



0005970



S-3401
INFORME TECNICO N.º 26

JULIO 1966



Ensayos de Secado en
Coigüe y Ulmo en
Tablas de Largo Comercial



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

SANTIAGO - CHILE



INFORME TECNICO N.º 26

JULIO 1966



Ensayos de Secado en Coigüe y Ulmo en Tablas de Largo Comercial

Preparado por:
RAMON ROSENDE B.
Técnico Químico

Supervisado por:
EDGAR BLUHM S.
Ingeniero Químico

INSTITUTO FORESTAL

SANTIAGO - CHILE





El INSTITUTO FORESTAL es una corporación de derecho privado creada por el INDAP del Ministerio de Agricultura y la CORFO para el desarrollo de los recursos e industrias forestales.

Direcciones del
INSTITUTO FORESTAL
Oficinas : Belgrado 11
Casilla : Nº 3085
Teléfono : Nº 380333
Santiago - Chile

INDICE

	Página
RESUMEN	1
SUMMARY	2
1. INTRODUCCION	3
2. PROCEDIMIENTO	3
2.1 Diseño del experimento	3
2.2 Tratamientos experimentales	4
2.3 Material y equipo	6
2.4 Método experimental	8
3. RESULTADOS	11
3.1 Velocidad de secado	11
3.2 Distribución de la humedad y tensiones de secado	14
3.3 Contracción, colapso y deformaciones	14
4. DISCUSION	16
4.1 Aspectos generales	16
4.2 Velocidad de secado	17
4.3 Distribución de la humedad y tensiones de secado	17
4.4 Defectos, colapso y contracción	17
4.5 Reacondicionamiento	19
5. CONCLUSIONES	22
6. BIBLIOGRAFIA	22

* * *



INFOR

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el secado del coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) y del ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), dos especies nativas chilenas de gran importancia comercial. Fue realizado con probetas de largo comercial, complementando de esta forma estudios anteriores de laboratorio sobre la materia. Se efectuaron dos programas de secado al aire y dos en secador de compartimiento, diseñados todos según el principio de los bloques sorteados. Las probetas usadas en estos ensayos fueron tablas de 1 x 6" y 3 m de largo, provenientes de árboles aserreados en cuatro diferentes zonas del país.

Se analizaron diversos aspectos del secado, en especial la velocidad, contracción, colapso, grietas y deformaciones, efectuándose por último un reacondicionamiento con vapor con el fin de remover el colapso y mejorar la calidad del secado. Esta se apreció según una escala arbitraria obtenida como suma estadística de la estimación de grietas y deformaciones. En cuanto al colapso, se le excluyó de los defectos pues se consideró posible su eliminación mediante el reacondicionamiento con vapor.

Los resultados obtenidos demostraron un comportamiento fundamentalmente diferente entre las dos especies estudiadas. Mientras el coigüe mostró un fuerte colapso en todos los programas estudiados, el ulmo presentó ese fenómeno sólo en forma leve, siendo en cambio intensa la formación de grietas y rajaduras. Esta diferencia ocasionó una respuesta distinta al reacondicionamiento aplicado, pues los problemas de secado del coigüe pueden subsanarse en gran parte con dicho proceso, en tanto que para el ulmo resulta poco conveniente y es necesario profundizar la investigación hacia tratamientos que tiendan a evitar la formación de grietas y rajaduras.

* * *

SUMMARY

A study of the behaviour during seasoning of two commercially important Chilean woods, Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst.) and Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) was conducted with boards of commercial length as a complement of previous laboratory research work.

Two different air drying programs and two different kiln drying programs were run. The statistical design of the experiment was according to the randomized block test. The samples consisted of 1" x 6" and 3 m. long boards which were selected from trees from four different zones of the country.

Various aspects of seasoning were analyzed, especially the speed of drying, shrinkage, collapse, checks, and other deformations. The sample boards were steam reconditioned in an attempt to recover the collapse and thus improve the wood's quality.

The degrade factors were noted according to an arbitrary scale as a sum of check and deformations which were found to be the most important drying defects with the two species. Collapse was considered recuperable by steam reconditioning and therefore not included as a degrade factor.

Results obtained indicated that the two species behave quite differently during seasoning. Coigüe collapsed severely in all programs while Ulmo, on the other hand, suffered greatly from checking. The deformation due to collapse in Coigüe may be largely prevented by steam reconditioning after the drying process while in the case of Ulmo further work is needed to determine more appropriate programs to minimize the formation of checks and cracks.

* * * * *

1. INTRODUCCION

Es sabido que el progresivo agotamiento de las especies forestales nativas más estimadas, como roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst.) y raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Krasser), ha obligado a reemplazarlas en importantes aplicaciones por otras maderas nativas consideradas de menor calidad, lo que ha traído como consecuencia la necesidad de buscarle solución a una serie de problemas que se presentan en la utilización de estas especies. Tal es el caso del coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst.), que entre las especies autóctonas constituye en la actualidad el mayor porcentaje de la reserva nacional (Torricelli y Fernández, 1942; Haig et al, 1946) y el mayor volumen de producción de madera nativa aserrada (Buljevic, 1963), viéndose restringido su uso, entre otros, por los graves problemas que presenta en su secado, el que ocasiona grandes pérdidas. Resulta entonces evidente la importancia que tiene encontrar las soluciones adecuadas que permitan efectuar un aprovechamiento más integral de esta especie, lo cual se manifiesta por medio de un gran número de trabajos realizados al respecto, tanto en Chile como en el extranjero. (Torgeson, 1951; Corfo, 1957; J. Tinto, 1957; J. Tinto, 1961; Kauman y Mittak, 1964).

Las conclusiones obtenidas por Kauman y Mittak en un trabajo cooperativo efectuado entre el Instituto Forestal y la Universidad Austral de Chile*, constituyen un gran paso hacia la solución del problema, señalando al coigüe perspectivas bastante promisorias. Sin embargo, en el estudio mencionado resultó difícil obtener, con probetas de largo reducido (1.10 m.), una buena estimación de los defectos del secado y de las ventajas reales que se consiguen al remover el colapso por medio del proceso de reacondicionamiento con vapor. Por esta razón, se consideró necesario complementar el estudio anterior con algunas observaciones adicionales efectuadas en muestras de largo comercial, lo que constituye el objeto principal del presente trabajo.

Con fines comparativos se estimó de interés completar esta investigación con un estudio preliminar sobre el comportamiento frente al secado de otra latifoliada de importancia industrial, el ulmo (*Eucryphia cordifolia*, Cav.), la que en el volumen de producción nacional de maderas nativas aserradas ocupa el cuarto lugar (Buljevic, 1963) y de cuyo secado se poseen pocas informaciones, muchas de ellas contradictorias entre sí.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Se efectuó el ensayo según el principio de bloques sorteados, considerando las siguientes variables:

* Informe Técnico N° 25. Instituto Forestal.

Frente de variación	Variante
Programas de secado	4
Especies	2
Arboles	4
Repeticiones	2
Se necesitaron $4 \times 2 \times 4 \times 2 = 64$ probetas en total	

El análisis de este diseño es simple y si bien no contempla un estudio detallado según tipo de corte, trozo o clase de madera, permite obtener los resultados buscados a través de un cálculo sencillo.

2.2 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Los programas de secado consistieron en dos ensayos de secado natural al aire y dos en secador. Los dos primeros se diferenciaron solamente en el tamaño y colocación de los listones separadores usados en los castillos y se efectuaron en Santiago (Cuadro 1 y Figura 1).

CUADRO 1

DISPOSICION DE LOS LISTONES SEPARADORES

Ensayo Nº	Método de secado	Espesor de los listones, cm.	Espacio entre listones, cm.	Espacio entre probetas, cm.
1	Aire	2	50	2,5
2	Aire	3	75	2,5
3	Secador	2,5	60	2,5
4	Secador	2,5	60	2,5



Fig. 1. Disposición de los castillos para los ensayos de secado al aire

Para los ensayos de secado artificial se contó con la colaboración de una industria maderera de la zona, la que facilitó para tal efecto sus secadores. Debido a que no fue posible interferir su producción normal, se aprovecharon dos de sus programas utilizados para el secado del coigue de 1" de espesor, uno desde 30% de humedad (Ensayo 3) y otro desde 40% de humedad (Ensayo 4). Como el interés del presente trabajo residió especialmente en lograr que los defectos del secado se desarrollaran en la forma más pronunciada posible, la severidad de los tratamientos aplicados fue conveniente para los objetivos del estudio.

Los detalles de los programas empleados se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2
PROGRAMAS DE SECADO ARTIFICIAL

Días	ENSAYO N° 3			ENSAYO N° 4		
	Temperatura Bulbo Seco °C	Temperatura Bulbo Húmedo °C	Humedad Relativa %	Temperatura Bulbo Seco °C	Temperatura Bulbo Húmedo °C	Humedad Relativa %
0	65	65	100	48	48	100
0,5	"	64	95	49	"	95
1	"	63,5	93	50	"	89
1,5	"	63	91			
2	"	62,5	88	51	"	84
2,5	"	62	86			
3	"	61,5	84	52	"	79
3,5	"	61	82			
4	"	60,5	80	53	"	75
4,5	"	60	78			
5	"	59,5	76	54	"	71
5,5	"	59	74			
6	"	58,5	70	55	"	67
6,5	"	58	66			
7	"	57,5	62	56	"	63
7,5	"	57	58			
8				57	"	60
9				58	"	57
10				59	"	54
11				60	"	51
12				61	"	48

2.3 MATERIAL Y EQUIPO

Las 64 probetas experimentales se obtuvieron de otras tantas tablas de 1 1/4" x 6 1/4" x 3,60 m, provenientes de 4 árboles de cada especie seleccionados al azar entre los que se aserlean actualmente en las zonas productoras del país.

Cada tabla experimental usada se identificó mediante una clave que indicó el origen de cada árbol, la altura del trozo en el fuste y el tipo de corte (Bluhm y Kauman, 1964).

Los antecedentes del material empleado se presentan en el Cuadro 3.



CUADRO 3.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

Especie	Arbol Nº	Origen	Número de Tablas provenientes del:			
			Trozo inferior C*	Trozo inferior F*	Trozo medio y C	Trozo superior F
Coigue	1	Antihuala	5	1	-	2
	2	Villarrica	4	2	1	1
	3	Panguipulli	4	1	2	1
	4	Sta. Elisa	3	1	3	1
Ulmo	1	Panguipulli	3	2	2	1
	2	Maihue	4	-	2	2
	3	Pto. Montt	3	3	1	1
	4	Fresia	5	-	2	1

* Tipo de corte:

C = Cuarteado (Radial)

F = Floreado (Tangencial)

Las tablas se distribuyeron al azar entre los ensayos, de a 2 tablas de cada árbol por ensayo, sin tomar en cuenta el tipo de corte, pero se dibujó el diagrama de anillos de cada una.

El equipo usado consistió en dos comparadores micrométricos de dial, marca 'Ames', de 0.01 mm de precisión y rangos de 0 - 25 y 0 - 50 mm, con pie comparador; una balanza 'OHAUS' de triple brazo, con sensibilidad de ± 1 g y un psicrómetro tipo 'Sling', con termómetros graduados cada 0,5°C.

Para efectuar el proceso de reacondicionamiento con vapor, descrito en 2.4. se confeccionó una sencilla cámara, constituida por un marco de listones de madera forrado con polietileno, con aberturas para entrada y salida de vapor y para colocación de un termómetro (Fig. 2, página siguiente).

El secado artificial se efectuó en dos secadores industriales del tipo compartimiento, marca 'Hering', de capacidad de 600 pulgadas cada uno, equipados con ventiladores axiales ubicados en los costados inferiores y con calefactores de tubo de acero con aletas.

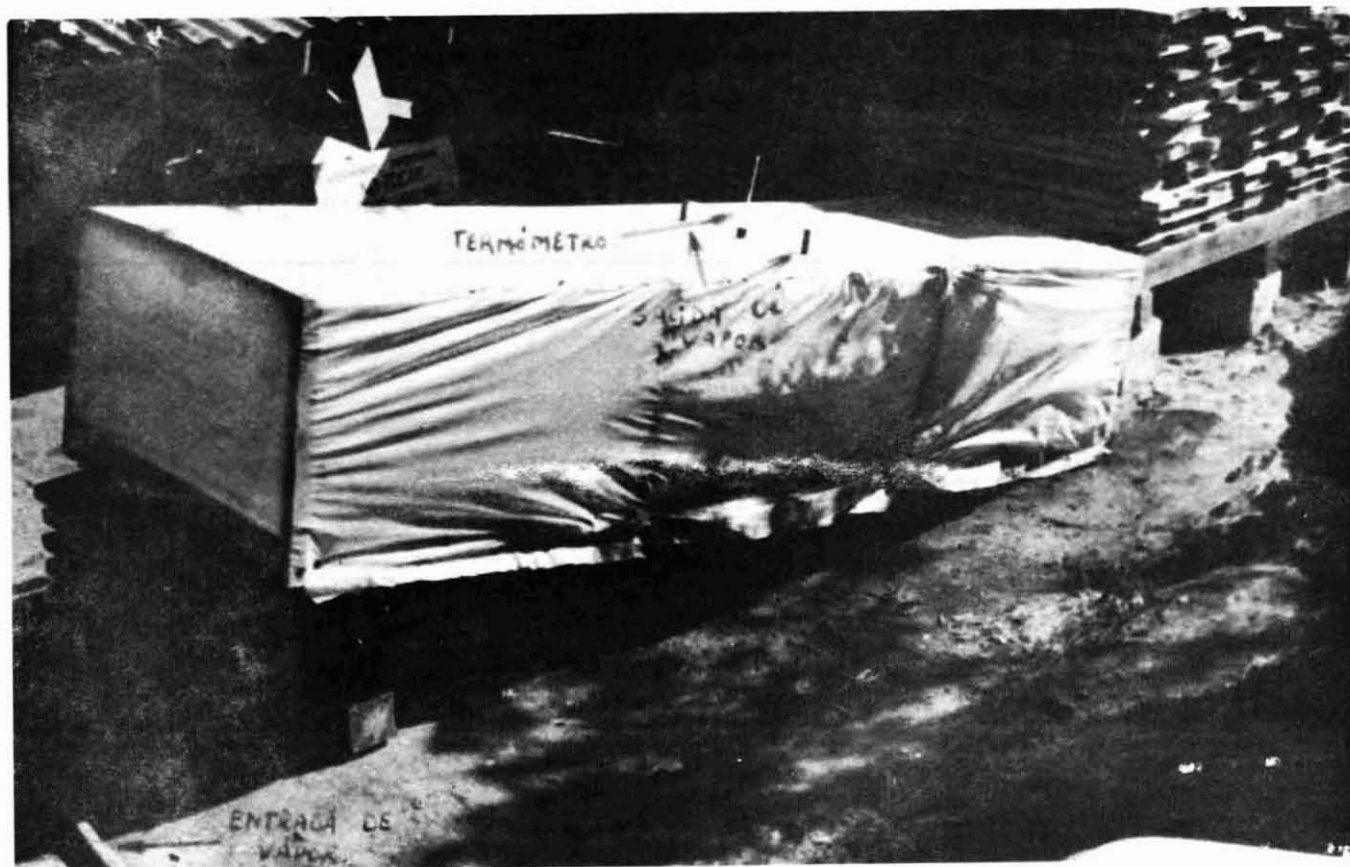


Fig 2 Cámara usada para efectuar el reacondicionamiento con vapor

2.4 METODO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó según el método y la técnica descrito en el plan de trabajo respectivo (Bluhm y Kauman, 1964).

Las tablas seleccionadas para los cuatro tratamientos se mantuvieron bajo agua, con el fin de conservarlas verdes, siendo sacadas y preparadas inmediatamente antes de comenzar cada ensayo. La probeta experimental consistió finalmente en una tabla cepillada por caras y cantos, de 1" x 6" x 3 m. Sobre la base de dos probetas de 1" cortadas en sus extremos, se determinó el contenido de humedad inicial de las diferentes probetas, calculándose además su peso anhidro. Simultáneamente, todas las probetas se pesaron y dimensionaron, inspeccionándose los defectos presentes antes de iniciar los ensayos, a fin de excluirlas de los causados por el secado propiamente tal.

Para efectuar las mediciones, se fijó un punto de referencia en la parte central de caras y cantos, a 1 m de un extremo, anotándose cada vez la media aritmética de las medidas efectuadas por ambos lados, girando la tabla en 180°.

Las diferentes observaciones, que incluyeron peso, medida y defectos del secado (grietas, deformaciones y colapso), se efectuaron durante el secado al aire a intervalos de 20% de humedad por sobre el 30%, y de 5% por debajo de este punto, distribuyéndose las probetas al azar en los castillos después de cada inspección. En los ensayos de secado artificial se tuvo que ocupar las corridas de tablas superiores de los castillos industriales, efectuándose las observaciones cada 2 días. Siguiendo la práctica de la industria, se colocaron además pesos sobre el castillo, repartidos uniformemente, con un total de aproximadamente 150 kg. Al término de cada programa de secado, las tablas se pesaron y midieron una vez más, inspeccionándose los defectos producidos. Como defectos se consideraron:

Grietas	a) en las caras b) en las puntas
Deformaciones:	c) acanaladuras d) otras deformaciones (alabeo, arqueadura, encorvadura)

Para efectuar el análisis estadístico de estas observaciones, los defectos se clasificaron individualmente como sigue:

0	ningún defecto
0,5	leve
2,0	regular a fuerte
2,5	intenso

La calidad del secado se estimó como la suma estadística de los 4 tipos de defectos anotados, clasificándola a su vez según la siguiente escala de referencia:

Excelente	0
Muy buena	0,1 - 0,5
Buena	0,6 - 1,0
Satisfactoria	1,1 - 1,5
Regular	1,6 - 2,0
Defectuosa	2,1 - 3,0
Mala	3,1 - 5,0
Muy mala	5,1

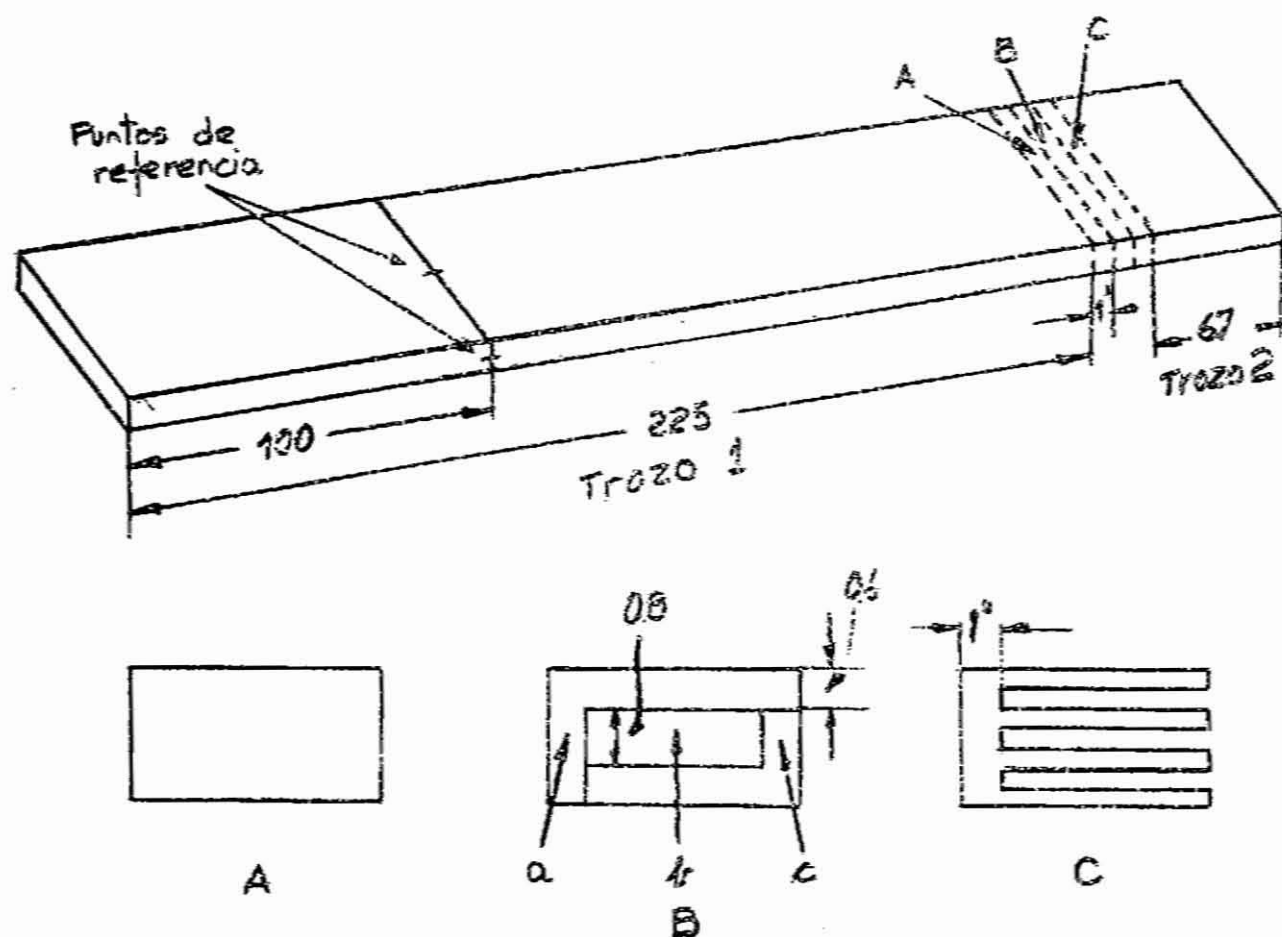
El colapso se apreció según una escala lineal de 0 (ningún colapso) a 10 (colapso intenso), pero no fue incluido entre los defectos del secado, pues se estimó

posible su eliminación por medio del reacondicionamiento con vapor.

Al término de cada programa, las probetas se cortaron según el esquema de la figura 3.

Figura 3

Corte de las Probetas al Término del Secado



(Dimensiones en cm.)

El trozo denominado 2 se mantuvo como testigo del secado y el trozo 1, de 2.25 m. de largo, se pesó y luego se sometió al reacondicionamiento. La probeta denominada A se secó en estufa a 105°C hasta obtener un peso constante, calculándose nuevamente con ese dato el peso anhidro y la humedad de cada tabla en sus diferentes etapas del secado. La probeta B de 1", se cortó como se indica en la figura, deter-

minándose por secado en estufa el contenido de humedad de cada trozo, a, b y c, con lo que se obtuvo una indicación de la distribución de la humedad en las muestras. La probeta C se cortó tipo 'tenedor' con el fin de apreciar las tensiones producidas por el secado. Luego de 24 horas al ambiente, se observó de nuevo, anotándose el cambio producido.

El trozo 1 se sometió a reacondicionamiento con vapor. Como el tamaño de la cámara de reacondicionamiento permitió procesar sólo 24 tablas cada vez, las muestras provenientes de los cuatro ensayos se distribuyeron al azar en tres grupos, los que se encastillaron colocando por arriba y abajo tablas de la reserva general. Sobre la corrida superior se colocó un plástico y encima, pesos adicionales de un total de 250 kg, repartidos uniformemente sobre el castillo y colocados con el objeto de contribuir a la eliminación de las deformaciones. El vapor se hizo llegar a lo largo del castillo, por entre las basas, a través de una cañería con perforaciones para permitir su distribución más uniforme. Se dispuso de vapor de 30 libras/pulg² (2 kg/cm²), el que se dejó fluir libremente, manteniéndose en el interior de la cámara una temperatura de 97°C, la que se controló con un termómetro de mercurio colocado en la parte superior.

Cada hora se interrumpió el proceso con el objeto de controlar las dimensiones y la humedad, para lo cual se seleccionaron al azar 3 probetas de cada especie, efectuándose en ellas las observaciones de control. A las 5 horas de tratamiento, se dió por terminado el proceso.

Las tablas se pesaron y midieron, procediéndose, luego de una inspección visual a encastillarlas al aire, donde se secaron hasta un contenido de humedad similar al que tenían antes de ser reacondicionadas.

El cuadro 4 presenta el desarrollo y el término de cada programa de secado. Cabe hacer notar que en el caso de los ensayos de secado artificial, la etapa final debió realizarse al aire, por cuanto al término de los programas fijados, 7 y 12 días respectivamente, el coigüe se encontraba aún con un contenido de humedad promedio de 25%.

3. RESULTADOS

3.1 VELOCIDAD DE SECADO



CUADRO 4
VELOCIDAD DE SECADO

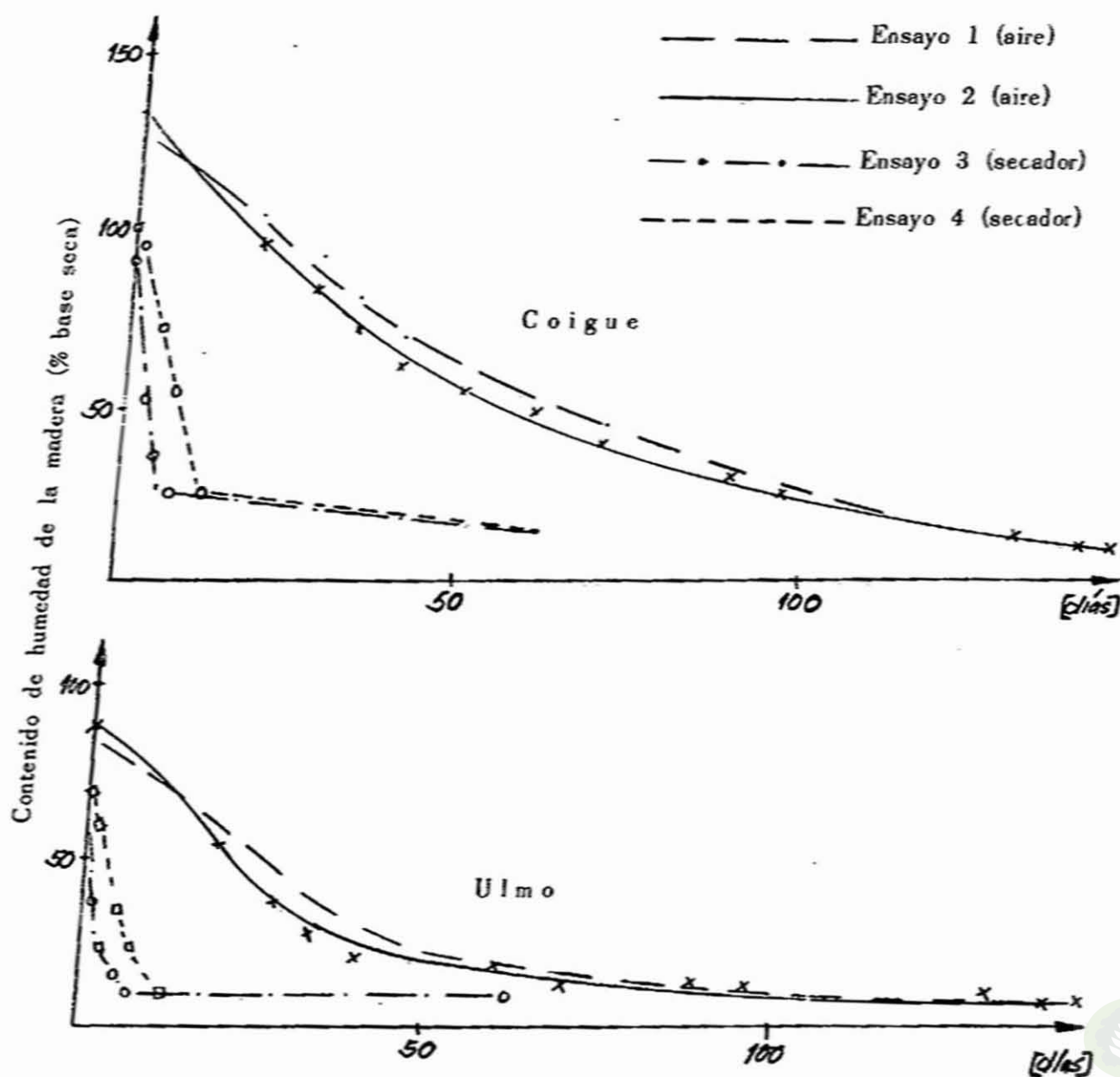
SECADO AL AIRE					SECADO EN HORNO															
Tiempo (días)	Ensayo 1		Ensayo 2		Tiempo (días)	Ensayo 3					Tiempo (días)	Ensayo 4								
	Listón		Listón			°C	°C	HR	Con.Hum. %	°C		°C	HR	Con.Hum. %						
	Sep. 2 cm		Sep. 3 cm																	
	Cont. de Humedad %																			
Coigüe Ulmo		Coigüe Ulmo		ts		Δt		%		Coigüe Ulmo		ts		Δt		%		Coigüe Ulmo		
0	126	83	132	87	0	65	-	100	92	60	0	48	-	100	102	69				
18	105	61	97	53	1	65	1,5	93	71	38	1	50	2,0	89	97	60				
27	91	47	84	38	3	65	3,5	84	52	24		52	4,0	79						
33	81	38	72	29	5	65	5,5	76	37	16	5	54	6,0	71	72	35				
40	70	28	61	22	7*	65	7,5	62	25	10	7	56	8,0	63	55	22				
49	62	24	56	22							12*	61	13,0	48	26	10				
60	53	22	49	20																
70	42	15	39	14	62	Al aire				12	9	62	Al aire				12	9		
88	32	15	31	14																
96	27	14	27	14																
132	16	11	16	10																
144	14	10	13	10																
207	10	9	10	9																
221	10	9	10	9																

Término del programa de secado artificial. Se continuó con secado al aire.

La figura 4 presenta el secado en función del tiempo, por ensayos y especies.

Figura 4

Desarrollo del secado



El cuadro 5 muestra la distribución promedio de la humedad al término de los ensayos, calculada en base a la probeta B de 1" (ver figura 3) y una apreciación de las tensiones producidas por el secado, obtenida por medio de las probetas 'tenedor'. Para la estimación de esas tensiones, se usó una escala convencional, de acuerdo a la forma que tomaron los dientes de dicha probeta al apretarse entre sí. (No se presentó el caso contrario, de dientes separados).

3.2 DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD Y TENSIONES DE SECADO

CUADRO 5

DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD Y TENSIONES ▲ DE SECADO

Ensayo N°	Método de secado	C. c. g. u. e				U. l. m. o			
		Contenido de Humedad %			Tensión Observada	Contenido de Humedad %			Tensión Observada
		a*	b*	c*		a*	b*	c*	
1	Natural al aire	8,3	9,5	8,7	Leve	8,0	8,3	8,1	Sin tensión
2	Natural al aire	8,1	9,2	8,4	Leve	8,2	8,4	8,2	Sin tensión
3	En secador	14,4	24,6	13,9	Fuerte	10,2	11,0	10,2	Leve
4	En secador	17,0	32,0	15,2	Fuerte	9,9	10,2	9,6	Leve

▲ 'Endurecimiento superficial'

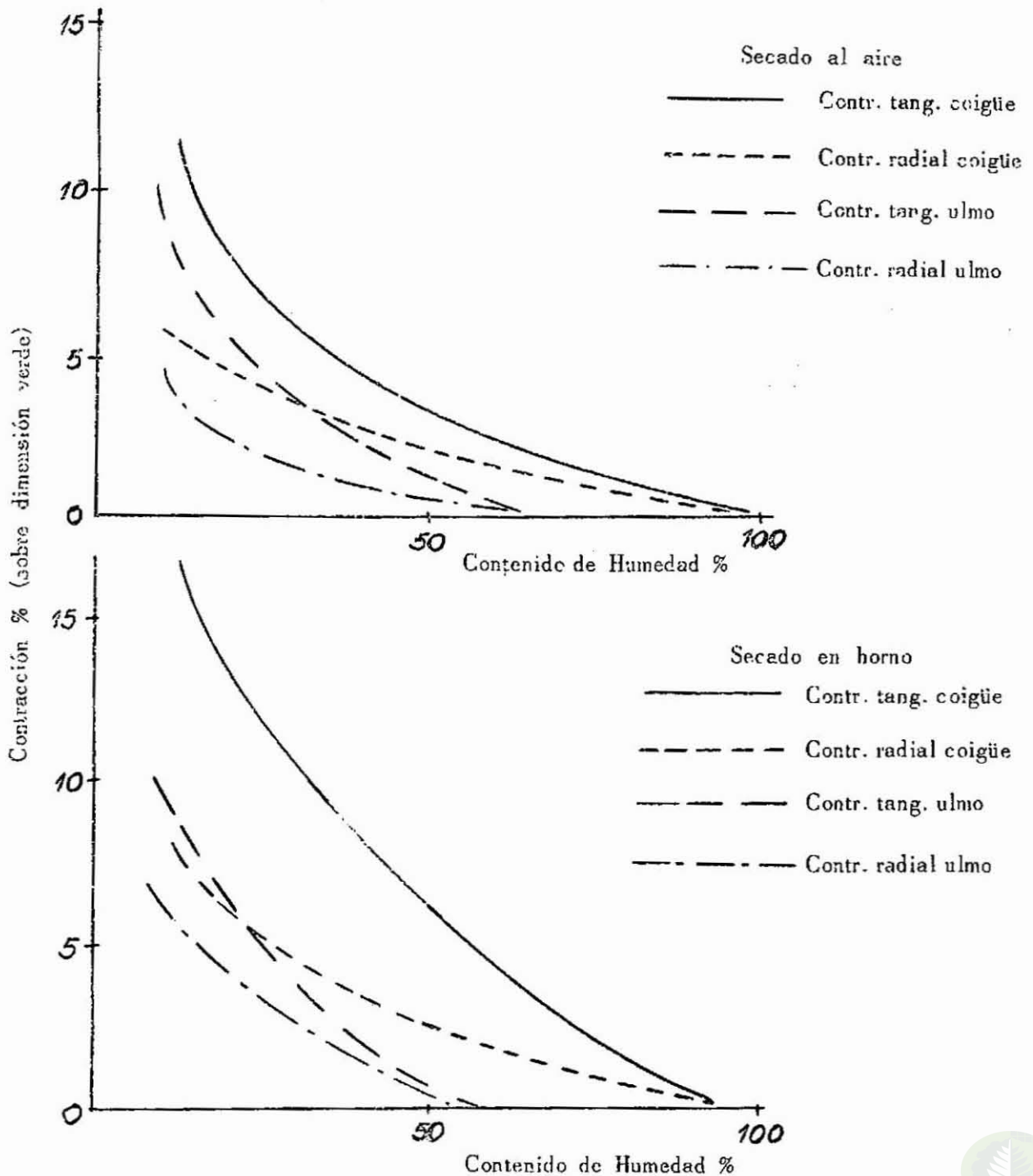
* Ver figura 3

3.3 CONTRACCION, COLAPSO Y DEFORMACIONES

La figura 5 presenta la curva de contracción en función del contenido de humedad, para las dos especies y en el cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos para estas observaciones, indicándose los valores por separado para cada especie y para cada tratamiento y árbol experimental. La estimación de los defectos del secado y el colapso se efectuó según escalas adoptadas sólo con fines comparativos (ver 2.4), de tal manera que los resultados obtenidos para la calidad después del secado son diferentes de las escalas de clasificación comercial.

Figura 5

Contracción en función de la humedad %



CUADRO 6

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS DIFERENTES PROGRAMAS DE SECADO

COIGÜE

Descripción		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Diferencia significat.		Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Arbol 4
						5%	1%				
Grietas		0,2	0,4	0,6	1,1	0,8	1,1	0,6	0,5	0,6	0,6
Deformaciones		0,5	0,4	1,0	0,7	0,8	1,1	0,4	0,5	1,3	0,5
Calidad de secado		0,7	0,8	1,6	1,8	1,1	1,4	1,0	1,0	1,9	1,1
Colapso estimado		4,0	4,1	6,5	6,9	2,0	2,7	6,0	5,6	4,8	5,1
Contracción total después de sec. %	Tang.	12,2	10,8	15,7	16,7	5,9	8,0	19,4	14,2	9,0	12,9
	Rad.	5,8	4,8	7,5	5,5	2,8	3,8	6,3	4,6	7,3	5,4
Contracción desp. de reacondicion. %	Tang.	5,4	4,6	6,2	8,8	4,5	6,1	7,9	6,7	5,1	5,4
	Rad.	2,8	3,2	2,8	3,3	1,2	1,7	2,8	2,6	3,7	2,8
Recuperación %	Tang.	6,8	6,2	9,5	7,9	4,2	5,7	11,5	7,5	3,9	7,5
	Rad.	3,0	1,6	4,7	2,2	2,2	3,0	3,5	2,0	3,6	2,6

ULMO

Grietas		1,7	1,7	1,7	2,3	1,2	1,6	1,1	2,3	2,5	1,5
Deformaciones		0,9	0,8	1,2	1,5	1,0	1,3	1,3	1,0	1,5	0,6
Calidad del secado		2,6	2,5	2,9	3,8	1,5	2,0	2,4	3,3	4,0	2,1
Colapso estimado		0,9	0,8	1,6	2,1	1,2	1,6	1,1	1,4	1,9	1,0
Contracción total después de sec. %	Tang.	8,8	7,8	8,9	9,7	1,9	2,6	8,8	8,3	9,0	9,0
	Rad.	4,3	3,9	5,3	6,7	1,7	2,3	4,8	5,3	5,7	4,4
Contracción desp. de reacondicion. %	Tang.	7,0	6,6	7,3	8,1	1,3	1,7	7,4	6,9	7,4	7,3
	Rad.	3,9	3,3	4,6	5,8	1,5	2,1	4,4	4,4	5,0	3,8
Recuperación %	Tang.	1,8	1,2	1,6	1,6	0,8	1,1	1,4	1,4	1,6	1,7
	Rad.	0,4	0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,4	0,9	0,7	0,6

4. DISCUSION

4.1 ASPECTOS GENERALES

Los resultados obtenidos indican que, en general, los objetivos del estudio se lograron, pese a que la gran variabilidad de algunas características estudiadas permitió obtener solamente una tendencia notoria, y no una significación estadística definida. Por otra parte, los defectos observados no fueron tan intensos como era de esperar, según los antecedentes disponibles.

4.2 VELOCIDAD DE SECADO

Los resultados obtenidos indicaron que el secado natural del coigüe fue más lento que el de ulmo, pudiendo estimarse que necesitó un 40% más de tiempo para llegar a su equilibrio higroscópico. El coigüe secó en aproximadamente 6 meses, desde 130% de humedad y el ulmo lo hizo en 3-4 meses, desde 85% (ver figura 4 y cuadro 4). Sin embargo, una primera etapa del secado se desarrolló en las dos especies a una velocidad semejante, pero por debajo de ese valor, el coigüe secó notablemente más lento. Como dato adicional debe mencionarse que el equilibrio higroscópico observado para el ulmo fue más bajo que el de coigüe en 1% aproximadamente.

Entre los programas, los de secado natural al aire presentaron entre sí una característica común a las dos especies. El ensayo 2, de listones separadores de mayor espesor, tuvo al comienzo un secado más rápido, pero esta mayor velocidad fue disminuyendo a partir del 50% de humedad, más o menos, resultando terminado el secado prácticamente en el mismo tiempo en los dos ensayos.

Entre los programas de secado artificial, la cédula que mantuvo una temperatura constante de bulbo seco, 65°C, tuvo un secado más rápido, aunque las condiciones finales de la otra cédula fueron bastante severas, lo que aumentó considerablemente su velocidad en los últimos días del programa.

4.3 DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD Y TENSIONES DE SECADO

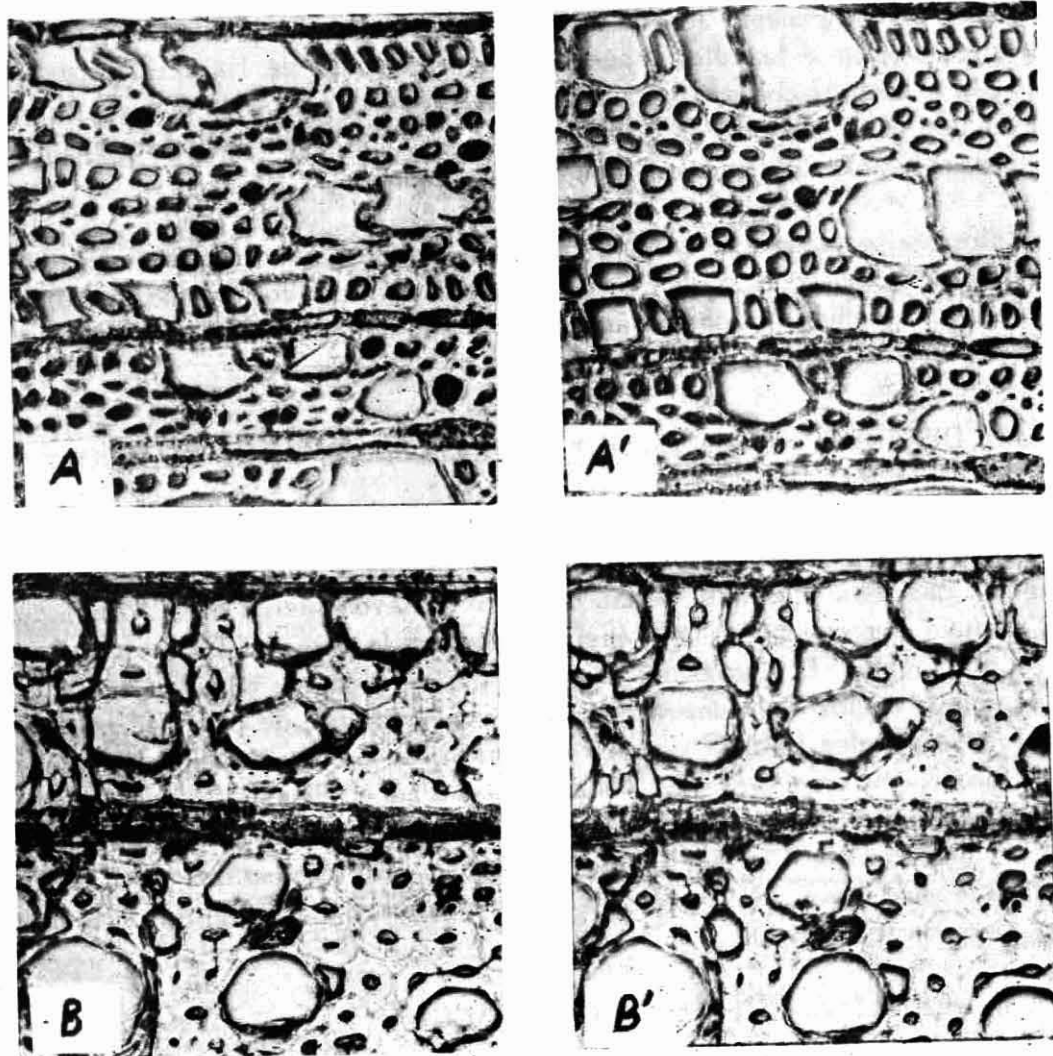
Al término de los ensayos de secado al aire se pudo observar que las dos especies presentaron una distribución de humedad bastante uniforme, sin una gradiente apreciable. Las tensiones observadas en estos ensayos fueron algo diferentes; en el coigüe, se tuvo como promedio una tensión considerada leve, en cambio en el ulmo fue muy poco apreciable. Diferente fue el comportamiento en los ensayos de secado artificial; el coigüe en los dos ensayos presentó una gradiente de humedad pronunciada y tensiones consideradas fuertes, con los dientes de la probeta 'tenedor' muy apretados entre sí, lo que indica un programa deficiente, que hace además resaltar la conveniencia de un acondicionamiento final, con una humedad relativa alta, para eliminar las tensiones y uniformar la distribución de la humedad. En el caso del ulmo, la gradiente fue en cambio muy suave y las tensiones leves, teniéndose completo el secado al final de cada programa (Cuadro 5).

4.4 DEFECTOS, COLAPSO Y CONTRACCION

En estos aspectos, el comportamiento de las dos especies frente al secado presentó algunas diferencias básicas. La más importante, por la incidencia que tiene en la calidad del secado, es que el ulmo no mostró un colapso apreciable, lo que se pudo comprobar por observación de cortes microtómicos, (Figura 6), por el aspecto físico de la madera y por la despreciable recuperación dimensional obtenida con el reacondicionamiento; el coigüe en cambio presentó este efecto en forma intensa, au-

mentando significativamente en razón de la severidad de los tratamientos aplicados. Además, esta causa explica los altos valores de la contracción total obtenidos para el coigüe después del secado, pues el colapso significó para esta especie una apreciable contracción adicional. Al ser removido posteriormente, se obtuvo para el coigüe una contracción final menor que la del ulmo.

Figura 6



Cortes microtómicos transversales de coigüe (A) y ulmo (B). En A y B se puede apreciar el colapso que presentan después de secar, en tanto que A' y B' muestran el efecto que se logra al reacondicionar con vapor.

Otra diferencia de interés entre las especies estudiadas se refiere a la calidad del secado. Los resultados indicaron que el secado de ulmo fue mucho más defectuoso que el de coigüe, debido principalmente a la gran incidencia de las grietas, estimadas para el ulmo entre regular y fuerte, sin que mostrara diferencias entre métodos de secado. Este aspecto necesita ser estudiado más a fondo, pues la desclasificación producida por estos defectos es grave e irre recuperable.

La comparación de los resultados entre tratamientos, indicó, para las dos especies, diferencias significativas entre los ensayos de secado al aire (1 y 2) y los de secado en horno (3 y 4), en lo referente a colapso y aunque en contracción y calidad se manifestó una clara tendencia en ese sentido, no fue suficiente la definición para representar una significación estadística. Los ensayos de secado al aire no mostraron ninguna diferencia de importancia entre sí, pero entre los ensayos de secado en horno, el tratamiento 4, pese a ser un programa más lento, dio para las dos especies resultados más desfavorables que el 3. Es preciso recordar que las condiciones del programa 4 llegaron a ser muy severas, en circunstancias que el coigüe se encontraba aún por sobre el 50% de humedad, lo que trajo como consecuencia un mayor colapso y por lo tanto, una contracción total mayor, notándose además que la contracción después de reacondicionar fue más alta, lo que revela algo de colapso no recuperable. Del mismo modo, la calidad del secado fue inferior en la cédula 4, aunque sin diferencia significativa.

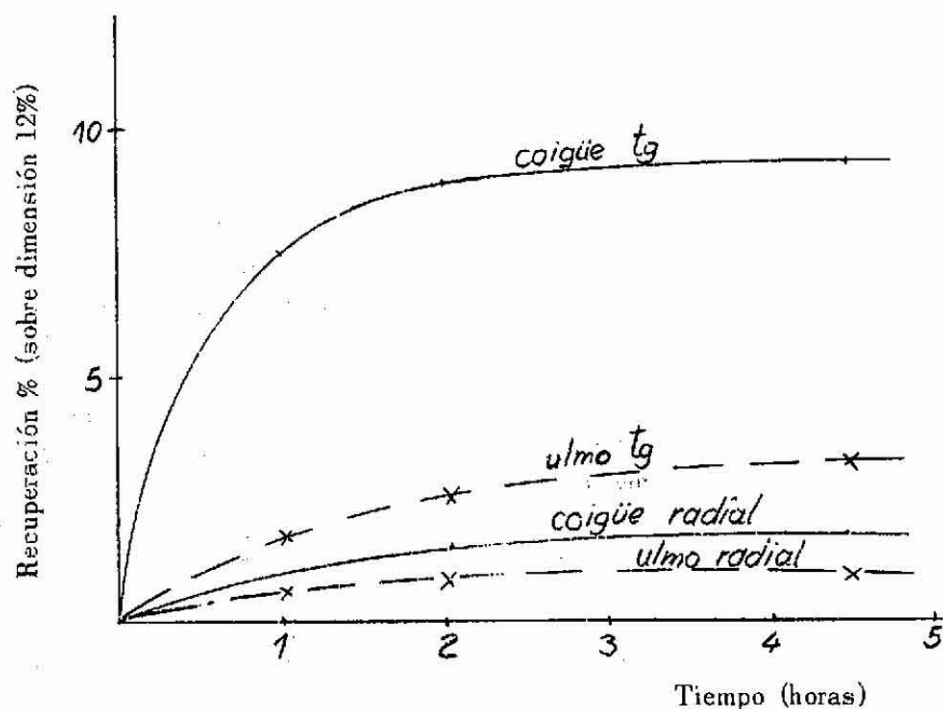
Entre árboles, el coigüe mostró una mayor variabilidad que el ulmo en la contracción total y las deformaciones observadas; el ulmo, en cambio, presentó diferencias significativas de interés en las grietas producidas por el secado en los árboles 2 y 3, los que mostraron por esto una calidad inferior a los árboles 1 y 4.

4.5 REACONDICIONAMIENTO

El tratamiento, como fue descrito en 2.4, tuvo que efectuarse en las muestras con un contenido de humedad correspondiente al equilibrio higroscópico, (aproximadamente 9% para el ulmo y 10% para el coigüe) debido a que no se dispuso de una cámara para acondicionar las probetas a 17%, como se recomienda para obtener mejores resultados (CSIRO, 1942). Sin embargo, el proceso tuvo bastante éxito, pues eliminó casi totalmente el colapso producido en las dos especies y permitió subsanar notablemente las deformaciones, en especial las acanaladuras. De la misma manera, se pudo apreciar que la madera se alivió de las tensiones producidas por el secado, sin que se observara un cambio en la dirección de los dientes de la probeta 'tenedor', lo que habría significado un tratamiento inconvenientemente largo. El desarrollo de la recuperación dimensional en función del tiempo, se presenta en la figura 7. Puede observarse que 2 horas de tratamiento serían suficientes para alcanzar una casi total recuperación del colapso. La humectación producida se estimó en aproximadamente 5%.

Figura 7

% Recuperación en función del tiempo de tratamiento



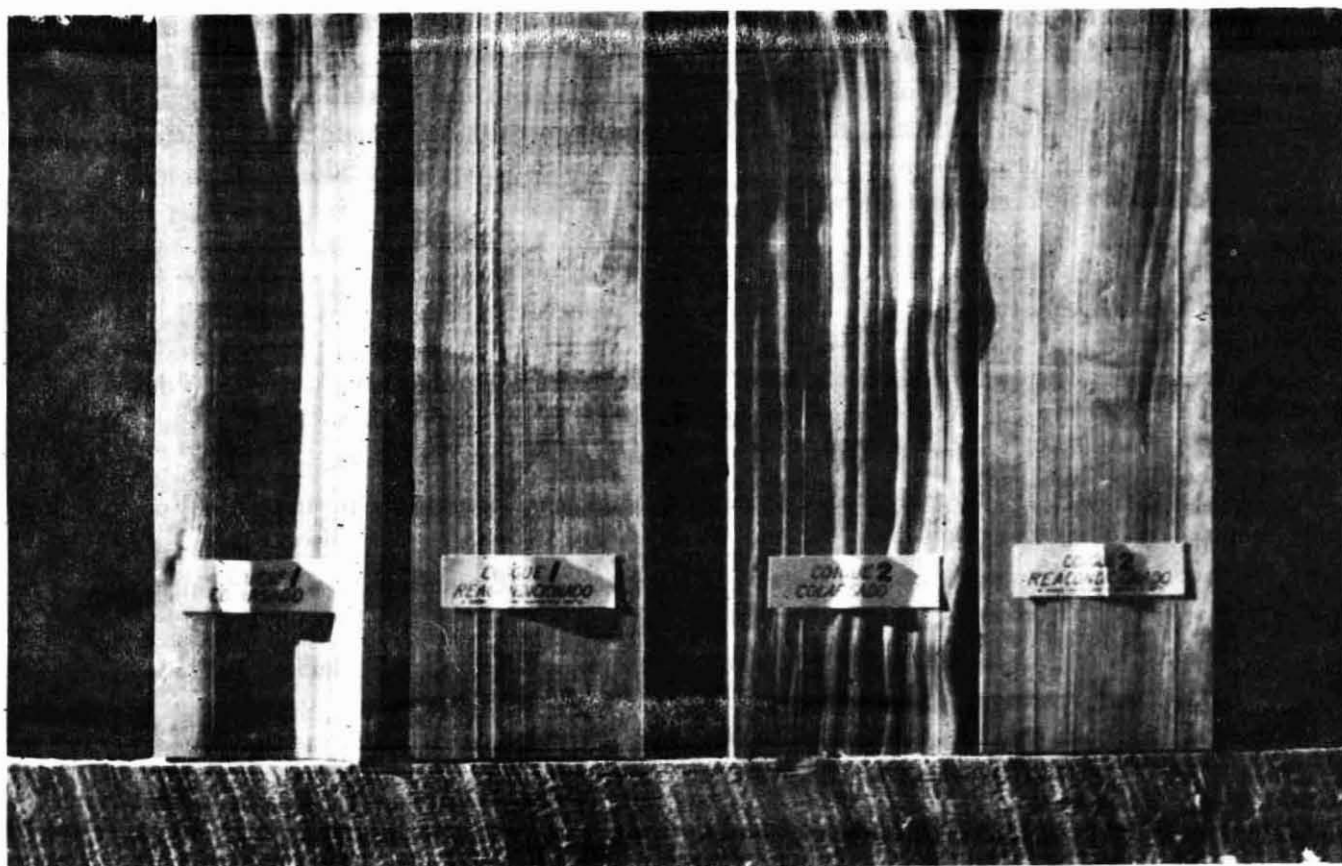
La recuperación promedio de los cuatro programas fue para el coigue de 7,6% en sentido tangencial y 2,9% radial, expresado como porcentaje de la dimensión original verde. Esto significa que una tabla verde cuarteada de 25 mm. de espesor medirá seca sólo 21,5 mm., pero reacondicionada, 23,4 mm., lo que equivale a 2 mm. recuperados. Este valor que puede considerarse pequeño, constituye realmente una importante ventaja económica para los madereros, pues una tabla colapsada se debe cepillar a la medida menor de la superficie irregular de la madera, lo que aumenta considerablemente la pérdida.

En el caso del ulmo, el reacondicionamiento no reportó beneficios, pues el colapso producido fue despreciable y en cambio, se intensificaron las grietas y rajaduras del secado, de modo que en principio puede estimarse inconveniente la aplicación del proceso para esta especie, pese a que subsana en parte las deformaciones producidas en el secado.

Resulta interesante observar que el programa 3, que se desarrolló a una temperatura constante de 65°C bulbo seco, considerada con anterioridad poco adecuada para obtener un reacondicionamiento óptimo, no mostró evidencias de presentar un colapso

residual apreciable y por el contrario, esto ocurrió con el programa 4, el que mostró algo de colapso no recuperable, aunque sin significación estadística entre los ensayos de secado artificial. En la figura 8 puede apreciarse la recuperación lograda en dos probetas de coigüe, correspondientes a los ensayos de secado en horno.

Figura 8



Tablas de coigüe ensayadas, mostrando la recuperación del colapso mediante el reacondicionamiento con vapor

5. CONCLUSIONES

1. La validez de las recomendaciones hechas por Kauman y Mittak (1966) para el secado del coigüe, basadas en diversos ensayos efectuados en probetas pequeñas, resultan aplicables a tablas de largo comercial. El reacondicionamiento con vapor permite obtener excelentes resultados, pues el colapso se elimina casi íntegramente, lográndose un notable aumento de las dimensiones útiles de la madera. Además, se consigue una apreciable corrección de las deformaciones producidas, todo lo cual representa ventajas económicas de interés para los madereros.

2. El secado del ulmo presenta diferencias básicas con respecto al del coigüe, pues no muestra un colapso apreciable y en cambio, aún con programas de secado natural al aire, se observa una fuerte desclasificación debido a grietas y rajaduras, factores que significan una pérdida de calidad irrecuperable, que será necesario comprobar y solucionar en ensayos futuros más amplios y precisos. Se puede adelantar, que para esta especie el reacondicionamiento resulta no sólo inútil, sino aun inconveniente. En efecto, los problemas del colapso y las tensiones de secado son mínimos y en cambio, dicho proceso intensifica las grietas y rajaduras producidas durante el secado, daño que no compensa las ventajas obtenidas.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Bluhm, S., E., Kauman J., W.G. (1964) 'Plan de trabajo para ensayo de secado de coigüe (*N. dombeyi*) y ulmo (*E. cordifolia*) en tablas de largo comercial. Informe interno, no publicado; Instituto Forestal.
2. Buljevic, I. (1963) 'Estadísticas Forestales', Informe Técnico N°6, Instituto Forestal, Santiago, Chile.
3. Corfo. (1957). 'Experiencias de secado en la Estación Experimental de Curalelfu, Valdivia. Sección Industrias Forestales (no publicado).
4. CSIRO, (1942). 'Collapse and the Reaconditioning of Collapsed Timber'. Trade Circular N°20, Melbourne. (2da. impresión, 23 p.).
5. Haig, I.T., Teesdale, L.V., Brieglit, P.A., Payne, B.H., y Haertel, M.H. (1946) 'Forest Resources of Chile as a Basis for Industrial Expansion', s/l, s/e (256 p.).
6. Kauman J., W.G., Mittak K., G. (1964) 'Problem in Drying Chilean Coigüe (*N. dombeyi*)'. For. Prod. J. (1964- August) 14 (8): 359-360.
7. Kauman J., W.G., Mittak K., G. (1966) 'Ensayos de secado en Coigüe'. Informe Técnico N°25, Instituto Forestal, Santiago, Chile.
8. Tinto J., (1957) 'Tratamiento físico de la madera de eucalipto', Revista de Investigaciones Forestales, Adm. Nac. de Bosques, Buenos Aires, Argentina.
9. Tinto J., (1961) 'Consideraciones sobre el secado de la madera de Coigüe'. Argentina, Adm. Nac. de Bosques, Folleto Técnico N°11.

10. Torgeson, O.W., (1951) 'Kiln drying of two Chilean woods, Coigüe and Eucalyptus globulus', U.S. Dept. Agr. For. Prod. Lab. Proj. L-142-42 J-34. (Informe interno).
11. Torricelli E., Fernández A., (1942) 'La madera, su explotación y utilización', Santiago, Chile (224 p.).

* * *



