

Estudio del secado de probetas de madera de *Pinus taeda* mediante el uso de horno de microondas

Argüelles, T.; Barth, R.C.; Barth, J. A. ; Callaba, R.E.; Bobadilla, E.A.; Berger, G

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

Calle Bertoni, 124. (3380) Eldorado. Misiones. Argentina.

arguelles@facfor.unam.edu.ar

Resumen

El secado de madera para alcanzar un contenido de humedad por debajo del punto de saturación de fibra debe efectuarse a altas temperaturas e implica altos costos en energía. A fin de mejorar el proceso en aspectos como el gasto en energía y el tiempo empleado, se cortaron probetas de *Pinus taeda*, se hidrataron durante 24 h., se pesaron y secaron en horno a microondas de 800 watts de potencia utilizando la potencia al 100%, 80%, 50%, y 30%. Los controles se secaron en estufa de laboratorio a 100°C. La pérdida de agua fue constante en función del tiempo y la potencia empleada. La temperatura superó los 110°C al 100% de potencia, durante un periodo de tiempo corto. Los tiempos empleados fueron desde 15 minutos a 1 hora 30 minutos, y se redujo el contenido de agua en la madera del 6 al 9%. Se observaron pequeñas grietas en los bordes que desaparecieron con un cepillado de 4 mm.

Palabras clave: Secado, microondas, *Pinus taeda*.

Introducción

El calentamiento de una masa inducido por microondas es debido a la agitación molecular que sufren los dipolos que son las moléculas de agua al estar expuestas a un campo alterno de ondas de alta frecuencia, por lo que en un horno a microondas, cualquier material húmedo se calienta rápidamente y uniformemente en toda su masa, y las superficies expuestas pierden agua por evaporación y se enfrían (Brown y col.,1947). La distribución de temperaturas es típica, las temperaturas más altas se producen en el interior del material y las más bajas en las superficies expuestas. Cuando probetas de madera permeable al agua se sitúan para secar en un horno de microondas convencional acontece el mismo fenómeno. Esta distribución de temperaturas es justamente contraria a la producida por un secado por convección (Bateson,1952). En las maderas permeables al agua, la temperatura durante el secado se nivela a aproximadamente al punto de ebullición del agua, aunque por debajo del punto de saturación de fibra la temperatura aumenta (Calvert, 1958). La idea de secar la madera mediante un campo alterno de ondas de alta frecuencia no es nueva, fue patentada por primera vez por Whitney (según Tiemann, 1944).

La parte norte de la provincia de Misiones, conocida también como región del alto Paraná, denominada por los pueblos originarios de la zona “Yvyrareta” o sea “país de árboles” en lengua Guaraní, es, como dice su nombre una región donde el suelo se destina mayoritariamente a la producción de madera. En la zona abundan los aserraderos y secaderos de madera

Objetivos

Reducir el consumo de energía y el tiempo en el proceso de secado de madera de *Pinus taeda*, mediante la energía de las microondas.

Materiales y métodos

Se utilizaron dos tamaños de probetas de madera de *Pinus taeda* de origen comercial: 1 x 2 x 4 pulgadas y 2.3 x 3 x 4 pulgadas, cortadas según la dirección tangencial de la pieza a las que se les efectuó un agujero en su cara radial al fin de poder introducir el bulbo de un termómetro hasta el centro de la pieza (fotografía 1). Las probetas se hidrataron durante 24 horas, se pesaron, y un lote de ellas se secó en estufa de laboratorio, de

880 watts de potencia, sin circulación de aire, a 100°C de temperatura, hasta peso constante (Koehler y Pillow, 1925). El secado en estufa se monitoreó pesando las probetas cada 30 minutos (Kimball, 1947). Los otros lotes se secaron en un horno de microondas comercial, de marca conocida, de 2450 MHz de frecuencia y 800 watts de potencia, utilizando para los sucesivos secados la potencia del microondas al 100%, al 80%, al 50% y al 30%, monitoreando el secado a intervalos de tiempo, que variaron de minuto a minuto hasta cada 30 minutos. En cada intervalo las probetas se pesaron en una balanza rápida (Keylwerth y Kübler, 1952) y se tomó la temperatura introduciendo el bulbo del termómetro hasta el interior de la pieza, volviendo al proceso de secado inmediatamente después. Se utilizaron 4 probetas por tratamiento y se efectuaron 4 repeticiones independientes de cada tratamiento.

Tratando de eliminar a aparición de rajaduras que ocurrían en la superficie transversal, las probetas 2.3 x 3 x 4 pulgadas se sometieron a distintos esquemas de secado que se detallan a continuación:

- ❖ Secado en microondas al 80% de potencia durante dos periodos de 30 minutos continuos seguido de secado en estufa a 100°C.
- ❖ Secado en microondas al 80% de potencia durante dos periodos de 30 minutos seguidos de reposo de 30 minutos, secado posterior de 15 minutos.
- ❖ Secado en microondas al 80% de potencia durante un periodo de 30 minutos, seguido de dos periodos de 30 minutos, con las probetas envueltas individualmente en film adherente de cocina.

La eficacia del secado se determinó después de un estacionamiento de 24 horas, midiendo la humedad de las probetas para lo que se utilizó un higrometro de madera de puntas marca GANN .

Resultados

Los gráficos 1 y 2 muestran la variación del peso con respecto al tiempo en el secado con microondas. La variación individual de las 4 probetas (elegidas lo más uniformemente posible), fue despreciable. En los gráficos las curvas corresponden cada una a una repetición. Según se puede observar el proceso de secado fue uniforme en todos los casos, pero sobre todo a la potencia máxima del microondas (100%), donde las cuatro curvas se confunden en una sola. El aspecto de las probetas fue muy bueno, no se observó pardeamiento o cualquier otro tipo de coloración (fotografía 2), seguramente ello fue debido a que aunque se alcanzaron temperaturas de 130°C en el interior de las probetas más pequeñas, ello fue durante un corto periodo de tiempo. La temperatura se mantuvo durante casi todo el proceso cerca del punto de ebullición del agua. La apariencia de la madera indicaba que no había habido deterioro en su calidad. No se notaron deformaciones en las piezas. La madera resultó completamente esterilizada.

En las probetas 1 x 2 x 4 pulgadas en el secado al 50 y 30% de potencia de microondas aparecieron pequeñas grietas en el corte transversal, las que desaparecieron con un cepillado de 5 mm (fotografía 4). La madera secada en estufa para estas probetas tomó un tiempo promedio de seis horas para llegar a un contenido en humedad equiparable al secado por microondas. La tabla 1 resume las características de los procesos. El contenido en humedad de las probetas está en todos los casos entre el 6 y 9%, por lo que la eficacia del secado es similar al secado convencional. En la tabla 1 se pueden apreciar las ventajas del método.

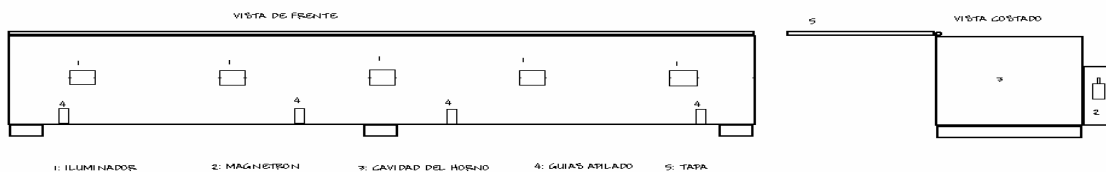
Los resultados del secado de las probetas 2.3 x 3 x 4 pulgadas se resumen en las tablas 2 y 3. Se observaron rajaduras en el corte transversal y en todos los casos, el secado se interrumpió cuando aparecieron rajaduras (fotografía 3) Ninguno de los tratamientos posteriores (continuación del secado en estufa, reposo y enfriamiento entre los tiempos de secado para permitir que las tensiones internas se equilibren, secado con envoltura de polietileno para que la pérdida de humedad no fuera tan brusca), eliminó o minimizó la formación de rajaduras. Dichas rajaduras también aparecieron en los controles secados enteramente en estufa. Al igual que en las probetas mas chicas las rajaduras se eliminaron con un cepillado de 5 mm (fotografía).

Conclusiones.

Aunque no conocemos de momento el comportamiento del secado por microondas de piezas mayores, podemos concluir que para piezas de pequeño grosor como machimbres, listones, parquet (pisos), patas de sillas, etc., el secado de la madera por este método es una alternativa más eficiente con respecto al tiempo de secado y al costo del mismo. A efectos de estudiar el secado en piezas de mayores dimensiones se propone la construcción de un horno basado en la utilización de varias unidades del tipo comercial, adaptadas al uso del estudio mencionado. Se emplearan varios magnetrones, en el caso del diagrama 5 unidades, ubicados en una distribución lineal de manera de configurar una cavidad alargada que permita ser empleada en el secado de piezas de una longitud de hasta 150 cm.

Las dimensiones de la cavidad estarán dadas en función de múltiplos de la longitud de onda de los magnetrones. Para el caso de magnetrones de 2450 MHz la long. de onda corresponde a 12,25 cm.. El acoplamiento a la cavidad de secado se realizará mediante iluminadores directos ubicados en el fondo de la misma, simplificando la construcción y evitando las guías de onda utilizadas habitualmente. Se estudiará la mejor ubicación de las piezas dentro de la cavidad, implementando eventualmente un sistema de giro a efectos de lograr la mayor homogeneidad de secado posible.

Diagrama esquemático del horno propuesto



Bibliografía

- Bateson, R.G. (1952) **Timber** drying and the behavior of seasonal timber in use. Pp.468 en Kollmann, F.F.P. y Coté, W.A. (1968). Principles of Wood Science and Technology. I, Solid Wood. Springer-Verlag Ed.
- Brown, G.H., Hoyler, C.N. y Bierwithr, R.A. (1947) Theory and application of radio-frequency heating. New York
- Calvert, W.W. (1958) High temperature kiln drying of lumber. For. Prod. J. (8): 343 – 347.
- Keylwerth, R. y Kübler, H. (1952) Maximum operating temperatures and corresponding surface and interior temperatures in thin soft lumber during drying. Deutsche Holzwirtschaft (8): 1 – 2.
- Kimball, K.E. (1947) Temperature measuring and controlling device in lumber dry kilns. U.S. Dep. Agr. For. Serv., For, Prod. Lab., Rep. No R 1654, Madison, Wisc.

Koehler, A. y Pillow, M.Y. (1925) Effect of high temperatures on the mode of fracture of a softwood. South. Lumberman (121): 219 – 221.

Whitney, 1929, en Tiemann, H.D. (1944) Wood Technology, 2nd Ed. Ney York and Chicago.

TABLA 1. Comparación de potencia consumida y tiempos de secado entre los tratamientos para probetas 1 x 2 x 4 pulgadas de *Pinus tadea*

Secado	Potencia (Watts)	Tiempo (horas)	Energía cons. (Watts.hora)	Temperatura Máxima(°C)	Contenido en Humedad(%)
Estufa	185	6	1110	100	8.5
M. O. (100%)	941	¼ hora	235.25	125	6.2
M. O. (80%)	584	2/3 hora	389	120	6.5
M. O. (50%)	389.6	5/6 hora	324.6	135	7.2
M.O.(30%)	172.25	1 hora	172.25	130	7.6

TABLA 2. Comparación de potencia consumida y tiempos de secado entre los tratamientos para probetas 2,3 x 3 x 4 pulgadas, de *Pinus tadea*

Secado	Potencia (Watts)	Tiempo (horas)	Energía cons. (Watts.hora)	Temperatura Máxima(°C)	Contenido en Humedad(%)
Estufa	185	24	4440	100	7.0
M. O. (100%)	941	1	941	100	6.0
M. O. (80%)	584	1.5	876	98	6.0
M. O. (50%)	389.6	2	779,2	92	7.6
M.O.(30%)	172.25	2.5	430,6	88	9.5

TABLA 3. Comparación entre los distintos esquemas de secado para probetas 2,3 x 3 x 4 pulgadas, de *Pinus tadea*

Secado	Potencia (Watts)	Tiempo (horas)	Energía cons. (Watts.hora)	Contenido en Humedad (%)	Rajaduras en cara transversal
Estufa 100 ± 3°C	185	24	4440	7.6	Si
M. O. (80%), 1 hora 18 h estufa 100°C	584/185	19	3915	6.7	Si
M. O. (80%), 1 hora 1 h descanso/15 min M.O. al 80%	584	1 + ¼ h	730	6.6	Si
M. O. (80%), 1/2 hora 1 h en M.O. envueltas con film de polietileno	548	1 + ½ h	876	6.4	Si

GRAFICO 1: Secado de Probetas de 1 x 2 x 4 pulgadas en horno comercial a microondas

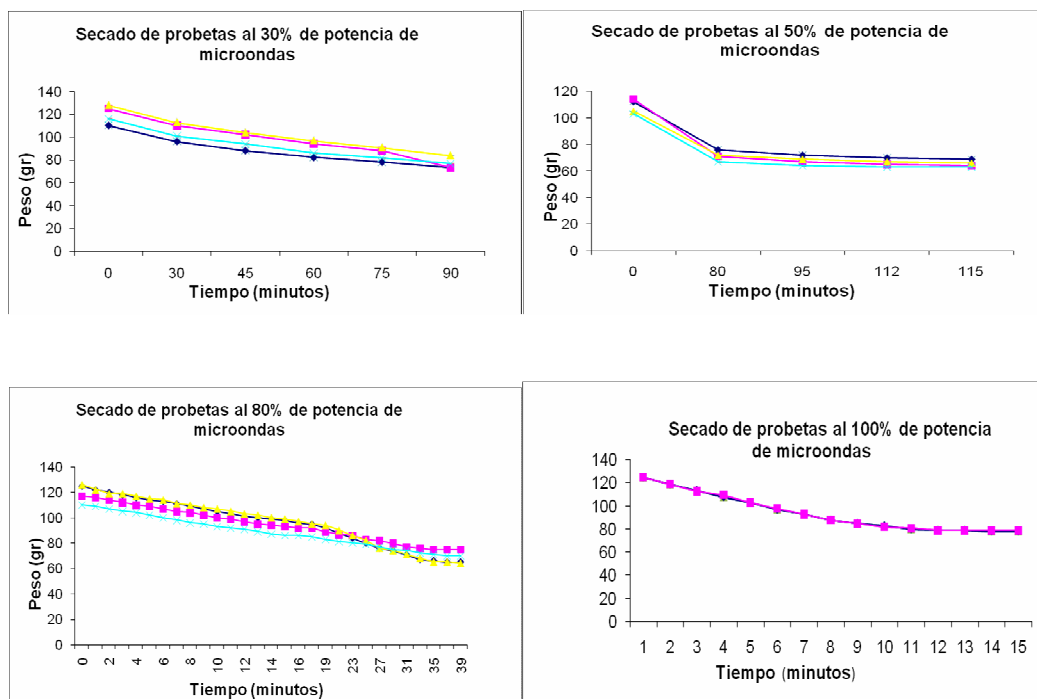
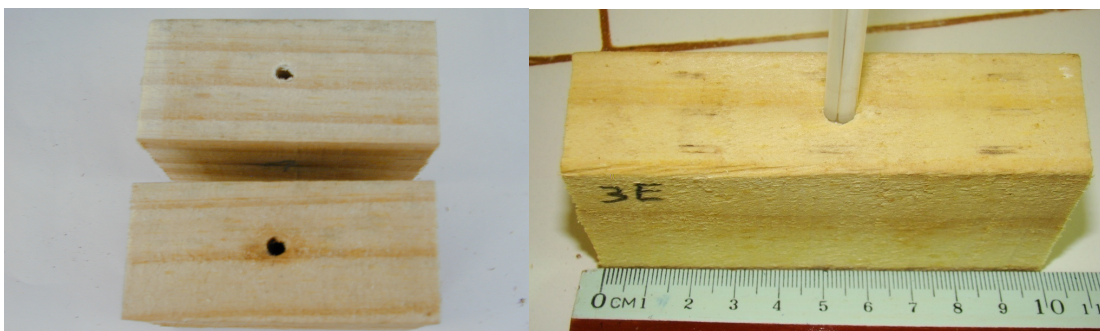
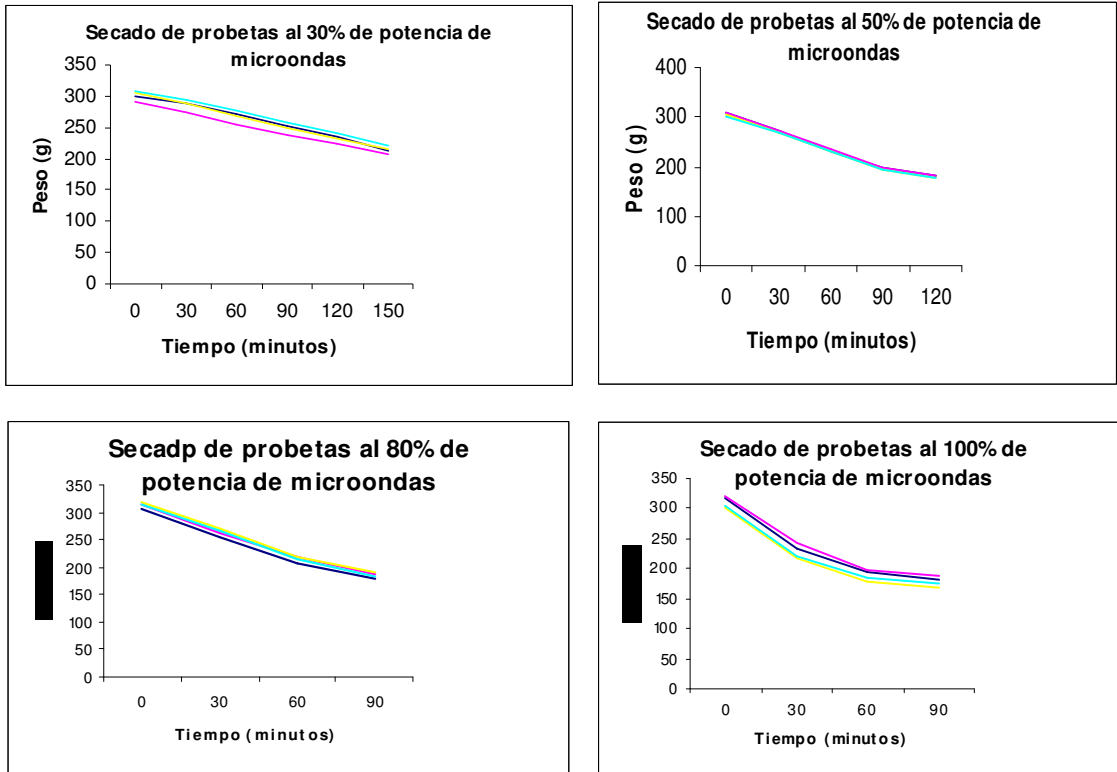


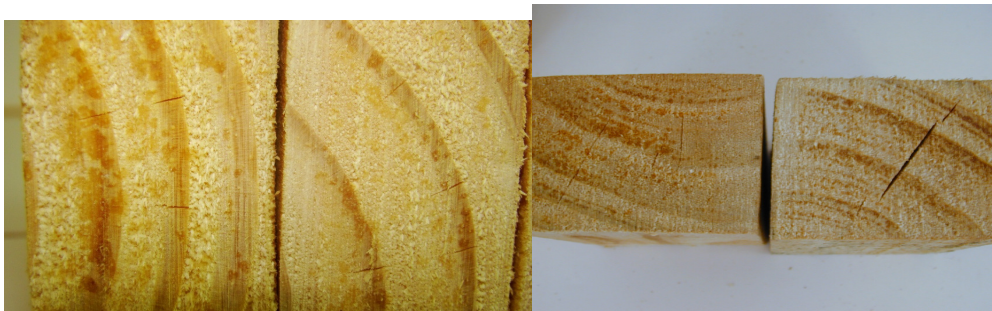
GRAFICO 2: Secado de Probetas de 2.3 x 3 x 4 pulgadas en horno comercial a microondas



Fotografía 1: Forma de ubicar el bulbo del termómetro en la probeta para la medición de la temperatura



Fotografía 2: Aspecto general de las probetas secadas al 100% de potencia



Fotografía 3: Aspecto de las rajaduras que aparecen en el secado a microondas, a 30 y 50 % de potencia, en probetas de 1 x 2 x 4 pulgadas

Izquierda: Secado al 80% de potencia de microondas

Derecha: Probeta secada en estufa a $100\pm 3^{\circ}\text{C}$



Fotografía 4: Desaparición de las rajaduras después de un cepillado de 5 mm