

Avances en la determinación de las causas y efectos de las coloraciones en madera de *Laurelia philippiana*

Advances in the determination of causes and effects of coloured wood of *Laurelia philippiana*

C.D.O.: 811.27, 812.7, 84

HERNAN POBLETE W., JUAN E. DIAZ-VAZ O., MIGUEL PEREDO L.

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

Laurelia philippiana (tepa) very often presents false heartwood which has a dark colour and bad smell. While the wood of Tepa is very important for the production of plywood and for building, it is important to know what causes false heartwood and which are the effects on some wood properties. In this study bacterial attack in false heartwood was detected. The most important differences between normal wood and coloured wood were their chemical compositions.

RESUMEN

Laurelia philippiana (tepa) presenta con cierta frecuencia falso duramen, el cual posee un color oscuro y mal olor. Debido a que la madera de tepa es importante para la fabricación de contrachapados y en la construcción, resulta importante determinar cuáles son las causas y los efectos del falso duramen sobre algunas propiedades de la madera. En este estudio se detectó la presencia de bacterias en la madera de falso duramen. Las diferencias más importantes entre madera normal y coloreada se dieron en la composición química.

INTRODUCCION

La producción nacional de contrachapados se abastece principalmente de madera del bosque nativo. Entre las especies más utilizadas se encuentra tepa (*Laurelia philippiana*). Un número importante de las trozas de esta especie presentan falso duramen, el que se manifiesta como una mancha oscura de forma irregular y que puede tener olor desagradable. Con el objeto de determinar si el falso duramen se encuentra asociado a algunos agentes patógenos y si tiene algún efecto sobre las propiedades mecánicas de la madera, se han realizado los ensayos que se informan a continuación.

METODOLOGIA EMPLEADA

Toma de muestras y probetas. El estudio se realizó analizando la madera con falso duramen de la especie tepa (*L. philippiana*). El material seleccionado correspondía a materia prima destinada a la producción de contrachapados, por lo que parte

de los análisis se realizaron antes y después de la cocción de las trozas.

Se tomaron muestras de 50 cm de largo en un extremo de cada troza para la identificación de microorganismos asociados al falso duramen y para la determinación de variaciones en las propiedades mecánicas. De estas muestras se cortaron probetas gemelas de la zona manchada y de madera sana. En total se ensayaron 461 probetas.

Aparte de la muestra descrita anteriormente se cortó una rodela para mantenerla como testigo de la forma de la mancha y poder compararla, luego de la cocción, con otra rodela gemela sacada de la misma troza y así determinar los cambios producidos por la cocción. Estas rodelas así como el resto de la troza fueron convenientemente identificados.

Identificación del agente manchador por microscopía. Se prepararon muestras para observaciones microscópicas con el objeto de detectar la presencia de agentes causantes de las manchas y para determinar la existencia de alteraciones de la estructura normal de la tepa. Se prepararon tam-

bién muestras bañadas en oro para la observación mediante microscopía electrónica (SEM).

Análisis bacteriológico. En los distintos tipos de manchas se procedió a efectuar los ensayos que se describen a continuación:

Aislamiento de bacterias mediante succión. Para proceder, se cortaron las muestras bajo condiciones estériles. Las muestras fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5% durante 10 minutos y enjuagadas con agua destilada estéril. Posteriormente se suspendieron en vasos con agua destilada estéril, se introdujeron en una campana de vidrio y se sometieron a succión con una bomba extractora Sartorius (700 mm succión por tres minutos). Cada muestra líquida fue centrifugada (10 000 rpm/10 min) y resuspendida en agua estéril.

Finalmente se efectuaron aislamientos en Agar mejorado al 2%, los que se incubaron a temperatura ambiente por 72 horas, bajo condiciones de microaerofilia y aerobiosis, y por 10 días en anaerobiosis (sistema Gaspak).

Enriquecimiento de las muestras. Las muestras también fueron suspendidas en caldo nutritivo o caldo mejorado por 48 horas a 25° C en agitación constante, para permitir la multiplicación de los microorganismos en baja concentración. Posteriormente se sembraron en Agar B de King en anaerobiosis.

Identificación de las colonias. Los diferentes tipos de colonias aisladas fueron repicadas hasta la obtención de cultivos puros. Se realizaron las siguientes pruebas morfológicas y bioquímicas:

- Tinción de Gram
- Observación de fluorescencia en medio B de King.
- Reacción de la oxidasa
- Reacción de la catalasa
- Oxidación - fermentación de la glucosa
- Reducción de los nitratos a nitritos
- Pruebas de patogenicidad en rodaja de papa

Determinación de alteraciones químicas. Para caracterizar químicamente el material manchado y libre de mancha de las trozas se realizaron determinaciones de pH, capacidad tampón y contenido de extraíbles.

Determinaciones del valor de pH. El valor de pH de las maderas se midió mediante pH-metro en una mezcla de 10 g secos (o su equivalente húme-

do), de partículas de madera con 100 ml de agua destilada. Esta solución se agitó durante 4 horas a 200 rpm. El pH se midió en la suspensión de partículas y en el extracto filtrado en GOOCH G-1. Todos los registros se llevaron a cabo luego de 60 segundos de contacto entre el electrodo y la solución.

Capacidad tampón. Para determinar la capacidad tampón se obtuvieron extractos en agua fría de las maderas tal como se indica para el caso del pH. A 25 ml de estos extractos se les agregó, con micropipeta, una solución de NaOH n/100 (pH 11), determinándose los cambios de pH hasta llegar a una estabilización a pH 11.

Contenido de extraíbles. El análisis de estos compuestos se llevó a cabo según la norma TAPPI, determinándose extraíbles en agua caliente, NaOH (1%), y etanol tolueno. Junto a estas determinaciones, y para comprobar algunos resultados, se determinó la cantidad de NaOH consumida, la proporción de lignina y la proporción de cenizas.

Propiedades físicas y mecánicas. Las propiedades controladas fueron: contenido de humedad, densidad y resistencia a la flexión estática, flexión dinámica y compresión paralela.

Para todos los ensayos se controló el contenido de humedad de las probetas, esta característica se determinó por diferencia de peso. La determinación de la densidad básica se realizó de acuerdo con la norma NCh 176/2. La resistencia a la flexión estática y dinámica se efectuó según las normas DIN 52 186 y DIN 52 189 respectivamente. El ensayo de compresión paralela se desarrolló de acuerdo a lo especificado por la norma DIN 52 185.

Efecto del tratamiento de cocción. La influencia del tratamiento de cocción sobre las manchas se verificó por medio de la comparación visual de las áreas manchadas antes y después del tratamiento, en rodajas gemelas cortadas de un extremo de las trozas. Paralelamente se llevó a cabo un control sobre las características químicas en el material tratado por la cocción.

RESULTADOS

CORTES MICROSCOPICOS

Las preparaciones microscópicas, adecuadas para la observación mediante microscopía de luz, per-

mitieron realizar observaciones de la madera manchada, con falso duramen.

Estas observaciones mostraron que la estructura anatómica de la madera manchada no tenía alteraciones notorias respecto a la estructura que se conoce para esta especie.

Las preparaciones microscópicas no revelaron la presencia de hifas de hongos, lo que significa que una proliferación de estos organismos sólo puede encontrarse en grados mínimos.

En cuanto a la presencia de bacterias, la microscopía de luz no permite observar adecuadamente estos microorganismos, pero ellas se detectaron en los análisis microbiológicos.

La madera perteneciente a la zona denominada duramen falso, zonas con manchas oscuras y heterogéneas en cuanto a su coloración, permitieron observar la presencia de depositaciones de tonalidad oscura en los lúmenes de algunas traqueidas. Probablemente ellas corresponden a polifenoles de alta masa molecular. Estos polifenoles no tienen la posibilidad de difundir en las paredes celulares, quedan retenidos en las células cercanas a las de origen, ello como resultado de su tamaño molecular.

Las figuras 1 y 2 muestran, en cortes transversales de muestras de tepa correspondientes a la zona manchada, la presencia de estas depositaciones fenólicas en los lúmenes. Incluso es posible apreciar la presencia de estos compuestos en las punteaduras existentes entre las células.

Paralelo a las observaciones con microscopía de luz se preparó una muestra para su observación mediante microscopía electrónica.

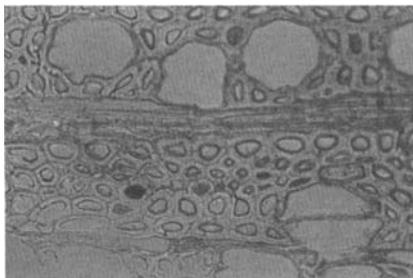


Fig. 1. Corte transversal de madera de tepa manchada, falso duramen.

Tepa Transversal section on false Hearwood.

En la observación realizada no se determinaron alteraciones de la estructura, sin embargo se pudo observar la presencia de hifas (figura 3). La escasa presencia de estos hongos impidió su clasificación, no pudiéndose determinar si se trata de hongos manchadores o xilófagos.

Pese a lo anterior se puede estimar que por corresponder a una población muy pequeña, estos organismos no estarían asociados con la aparición de la mancha.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Los resultados de los análisis bacteriológicos se presentan en el cuadro 1. De los antecedentes aportados por este cuadro debe destacarse que *Pseudomonas fluorescens* es de biotipo indeterminado.

La presencia de bacterias asociadas a la madera manchada tiene un efecto sobre la composición química de la madera y causa algunas alteraciones en la estructura anatómica. Lo anterior se debe a que para sobrevivir se alimentan de la madera.

No es posible determinar si estos microorganismos contribuyen a la formación de la mancha. Sería interesante establecer si estas bacterias se encuentran en el árbol antes de producirse la mancha o si aparecen durante o después de la formación de esta singularidad.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Valor de pH. Para la determinación del valor de pH de las muestras lo primero que se determinó

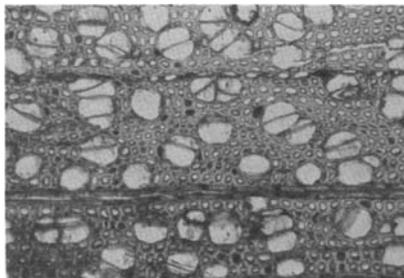


Fig. 2. Corte transversal de madera de tepa manchada, falso duramen.

Tepa Transversal section on false Hearwood.

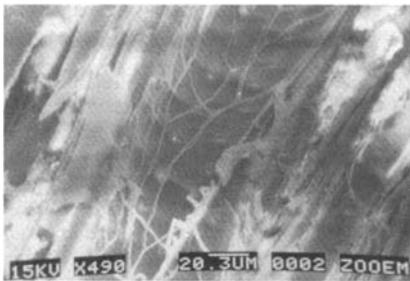


Fig. 3. Presencia de hifas en madera de tepa manchada. Observación: Microscopía electrónica (SEM).

Hypna in Tepa false Heartwood (SEM).

fue el contenido de humedad de las muestras. Las determinaciones indicaron que la madera sin mancha tenía un contenido de humedad de 121.3% y la madera manchada de 126.8%. Los niveles de humedad son normales para madera fresca, "verde". Las diferencias entre madera manchada y sin mancha no son significativas ni atribuibles al proceso que provoca la coloración.

El valor de pH de las suspensiones de madera con agua destilada ("susp.") y del filtrado de éstas ("extract.") se presentan en el cuadro 2.

Debe tenerse presente que el valor de pH del agua destilada empleada en los ensayos fue de 5.38.

Los resultados del cuadro anterior permiten observar la gran diferencia que existe entre los valores de pH de la madera manchada con la madera sin mancha. Importante es destacar que la diferencia que se presenta en la madera fresca (húmeda) se acentúa con el secado.

Los resultados del valor de pH indican que la madera manchada debería tener un comportamiento diferente al de la madera sin mancha. El efecto de esta diferencia debería notarse al unir las maderas por medio de un adhesivo.

Para determinar el efecto de la cocción de los trozos se tomó una muestra antes y después de este proceso. Las probetas elegidas se ubicaban en el mismo lugar de la rodela. Los resultados de estas determinaciones se presentan en el cuadro 3.

Los resultados del cuadro 3 permiten concluir que durante la cocción de las trozas se produce una acidificación de la madera. Esto se debe a la

CUADRO 1

Presencia de organismos detectados por el análisis bacteriológico

Bacterias detected by bacteriological analysis

Prob. N°	ORGANISMO IDENTIFICADO (<input type="checkbox"/> = presente)			
	Pseudomonas fluorescens	Pseudomonas marginalis*	Bacilo Gram negativo	
fermentador			no fermentador	
1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

* syn. Pseudomonas fluorescens biotipo II

CUADRO 2

Valor de pH de la madera con y sin mancha
pH values for normal and coloured wood

Muestra	Estado de a madera analizada					
	Húmeda		Seca a 40° C		Seca a 103°	
	susp.	extract.	susp.	extract.	susp.	extract.
Sin mancha	6.65	6.58	5.66	5.83	5.61	5.61
	6.73	6.70	5.73	5.86	5.81	5.84
	6.66	6.69	5.69	5.85	-	-
Promedio	6.68	6.66	5.69	5.85	5.71	5.73
Con mancha	7.27	7.25	8.02	8.09	7.32	7.01
	7.36	7.37	8.02	8.08	7.20	7.26
	7.43	7.44	7.87	7.97	-	-
Promedio	7.35	7.35	7.97	8.05	7.26	7.14

CUADRO 3

Valor de pH antes y después de la cocción para el debobinado
pH Value before and after thermal treatment for peeling

Análisis	Antes de cocción		Después de cocción	
	sin mancha	con mancha	sin mancha	con mancha
PH	6.68	8.35	6.31	7.31

acción de la temperatura sobre las hemicelulosas, que son descompuestas, aumentando la cantidad de ácido acético y fórmico en la madera. Debe tenerse en cuenta que el carácter más básico de la madera manchada se mantiene también después de la cocción, aun cuando la reducción de su pH es más drástica. Estas diferencias en la acidez de la madera pueden afectar la producción de uniones por medio de adhesivos.

Capacidad tampón. Junto a las determinaciones de los valores de pH de las diferentes muestras, se llevaron a cabo mediciones de la capacidad tampón de éstas.

Dado los altos valores de pH de las soluciones, se optó por determinar la cantidad de NaOH 0.01 N consumido para lograr un pH 11 (el de la solución de hidróxido de sodio).

Los resultados de esta determinación se presentan en el cuadro 4 y muestran importantes diferen-

cias entre los dos tipos de madera estudiados. De la misma forma que en el caso de la determinación del valor de pH, la diferencia registrada en la capacidad tampón se hará notar en el encolado y fraguado de los adhesivos.

Esta determinación también se realizó después de efectuada la cocción. Los valores de este análisis dan resultados similares a los anteriores, detectándose, igual que en el caso de la determinación de pH, una ligera disminución de la alcalinidad de las muestras luego de la cocción y por lo tanto un aumento no significativo del consumo de NaOH.

Análisis del contenido de extraíbles y otros compuestos. Los resultados de las extracciones y determinaciones de lignina y cenizas se presentan en el cuadro 5.

Las diferencias en los extraíbles en etanol tolueno no son significativas. Las cantidades de extraíbles al agua caliente y a la soda presentan

CUADRO 4

Consumo de NaOH 0.01 N para obtener pH 11
NaOH (0.01 N) consumed to achieve a pH 11

Tipo de madera	Consumo ml	NaOH 0.01 N Diferencia (ml) respecto del Agua
Sin mancha	20.07	6.50
Manchada	15.29	1.72
Agua bidestilada	13.57	

CUADRO 5

Análisis del contenido de extraíbles, lignina y cenizas
Contents of: Wood extracts, lignin and ashes

Extracción	Cantidad de extraíbles (valores en % bms)	
	Madera sana (sin mancha)	Madera con falso duramen (manchada)
ET-TOL.	2.570	2.590
HOH 90° C	1.970	1.240
NaOH	12.240	11.900
NaOH consumido	5.330	3.820
Lignina	29.300	30.900
Cenizas	0.863	1.081

diferencias que indican un deterioro de la holoce-lulosa.

La determinación de la proporción de lignina en la madera muestra pequeñas diferencias al comparar madera manchada con madera sin mancha. Lo anterior puede explicarse por una transformación de compuestos accesorios (extraíbles) y su depositación como sustancias fenólicas en la pared celular. La diferencia en lignina también puede indicar que durante la formación de la mancha hay una leve pérdida de algunos componentes de la madera (celulosa y/o hemicelulosa), lo que se traduce en un aumento porcentual de la participación de lignina en la madera.

Las cantidades de cenizas son diferentes a las tendencias normales, las que indican que su proporción debiera ser mayor en la madera de albura. Los valores obtenidos revelan que existe una alteración de la cantidad de estos compuestos en la zona afectada por la mancha.

La determinación de la cantidad de hidróxi-do de sodio consumido es una forma indirecta de

determinar la capacidad tampón de la madera. Estos resultados comprueban la existencia de una importante diferencia en la característica de los compuestos accesorios de ambos tipos de ma-dera.

Aparte del control anterior se tomó una mues-tra antes y después del proceso de cocción. A es-tas rodelas se les efectuó una determinación del contenido de extraíbles y de lignina. Los resulta-dos de estas determinaciones se presentan en el cuadro 6.

Los resultados del cuadro 6 permiten concluir que durante la cocción de las trozas se produce una extracción de sustancias solubles. La extrac-ción ocurrida durante la cocción es mayor en la madera sin manchas. La fracción extraída corres-pondería a compuestos accesorios y a parte de las hemicelulosas que son descompuestas durante el tratamiento.

Esta pérdida de compuestos durante la cocción se observa también en la cantidad de lignina y otros fenólicos que no se han diferenciado de ella. La pérdida de lignina durante la cocción es mayor en el caso de la madera con falso duramen. Como se mencionara anteriormente, esto se debería a que parte de las sustancias extraíbles se depositan como compuestos fenólicos haciendo aumentar el valor determinado como lignina. Posteriormente estos compuestos son parcialmente extraídos du-rante la cocción y provocan un aumento en el valor de pérdida del grupo de compuestos identi-ficados como lignina.

Igual que en el caso del cuadro 5, al comparar madera sin mancha con madera manchada, se comprueba que la cantidad de compuestos extraí-bles en soda y agua caliente son menores en el caso de la madera manchada. Esto puede deberse a que el proceso de formación de la mancha fija parte de los compuestos accesorios impidiendo su extracción.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS

En primer lugar es necesario señalar que las medi-ciones del *tamaño de las manchas*, realizadas an-tes y después de la cocción de los trozos, demos-traron que este procedimiento no tiene ninguna influencia sobre la magnitud de la zona manchada.

El *contenido de humedad* de las probetas al momento de realizar los ensayos físicos y mecá-nicos, luego de un climatizado, correspondió a lo normal y fluctuó entre 13.33 y 17.76%.

CUADRO 6

Características químicas de la madera antes y después de la cocción de las trozas
 Chemical characteristics of wood before and after thermal treatment for peeling

Análisis	Antes de cocción		Después de cocción	
	sin mancha	con mancha	sin mancha	con mancha
Extraíbles				
Etanol	3.110	2.990	2.760	2.780
Soda 1%	15.300	13.900	14.300	13.700
HOH (90° C)	2.800	1.900	2.400	2.000
Lignina	29.300	30.900	28.500	28.700

La densidad de la madera, determinada según la norma NCh 176/2, dio los resultados que se presentan en el cuadro 7.

En general se puede apreciar que la muestra obtenida para el estudio presenta una densidad promedio superior a lo considerado normal por otros autores (ver Díaz-Vaz *et al.*, 1989).

Como se observa en el cuadro 7, la formación de falso duramen provoca un ligero aumento en la densidad de la madera. Este aumento se debe a la concentración de sustancias fenólicas de alto peso molecular que, al no poder difundir, quedan retenidas en las células de origen.

El aumento de la densidad debe tener efectos tanto sobre la trabajabilidad de la madera (corte, secado, encolado) como sobre algunas propiedades físicas y mecánicas.

Los resultados promedio de la determinación de la propiedad mecánica flexión estática se presentan, por trozo, en el cuadro 8.

En general no se aprecia una situación clara respecto a una posible influencia de la mancha sobre esta propiedad. Al no encontrarse una disminución de la resistencia podría aseverarse que la mancha no incluye una degradación de la pared celular.

Los resultados promedio de la determinación de la propiedad mecánica flexión dinámica se presentan, por trozo, en el cuadro 9.

En el caso de la flexión dinámica se pudo observar un aumento de la resistencia al estar presente el falso duramen, mancha, en seis de las siete trozas estudiadas. Este incremento es importante en algunas trozas (trozas 2 y 3), sin embargo en la mayoría de las muestras no se detectan diferencias

significativas, por lo que se puede establecer que la mancha no provoca cambios en esta resistencia mecánica.

CUADRO 7

Densidad de la madera de tepa con y sin falso duramen (mancha). Valores promedio por trozo
 Wood density, average of each log

Trozo N°	Con mancha g/cm ³	Sin mancha g/cm ³
1	0.56	0.54
2	0.51	0.47
3	0.51	0.48
4	0.57	0.54
5	0.54	0.50
6	0.57	0.52
7	0.50	0.50

CUADRO 8

Propiedad mecánica flexión estática.
 Valores promedio por trozo
 Static bending strength: Average for each log

Trozo N°	Con mancha N/mm ²	Sin mancha N/mm ²
1	93.32	97.76
2	73.42	76.00
3	73.58	69.62
4	83.39	84.95
5	75.89	75.46
6	82.41	80.88
7	69.79	74.14

CUADRO 9

Propiedad mecánica flexión dinámica.
Valores promedio por trozo
Dynamic bending strength. Log average

Trozo N°	Con mancha N/mm ²	Sin mancha N/mm ²
1	0.058	0.049
2	0.046	0.034
3	0.054	0.029
4	0.041	0.046
5	0.057	0.048
6	0.050	0.043
7	0.038	0.032

CUADRO 10

Propiedad mecánica compresión.
Valores promedio por trozo
Compression. Average for each log

Trozo N°	Con mancha N/mm ²	Sin mancha N/mm ²
1	51.67	54.97
2	47.31	43.42
3	44.47	42.45
4	48.15	47.19
5	42.96	42.46
6	46.14	44.68
7	36.49	36.38

Los resultados promedios de la determinación de la propiedad mecánica *compresión* se presentan, por trozo, en el cuadro 10.

En la resistencia a la compresión también se determinó, en 6 de las 7 trozas, una resistencia levemente superior cuando se ensayaron las probetas tomadas de la zona manchada. Sin embargo no existen niveles de significancia que permitan adjudicar los cambios a la presencia o ausencia de falso duramen.

CONCLUSIONES

El estudio permitió determinar que en la zona manchada se encuentran bacterias presentes. Con los análisis realizados no es posible determinar si estos microorganismos provocan la mancha o si ellos se reproducen luego de aparecer esta singularidad. Resultaría interesante realizar un control más estricto sobre la aparición de bacterias con el objeto de especificar esta situación.

La observación por medio de microscopía luz y electrónica demostró que no hay una proliferación de hongos que indique que existe una relación entre estos organismos y la presencia de falso duramen.

La determinación de características y propiedades de la madera sin mancha y con falso duramen

demuestra que existen algunas diferencias entre éstas.

Las diferencias más notables se dan en las características químicas del material. Los valores de pH y capacidad tampón (medida como consumo de NaOH) indicarían que el tratamiento de estas maderas en procesos químicos debería ser diferente.

Las diferencias en propiedades mecánicas no son significativas, por lo que no se pueden atribuir a la presencia o ausencia de falso duramen. El análisis de una muestra mayor podría ayudar a esclarecer este punto. En todo caso las diferencias son pequeñas y no debieran tener un efecto importante sobre las propiedades de los productos confeccionados con esta madera.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Laminadora de Maderas S.A., por su apoyo en el financiamiento del estudio. Al prof. Luigi Ciampi P., por su colaboración en los análisis bacteriológicos.

BIBLIOGRAFIA

DIAZ-VAZ, J.E., DEVLIEGER, F., POBLETE, H., JUACIDA, R. 1989. *Maderas comerciales de Chile*. Colección Naturaleza de Chile. Vol. 4. Ed. Alborada, 78 pp.