

# ESTUDIO DE LOS CAMBIOS DIMENSIONALES DE LA MADERA DE *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride (YVYRA PERE) SECADA EN CÁMARA SOLAR <sup>1</sup>

CHAVEZ DOLDAN, N. S. <sup>2</sup>  
RAMIREZ HAEDO, D. <sup>3</sup>  
OVELAR AGUILERA, M. G. <sup>3</sup>

## ABSTRACT

The work had as objective the evaluation of the dimensional changes of the wood of *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride (yvyrá pere) during the process of drying in solar camera, to 12% of final humidity content. The experimental material was obtained from 36 logs with 31 - 56 centimeters of diametrical class, that were sectioned in tables of 34 x 120 x 930 millimeters of thickness, wide and long, respectively. 30 tables were selected at random, with a greater initial humidity content to 30%, from between which 10 were chosen at random, to obtain test tubes for humidity control. N° 462 (with some innovations) and 460 Pan-American Norms COPANT have been used; to determinate the contraction and the humidity content of the test tubes, respectively. The humidity content of the witnesses samples within the camera was obtained following the procedure indicated by Albornoz (2005). The obtained results demonstrate that the wood of *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride, displays low contractions in its different cut planes and can be classified like «very low or very stable» wood to «low or stable», according to the classification system of degree of reference stability

**KEY WORDS:** Wood technology, wood, degree of stability, *Apuleia leiocarpa*, Yvyra pere.

## RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar los cambios dimensionales de la madera de *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride (yvyrá pere) durante el proceso de secado en cámara solar, al 12% de contenido de humedad final. El material experimental se obtuvo de 36 trozas con clase diamétrica de 31 – 56 centímetros; las cuales fueron seccionadas en tablas de 34 x 120 x 930 milímetros de espesor, ancho y largo, respectivamente. Se seleccionaron en forma aleatoria 30 tablas, con un contenido de humedad inicial mayor al 30%, de entre las cuales se eligieron al azar 10, para la obtención de probetas para control de humedad. Se han utilizado las Normas Panamericanas COPANT N° 462 (con algunas innovaciones) y 460; para la determinación de la contracción y el contenido de humedad de las probetas, respectivamente. El contenido de humedad de las muestras testigos dentro de la cámara se obtuvo siguiendo el procedimiento señalado por Albornoz (2005). Los resultados obtenidos demuestran que la madera de *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride, presenta contracciones bajas en sus diferentes planos de corte y puede ser clasificada como madera «muy baja o muy estable» a «baja o estable», de acuerdo al sistema de clasificación del grado de estabilidad de referencia.

**PALABRAS CLAVE:** Tecnología de la madera, madera, grado de estabilidad, *Apuleia leiocarpa*, Yvyra pere

<sup>1</sup> Parte de la tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Asunción (UNA), como requisito para la obtención del título de Ingeniero Forestal.

<sup>2</sup> Ing. For. egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal.

<sup>3</sup> Prof. Ing. For. Docente a Tiempo Completo, Carrera de Ingeniería Forestal, FCA-UNA.

<sup>3</sup> Prof. Ing. Agr. Docente a Tiempo Completo, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de la madera de una determinada especie como materia prima en cualquier proceso industrial depende entre otros factores de su estabilidad dimensional frente a las variaciones de humedad, debido a su naturaleza higroscópica. Los cambios dimensionales de la madera originan grandes problemas en los productos elaborados, razón por la cual es necesario secarla hasta que alcance su humedad de equilibrio, antes de ponerla en servicio.

Considerando que, a excepción de industrias especializadas en la fabricación en serie, las empresas transformadoras de la madera se ven obligadas a secar al mismo tiempo, distintas especies y dimensiones de madera, las considerables variaciones en los cambios dimensionales entre las maderas de las diversas especies, e incluso dentro de la misma especie a causa de la pérdida de humedad, dificulta la aplicación de los sistemas y programas de conducción automática del secado.

Teniendo en cuenta dichas variaciones, es importante el conocimiento de los cambios dimensionales que experimentan las maderas de las distintas especies a lo largo del proceso de secado a modo de lograr una buena conducción de dicho proceso y consecuentemente una optimización en la industria maderera; puesto que las pérdidas producidas por las deficiencias del secado podrían disminuir, brindando con ello un beneficio a las personas o entidades relacionadas a las industrias madereras.

Para el presente estudio se ha optado por la madera de *Apuleia leiocarpa*, considerando su importancia comercial, puesto que de acuerdo a Tortorelli (1956), es un potencial sustituto por su semejanza en color, veteado, textura y grano, a la madera de la especie llamada vulgarmente citronnier, cuyo nombre científico es *Chlorophora swietenia*, originaria de Ceylán y muy utilizada en países europeos para revestimientos de interiores y decoraciones en general; y a la vez teniendo en cuenta, que el presente estudio es complementario de un trabajo precedente realizado por Chávez (2006).

Conociendo con precisión la variabilidad en corte y los cambios dimensionales que experimenta la madera de *Apuleia leiocarpa* durante su secado se podría recomendar el valor nominal que deberían tener las piezas de madera aserrada de dicha especie, es decir la sobre dimensión que se dará a las mismas debido a las pérdidas de superficie a causa de las contracciones producidas por la pérdida del agua durante el proceso de secado. Asimismo se podría catalogar el comportamiento de dicha madera, respecto a su estabilidad dimensional.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios dimensionales de la madera de *Apuleia leiocarpa* (Vog.)

Macbride, durante el proceso de secado en cámara solar al 12% de contenido de humedad final, planteando la siguiente hipótesis; «La madera de *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride presenta un comportamiento inestable durante el proceso de secado en cámara solar al 12% de contenido de humedad final».

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en una cámara solar compuesta de una cobertura con plástico aislante térmico fijado con perfiles especiales de aluminio, y capacidad de 69 m.

La calefacción del secadero consta de un absorbedor térmico que convierte la radiación solar en calor, el cual consiste en una lona negra colocada arriba de los tirantes horizontales, la misma sirve además para proteger la madera de la radiación solar directa. El secadero posee además un sistema adicional de calefacción indirecta, compuesta por el intercambiador de calor alimentado por una caldera, el mismo trabaja con agua caliente hasta 95°C de temperatura. El comando central del secadero activa automáticamente el intercambiador de calor cuando la temperatura dentro de la cámara es inferior a la requerida por el programa de secado utilizado.

Entre el techo y el absorbedor se encuentran dos ventiladores con una potencia de 960 W cada uno y el intercambiador de calor, con un ventilador de 760 W, todos ellos proveen un permanente flujo de aire circulando dentro del secadero a una velocidad entre 1 y 2,5 metros/segundo, dependiendo de los valores predeterminados por el programa de secado a seguir.

El control de la humedad en la cámara se realiza a través de la compuerta de apertura y cierre automáticos, además del humidificador. Toda la humedad extraída de la madera sale del secadero en forma de vapor por la compuerta, la corrección de la misma durante el secado es hecha con el humidificador que consiste en una manga con válvulas fijada al techo, inyectando el agua en forma de neblina dentro de la cámara.

Las operaciones de control son realizadas enteramente por un tablero automático soportado por un microprocesador (consola de comando central del secadero), el mismo mide cada cinco segundos la temperatura del aire y la humedad relativa del aire en la cámara y su entorno respectivamente. Con los valores recibidos determina la humedad de equilibrio de la madera y ajusta automáticamente las condiciones de la cámara según el programa de secado a seguir, la cifra señalada en el tablero de control no representa el valor real de la humedad de la madera sino un valor ficticio con lo cual trabaja dicho programa.

El panel de control de la cámara solar contiene nueve programas básicos de secado para diferentes especies

y espesores de madera. Para el proceso de secado el operador puede definir la humedad ficticia de la madera (X-deb), con los valores ingresados se ajustan los programas. Para obtener los valores reales se debe medir, con xilohigrómetro cada tres a cinco días, unas muestras representativas de la madera que se esta secando o mediante probetas testigos colocadas dentro del secadero para el control de humedad por medio del método de las pesadas, y de esa manera corregir la humedad ficticia, con lo cual cambian automáticamente los parámetros de secado, adecuándose a la curva del secado del programa elegido. Para el presente estudio se utilizó el programa para secado normal de espesores de 25 a 50 milímetros.

El material experimental proviene de un bosque nativo, propiedad de la Sociedad Agrícola Golondrina S. A., localizado en la Región Oriental del Paraguay, al noreste del Departamento de Caazapá, en una de las zonas húmedas del Paraguay, con precipitaciones de 1800 – 2000 mm/año, y temperatura media anual de 22 °C.

El bosque es de tipo subtropical subperemnífolio, con una gran diversidad de especies de valor comercial y ecológico. Se enmarca dentro de la clasificación *Selva del Alto Paraná* y zona de vida *Bosque Húmedo Templado Cálido* y esta sujeto a Manejo Forestal Sostenible, según estándares de Forest Stewardship Council (FSC), los cuales promueven el manejo ambientalmente adecuado, socialmente beneficioso y económicamente viable de los bosques del mundo. (Holdrige y Tortorelli, citado por Fleitas 2002).

El material fue obtenido de 36 trozas de madera con una clase diamétrica de 31 – 56 centímetros respectivamente. Las trozas fueron cortadas en tablas con dimensiones de 34 milímetros de espesor, 120 milímetros de ancho y 930 milímetros de largo, según el flujo de producción de la empresa, el cual comienza con la extracción de los rollos del bosque para su asierre con sierra móvil, posteriormente las tablas son transportadas al aserradero fijo de la empresa, localizado a unos 25 kilómetros del bosque para su posterior canteado con sierra circular, despuntado con sierra de balanceo o péndulo y secado en cámara solar.

Para el presente estudio fueron seleccionadas en forma aleatoria 30 tablas representativas de la especie. La humedad inicial de las mismas fue en promedio 33%, siendo el contenido de humedad final promedio obtenido 12%. Cabe resaltar que para los fines del presente estudio, únicamente se ha participado del proceso de secado, dentro del flujo de producción de la empresa.

Las probetas para el control de humedad fueron obtenidas del centro de 10 tablas seleccionadas en forma aleatoria de entre las 30 en estudio. Las probetas fueron de un ancho de 25 milímetros, igual espesor que el

de la tabla y una longitud equivalente al ancho de la misma.

Una vez codificadas, las probetas para control de humedad fueron envueltas en bolsas de polietileno y transportadas hasta el laboratorio del Departamento Tecnología e Industrias Forestales de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción para la determinación del contenido de humedad de las mismas.

Las muestras testigos fueron selladas en los extremos con pintura (para evitar el efecto del secado longitudinal inmediato al corte), codificadas, pesadas y luego secadas en la cámara solar.

En el proceso de secado se utilizó el sistema de apilado horizontal en paquetes, con listones separadores de 25 mm de espesor. Para la ubicación de las muestras testigos dentro de los apilados de madera se siguió un criterio de representatividad, quedando las mismas distribuidas en la parte inferior, media y superior de los mismos.

El contenido de humedad de las probetas fue obtenido mediante la utilización de la Norma Panamericana COPANT N° 460 «Método de determinación de la humedad», con adaptaciones; mientras que el contenido de humedad de las muestras testigos dentro del secadero, fue obtenido mediante el procedimiento señalado por Albornoz (2005).

La contracción de las tablas seleccionadas se determinó según el procedimiento establecido en la Norma Panamericana COPANT N° 462 «Método de determinación de la contracción», con adaptaciones.

Para la catalogación de la contracción longitudinal, radial y tangencial de la madera, se utilizó la clasificación que se puede apreciar en la Tabla 1.

**TABLA 1. Clasificación de la contracción longitudinal, radial y tangencial para madera de coníferas y latifoliadas.**

Contracción	Rango de ocurrencia %	Contracción %	Clasificación
Longitudinal	0,1 - 0,45		
Radial	2 - 2,8	menos de 4	baja
		4,1 - 6	media
		más de 6,1	alta
Tangencial	4 - 14.	menos de 6	baja
		6,1 - 10	media
		más de 10	alta
Volumétrica	7 - 21.	6 - 10.	baja
		10,1 - 15	media
		15,1 - 20	alta

Para hallar el coeficiente de contracción se utilizó la relación siguiente:

$T/R = \text{contracción tangencial} / \text{contracción radial}$   
 Donde:  $T/R = \text{coeficiente de contracción}$  (Vargas, 1987).

A partir del valor del coeficiente de contracción obtenido, se pudo catalogar a la madera en estudio según el grado de estabilidad, mediante la utilización de la Tabla 2.

**TABLA 2. Clasificación de las maderas según el coeficiente de contracción**

Rango	Clasificación
Menor de 1.5	Muy baja o muy estable
1.5 – 2.0	Baja o estable
2.1 – 2.5	Mediana o moderadamente estable
2.51 – 3.0	Alta o inestable
Mayor de 3.1	Muy alta o muy inestable

Fuente: Vargas, 1987

Para la toma de los datos se han utilizado planillas de control, diseñadas especialmente para los fines del presente estudio.

Con los datos obtenidos, tanto de la variable de coeficiente de contracción como las variables que le han dado origen (contracción radial y tangencial), se calcularon la media y las medidas de variabilidad (varianza y coeficiente de variación); así mismo se determinó el Intervalo de Confianza al 95% para las medias poblacionales respectivas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se puede observar que, el promedio de contracción longitudinal fue de 0,33%, valor similar al reportado por FAO (1972).

La media poblacional se halla entre 0,28% y 0,37% a un nivel de confianza al 95%. Siendo el coeficiente de variación obtenido alto y el error de muestreo 14%.

**TABLA 3. Valor promedio de la contracción longitudinal de la madera de *Apuleia leiocarpa* del estado verde al 12% de contenido de humedad final, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95% para la media poblacional**

Contracción longitudinal			
Media muestral %	Coeficiente de Variación %	Intervalo de confianza para la media poblacional	
		Límite inferior %	Límite superior %
0,33	32	0,28	0,37

En la Tabla 4 se observa que, el promedio de contracción radial obtenido fue de 2,29%, valor ligeramente superior a los citados por FAO (1972), y Berni (1982), en Paraguay; en contraste a las cifras reportadas para la madera de yvyra pere por INIA (s. f.), y Poffo (2003), en Perú y Brasil respectivamente, las cuales son superiores a las obtenidas en el presente estudio.

**TABLA 4. Valor promedio de la contracción radial de la madera de *Apuleia leiocarpa* del estado verde al 12% de contenido de humedad final, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.**

Contracción radial			
Media muestral %	Coeficiente de Variación %	Intervalo de confianza para la media poblacional	
		Límite inferior %	Límite superior %
2,29	27	2,03	2,56

En el intervalo de confianza al 95% la media poblacional se halla entre 2,03% y 2,56%; siendo el coeficiente de variación 27%, lo cual representa un alto porcentaje de diferenciación de las contracciones radiales entre las piezas de madera de la especie en estudio. El error de muestreo fue bajo 11%.

En la Tabla 5 se observa que, el promedio de contracción tangencial obtenido fue de 3,35%, el cual es simi-

lar a los valores de referencia en Paraguay y marcadamente inferior a los reportados en Brasil y Perú respectivamente.

La contracción tangencial de la madera de yvyra pere según FAO (1972), es 3,0% y de acuerdo a Berni (1982), es 3,1%.

**TABLA 5. Valor promedio de la contracción tangencial de la madera de *Apuleia leiocarpa* del estado verde al 12% de contenido de humedad final, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.**

Contracción tangencial			
Media muestral %	Coeficiente de Variación %	Intervalo de confianza para la media poblacional	
		Límite inferior %	Límite superior %
3,35	20	3,07	3,63

La media poblacional de la contracción tangencial se halla entre 3,07% y 3,63% a un nivel de confianza al 95%.

Los resultados obtenidos presentaron un coeficiente de variación de 20%, valor considerado medio. El error de muestreo fue 8%, lo cual demuestra la confiabilidad de los datos logrados.

En la Tabla 6 se observa que, la contracción volumétrica promedio fue de 5,79%, valor marcadamente inferior a los reportados, en Brasil y Perú respectivamente para la madera de la especie.

Según Poffo (2003), la contracción volumétrica de la madera de yvyra pere es de 14% y de acuerdo a INIA (s. f.), es de 10,60%.

La media poblacional se halla entre 5,31% y 6,26% a un nivel de confianza al 95%. El error de muestreo obtenido fue 8%.

En la Tabla 7 se observa que, el coeficiente de contracción obtenido fue de 1,53%, similar a las cifras de referencia para la madera de la especie en estudio.

El coeficiente de contracción de la madera de yvyra pere según FAO (1972), es 2 y de acuerdo a INIA (s. f.), es 1,52.

**TABLA 6. Valor promedio de la contracción volumétrica de la madera de *Apuleia leiocarpa* del estado verde al 12% de contenido de humedad final, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.**

Contracción volumétrica			
Media muestral %	Coeficiente de Variación %	Intervalo de confianza para la media poblacional	
		Límite inferior %	Límite superior %
5,59	19	5,31	6,26

**TABLA 7. Valor promedio del coeficiente de contracción de la madera de *Apuleia leiocarpa* del estado verde al 12% de contenido de humedad final, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.**

Coeficiente de contracción			
Media muestral	Coeficiente de Variación %	Intervalo de confianza para la media poblacional	
		Límite inferior	Límite superior
1,53	27	1,36	1,70

La media poblacional del coeficiente de contracción se halla entre 1,36 y 1,70 a un nivel de confianza al 95%, con un error de muestreo de 11%.

El coeficiente de variación obtenido fue de 27%. Dicho valor indica que la variación existente en los coeficientes de contracción entre tablas es alta, lo cual pudo deberse a las limitaciones del estudio.

Una de las limitaciones encontradas en el presente trabajo que por su relevancia merece ser citada es que la madera de *Apuleia leiocarpa* presenta poca diferencia entre duramen y albura, motivo por el cual no se ha considerado este factor como variable de estudio. A dicha causa podría atribuirse los altos valores en los coeficientes de variación de los resultados obtenidos, puesto que según JUNAC (1989), y estudios realizados

por Calvo et al. (2006), y Navarro et al. (2005), los cambios dimensionales no solo dependen del contenido de humedad, sino además de la densidad, y ésta es mayor en duramen que en albura. Asimismo el método utilizado para los fines del presente estudio no contempló comparaciones entre albura y duramen.

Los resultados obtenidos demuestran en forma clara el fenómeno de anisotropía de la contracción de la madera, el cual trae como consecuencia diferentes valores para la contracción en los tres planos de corte.

La contracción de la madera de yvyra pere en el plano tangencial, resultó ser en promedio 1,5 veces mayor que en el radial. Según Panshin y De Zeeuw citado por Alborno (2005), el menor valor de la contracción en el plano radial es atribuido a: a.) La restricción en la contracción en el plano radial debido a la posición perpendicular de las células radiales, b.) La presencia alternada de bandas de madera temprana de baja densidad y de madera tardía de alta densidad. El efecto de estas dos bandas es acumulativo en la dirección tangencial, mientras que en la dirección radial la madera tardía, más densa es restringida por la madera temprana, estableciendo un cierto equilibrio.

La contracción longitudinal resultó ser aproximadamente la séptima parte de la contracción radial y por lo tanto ínfima. De acuerdo a JUNAC (1989), la contracción longitudinal es despreciable para efectos prácticos, debido a que su valor alcanza apenas el 0,1 a 0,3%.

## CONCLUSIONES

Las contracciones obtenidas en los diferentes planos de corte de la madera estudiada son bajas, representadas por los siguientes valores; 0,33% en el plano longitudinal; 2,29% en el radial y 3,35% en el tangencial. Tales valores presentan magnitudes coherentes con otros publicados para la madera de yvyra pere en Paraguay, pero sensiblemente menores a los reportados para la misma en Brasil y Perú respectivamente. La contracción volumétrica resultante fue 5,79%.

Considerando la clasificación establecida para el efecto, se puede catalogar a la madera de *Apuleia leiocarpa* como madera con grado de estabilidad entre «muy baja o muy estable» a «baja o estable», consecuentemente, es de esperarse que la ocurrencia de defectos en la madera de yvyra pere durante su proceso de secado y posterior puesta en servicio, sea mínima. Por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada.

## LITERATURA CITADA

- ALBORNOZ, L. 2005. Secado técnico de la madera. Machagai – Chaco, AR: CeDeTeMa. 83 p.
- BERNI, C. 1982. Características, propiedades y usos de maderas del Paraguay. Asunción, PY: INTN. 55 p.
- CALVO, C.; COTRINA, A.; CUFFRÉ, A.; PITER, J.; STEFANI, P.; TORRÁN, E. 2006. Variación radial y axial del hinchamiento, del factor anisotrópico y de la densidad, en el *Eucalyptus grandis* de Argentina. Maderas: Ciencia y Tecnología (CL). 8 (003): 159 – 168
- CHÁVEZ, N. 2006. Control de producción y variabilidad de corte en aserradero. Determinación de capacidad de carga de un secadero solar. San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 13 p. (Pasantía II).
- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas. VE). 1972. Norma Panamericana COPANT: Maderas. Buenos Aires, AR: s. n.. 1 v.
- FAO. 1972. Propiedades y aplicaciones de 32 especies de maderas poco conocidas de la Región Oriental del Paraguay. Asunción, PY: FAO. 92 p. (Documento de trabajo; n° 3. Proyecto de Desarrollo Forestal y de Industrias Forestales Paraguay)
- FLEITAS, W. 2002. Evaluación de la influencia de cuatro tratamientos silviculturales en la regeneración natural en un bosque nativo degradado. Periodo 1995 – 2000. Tesis (Ing. For.). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 54 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria). s. f. Maderas del Perú: ana caspi (en línea). s. l.. Consultado 09 ene 2007. Disponible en <http://www.fao.org/AG/agl/agll/rla128/inia/inia-p4/inia-p4-02.htm>
- JUNAC (Junta de Acuerdo de Cartagena. CO). 1989. Manual de Grupo Andino para el secado de maderas. Cartagena, CO: Carvajal. 1 v.
- NAVARRO, J.; BORJA DE LA ROSA, A.; MACHUCA, R. 2005. Características tecnológicas de la madera de Palo Morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. Chapingo: serie ciencias forestales y del ambiente. (MX). 11 (001): 73 – 82
- POFFO, O. (Coord). 2003. Madeira: uso sustentable na construção civil. San Pablo, BR: IPT / SVMA / SindusCon-SP. 59 p.
- TORTORELLI, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. Buenos Aires, AR: ACME. 910 p.
- VARGAS, J. 1987. Manual del técnico forestal: anatomía y tecnología de la madera. Cochabamba, BO: UMSS / GTZ. 119 p.