-spiral”, esto es, la inclinación hacia la izquierda del grano tomando como referencia el eje del árbol mirado desde el exterior del mismo. El grano espiralado es un rasgo muy común en un gran número de pinos, incluyendo al *Pinus taeda*. Por el contrario, Paterson (Paterson, D.N.,1968) asegura que el grano espiralado no es un problema para el *Pinus radiata* de plantaciones africanas. Sin embargo, en el nombrado estudio, el ángulo de espiralidad fue medido en la superficie exterior de árboles cuyas edades variaban de 12 a 40 años y como consecuencia, no se pudo detectar las inclinaciones en el grano de los anillos internos. En una posterior publicación (Paterson, D.N.I. ,1969) el mismo Paterson, da un valor para madera juvenil de aproximadamente 4,8° (8,4%) de inclinación y valores máximos mayores a 10° (17%) de inclinación, los que no se diferencian cualitativamente de los encontrados en maderas de New South Wales (Australia), donde el problema del grano inclinado es considerado significativo.

El grano espiralado no ha sido estudiado a fondo en plantaciones de *Pinus taeda* en Uruguay.

En este estudio, se muestra la variación del grano espiralado en especímenes de rápido crecimiento de *Pinus taeda* obtenido de plantaciones de Rivera –Uruguay, donde se podrán observar las tendencias y valores desde la medula a la corteza.

Palabras clave: *Pinus taeda*; grano espiralado; inclinación del grano;
anillo de crecimiento; inclinación Z y S;
máximo y promedio de inclinación de grano

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

2.1.1. Muestreo realizado

Las muestras se obtuvieron de trozas de *Pinus taeda* provenientes del departamento de Rivera. Se seleccionaron trozas basales de 3,7 a 4,9 m de largo en condición verde y con edades que variaban entre los 11 y 21 años. La fecha de corte fue septiembre de 1999.

En la TABLA N°1 se pueden ver otras características de las trozas seleccionadas, como diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetros mayor y menor, ancho de anillos en madera juvenil (MJ) y en madera adulta (MA), etc.

TABLA N°1: Características del muestreo realizado

Árbol N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N° de Anillos	21	20	21	19	20	16	14	16	15	18	11	14	15	14	18
DAP (cm)	52	50	43	43	43	41	40	34	43	38	37	34	34	35	33
Diámetro Mayor (cm)	62	55	52	53	51	53	46	41	49	45	49	43	39	40	39
Diámetro Menor (cm)	49	44	41	41	39	35	38	33	35	35	31	33	32	31	29
Largo (m)	4,9	4,9	4,9	4,9	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Ancho de anillos MJ (mm)	17	16	14	14	14	15	17	15	15	15	18	14	14	12	12
Ancho de anillos MA (mm)	8	9	7	9	6	9	12	7	11	7	-	11	7	6	8

2.2. MÉTODO DE MEDIDA DEL GRANO INCLINADO

La medida del grano espiralado se basa en un procedimiento relativamente simple. Existen variados métodos para obtener dicha medida, los cuales han sido revisados por Nicholls(1963) y Brazier(1965). El más simple es el de partir una pieza de madera longitudinalmente y medir el ángulo de desvío de la fibra entre la superficie agrietada y la opuesta. Al realizar las medidas a lo largo de la posición radial, se deben tener en cuenta los anillos de crecimiento a modo de evaluar el efecto de la edad en la propiedad estudiada.

El uso del método antes sugerido, ha sido recomendado por Nakagawa (1972). Éste investigador, propone además que los patrones de espiralidad desde la médula hasta la periferia, son comparables entre discos cortados a diferentes alturas del árbol. Concluyó también que la relación entre el porcentaje de inclinación de grano en cada anillo de crecimiento de un disco obtenido a la altura de pecho y el de los mismos anillos de discos tomados a otras alturas tiene una correlación lineal de 0,49 (valor que se puede considerar alto dada la gran cantidad de probetas ensayadas).

Tomando en cuenta esto último, para este estudio se obtuvieron los discos a la altura del pecho (1,3 m de altura) y se midió la inclinación del grano tomando los resultados como representativos para cada árbol.

2.2.1. Obtención de muestras

Las muestras se obtuvieron de trozas basales en estado verde, de donde se cortaron discos o rodajas anchas que no tuvieran ningún tipo de defectos, como ser nudos, grietas, rajaduras, etc.. De esta forma se pretendió que la medición de la inclinación del grano no fuera influenciada por alguno de estos factores. Luego de seleccionar la rodaja se marcó un listón que incluía la médula de tal modo que el ancho de la muestra no fuera mayor a los 5 cm y que los anillos de crecimiento quedaran dispuestos lo más radialmente posible. De esta manera fue posible la medición de la inclinación del grano (IG) en cada anillo desde médula a corteza. Posteriormente se llevó a un espesor aproximado de 3 cm y se cortó por la médula obteniendo así dos muestras diametralmente opuestas para cada árbol (A y B). (Ver FIGURA N°1).

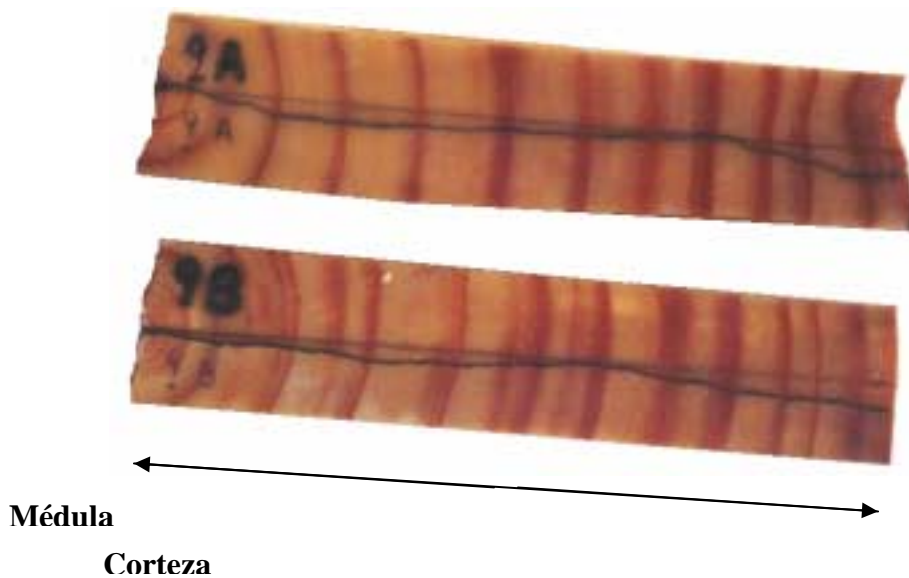


FIGURA N°1 : Probetas Árbol No. 9 (A y B)

2.2.2. Marcado de las líneas de base

El método de las líneas de base parte de la suposición de que no existe inclinación del grano, o sea que las fibras se posicionan paralelas al eje del tronco del árbol. De esta forma se procedió a marcar la “línea de base de corte” (por donde se corta la muestra) y luego ésta fue proyectada (con ayuda de hilo y plomada) a la cara opuesta, en donde posteriormente se mide efectivamente el grano inclinado (“línea de base de medida”).

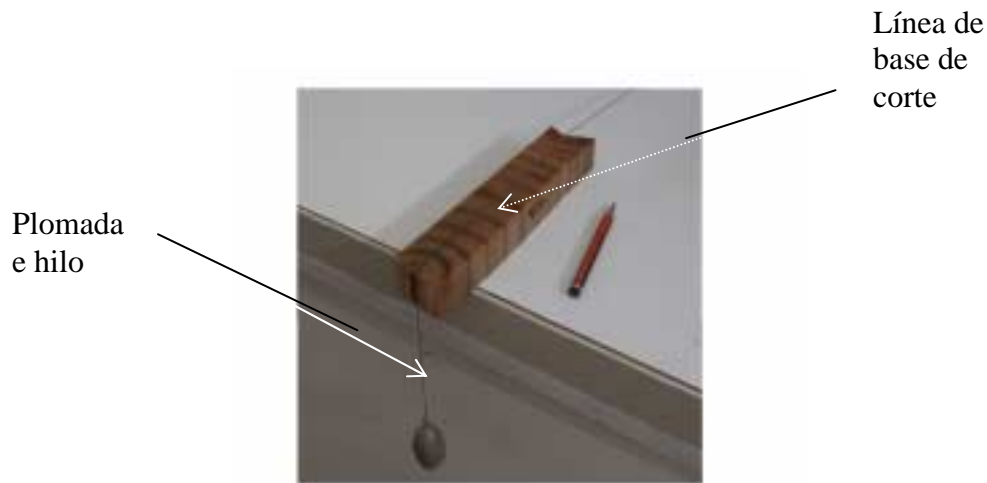


FIGURA N°2 : Marcado de líneas de base

2.2.3. Corte

El corte se realizó en la cara donde fue marcada la “línea de base de corte” y se procedió de la siguiente manera: se apoyó una cuchilla afilada en la línea de corte y con la ayuda de un martillo se fue golpeando suavemente, permitiendo que las fibras se abrieran siguiendo su inclinación natural. Se tuvo especial cuidado de no golpear demasiado fuerte, pues se podrían cortar las fibras falseando el resultado del ensayo.



FIGURA N°3: Implementos de corte: (A) Martillo y cuchilla; (B) Corte; (C) Probeta cortada.

2.2.4. Medida

Para realizar la medida de la inclinación del grano se escanearon las superficies de las muestras ensayadas (procedimiento que asegura la no deformación de las dimensiones

reales) y se utilizó un Digitalizador (Graphtec KW4620-RS Digitizer), con el cual se obtuvieron al menos una medida de la distancia a la “línea de base de medida” por milímetro. Esto permitió recorrer toda la silueta de la probeta obteniendo un perfil real de la misma. El software utilizado para almacenar los datos obtenidos con el digitalizador, permite el ingreso de datos adicionales como por ejemplo, el poder indicar donde comienza y termina cada anillo de crecimiento. De esta manera y con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de inclinación del grano de todo el perfil de la probeta ensayada, pudiendo identificar la inclinación por anillo de crecimiento. Se entiende por porcentaje de inclinación del grano, el porcentaje que representa la distancia de la desviación del grano a la línea de base de medida, con respecto al espesor de la probeta ensayada.

La nomenclatura utilizada para clasificar el tipo de inclinación del grano es Z-S. Ésta clasificación toma en cuenta hacia qué lado de la línea de base de medida se desvía el grano. Se procedió de la siguiente manera: se tomó cada probeta mirando desde la corteza hacia la médula de tal forma que si el desvío se produjo hacia la derecha de la línea de base de medida se clasificó como un desvío “Z” y por el contrario si el desvío es hacia la izquierda, se le dio el nombre de “S” (ver FIGURA N°4).

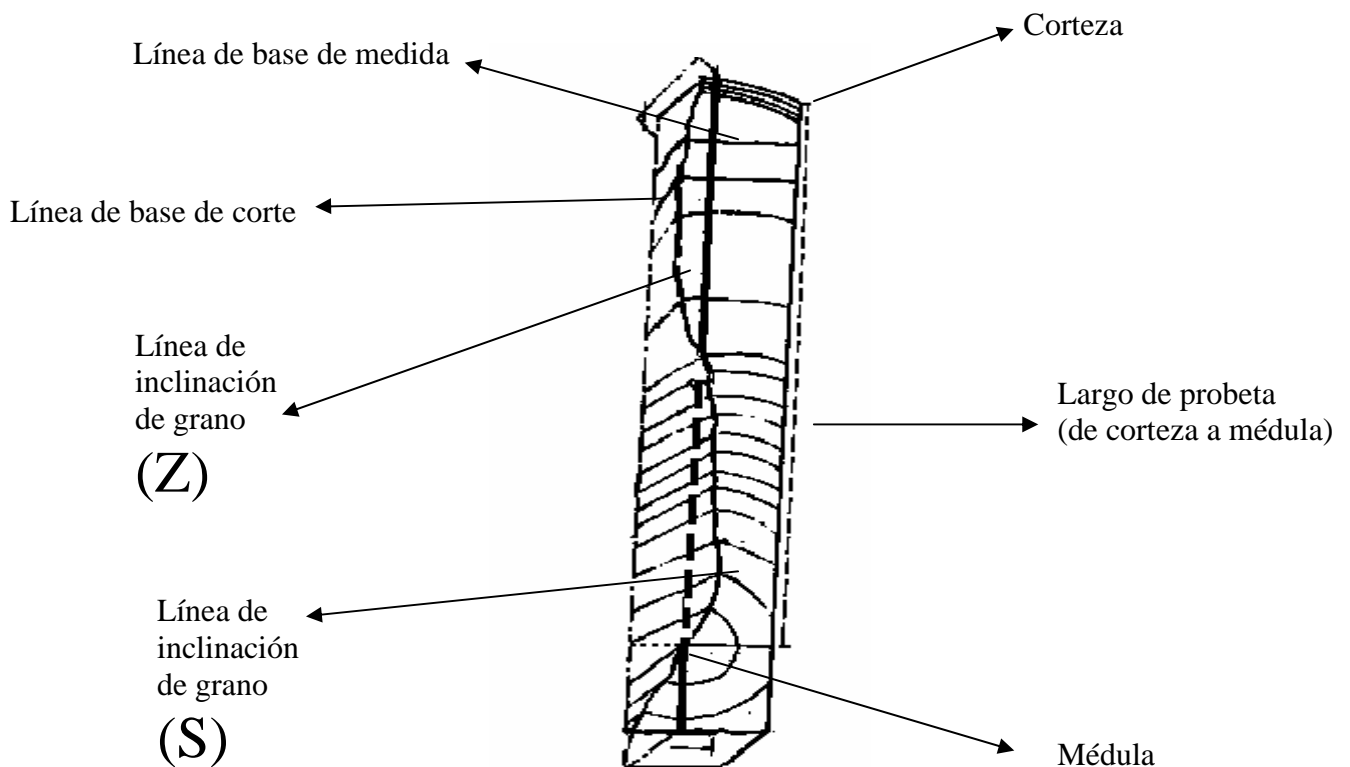


FIGURA N°4: Líneas de base e inclinación S y Z.

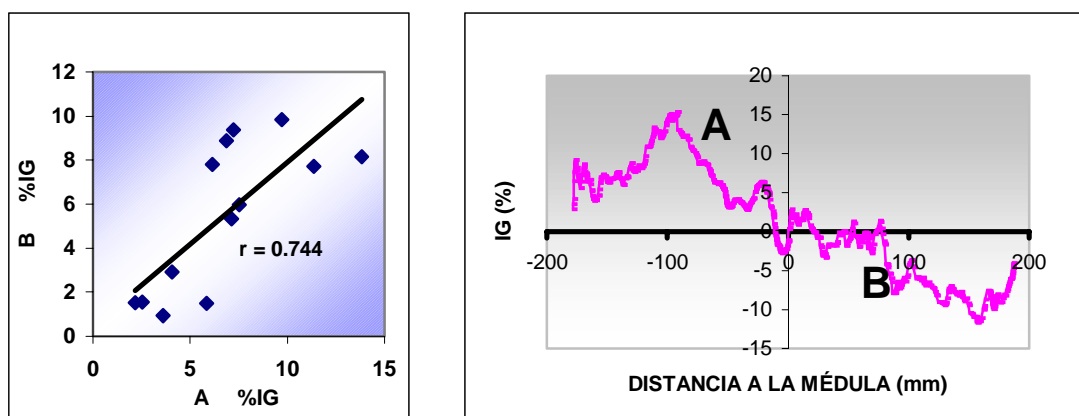
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RELACIÓN ENTRE PROBETAS DIAMETRALMENTE OPUESTAS

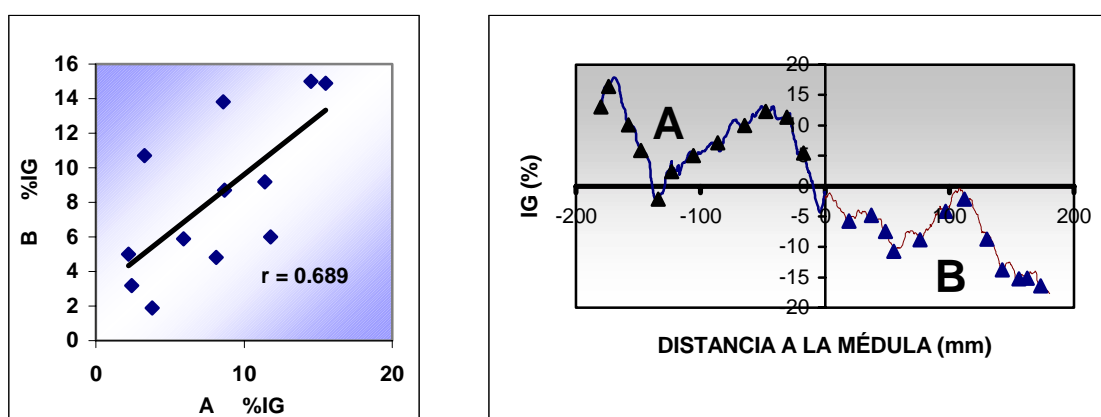
Como anteriormente se explicó, de cada árbol se extrajeron dos probetas (A y B) diametralmente opuestas. Para estudiar la relación entre estas dos probetas se correlacionan los valores de promedio de inclinación del grano de los distintos anillos de crecimiento.

Dentro de los árboles estudiados, los N°6 y 9 fueron los únicos de los que se pudieron obtener las dos probetas A y B sin influencia de defectos.

Los resultados obtenidos (Coeficiente de correlación aprox. 0,7; ver GRÁFICA N°1 Y N°2), permiten decir que si tomamos uno solo de los radios (probeta A ó B) el resultado será representativo para todo el disco y por consiguiente para todo el árbol. Lo antes expresado se puede corroborar mediante la relación entre los valores máximos de anillos diametralmente opuestos.



GRÁFICA N°1 : Relación entre las dos direcciones radiales A y B en el árbol N°6



GRÁFICA N°2 : Relación entre las dos direcciones radiales A y B en el árbol N°9

3.2. Selección y descarte

De los 15 árboles muestreados, se tomaron rodajas a la altura del pecho, las cuales originaron probetas A y B (como se explicó anteriormente). A las probetas así obtenidas se les realizó el proceso de medida y posteriormente se seleccionaron las no afectadas por defectos o por la cercanía a algún defecto (ya sea nudos o deformaciones en la corteza).

Un ejemplo del descarte realizado puede ser el del árbol N°4. En la FIGURA N°5 y 6 se aprecian las probetas del árbol N°4, en las que se observa una inclinación exagerada por la proximidad de un nudo. Posteriormente, en la GRÁFICA N°3 se ve el perfil de inclinación de grano en todo el diámetro, viéndose picos de más de 20% de inclinación, lo que es un valor extremadamente grande causado por un nudo cercano.



FIGURA N°5: Probeta de árbol N°4 , desvío pronunciado.

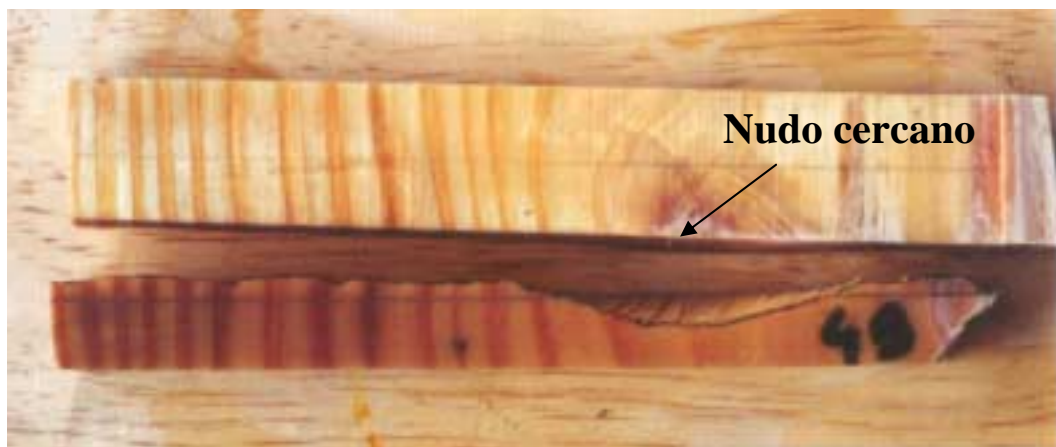
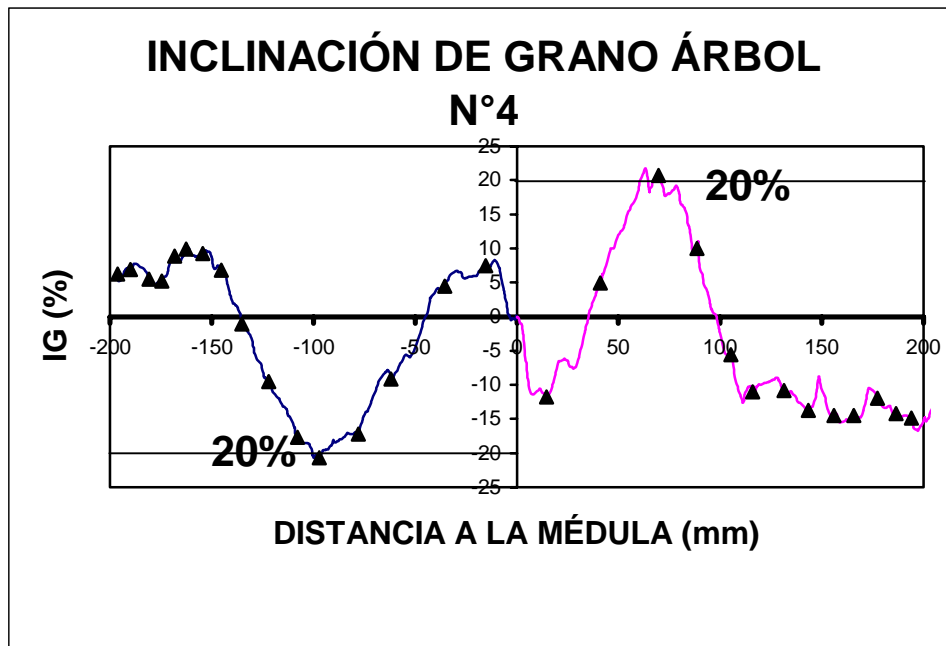


FIGURA N°6: Nudo cercano a la probeta ensayada.



GRÁFICA N°3 : Probetas de árbol N°4

El resultado de la selección está esquematizado en la TABLA N°2 donde se indican las probetas que han sido seleccionadas (Sí) y las que han sido descartadas (No) por estar muy cercanas a nudos, lo que provocó una inclinación exagerada (por ejemplo árbol N°4) u otros descartes que se produjeron a causa de excentricidad. De la mencionada tabla se desprende que el estudio se continuó con probetas de 14 árboles.

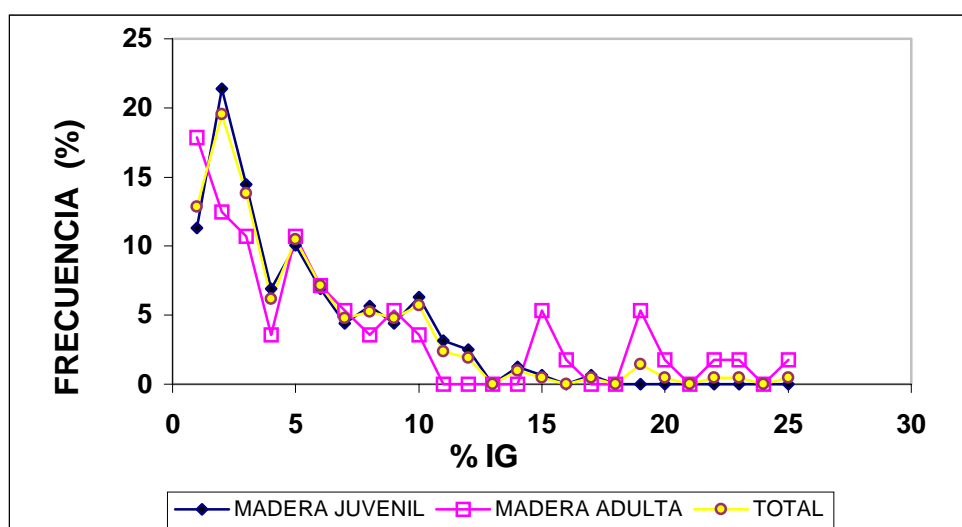
TABLA N°2 : Número de anillos y selección de probetas

Árbol N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N° de Anillos	17	17	18	16	18	13	12	12	12	12	11	12	13	13	13
A	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	No
B	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí

3.3. FRECUENCIA DE GRANO INCLINADO

Es común definir la dirección de espiralidad como ser “Left-hand-spiral” (LH) o sea la desviación hacia la izquierda del grano tomando como referencia el eje del árbol mirando desde el exterior del mismo. Por el contrario, tenemos la dirección “Right-hand-spiral” (RH) que de la misma manera, indica que la inclinación se produce hacia la derecha. Asimismo, el ángulo de desviación del grano hacia la izquierda y hacia la derecha son expresiones usadas para describir el grado de desviación. Otros investigadores también utilizan como nomenclatura las letras S y Z para definir la orientación celular en estudios anatómicos. Estos métodos de medición de la desviación del grano fueron descritos por Nakagawa (Nakagawa,1972).

Habiendo medido las inclinaciones del grano en todas las probetas, se procedió a identificar la frecuencia con que se repitieron las distintas magnitudes de porcentaje de inclinación. En la GRÁFICA N°4 se relacionan las frecuencias obtenidas en la madera juvenil, adulta y total. Dado que para la madera juvenil se obtuvieron una mayor cantidad de datos que para la adulta, se procedió a calcular las frecuencias relativas a las cantidades de medidas de cada una de estas categorías. Hay que tener en cuenta que para diferenciar entre madera juvenil y adulta, se tomó como límite del anillo de crecimiento número 10 basándose en las conclusiones obtenidas en el Informe de Investigación N°2 (LATU-JICA, 2000).



GRÁFICA N°4 : Distribución de frecuencias relativas a la inclinación de grano en madera juvenil, adulta y total.

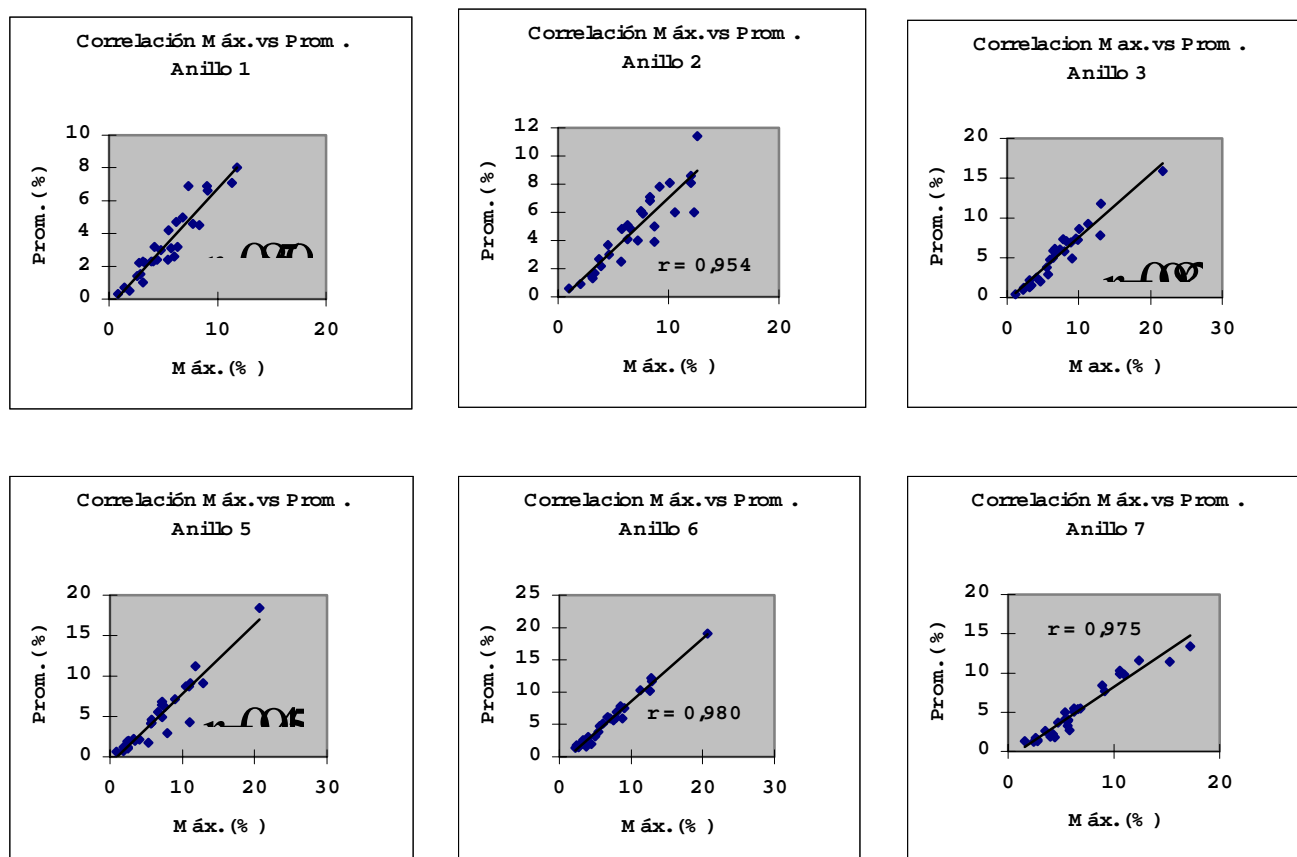
3.4. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE INCLINACIÓN DE GRANO

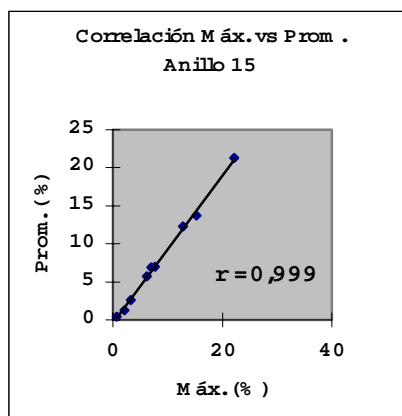
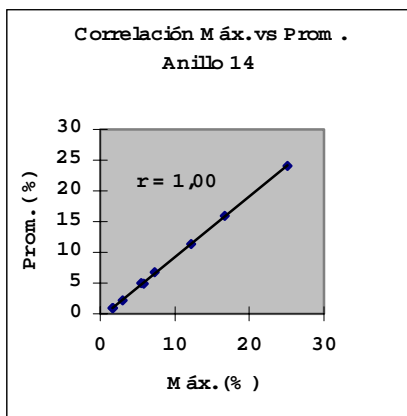
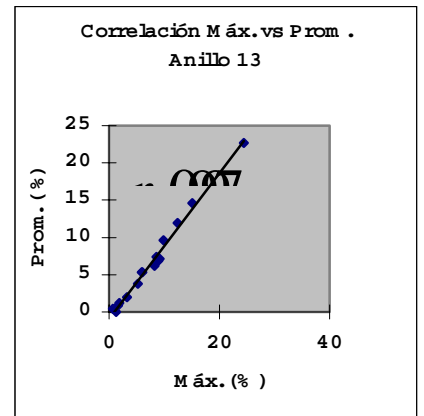
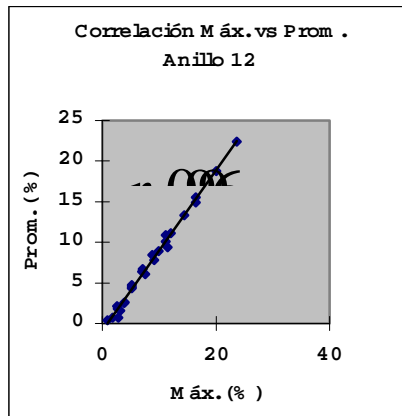
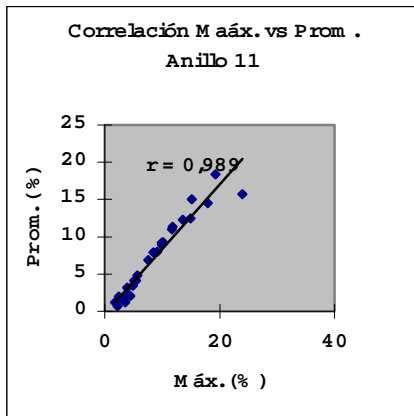
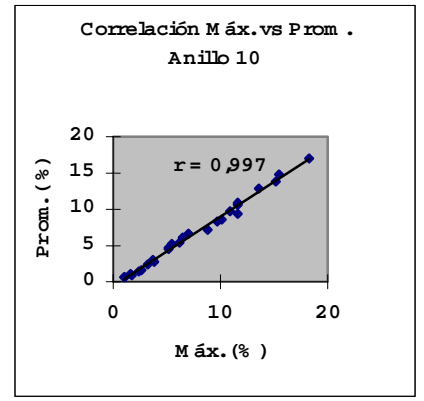
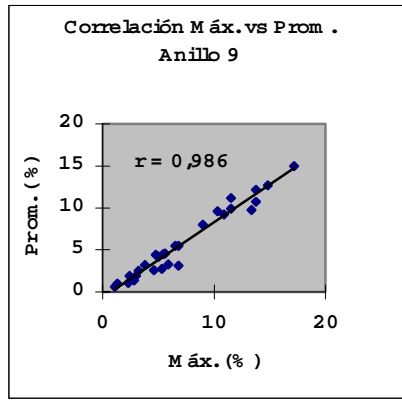
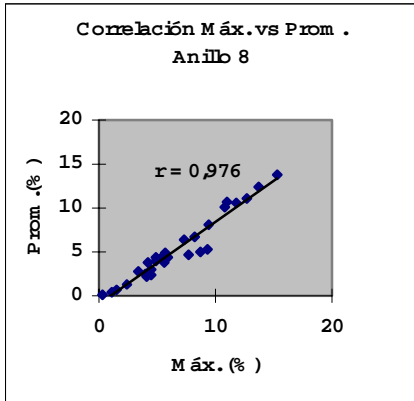
De los datos obtenidos para cada probeta, se obtuvieron los máximos y promedios para cada anillo. Esto permite relacionar éstos valores entre anillos y entre probetas.

3.4.1. Relación en cada anillo de crecimiento

El valor máximo de porcentaje de inclinación de grano en cada anillo se correlaciona con los valores de promedio de los mismos anillos. Se espera con esto, relacionar directamente estos dos parámetros en todo el árbol. Según los resultados obtenidos se puede ver en GRÁFICA N°5 que las correlaciones obtenidas en todos los anillos es muy buena (aproximadamente 0,9). Sin lugar a dudas resulta muy interesante, puesto que la medida de los valores máximos podría relacionarse con los valores promedio de cada anillo lo que simplificaría en gran forma el método utilizado. Se debe tener en cuenta que para la madera juvenil (aprox. hasta el anillo N°10) los valores de los máximos presentan un incremento del orden de los 30% con respecto a los valores promedios, mientras que en la madera adulta este incremento es un poco menor, alrededor del 26%.

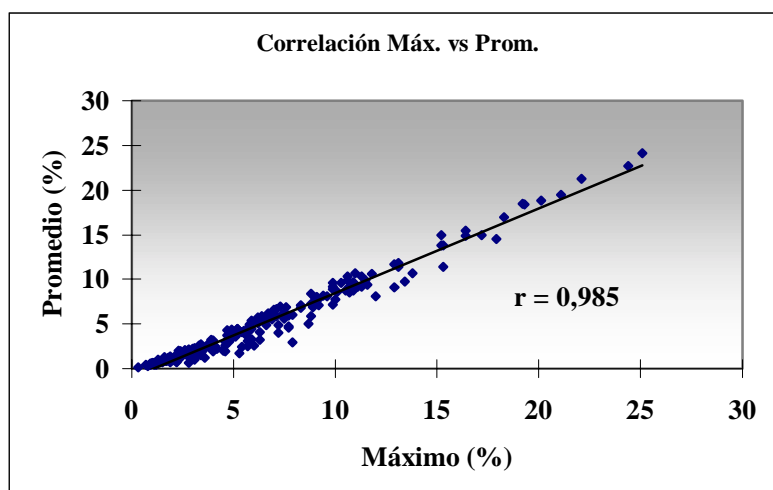
GRÁFICA N°5: Correlación entre máximo (Máx.) y promedio (prom.) en cada anillo (desde anillo 1 al 15)





3.4.2. Relación en la totalidad de probetas:

En la siguiente gráfica (GRÁFICA N°6), se correlacionan todos los datos obtenidos de máximos y promedios relacionados a cada anillo de crecimiento de todas las probetas seleccionadas de los 14 árboles estudiados. La muy buena correlación obtenida ($r = 0,985$) verifica las anteriormente vistas en GRÁFICA N°5 donde se relacionan los anillos de crecimiento de todos los especímenes y confirma la simplificación propuesta para el método de medida. Se puede observar también en esta gráfica, una acumulación de valores obtenidos a magnitudes menores a 10% de inclinación de grano lo que denota que la especie estudiada muestra generalmente un índice de inclinación bajo.



GRÁFICA N°6: Correlación entre máximos y promedios de los 14 árboles.

3.4.3. Clasificación según valores de porcentaje de inclinación de grano

La clasificación se realiza a partir de los valores obtenidos para cada árbol, los cuales se presentan en la TABLA N°3. Para confeccionar la TABLA N°3 se tomaron para cada árbol, por un lado todos los promedios de inclinación de grano de cada anillo, de los cuales se obtuvo un valor promedio que será llamado “promedio de promedios”; por otro lado, se realizó la misma operación con los máximos de cada anillo obteniendo el “promedio de máximos”. Estas dos magnitudes son características de cada muestra por lo que se las tomará como criterio para realizar la clasificación por valores de inclinación de grano.

Habiendo construido la mencionada tabla, se procedió a clasificar los árboles según los valores obtenidos. En la TABLA N°4 se puede ver que los árboles con baja inclinación de grano (clase “BAJA”), tomando como criterio que el promedio de promedios fuera menor que 5% de IG, fueron el N°2, 3, 5, 7, 8, 10, 12 y 15. De la misma forma se tomó como una categoría intermedia (clase “MEDIA”), a aquellos

árboles que presentaran una inclinación de grano entre 5 y 8%. Se encontraron 3 árboles con dichas características y son los siguientes: 6 (A y B), 11 y 14. Los restantes árboles (1, 9 (A y B) y 13) que presentaban una inclinación mayor o igual a 8% se pueden caracterizar como árboles con un alto índice de inclinación de grano (clase “ALTA”).

TABLA N°3 : Promedio de promedios y máximos de cada probeta ensayada.

Máximos (%)	Promedios (%)	Probeta
16.0	14.5	1A
3.9	2.7	2A
3.8	2.5	3B
2.6	1.6	5B
8.6	6.8	6A
7.2	5.5	6B
2.0	1.2	7B
2.7	1.6	8A
10.1	8.0	9A
10.2	8.3	9B
4.1	3.0	10B
8.0	6.0	11B
3.2	2.2	12B
9.6	8.4	13A
6.2	5.2	14B
3.7	2.6	15B
Coef. de Correl. =	0.996	

TABLA N°4 : Clasificación por %IG.

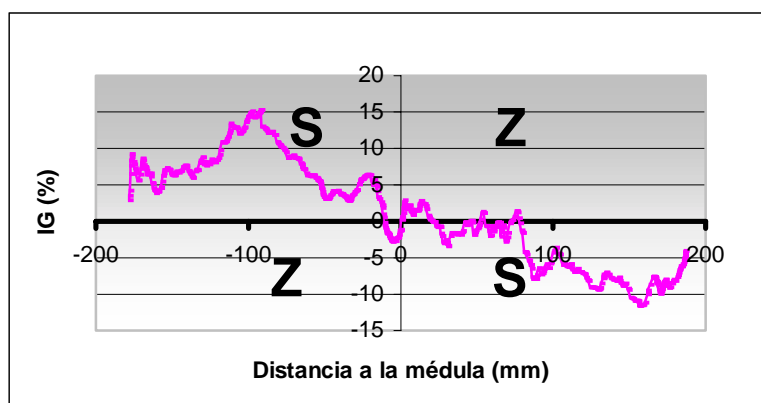
CLASE	RANGO	Árbol
BAJA	%IG < 5	2, 3, 5, 7, 8, 10, 12 y 15
MEDIA	5 < %IG < 8 (Máximo < 10)	6 (A y B), 11 y 14
ALTA	%IG > 8	1, 9 (A y B) y 13

- %IG : porcentaje de inclinación del grano.

3.5. PATRONES DE INCLINACIÓN DE GRANO

3.5.1. Cambio del ángulo y dirección de inclinación desde la médula a la corteza

Como se ha dicho anteriormente se realizó un barrido de la línea de inclinación de grano desde la médula hasta la corteza de todas las probetas obtenidas. De esta manera se puede ver en la GRÁFICA N°7 un perfil de la inclinación del grano en el árbol N°6.



GRÁFICA N°7 : Perfil de inclinación y clases de inclinación S y Z

A simple vista se puede comprobar que la inclinación del grano en este árbol es una típica “Left-hand-spiral” o inclinación hacia la izquierda (mirando desde el exterior hacia la médula). De la misma forma se podría decir que se denota un porcentaje de inclinación S considerable, aumentando al acercarse a la madera adulta.

Ahora bien, si observamos la TABLA N°5 donde se disponen las tendencias de inclinación S y Z en todas las probetas, podemos decir que tanto en la zona de madera juvenil como en la de madera adulta, la inclinación S es predominante sobre Z (se encuentran excepciones como en los árboles 12 y 15).

Se debe notar también que en la zona cercana a la médula, se observa una inclinación opuesta a la que posteriormente se ve como característica en cada árbol. Esto último se ve claramente en la GRÁFICA N°7 donde si se sigue la línea de inclinación desde la médula hacia la corteza, se puede ver que inicialmente toma una inclinación Z y posteriormente en todo el árbol toma una inclinación S.

Por otro lado existen algunos árboles en donde la inclinación va cambiando frecuentemente de S a Z (S-Z), pero hay que destacar que las probetas que presentan esta característica son también en su mayoría de un índice de inclinación bajo (según la clasificación TABLA N°4).

TABLA N°. 5 : Dirección del grano en cada árbol.

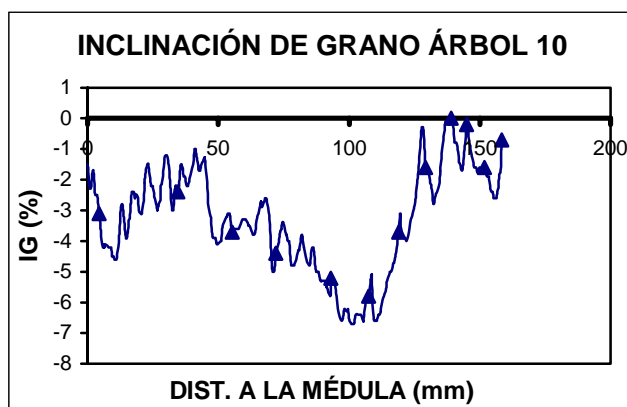
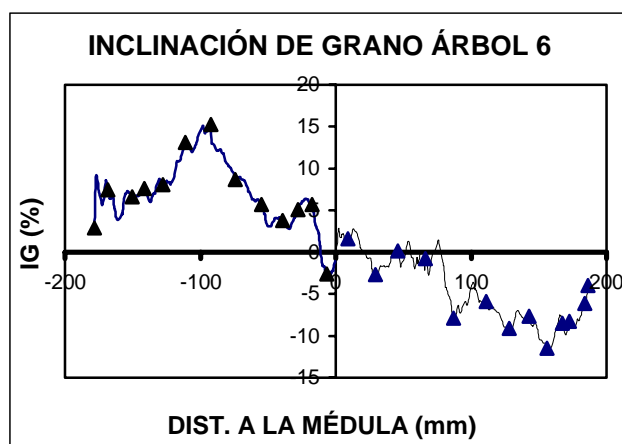
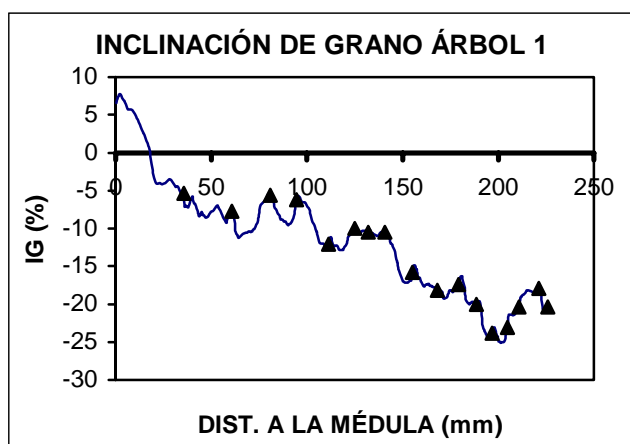
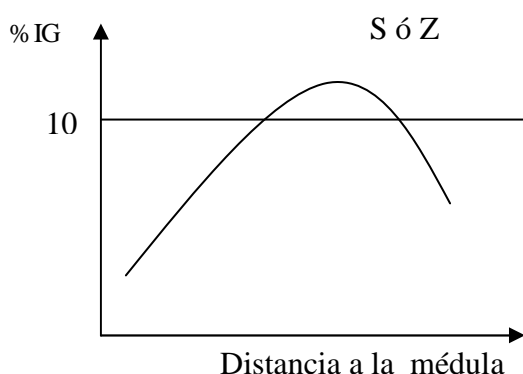
No. de árbol	DIRECCIÓN DE GRANO			No. de anillo (Máximo)
	Cercanía a la médula	Madera juvenil	Madera adulta	
1	Z	S	S	14
2	Z	S - Z	S	16
3	S	S	S - Z	4
5	Z	S - Z	S - Z	2
6 (A)	Z	S	S	8
6 (B)	Z	S - Z	S	9
7	S	S - Z	S	11
8	Z	Z	S - Z	1
9(A)	Z	S	S	11
9(B)	S	S	S	12
10	S	S	S	6
11	S	S	S	3
12	Z	Z	Z	8
13	Z	S	S	8
14	S	S	S	11
15	Z	Z	Z	10

- (S) : Inclinación del grano hacia la izquierda.
- (Z) : Inclinación del grano hacia la derecha.
- (S-Z) : Inclinación del grano mixta.

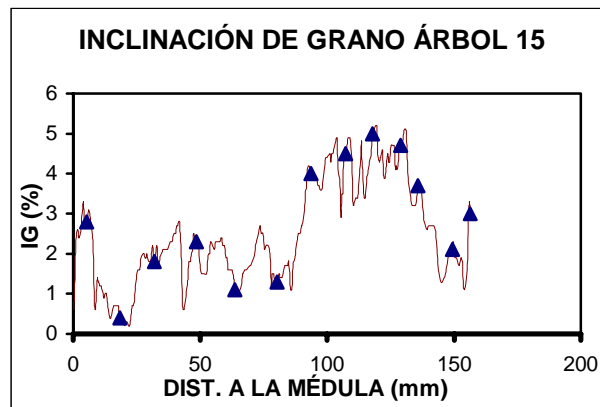
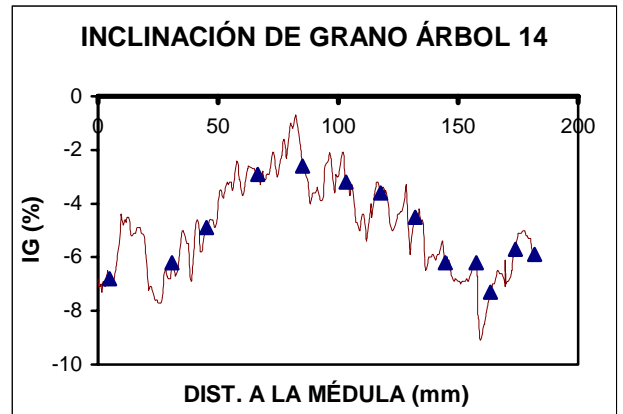
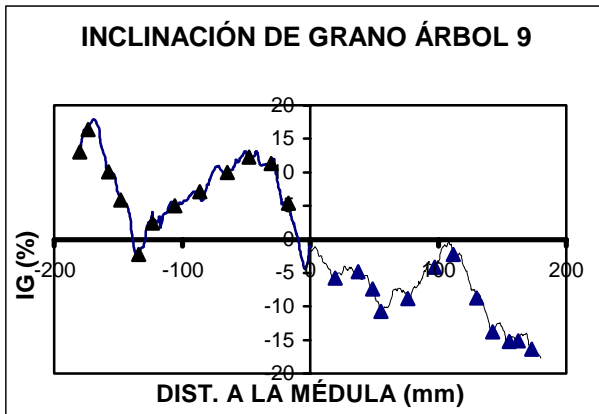
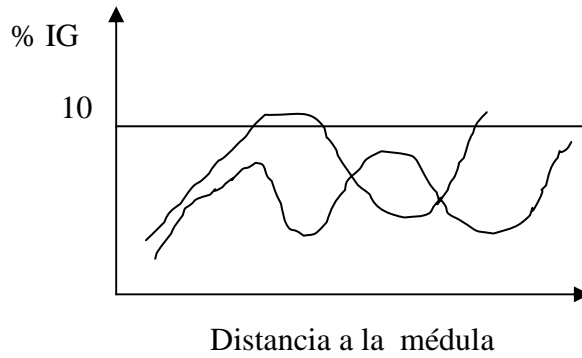
3.6. CLASIFICACIÓN POR PATRONES DE INCLINACIÓN

Los patrones de inclinación del grano en los árboles estudiados fueron clasificados en 5 clases, según la figura formada por el perfil de inclinación. Se pueden observar en los siguientes puntos, las diferentes clases de clasificación y las gráficas obtenidas para el porcentaje de inclinación de cada probeta, donde se indican el inicio y el fin de los anillos de crecimiento teniendo en cuenta la distancia a la médula (Dist.a la médula).

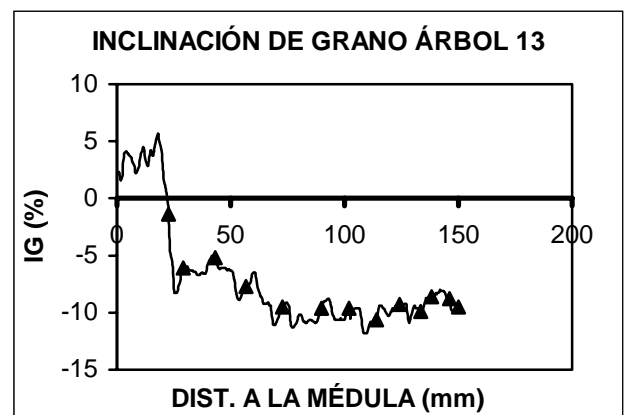
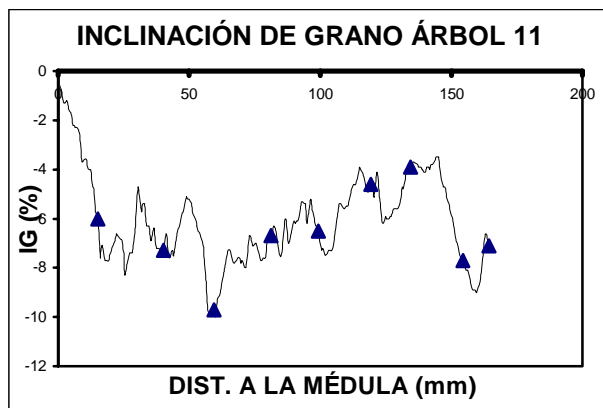
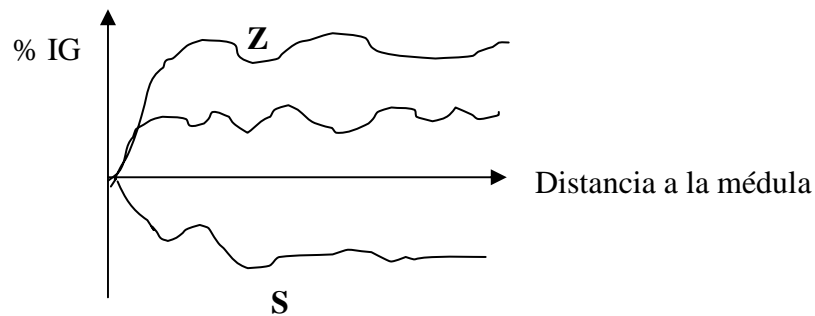
CLASE A - Árboles que presentan una inclinación siempre S o siempre Z, pero incrementando desde la médula hacia el final de la madera juvenil donde alcanza un máximo y vuelve a caer hacia la corteza.



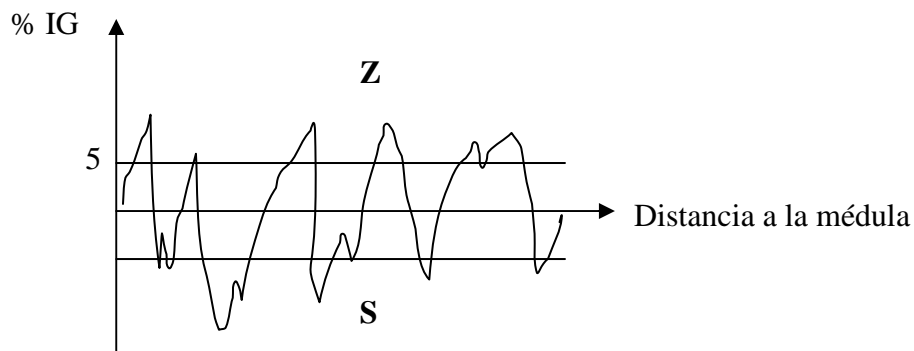
CLASE B - Esta clase se asemeja a la anterior ya que la inclinación de los especímenes no cambia, es S o Z , pero se encuentran dos o más máximos recorriendo la inclinación desde la médula hasta la corteza.

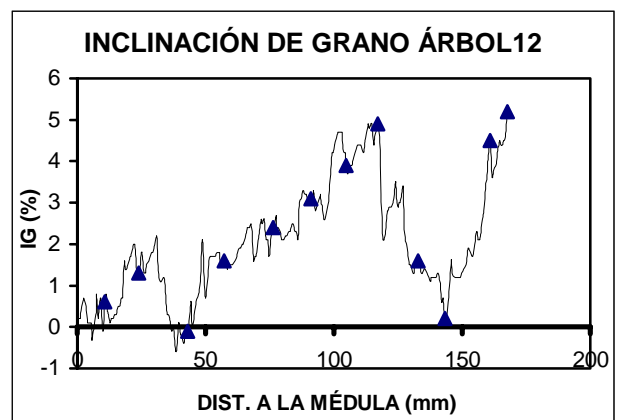
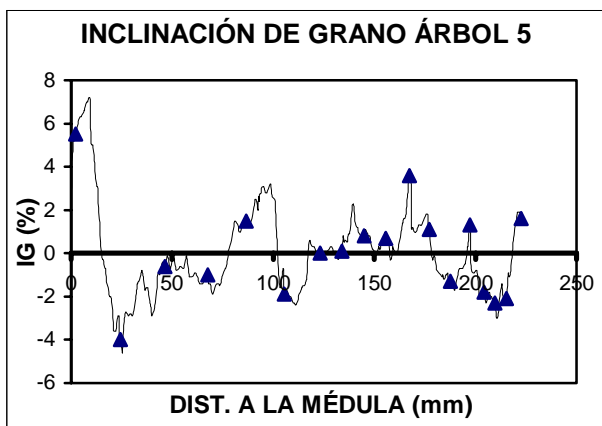
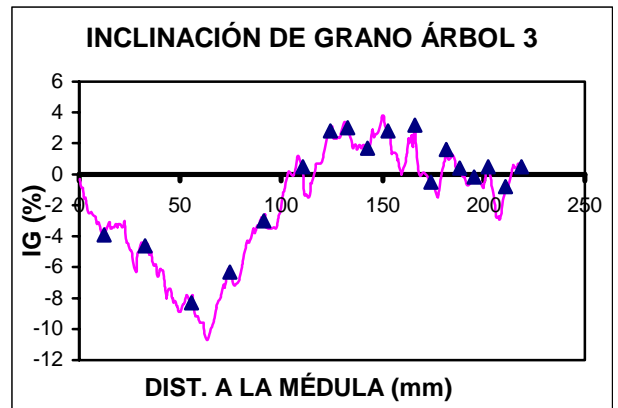
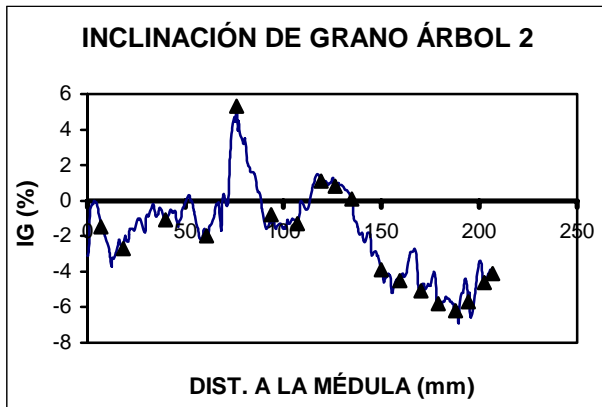


CLASE C - Es una clase donde el porcentaje de inclinación del grano se posiciona en la mayor parte de la probeta alrededor de una magnitud dada observándose una meseta, ya sea en S o Z.

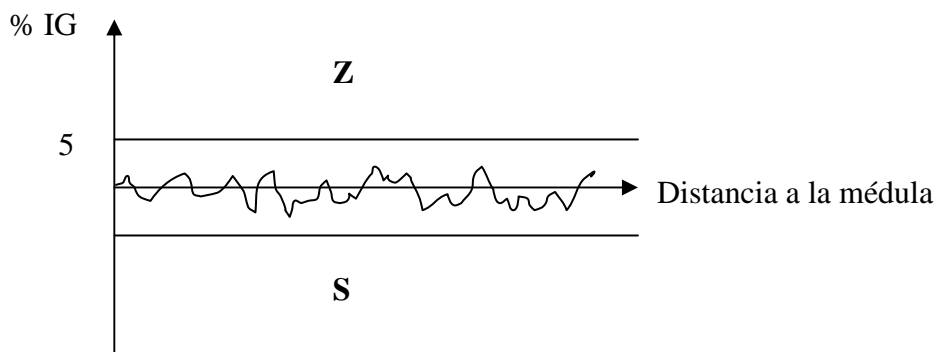


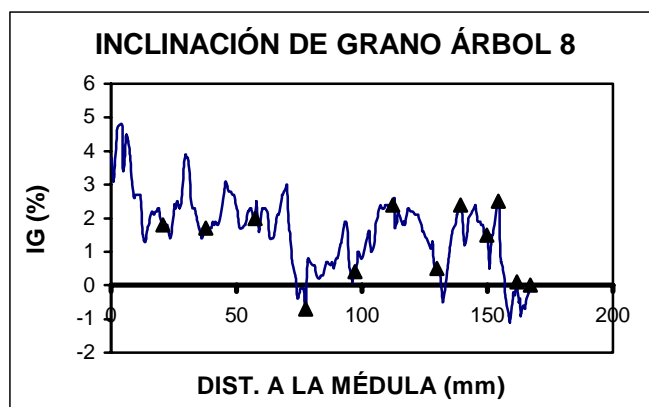
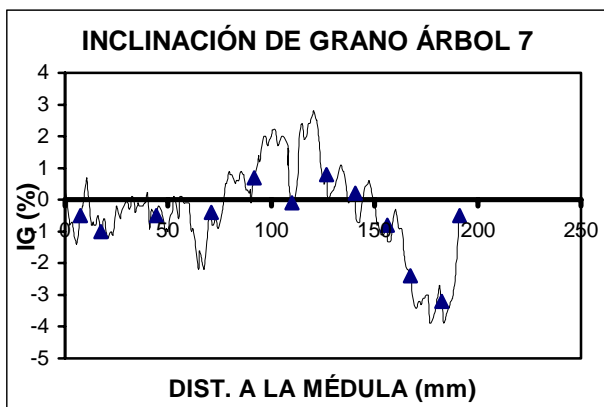
CLASE D - La inclinación en este caso cambia desde S a Z varias veces observándose varios máximos y mínimos a lo largo de toda la probeta. En este caso se observan picos de valores mayores a 5 % de IG.





CLASE E - De la misma forma que la clase anterior, la inclinación es variable entre S y Z. Pero a esta clase se le asignarán las probetas que presenten valores máximos bajos o sea menores al 5 % de IG.





En la TABLA N°6 se muestra el resultado de la clasificación por clases de inclinación de grano donde se puede ver que en las clases de mejor comportamiento como D y E, se acumulan más del 40% de los especímenes estudiados. Es interesante observar que la clase E contiene los árboles que presentan una inclinación de grano promedio muy baja y con una figura de inclinación muy ajustada a la línea de base de medida, lo que hace a éstos árboles los más indicados para un eventual mejoramiento genético.

TABLA N°6: Clasificación por patrones de inclinación.

CLASE	PROBETA
A	1, 6 (A – B) y 10
B	9 (A – B), 14 y 15
C	11 y 13
D	2, 3, 5 y 12
E	7 y 8

4. CONCLUSIONES

De los resultados acerca de la inclinación del grano examinada en 14 árboles de *Pinus taeda* obtenidos en plantaciones de Rivera-Uruguay, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- 1) Más del 70% de los árboles estudiados presentaron una inclinación del grano S o sea formando un espiral alrededor de la médula con inclinación hacia la izquierda.
- 2) Habiendo encontrado que la variación del porcentaje de grano inclinado desde la médula a la corteza, mostró una correlación aceptable entre probetas diametralmente opuestas, sería suficiente estudiar una sola dirección radial asegurándose de que no exista ninguna influencia de nudos cercanos u otros defectos.
- 3) Se observa una muy buena correlación entre los valores máximos y promedios en cada uno de los anillos de crecimiento, así como en la totalidad de árboles estudiados. Esto representa una posibilidad de simplificar el método de medida de inclinación de grano, ya que los máximos en la muestra estudiada son un 29% mayores que los promedios.
- 4) Al no haber hallado ninguna clase de inclinación de grano predominante frente a las propuestas en este estudio, los patrones de grano inclinado desde la médula hasta la corteza pueden ser clasificados en 5 tipos diferentes.
- 5) En este estudio se pudo encontrar que el 14% de especímenes muestran una figura de inclinación bastante ajustada a la línea de base de medida y con un muy bajo porcentaje de inclinación del grano. En un futuro, la propiedad de grano inclinado podría ser tomada como un indicador de calidad para el mejoramiento de la madera.
- 6) Según este estudio, el *Pinus taeda* muestra generalmente un ángulo de inclinación de grano pequeño en comparación con otras especies de pinos, como por ejemplo el *Pinus radiata*. Es posible afirmar que el grano espiralado de *Pinus taeda* es muy bajo tanto para madera juvenil como adulta.
- 7) Desde el punto de vista de las deformaciones sufridas durante el proceso de secado a causa del grano espiralado, se puede predecir que los productos de aserrado de *Pinus taeda* presentarán escasos problemas para ser usados como materia prima.
- 8) Es muy importante considerar que para satisfacer las exigencias de calidad buscadas según el uso final, se debe obtener madera libre de defectos (por ejemplo madera libre de nudos) lo antes posible. Por lo tanto será relevante la implementación de un adecuado manejo forestal, ya sea mediante podas o combinaciones de raleos y podas.
- 9) Con el cometido de caracterizar y conocer en profundidad la madera plantada en Uruguay, será muy importante seguir investigando las características de inclinación de grano así como otras propiedades fundamentales en diferentes regiones del país y en las distintas especies de prioridad forestal.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. PATERSON, D.N.: Spiral Grain in East African exotic softwood forest plantations, *East African Agricultural and Forestry Journal* 33, 1968: pp.289-91
2. PATERSON, D.N.I.: Further studies in wood quality, wood quantity, wood values and rotations from core analysis, *East African Agricultural and forestry Journal* 35, 1969: pp.33-34.
3. NICHOLLS, J.W.P.: The relation of spiral grain to wood quality., *Proc. Meeting Section 41*, Forest Prod., IUFRO, Madison,1963.
4. BRAZIER, J.D.: An assesment of the incidence and significance of spiral grain in young conifer trees. *Forest Products Journal* 15, 1965: pp 308-12
5. NAKAGAWA S.: Distribution of spiral grain within stem and the spirality pattern on *Larix leptolepis*, *Bul. Of the Goverment Forest Experiment Station*, 1972: N° 248.
6. PÉREZ DEL CASTILLO, A.;DE CASTRO, R.; OHTA, S./ Índices de calidad de madera en *Pinus taeda* de Rivera para la optimización en el uso final, *Informe de investigación N°2 LATU-JICA*, 2000: p 21.

Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Sector Productos Forestales
Av. Italia 6201- CP. 11500-Montevideo, Uruguay
Tel. (+598-2)601.3724 Int. 321 Fax:(+598-2)601.8554
e-mail: jdoldan@latu.org.uy
rdecas@latu.org.uy