

**PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE
PINUS CARIBAEA VAR. *HONDURENSIS*
RESINADOS Y NO RESINADOS DE LAS
PLANTACIONES DE UVERITO, ESTADO
MONAGAS, VENEZUELA**

*Mechanical properties of the wood of **Pinus caribaea**
var. **hondurensis**, no resins and resins from plantations
Uverito, Monagas state, Venezuela*

ELIO COROMOTO REYES CUAURO, STYLES WILL
VALERO, YOLY DEL CARMEN MOLINA LOBO Y JOSE
ROLANDO BETANCOURT MORENO

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio Nacional
de Productos Forestales, Sección de Ensayos

Recibido junio 2015. Aceptado marzo 2016

Resumen

Se estudian las propiedades mecánicas de la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de diferentes tiempos de campaña de resinación 19, 21 y 22 años de edad de pinos resinados y pinos no resinados de 21 años de las plantaciones de Uverito, estado Monagas. La resistencia a la flexión, corte paralelo al grano y resistencia al impacto no presentan diferencias significativas en condición de humedad seca al aire ajustada al 12 %; no así la resistencia a la compresión paralela al grano, dureza de lado y de extremos en las cuales se observan diferencias significativas. En la resistencia a la compresión perpendicular al grano se observó que la diferencia es ligeramente significativa. Comparando pinos resinados de diferentes edades se determinó que no hay diferencias significativas para la resistencia a la flexión, corte paralelo al grano y tenacidad; para la resistencia a la compresión perpendicular al grano, dureza de lados y extremos existen diferencias significativas. Para la resistencia a la compresión paralela se determinó que la diferencia es ligeramente significativa. Se debe continuar estudiando el efecto de la resinación para así poder determinar en que etapa de la resinación puede causar algún efecto negativo sobre las propiedades de resistencia de los árboles sometidos a resinación. Los resultados obtenidos son muy alentadores para no restringir o limitar el uso de los árboles resinados de pino caribe.

Palabras clave: Resistencia, flexión, compresión paralela, dureza, cizallamiento, tenacidad.

Abstract

Elio C. Reyes C. *et al.*

The mechanical properties of *P. caribaea* var. *hondurensis*, from different ages of the 19, 21 and 22 year old resting season of resinated and no resinated pine of 21 years of the plantations of Uverito, Monagas state were studied. The flexural strength, parallel cutting to the grain and impact resistance do not present significant differences in dry air humidity condition adjusted to 12 %; not so the compressive strength parallel to the grain, hardness of side and ends in which significant differences are observed. In the resistance to compression perpendicular to the grain it was observed that the difference is slightly significant. Comparing resinated pines of different ages, there are no significant differences for flexural strength, parallel cutting to grain and toughness; for the resistance to the compression perpendicular to the grain, hardness of sides and ends there are significant differences. For the parallel compression strength, the difference is slightly significant. It is necessary to continue studying this aspect to determine in which stage cause some negative effect on the resistance properties of the trees; results encouraging do not to restrict or limit the use of resonates Caribbean pine trees.

Keywords: Resistance, bending, parallel compression, hardness, shear, tenacity, caribbean pine, resinated trees

1. Introducción

Es hace necesario conocer cuales son las consecuencias del proceso de resinación en los árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G. Barrett & Golfari, (pino Caribe), una vez resinado, para saber hasta qué punto este proceso afecta las propiedades mecánicas de la madera al ser aserrada y ser sometida a usos.

El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, reporta para el 2.007 y 2.008 que la mayor producción nacional de madera en rolas lo ocupa la especie pino Caribe proveniente de plantaciones con un volumen oficial de 1.467.124,540 m³ con potencial e importancia para minimizar la presión sobre la explotación del bosque natural a pesar que para el 2.008 disminuye la producción en 214.816,390 m³ lo cual no afecta que aun se mantenga en el primer lugar en la producción de madera en rolas (MPPA, 2008, 2010).

En Venezuela las grandes áreas de plantaciones de pino caribe, se encuentran al sur de los Estados Anzoátegui y Monagas. Veillón (1958) citado por Vásquez (1991), considera esta zona potencialmente adecuada para realizar plantaciones con pino Caribe y pino oocarpa. El pino Caribe ha mostrado un alto grado de adaptabilidad a las condiciones ecológicas de la región que se refleja en las grandes extensiones que se han venido plantando con esta especie en las sabanas orientales del país desde los años 60.

Aguilar (1958) citado por Reyes et al. (2012) reporta que por la abundante cantidad de resina que produce esta especie es apropiada para la manufactura de esencia de trementina y colofonia.

Munro (s/f) citado por Reyes et al. (2012), señala que la corteza de los árboles es una barrera que los defiende de agentes externos, insectos, hongos ó bacterias; cuando esta defensa natural es vulnerada, los árboles utilizan otro medio de protección: secretan una goma semilíquida, espesa y rica en sustancias bioquímicas protectoras, que se endurece con el tiempo, es como cicatrizar. A esa sustancia gomosa se le conoce como resina.

Trujillo (1992) citado por Pastor (2002), indica que las resinas u oleorresinas son secreciones vegetales constituidas por ácidos resinosos disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos. Se producen en las células vivas del parénquima de la albura de los árboles y permanece, en el caso de los pinos, en estructuras anatómicas especializadas como lo son los canales resiníferos, horizontales y verticales que recorren la albura.

Pastor (2001) citado por Reyes et al. (2012), señala que investigaciones realizadas sobre la resina de pino caribe determinaron que la trementina se encuentra entre el 16 y 20 % y la colofonia entre un 64 y 70 %, lo que afirma que la colofonia obtenida esta en el rango de la colofonia comercial y para el caso de la trementina cumple con la calidad para su comercialización.

Longwood (1962) describe la madera de esta especie como moderadamente pesada, generalmente con un olor resinoso más o menos fuerte pero sin sabor distintivo, grano generalmente recto, duramen marrón rojizo, la profundidad del color varía con la cantidad de resinas, albura de color pálido y anillos de crecimiento claramente definidos por bandas de tejido denso.

Reyes et al. (2012) reportan valores de las propiedades físicas de pino caribe para los siguientes tratamientos: plantación de 21 años de edad sin resinar; plantación de 21 años de edad y 7 años de campaña de resinación; plantación 22 años de edad y 5 años de campaña de resinación y plantación de 19 años con 4 años de campaña de resinación.

El contenido de resina va a ser determinante para su durabilidad y resistencia al ataque de insectos; la tendencia es que el duramen es mas durable que la albura la cual es mas propensa al manchado azul (Chudnoff, 1984).

Castro (1987), citado por Reyes et al. (2012), señala que el tratamiento de resinación (ácido) no afecta las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Cybulko (1984) citado por Mogollón et al. (2003), indica que la madera resinada es más frágil y más dura, por lo que el aserrado se hace más difícil. En relación a la propiedad mecánica resistencia a la compresión en el pino resinado, se ha observado que es más resistente, que el pino sin resinar.

Un estudio realizado por Martinuzzi et al., 2000 con *Pinus elliotii* resinado, en relación a la resistencia de la madera, indica que no se puede señalar en forma absoluta que la madera resinada es más resistente y dura que la madera no resinada. Al comparar árboles de igual procedencia, árboles sin resinar, árboles resinados y no resinados en una cara, se destaca que la madera de árboles no resinados presenta mayores valores en las propiedades mecánicas ensayadas. Por otra parte, al comparar árboles resinados en dos caras con árboles testigos no resinados, se determinó que los árboles resinados en dos caras presentaron los mayores valores en las propiedades mecánicas. Este comportamiento posiblemente se deba a causas genéticas, diferencias en la calidad de sitio, al igual que las diferencias en la localización del árbol en la plantación.

El presente trabajo tiene como objetivos: 1.- Comparar como influye la resinación y tiempo transcurrido de la misma en las propiedades mecánicas en árboles de pino caribe resinados y no resinados. 2.- Comparar el efecto de la resinación en árboles de pino caribe resinados, de diferentes edades y tiempo de campaña de resinación sobre las propiedades mecánicas.

2. Materiales y Métodos

Los árboles de pino caribe, provienen de Maderas del Orinoco C. A., Uverito, Municipio Uracoa, Distrito Sotillo del estado Monagas, los cuales fueron trasladados al Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela), donde se procedió a realizar el proceso de armar los árboles ya seccionados de acuerdo a la codificación establecida, se procedió al descortezado manual de las trozas, el aserrío y la preparación de las probetas para la determinación de las propiedades mecánicas. El trabajo de investigación se realizó mediante el siguiente diseño metodológico: Se estudiaron cuatro (04) árboles para cada uno de los tratamientos de pino caribe, seccionando cada árbol en tres (03) rolas, las probetas para los ensayos mecánicos fueron tomados al azar a todo lo largo del árbol. Se seleccionaron previamente cuatro (04) tratamientos considerándose a uno de ellos como testigo:

- a.- Plantación 1974 (21 años). Árboles sin resinar (Testigo) (A)
- .
- b.- Plantación 1974 (21 años). Árboles resinados con 7 años de campaña (B).
- c.- Plantación 1973 (22 años). Árboles resinados con 5 años de campaña (C).
- d.- Plantación 1976 (19 años). Árboles resinados con 4 años de campaña (D)
- .

Una vez preparada las probetas para realizar los ensayos de las propiedades mecánicas siguiendo las Normas ASTM (American Society For Testing Materials) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dimensiones de las probetas y normas ASTM utilizadas para los ensayos de las propiedades mecánicas. Nota: Se modificó la norma original de la sección transversal a 1,60 x 1,60 cm

Propiedades mecánicas	Dimensiones probetas (cm)	Normas ASTM
Flexión estática (ELP, MOR, MOE)	2,50 x 2,50 x 41,00	D143/245252
Compresión paralela (ELP, RM, MOE)	2,50 x 2,50 x 10,00	D143/253260
Compresión perpendicular (ELP)	5,00 x 5,00 x 15,00	D143/77-82
Dureza de lados (DL) y extremos (DE)	5,00 x 5,00 x 15,00	D143/83-87
Cizallamiento (Cz)	5,00 x 5,00 x 6,25	D143/88-92
Tenacidad (Tn)	1,60 x 1,60 x 24,00	*D143/71-76

Las propiedades mecánicas se estudiaron en la condición de humedad seca al aire ajustada al 12 % de contenido de humedad ellas fueron las siguientes:

- 1.- Resistencia a la flexión: Esfuerzo al límite proporcional (ELP), Módulo de ruptura (MOR) y Módulo de elasticidad (MOE).
- 2.- Resistencia a la compresión paralela al grano: Esfuerzo al límite proporcional (ELP), Resistencia máxima (RM) y Módulo de elasticidad (MOE).
- 3.- Resistencia a la compresión perpendicular al grano: Esfuerzo al límite proporcional (ELP).
- 4.- Resistencia a la dureza: Lados (DL) y Extremos (DE).
- 5.- Resistencia al corte paralelo al grano: Cizallamiento (Cz).
- 6.- Resistencia al impacto: Tenacidad (Tn).

Los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS versión 17.0, estadística descriptiva y se le aplicó un análisis de varianza de una vía para un nivel de confianza al 95 %, para realizar la comparación entre los tratamientos no resinados, resinados y entre resinados

3. Resultados y discusión

Los Cuadros 2, 3 y 4 muestran los valores promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos, número de probetas ensayadas para cada una de las propiedades mecánicas, en condición seca al aire al 12 % de contenido de humedad para cada uno de los tratamientos evaluados. Al aplicar el análisis de varianza a un nivel de confianza del 95 % se determinó que para la resistencia a la flexión, resistencia al corte paralelo al grano (cizallamiento) y resistencia al impacto

Cuadro 2. Resistencia a la flexión estática ajustada al 12% de contenido de humedad para *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Leyenda: A: Árboles de 21 años de edad, sin resinar (Testigo). B: Árboles de 21 años de edad, con 7 años de campaña de resinación. C: Árboles de 22 años de edad, con 5 años de campaña de resinación. D: Árboles de 19 años de edad, con 4 años de campaña de resinación.

Estadístico	Resistencia a la flexión estática (kg/cm ²)			
	Esfuerzo al limite proporcional (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	598,21	400,00	507,95	496,83
Desv. St	177,82	154,68	217,45	186,22
Coef. Vari. (%)	29,72	38,58	42,81	37,48
Máximo	867,34	751,71	986,26	821,42
Mínimo	334,80	199,71	286,02	201,28
Núme. Prob.	12	17	10	17
Estadístico	Módulo de ruptura (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	791,33	609,98	657,82	658,48
Desv. St.	224,18	221,07	267,80	225,90
Coef. Vari. (%)	28,33	36,24	40,71	34,31
Máximo	1140,89	981,29	1229,09	1112,34
Mínimo	435,24	274,23	377,37	299,75
Núme. Prob.	12	17	10	17
Estadístico	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	79.724,46	58.387,23	74.043,31	71.871,93
Desv. St.	27.612,97	24.776,19	26.324,18	24.527,51
Coef. Vari. (%)	34,64	42,43	35,55	34,13
Máximo	127.389,56	95.038,57	127.036,18	110.635,57
Mínimo	47.758,79	25.673,95	56.507,62	40.012,15
Núme. Prob.	12	17	10	17

(tenacidad), al comparar los tratamientos no resinados con los resinados, no presentaron diferencias significativas, lo que indica que para estas tres propiedades ni la edad, ni la resinación, ni el tiempo de resinación tiene algún efecto sobre las mismas. Para el caso de la resistencia compresión paralela al grano y resistencia a la dureza (lados y extremos) existe alta diferencia significativa, indicando que la edad y el tiempo de resinación si tiene efecto en estas tres propiedades. Finalmente para la resistencia a la compresión perpendicular al grano hay una ligera diferencia y no queda claro si realmente la edad y el tiempo de resinación tienen efecto sobre la resistencia de la madera.

Al comparar la presente investigación con otras investigaciones (Cuadro 5 y 6) se puede inferir que los comportamientos en relación a los resultados obtenidos en esta investigación no tiene un patrón definido, esto puede estar relacionado con otros factores que tal vez no necesariamente correspondan a el proceso de resinación.

En relación a los tratamientos resinados al aplicar el análisis de varianza a un nivel de confianza al 95 %, los tratamientos B – C, B – D y C – D, en el caso de la resistencia a la flexión estática, resistencia al corte paralelo al grano y resistencia al impacto en los tratamientos B – C y B – D no existe diferentes significativas por lo que se puede inferir que el tiempo de campaña de la resinación y edad no influyen en los valores de resistencia mencionados.

Para la resistencia a la compresión perpendicular al grano y la resistencia a la dureza (lados y extremos) en las comparaciones de los tratamientos B – C y B – D su diferencias son altamente significativas lo que indica que tanto la campaña de

resinación y la edad influyen en los valores de resistencia. En la resistencia a la compresión paralela las diferencias son ligeramente significativas, para los tratamientos comparados B – C y B – D, estos resultados indican que no se puede señalar que la edad y los tiempos de resinación influyen en la resistencia directamente.

Cuadro 3. Resistencia a la compresión paralela al grano y compresión perpendicular al grano ajustada al 12 % de contenido de humedad para *P. caribaea* var. *hondurensis*
 Leyenda: A: Árboles de 21 años de edad, sin resinar (Testigo). B: Árboles de 21 años de edad, con 7 años de campaña de resinación. C: Árboles de 22 años de edad, con 5 años de campaña de resinación. D: Árboles de 19 años de edad, con 4 años de campaña de resinación.

Estadístico	Resistencia a la compresión paralela al grano (kg, Esfuerzo al limite proporcional (kg/cm ²))			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	210,15	140,76	124,83	193,80
Desv. St.	36,43	51,20	42,47	69,03
Coef. Vari. (%)	17,33	36,38	34,02	35,62
Máximo	272,27	235,11	199,95	299,59
Mínimo	154,65	90,50	83,99	113,01
Núme. Prob.	14	17	13	15
Estadístico	Resistencia máxima (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	310,74	212,42	196,20	279,13
Desv. St.	48,11	57,61	67,05	84,45
Coef. Vari. (%)	15,48	27,12	34,17	30,25
Máximo	405,75	323,58	335,58	422,77
Mínimo	223,18	122,23	127,97	133,79
Núme. Prob.	14	17	13	15
Estadístico	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	33.495,73	29.832,33	22.332,41	37.994,62
Desv. St.	4.942,08	9.704,54	4.432,58	14.058,47
Coef. Vari. (%)	14,75	32,53	19,85	37,00
Máximo	44.183,69	49.074,84	32.483,30	60.321,63
Mínimo	26.814,03	17.195,72	16.967,28	17.293,10
Núme. Prob.	14	17	13	15
Estadístico	Resistencia a la compresión perpendicular al grano (kg/cm ²)			
	Esfuerzo al limite proporcional (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
A	B	C	D	
Media	59,17	42,63	67,38	54,83
Desv. St.	16,04	9,45	14,27	16,68
Coef. Vari. (%)	27,11	22,15	21,18	30,42
Máximo	81,11	57,57	88,64	81,34
Mínimo	23,60	23,78	47,50	30,48
Núme. Prob.	18	14	15	19

En el caso de la comparación de los tratamientos C – D, para la resistencia a la flexión y resistencia al corte paralelo al grano no hay diferencias significativas indicando los mismos que ni el tiempo de la campaña de resinación ni la edad influyen en la resistencia de la madera. Para las propiedades de resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular al grano, resistencia a la dureza (lados y extremos) y resistencia al impacto se tiene que las diferencias son ligeramente significativa por lo que se infiere que la diferencia de un año en la campaña de resinación no afecta los valores de resistencia a pesar de que la diferencia de edad de los tratamientos es de tres años.

Sánchez et al. (2000), reporta para *Pinus elliottii* (18 años de edad) de la misma progenie sin resinar y resinado (dos campañas) en la propiedad de

resistencia a la flexión estática (tensión de rotura y módulo de elasticidad), resistencia a la compresión (tensión de rotura y módulo de elasticidad) y resistencia a la dureza de

lados, no presenta diferencias significativas al 1 %.

Cuadro 4. Resistencia a la dureza, resistencia al corte paralelo al grano y resistencia al impacto ajustada al 12% de contenido de humedad para la especie *P. caribaea* var. hondurensis.

Leyenda: A: Árboles de 21 años de edad, sin resinar (Testigo). B: Árboles de 21 años de edad, con 7 años de campaña de resinación. C: Árboles de 22 años de edad, con 5 años de campaña de resinación. D: Árboles de 19 años de edad, con 4 años de campaña de resinación.

Estadístico	Resistencia a la dureza (kg)			
	Dureza extremos (kg)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	374,93	258,66	473,50	351,37
Desv. St.	96,45	56,98	110,73	102,88
Coef. Vari. (%)	25,72	22,03	23,39	29,28
Máximo	552,97	366,80	681,88	544,97
Mínimo	236,63	197,30	269,60	142,80
Núme. Prob.	16	11	14	19
Estadístico	Dureza de lados (kg)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
	A	B	C	D
Media	249,86	160,44	288,87	231,77
Desv. St.	74,97	27,53	72,23	70,66
Coef. Vari. (%)	30,01	17,16	25,01	30,49
Máximo	365,81	197,63	430,22	371,90
Mínimo	121,02	110,81	178,45	121,50
Núme. Prob.	16	11	14	19
Estadístico	Resistencia al corte paralelo al grano (kg/cm ²)			
	Cizallamiento (kg/cm ²)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	80,16	69,62	65,11	67,94
Desv. St.	22,10	22,22	12,63	17,34
Coef. Vari. (%)	27,56	31,92	19,40	25,52
Máximo	113,62	117,59	84,05	110,72
Mínimo	51,26	42,85	39,68	39,95
Núme. Prob.	12	12	15	14
Estadístico	Resistencia al impacto (kg)			
	Tenacidad (kgm)			
	Tratamientos			
	A	B	C	D
Media	0,21	0,31	0,36	0,26
Desv. St.	0,08	0,08	0,15	0,08
Coef. Vari. (%)	37,32	24,27	42,75	30,59
Máximo	0,30	0,45	0,54	0,42
Mínimo	0,14	0,20	0,14	0,20
Núme. Prob.	5	10	8	10

Al comparar estos resultados con los obtenidos en este trabajo se coincide con la resistencia a la flexión estática, más no para la resistencia a la compresión paralela, ya que los resultados obtenidos en este trabajo dan una diferencia ligeramente significativa. En la resistencia a la dureza al comparar ambos trabajos se encontró diferencias altamente significativas, es importante señalar que la comparación es entre especies del mismo género y familia. Sánchez et al. (2000), reporta que los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Labate (1975), y se aconseja seguir con los estudios para determinar los efectos de la resinación, edad y apeo.

Según la clasificación en clases y categorías

Ninin (1987) (Cuadro 7), la resistencia a la flexión estática corresponde a las

Propiedades mecánicas de la madera de pino Caribe resinado.....

categorías muy bajas y bajas respectivamente; la resistencia a la compresión paralela al grano corresponde a la categoría muy baja; la compresión perpendicular al grano clasifica en la categoría baja; la resistencia a la dureza de lados y extremos para ambos casos corresponden a las categorías muy baja y baja respectivamente; la resistencia al corte paralelo al grano corresponde a las categorías muy baja y baja respectivamente y finalmente la resistencia a la tenacidad corresponde a la categoría muy baja, de acuerdo a la clasificación en categorías se puede señalar que el comportamiento tiende a ser irregular en las propiedades mecánicas de árboles no resinados y resinados.

Cuadro 5. Valores promedios de algunas propiedades mecánicas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, de otras investigaciones realizadas, ajustadas al 12% de contenido de humedad.

(1) Lamb (1.973), Procedencia bosque natural. (2) Lamb (1.973), Procedencia plantaciones- (3) Armstrong, F. H. (1.953) citado por Chudnoff, (1.984). (4) Boone, R. S., y M. Chudnoff (1.972) citados por Chudnoff, (1.984). (5) Chudnoff, (1.984).

Propiedades mecánicas	Tratamientos Otras investigaciones								
	A	B	C	D	1	2	3	4	5
Resistencia a la flexión estática:									
ELP(kg/cm ²)	598,21	400,00	507,95	496,83	-	-	-	620,75	-
MOR(kg/cm ²)	791,33	609,98	657,82	658,48	1.173,31	664,34	1.033,41		
MOE(kg/cm ²)	79.724,46	58.387,23	74.043,31	71.871,93	157.472,00	81.126,00	137.085,00	64.650,00	-
Resistencia a la compresión paralela al grano:									
RM (kg/cm ²)	310,74	212,42	196,20	279,13	600,36	344,47	550,44	-	-
Resistencia a la dureza:									
DL(kg)	249,86	160,44	288,87	231,77	562,0	240,0	-	-	562,45
DE(kg)	374,93	258,66	473,50	351,37	534,0	294,0	-	-	-

Cuadro 6. Comparaciones de valores promedios experimentales obtenidos en la presente investigación con los resultados obtenidos por Vilela (1972) y LABONAC (1990). *Promedio entre cara radial y cara tangencial

Propiedad	Tratamientos				Vilela (1973)			LABONAC (1990)		
	A	B	C	D	15 años	10 años	5 años	10 años	15 años	20 años
Resistencia a la flexión estática:										
ELP(kg/cm ²)	598,21	400,00	507,95	496,83	502,00	482,00	361,00	-	-	-
MOR(kg/cm ²)	791,33	609,98	657,82	658,48	987,00	786,00	670,00	629,42	743,05	649,94
MOE(kg/cm ²)	79.724	58.387	74.043	71.871	110.000	97.000	75.000	-	-	-
Resistencia a la compresión paralela al grano:										
ELP(kg/cm ²)	210,15	140,76	124,83	193,80	297,00	206,00	198,00	125,43	129,51	131,59
RM(kg/cm ²)	310,74	212,42	196,20	279,13	415,00	320,00	296,00	272,83	317,14	282,20
MOE(kg/cm ²)	33.495	29.832	22.332	37.994	76.000	53.000	45.000	21.784	25.177	22.374
Resistencia a la compresión perpendicular al grano:										
ELP(kg/cm ²)	59,17	42,63	67,38	54,83	49,00	47,00	43,00	42,98	46,73	45,57
Resistencia a la dureza:										
DL(kg)	249,86	160,44	288,87	231,77	403,00	231,00	257,00	322,78*	448,89*	286,06*
DE(kg)	374,93	258,66	473,50	351,37	489,00	318,00	336,00	416,11	520,67	395,09
Resistencia al corte paralelo al grano:										
Cz(kg/cm ²)	80,16	69,62	65,11	67,94	92,00	73,00	77,00	94,95*	102,83*	96,95*
Resistencia al impacto:										
Tn(kgm)	0,21	0,31	0,36	0,26	1,07	0,76	0,71	0,94*	1,35*	1,38*

Tratamientos resinado y no resinado se clasifican entre las categorías muy baja – baja respectivamente.

Cuadro 7. Clasificación de las propiedades mecánicas en clases y categorías para las maderas venezolanas (Ninin, 1987)

Propiedades Mecánicas	Clases	I	II	Pino resinado Promedio	*Pino no resinado Promedio
	Categorías	Muy baja	Baja		
Resistencia a la flexión estática	ELP (kg/cm ²)	< X 465,00	465,00 ≤ X ≤ 668,00	468,26	598,21
	MOR (kg/cm ²)	< X 745,00	745,00 ≤ X ≤ 1.060,00	642,09	791,33
	MOE (kg/cm ²)	< X 104.000,00	104.000,00 ≤ X ≤ 140.000,00	68.100,82	79.724,46
Resistencia a la compresión paralela al grano	ELP (kg/cm ²)	< X 305,00	305,00 ≤ X ≤ 425,00	153,13	210,15
	MR (kg/cm ²)	< X 400,00	400,00 ≤ X ≤ 565,00	229,25	310,74
	MOE (kg/cm ²)	< X 90.000,00	90.000,00 ≤ X ≤ 130.000,00	30.053,12	33.495,73
Resistencia a la compresión perpendicular al grano	ELP (kg/cm ²)	< X 40,00	40,00 ≤ X ≤ 67,00	54,95	59,17
Resistencia a la dureza	DL (kg)	< X 275,00	275,00 ≤ X ≤ 550,00	227,03	249,86
	DE (kg)	< X 400,00	400,00 ≤ X ≤ 695,00	361,18	374,93
Resistencia al cizallamiento	Cz (kg/cm ²)	< X 72,00	72,00 ≤ X ≤ 106,00	67,56	80,16
Resistencia a la tenacidad	Tn (kg-m)	< X 1,05	1,05 ≤ X ≤ 1,50	0,31	0,21

Al asignar usos según la tabla de clasificación al material proveniente de plantaciones de la especie pino caribe resinado y no resinado, no se debe restringir sus alternativas de usos ya que de acuerdo a los valores obtenidos en las propiedades mecánicas se le puede asignar los siguientes usos posibles: machihembrado preservado para techos, recubrimiento interior de paredes como en chapillas, chapas para gavetas, chapa para tripa, cajas, cajones, cestas, huacales, material aislante, bastidores, tapas de apagadores, rellenos para puertas, alma de panelforte, abanicos, artesanía, juguetería, elementos flotantes, encuadernación del libros, biombos, bases para borradores, bases para cartelera, juegos didácticos, base para lima de uñas, porta tubos de ensayos, paletas para pintores, persianas, prensa botánica, indicadores de páginas, repisas, protectores de esquineros, caballetes para pintores, cortineros, rejillas, artículos torneados, muebles livianos, persianas, estanterías, muebles modulares, marquetería, madera laminada, contrachapado decorativo, entarimado, uso exteriores (preservado y con tratamiento de acabado superficial), pisos, mesas, sillas, vigas, viguetas, columnas, correas, rodapié, plataformas, mangos de herramientas, mangos de artículos deportivos, pines de bowling, tabla para picar carne, atril, percheros, cortineros, artículos torneados, bastones, artículos de escritorio, pasamanos, ajedrez, marcos de puertas, ventanas, licoreras, rinconeras, viñeras, repisas, bases para trofeos, paneras, ganchos para colgar y prensar ropa, barandas, pasamanos, puertas, ventanas, bibliotecas, muebles con medidas estandarizadas, remos, repisas, escenografía para cine, teatro y televisión, marcos, lámparas entre otros.

4. Conclusiones y recomendaciones

Al comparar el tratamiento testigo con los tratamientos resinados, las propiedades

mecánicas: resistencia a la flexión, resistencia al corte paralelo al grano y resistencia al impacto no presentan diferencias significativas; en cambio las resistencias a la compresión paralela al grano y resistencia a la dureza (lados y extremos), si presentan diferencias altamente significativas, en el caso de la resistencia a la compresión perpendicular al grano se observó que la diferencia es ligeramente significativa. Al comparar testigos con tratamientos resinados, no se puede afirmar en su totalidad que la edad y/o el tiempo de la campaña de resinación, afectan a la resistencia en la madera.

Comparando entre tratamientos resinados, igual que en el caso anterior, la resistencia a la flexión estática, la resistencia al corte paralelo al grano y la resistencia al impacto no presentan diferencias significativas. Para la resistencia a la compresión paralela al grano, comparados los diferentes tratamientos resinados se observa que existe una ligera diferencia significativa. Las propiedades de resistencia a la compresión perpendicular al grano y la resistencia a la dureza lados y extremos si presentan diferencias significativas.

En el caso de la comparación de los tratamientos C y D para las propiedades resistencia a la flexión y resistencia al corte paralelo al grano no se presenta diferencias significativas, ni la edad ni el tiempo de la campaña de resinación influye sobre estas propiedades de resistencia.

Para el resto de propiedades de resistencias: resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular al grano, resistencia a la dureza (lados y extremos) y resistencia al impacto las diferencias son ligeramente significativas, ni la edad y el tiempo de campaña de resinación tienen influencia sobre la resistencia de la madera.

Se recomienda realizar estudios comparativos entre árboles resinados con diferentes campañas con árboles de la misma edad sin resinar para reforzar los resultados y conclusiones obtenidas en el presente estudio.

Se recomienda realizar estudio comparativo experimental con intervalos significativos de edades y campañas de resinación, a fin de detectar la edad óptima de resinación y tiempo óptimo de campaña de resinación.

Finalmente se recomienda realizar estudios de la especie *Pinus caribaea* var. *bondurensis* resinados y no resinados donde se relacionen las propiedades mecánicas con las características anatómicas de la madera, para determinar si la resinación tiene algún efecto en las características anatómicas y por consiguiente en las propiedades mecánicas.

5. Referencias bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (Normas ASTM). 1975. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, United States. 952 p.
- CHUDNOFF, M. 1984. Tropical timber of the world. United States .Department of Agriculture. Forest Service. Handbook 607. Washington, D. C. 464 p.
- LABORATORIO NACIONAL DE PRODUCTOS FORESTALES (LABONAC). 1990. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *bondurensis*) de 10, 15 y 20 años de edad proveniente de las plantaciones de Uverito (edo. Monagas). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 50 p.
- LEON, W. 1988. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de tableros de partículas de pino caribe elaborados por Tablica. Trabajo de grado. Maestría de Tecnología de Productos Forestales CEFAP. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 71 p.
- LONGWOOD, F. 1962. Commercial timbers of the caribbean. U.S. Department of Agriculture. Handbook 207. Washington, D.C. En línea: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah207.pdf> [Consultado: 10 / 12 / 2013].
- MARTINUZZI, F., E. MORALES, y A. PEDRO. 2000. Aprovechamiento de la madera de *Pinus elliottii* resinado. En línea: <http://www4.inti.gov.ar/GD/jornadas2000/citema-112.htm> [Consultado: 10 / 01 / 2012].
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE (Mppa). 2008. Anuario. Estadísticas Forestales 2007. Gobierno Bolivariano de Venezuela, Caracas, Venezuela. 170 p.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE (Mppa). 2010. Anuario. Estadísticas Forestales 2008. Serie 12. Gobierno Bolivariano de Venezuela, Caracas, Venezuela. 179 p.
- MOGOLLON, G., A. AGUILERA y I. GUTIÉRREZ. 2003. Caracterización del Pino caribe Resinado Provenientes de Plantaciones. Revista Forestal Venezolana. 47(2) 2003. En línea: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24316/2_articulo11/pdf [Consultado: 10 / 01 / 2012].
- NININ, P. 1987. Lineamientos básicos para la utilización de maderas. Trabajo especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 256 p.
- PASTOR B., J.F. 2002. Los productos forestales no maderables, una fuente de materia prima para el desarrollo de la industria eléctrica en Cuba. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 8 (2) 2002. En línea: <http://www.redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/629/62980209/62980209.html> [Consultado: 17 / 01 / 2012].
- REYES C., E. C., M. MOLINA C., S. W. VALERO, Y. del C. MOLINA L. y J. R. BETANCOURT M. 2012. Propiedades físicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *bondurensis*, resinado y no resinado de las plantaciones de Uverito (Monagas, Venezuela). Revista Forestal Venezolana. 56 (1): 21 - 28
- SÁNCHEZ A., F. M., A. CUFFRÉ, E. TORRAN y F. L. HARRAND. 2000. Comparación de propiedades de la madera de *Pinus elliottii*, resinada y sin resinar. En línea: <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestacion/2000%20Comparacion%20propiedades%20de%20la%20madera%20de%20Pinus%20elliottii.pdf> [Consultado: 10 / 01 / 2012].
- VASQUEZ, I. 1991. Pino caribe. Serie de maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano. Ficha Técnica N ° 22. Mérida, Venezuela. 40 p.

VILELA, E. 1973. Estudio tecnológico de *Pinus caribaea* Mor. var. *Hondurensis* Barr., de 15,10, y 5 años procedentes de Surinam. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. 19 p.