

# Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
México

2009

**ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE LA MADERA  
ASERRADA DE *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*.**

Juan Manuel García Delgado, Omar Izquierdo Chala, Pedro P. Henry Torriente y Abelardo  
Domínguez Goizueta

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol. 5, Número 3  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 259-270



**e-revist@s**



## ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE LA MADERA ASERRADA DE *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*.

### SOME ASPECTS RELATED WITH THE QUALITY OF THE SAWED WOOD OF *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*.

Juan Manuel García-Delgado<sup>1</sup>, Omar Izquierdo-Chala<sup>2</sup>, Pedro P. Henry-Torriente<sup>1</sup> y Abelardo Domínguez-Goizueta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Forestales; <sup>2</sup>EFI Macurije, Pinar del Río.

#### RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la influencia que tiene el espaciamiento inicial en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* en la calidad y el rendimiento industrial, con el objetivo de favorecer las decisiones referidas al mejor espaciamiento en el establecimiento de plantaciones de esta especie. La investigación incluye estudios referidos a determinar la influencia del espaciamiento en el rendimiento volumétrico en la industria y en la calidad de la madera aserrada. Se consideran en el estudio 5 espaciamientos iniciales: 1X3, 1.5X3, 2X3, 2.5X3 y 3X3 m. Para la toma de la información de campo y su procesamiento se emplean métodos establecidos en el ámbito de la cubicación de la madera redonda y aserrada, el clasificador de madera vigente en el país y sistemas automatizados para la realización de los análisis de regresión previstos, con el objetivo de intentar modelar matemáticamente las relaciones diámetro en rabiza con variables como número y diámetro de los nudos, aparición de cada tipo de calidad, entre otras. Los resultados obtenidos definen que a menor espaciamiento, la mejor calidad en madera aserrada y el rendimiento de las trozas en el aserradero es mayor que para los espaciamientos superiores.

**Palabras clave:** Espaciamiento, calidad, madera.

#### SUMMARY

In this paper is studied the influence of the initial spacing in plantations of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* in its quality and industrial yield, with the objective of favoring the decisions referred to the best spacing in the establishment of plantations of this species. The research includes studies referred to determine the influence of the spacing in the volumetric yield in the industry and in the quality of the sawed wood. There are considered in the study 5 initial spacings: 1X3, 1.5X3, 2X3, 2.5X3 and 3X3 m. For taking of field information and its analysis are used methods established in cubing of rounded and sawed wood, the current wooden classifier used in the country and automated systems for the realization of the regression analyses, with the objective of modelling the relationships between diameter in rabiza with variables as number and diameter of the knots, appearance of each type of quality, among others. The obtained results define that to smaller spacing, the best quality in sawed wood and the yield of the logs in the sawmill is bigger than for the superior spacings. The previous results should be coordinated with the

obtained ones in the research in forest management, which indicate what treatments they are the best in wooden volumes taken place by hectares.

**Keywords:** Spacing, quality, wood.

#### INTRODUCCIÓN

"La madera es el recurso forestal más antiguo de que dispone el hombre. Desde siempre le ha proporcionado combustible, herramienta, alimento y protección. .. "la madera tiene un valor inapreciable, por no decir único, de si la sola fuente natural de recurso que el hombre es capaz de ir renovando" (Hugh, 1994).

En la actualidad, lejos de reducirse las aplicaciones de la madera, han aumentado, y es raro no ver su presencia en cualquier esfera de la vida cotidiana del hombre.

En Cuba la existencia de plantaciones de *Pinus caribaea* al cierre de 2007 es de 111765.7 ha, especie que por su versatilidad y plasticidad ha jugado un rol protagónico en los planes de reforestación en el país (Linares *et al.*, 2009).

Pero, citando a Burnie (1994), "Cuando viven en la naturaleza, los árboles pueden ser dañados o deformados por la superpoblación, la enfermedades y la exposición al viento o la lluvia, por lo que el cultivo de árboles implica también mantenerlos sanos y vigorosos".

Por diversas razones que no necesitan ser motivo de análisis en el presente documento, las plantaciones realizadas en Cuba con objetivos industriales no han sido tratadas y cuidadas de la forma que hoy permitiesen contar con un bosque sano y vigoroso, lo cual a su vez garantiza en su procesamiento ulterior madera aserrada con un máximo de calidad.

Lo señalado se argumenta en las bajas proporciones en las calidades superiores de madera aserrada cuando solo para la calidad I se ha obtenido un pobre 14.5% (González, 2000).

Burnie (1994), en otra parte de su trabajo destaca: " La entresaca hace que los árboles crezcan más espaciados y se desarrollan mejor por que no tienen que competir por la luz y los nutrientes; y más adelante se refiere a que "la poda y el injerto ayudan a dar forma al árbol, a prevenir la enfermedad y aumentar la producción de frutos ".

Si bien las tecnologías para la ejecución de los tratamientos silviculturales y el espaciamiento inicial de las plantaciones han sido muy estudiadas por el IIF, siempre se han relacionado con el objetivo de obtener los mayores volúmenes de madera, sin mediar atención sobre los aspectos de calidad.

Sin embargo Hubert y Courrind (1989) citado, por Vignote (1996) al referirse a la madera podada y no podada puntualiza que el valor de los árboles aumenta entre el 170 y 220 % en madera blanda y del 220 y el 550 % en madera dura. Estas cifras, sin duda, justifican esta importante actividad silvícola.

Por todo lo antes expuesto se señala como el principal problema que existe en el país, la baja proporción de las calidades superiores en madera aserrada de *Pinus caribaea* var *caribaea*.

Hace más de 30 años se montó un experimento sobre espaciamiento en la Estación Experimental Forestal de Viñales que consideró 5 espaciamientos: 1X3, 1.5x3, 2X3, 2.5X3 y 3X3 m, que ha sido punto de partida para definir el mejor espaciamiento en *Pinus caribaea* var *caribaea*, especie de conífera de mayor participación en la reforestación de este género.

Se trata de definir, a partir del anterior experimento, cual es el mejor espaciamiento inicial para el *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, desde el punto de vista de rendimientos industriales obtenidos durante el procesamiento de la materia prima y valores porcentuales en que se encuentran representadas cada una de las calidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de los árboles establecidos en el experimento sobre espaciamiento de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* representado en la figura 1 se obtiene el material necesario para la investigación.

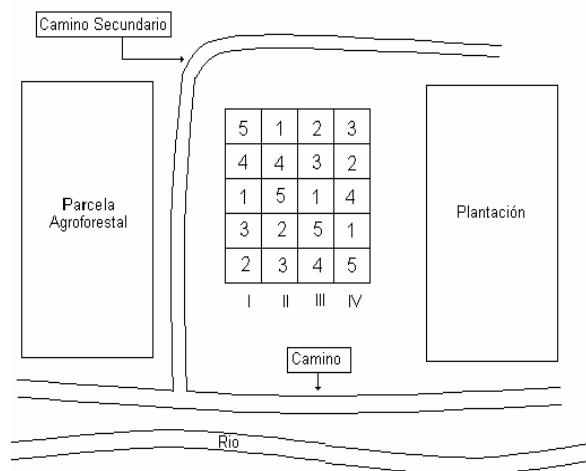


Figura 1: Esquema del experimento de espaciamiento montado en la Estación Experimental Forestal de Viñales.

Este experimento se plantó en el mes de septiembre de 1970 y la reposición de fallas en diciembre del mismo año.

A la hora de establecer la plantación, se utilizó un diseño de bloques completos al azar. El experimento constó de 5 tratamientos y 4 bloques. Los tratamientos son los siguientes:

Nº	Árboles/ha	Espaciamiento (m)	Área. Parc.Util (m <sup>2</sup> ) Experimento 1	Área. Parc. Util(m <sup>2</sup> ) Experimento 2
1	3333	3 x 1	48.0	75.0
2	2222	3 x 1.5	72.0	112.5
3	1666	3 x 2	96.0	150.0
4	1333	3 x 2.5	120.0	187.5
5	1111	3 x 3	144.0	225.0

El trabajo de campo para la toma de la información fue ejecutado en un solo bloque, ya que con el resto del ensayo se continuarán realizando las observaciones consideradas inicialmente al ser establecido.

Fue talado el bloque completo y los bolos fueron trasladados para el aserradero "Combate de la Tenería", en la EFI Macurije.

Se continuó la investigación en dicho centro, debiéndose su selección a que el mismo cuenta con una de las mejores tecnologías de aserrado existente en el país. Esto se señala por tener en todo los casos sierras de bandas de diferentes calibres y ancho con la opción del aserrado con el máximo de rendimiento de todas las potencialidades que se pueden obtener del bosque.

Por espaciamento se utilizaron 8 bolos, a los que correspondió 3 trozas por cada uno de ellos para un total de 24.

En el aserrado se utilizó el esquema tradicional de corte "alrededor", efectuándose los cortes en limpieza a 13 y 19 mm, y para el bloque en 25 y 50 mm fundamentalmente. Para los diámetros pequeños sólo se realizaba la limpieza al mismo grueso, o sea 13 y 19 mm, y se dejaba el bloque en las dimensiones que quedara. Normalmente por trozas se produjeron entre 5 y 10 piezas.

En cada uno de los espaciamentos establecidos se cubió la madera en trozas ya en el aserradero.

Para cuantificar el volumen de las trozas se seleccionó, por su exactitud, la fórmula de Newton, recomendada por Egas, 1998, la cual para la determinación del volumen tiene la siguiente expresión:

$$Vt = \frac{1}{6} (Dr + 4Dc + Db) * L$$

Donde:

- Vt- Volumen total de la troza (m<sup>3</sup>)
- Dr- Diámetro en la parte inferior de la troza (cm)
- Dc- Diámetro en el centro de la troza (cm)
- Db- Diámetro en la parte superior de la troza (cm)
- L- Longitud de la troza (m)

Cada troza cubicada y marcada de acuerdo al espaciamento, fue aserrada.

Seguidamente el volumen de madera aserrada (Vma) en sus diferentes surtidos no presenta dificultades, ya que los parámetros correspondientes fueron de fácil medición para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vma = \sum_{a=1}^n [n (G * A * L) + n (G * A * L) + n (G * A * L)]$$

Donde:

- Vma- Volumen de madera aserrada (m<sup>3</sup>)
- G- Grueso de la pieza de madera aserrada (m)
- A- Ancho de la pieza de madera aserrada (m)
- L- Largo de la pieza de madera aserrada (m)
- n- Número de piezas para cada una de las vitolas

Se calcula el tamaño de la muestra mediante el método establecido por Lerch (1977).

Para ello se seleccionó una muestra preliminar de 10 individuos en dos tratamientos A partir de sus medias se determinó las desviaciones típicas y la "t" calculada. Con estos dos elementos se llegó a la definición del tamaño de la muestra.

Determinado el tamaño de la muestra y a partir de los resultados obtenidos en la industria se efectúa su procesamiento mediante el sistema estadístico automatizado Statistic y ayuda del Microsoft Excel con el objetivo de determinar la dependencia cualitativa entre las variables seleccionadas (Diámetro menor de la troza y rendimiento industrial).

En el análisis de regresión, el diámetro menor de la troza se define como la variable independiente según sugerencia de Egas (1998), y el rendimiento como la dependiente para cada tratamiento utilizado.

El principal resultado de esta fase es la definición del rendimiento industrial para cada uno de los cinco espaciamientos que comprende el ensayo.

En las observaciones realizadas en el aserradero queda establecido el número de piezas correspondiente a cada troza y su cubicación individual.

Posteriormente se cuantifican los defectos por piezas, reflejándose fundamentalmente los nudos (cara y canto), gemas, médula y tolerancia.

Cada una de dichas piezas fueron clasificadas mediante el clasificador elaborado por García (1999).

Atendiendo al objetivo planteado referido a determinar como influye el espaciamiento en la calidad de la madera aserrada, al momento de efectuar la clasificación se obvia lo referido a los hongos y se resalta el problema de los nudos.

Con la cuantificación de los defectos cada pieza es clasificada y cubicada y se resume la información de volumen de madera aserrada por calidades para cada troza.

Con los datos obtenidos se define, mediante el empleo de los métodos estadístico establecidos la posibilidad de obtener las ecuaciones de regresión que relacionan los diámetros en rabiza de cada troza con el rendimiento de madera aserrada por calidades.

## DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### **Influencia del espaciamiento en el rendimiento industrial en madera aserrada**

No es casual el tomar el rendimiento volumétrico de madera aserrada como uno de los principales indicadores para valorar el mejor espaciamiento en los trabajos silviculturales.

Es conocida la influencia que sobre la poda natural tiene el espaciamiento. Sobre esto se pronuncian Echevarría (1959) y De Champs (1989) cuando señalan que "En árboles en espesura, las ramas bajas quedan rápidamente sin luz, por lo que su crecimiento se ralentiza hasta que se produce la muerte de las ramas. Las ramas alcanzan menores grosores que si el árbol vive aislado, sin competencia lateral".

Todo silvicultor conoce que los árboles aislados, refuerzan más su parte inferior y favorecen el desarrollo de ramas gruesas en el árbol llegando a tener un contorno cónico muy pronunciado.

A su vez la poda, independientemente de que sea natural o artificial, es determinante en el aumento del volumen cilíndrico de las trozas. Sobre este aspecto se pronuncia (Vignote, 1996).

De esta forma es clara la relación entre el espaciamiento y el aumento del rendimiento volumétrico de la madera aserrada.

En Cuba no se han efectuado muchos trabajos relacionados con la obtención de una teoría que explique a que atribuir los problemas de bajos rendimientos que generalmente se obtienen durante el aserrado.

Mediante los datos de campo se calcula la conicidad de todas las trozas en cada uno de los tratamientos. Estos resultados se reflejan en la figura 2, la cual define la relación entre cada uno de los tratamientos y el coeficiente de conicidad del fuste.

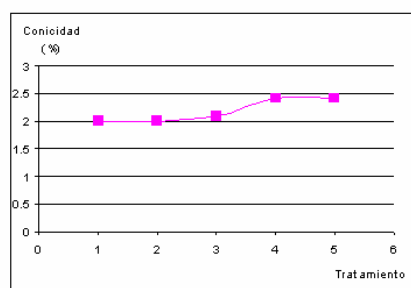


Figura 2: Relación conicidad del fuste para cada uno de los tratamientos.

La conicidad, señala Dhôte *et al.*, (1994), tiene una gran influencia sobre los procesos mecánicos de transformación de la madera.

De la misma forma, Fernández-Golfin *et al.*, (1999) define que esta es una de las propiedades que se utilizan para la evaluación de la calidad de la madera en rollo y en el rendimiento de operaciones tales como el aserrado y el desenrollo.

Sobre el análisis de los valores obtenidos para el coeficiente de conicidad, se debe señalar que; Vignote (1996) define que valores del coeficiente de conicidad inferiores a 2 ó 3, al fuste se le considera esencialmente cilíndrico. Para el caso de los resultados obtenidos en el presente trabajo, los valores de este coeficiente se mueven entre estos valores, por lo que sin llegar a ser un defecto, si influyen en los rendimientos industriales, como se verá más adelante.

Posteriormente, los datos obtenidos anteriormente se separan para su valoración en las trozas en base, media y rabiza en cada uno de los tratamientos.

En esta etapa se determina el número de piezas y su cubicación. Ya con este elemento y el volumen de las trozas se tienen las variables necesarias para el cálculo del rendimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos del procesamiento del total de trozas consideradas para cada espaciamiento por tipo de troza.

Tratamiento	Tipo Troza	Volumen troza(m3)	Nº Piezas	Volumen Aserrada	Rendi-miento (%)
3X1	Base	1.171	49	0.5984	51.1
	Medio	0.648	32	0.3595	55.5
	Rabiza	0.567	32	0.2898	51.1
Totales tratamiento		2.386	113	1.248	52.3
3X1.5	Base	1.094	48	0.5383	49.2
	Medio	0.298	17	0.1786	59.9
	Rabiza	0.573	38	0.2921	51.0
Totales tratamiento		1.965	103	1.0090	51.3
3X2	Base	1.487	59	0.7308	49.1
	Medio	0.886	45	0.4917	55.5
	Rabiza	0.666	35	0.3424	51.4
Totales tratamiento		3.039	139	1.5648	51.5
3X2.5	Base	1.465	56	0.731	49.9
	Medio	0.945	54	0.5230	55.3
	Rabiza	0.616	29	0.3031	49.2
Totales tratamiento		3.026	139	1.5571	51.5
3x3	Base	1.396	57	0.7056	50.6
	Medio	0.826	42	0.4380	53.0
	Rabiza	0.468	23	0.2358	50.4
Totales Tratamiento		2.690	122	1.379	51.3
Totales Generales		13.106	616	6.758	52.1

Para el pronóstico de la producción forestal resulta muy importante la obtención de la expresión matemática que relacione las variables de interés que deben entrar en el modelo. Para el caso de Cuba, al igual que para cualquier otro país, es muy importante conocer que rendimientos se obtendrán de la materia prima, a partir del diámetro en la rabiza. Se define el diámetro en la rabiza, por ser este diámetro el que entra a la sierra y por ser el que siempre, en los estudios de optimización del aserrado se toma como base (García, 1984 y Petrovskii, 1970).

Se agrupan y ordenan por orden creciente los diámetros en rabiza con su valor correspondiente al rendimiento en madera aserrada obtenido luego del aserrado. Primeramente se realiza el análisis de correlación para determinar la existencia de relación entre ambas variables y para definir la posibilidad o no de realizar el análisis de regresión.

El valor que se obtiene del coeficiente de correlación es de - 0,03, mucho menor que los valores de la tabla para al 5 y el 1 % de error. Esto quiere decir que no existe ninguna correlación y que también su valor negativo define que cuando aumenta el diámetro en la rabiza, disminuye el rendimiento en madera aserrada.

El anterior resultado imposibilita el realizar el análisis de regresión y por ende la obtención de un modelo de pronóstico que inicialmente se aspiraba a determinar.

Esto contradice los resultados obtenidos por Woodfin, 1978 y Fahey y Ayer Sachet, 1993, acerca de que por regla general el incremento en diámetro en la rabiza conlleva al aumento de los rendimientos.

Pero, en contraposición, corrobora los resultados obtenidos para Cuba por Relova, 1999 y González, 2000, cuando comparando las tecnologías de aserrado para el país determinan la no correspondencia del diámetro en la rabiza con el rendimiento industrial.

O sea que este problema, la no existencia de correlación entre ambas variables, le corresponde resolver a la industria nacional.

Para su análisis se pueden considerar dos factores que entran en el esquema de corte:

- Maximizar el bloque interior que se obtiene durante el aserrado.
- Trabajar con las dimensiones en grueso de madera aserrada que garantice el máximo aprovechamiento de la troza.

En cuanto a esto Plank, 1985; Fahey y Ayer, 1993, puntualizan la importancia de los esquemas de cortes para la obtención de altos rendimientos de la materia prima.

Todo indica la necesidad de capacitar al personal de la producción, con el objetivo de conocer como aserrar cada clase diamétrica para obtener el máximo volumen de madera aserrada.

Valorando los datos de campo se puede definir la no existencia de un patrón de conducta del aserrador al momento de efectuar la limpieza de la troza. De esta forma se presentan piezas con un grueso de 15, 25, 16, 17 y 19 mm en una misma troza, algo que puede esclarecer el nivel de preparación del operador o las condiciones técnicas del equipo.

En cuanto a la maximización del volumen de madera del bloque interior, García (1984), define que este aumento de rendimiento teniendo en cuenta el diámetro menor, está en dependencia de la capacidad del operador de la sierra principal para definir las dimensiones del lado del bloque que interiormente deberá obtenerse de cada diámetro. De esta forma el lado cuadrado de dicho bloque es  $0.707 db$ , donde  $db$  es el diámetro en la rabiza. Atendiendo a esta ecuación, indiscutiblemente con el aumento del diámetro, el lado del cuadrado va aumentando y da por resultado un aumento de los rendimientos en función del diámetro.

Continuando con el análisis de los resultados, también es posible valorar el número de piezas obtenidas durante el aserrado y su relación con los diámetros en rabiza.

Inicialmente se efectúa el correspondiente análisis de correlación y se obtiene que existe una correlación fuerte expresada en el valor de su coeficiente de 0.75. O sea, en la medida que

aumenta el diámetro en la rabiza, aumenta el número de piezas (Figura 3).

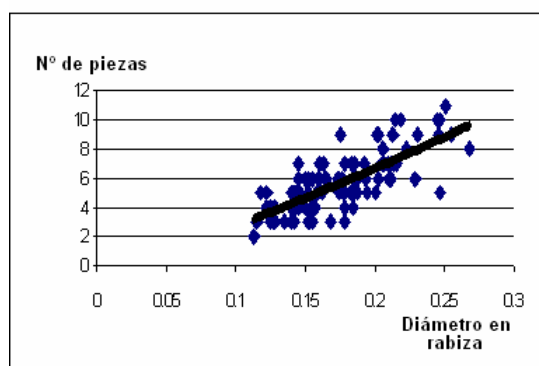


Figura 3: Relación diámetro en rabiza y número de piezas aserradas.

Se probaron 5 tipos de modelos mediante el software Excel, y el que más se ajusta es del tipo polinómico, con la expresión matemática siguiente:

$$Y = 23.481X^2 + 32.388X - 0.7261$$

Donde:

Y → Cantidad de piezas aserradas de cada troza; y,

X → Diámetro menor de la troza.

Con la cual se obtiene un Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) de 0.5634. Esta ecuación tiene poco interés para los fines prácticos.

La diferencia en los valores de la correlación está implícita en las dimensiones de los gruesos de las piezas aserradas. Para el aserradero de Macurije las variadas dimensiones en grueso en la madera de limpieza por regla general se repiten como una constante en el aserrado de las trozas; sin embargo, García, (1984) define en su proceso de optimización diferencias en el grueso de la madera aserrada de la limpieza en función del diámetro menor.

En lo que se refiere al rendimiento por tipo de troza (Cuadro 1) se puede señalar que en los 5 tratamientos el rendimiento de las trozas medias es el mayor. Este resultado corrobora lo señalado por Petrobskii (1970), relacionado con que la troza media es la más cercana al cilindro.

En la Cuadro 2 se presenta los rendimientos por tipo de troza independiente de los tratamientos de espaciamiento, y se comprueba lo dicho anteriormente de que la troza media es la que aporta mayor rendimiento volumétrico en madera aserrada. Sin embargo, para el caso de la base y rabiza el resultado es ilógico pero se explica debido a que la troza de la base mayormente se vitolea, y la de la rabiza se limpia y se deja el bloque interior, atendiendo a que la madera aserrada que pudiese producir es de reducidas dimensiones.

Cuadro 2. Definición de los rendimientos por tipo de troza.

Tipo de troza	Nº Piezas	Rendim. (%)
Base	269	50.0
Media	190	55.9
Rabiza	157	50.6
Total	616	52.1

Finalmente en la Cuadro 3 se expresan los resultados finales en cuanto a los espaciamientos, definiéndose desde el punto de vista de rendimiento volumétrico como mejor espaciamiento el de 3 X 1 m.

Cuadro 3. Rendimiento volumétrico de madera aserrada por tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
3 X 1	52.3
3 X 1.5	51.3
3 X 2	51.5
3 x 2.5	51.5
3 X 3	51.3

### Influencia del espaciamiento en la calidad de la madera aserrada

La relación entre el espaciamiento y la calidad de la madera aserrada es un aspecto que internacionalmente se le ha dado mucha importancia. De esta forma, atendiendo a lo anterior, la IUFRO tiene creado un Grupo de Trabajo (S05.01-04), que sistemáticamente se reúne en diferentes partes del mundo para discutir trabajos sobre esta temática.



Se considera que los resultados que actualmente se obtienen en la calidad de la madera aserrada no es más que pagar una deuda que se tiene con el bosque, el cual se conoce que tradicionalmente no ha recibido los tratamientos silvícolas adecuados.

En el presente acápite se analiza la proporción de las calidades de madera aserrada que se obtienen cuando las trozas que resultan de diferentes espaciamientos se elaboran.

Vignote, (1996) al referirse a defectos como el nudo y rectitud del fuste, entre otros, señala lo importante que resulta la realización de los tratamientos silvícolas en la cantidad y el tiempo adecuado. Es más, lo da como soluciones a los problemas que confronta la madera en su comercialización.

Este propio autor (1988) haciendo hincapié sobre los nudos, acentúa que es un defecto que afecta a todo tipo de aplicación.

Generalmente el nudo es una de las características biológicas de la madera que más influye en su rechazo por los asiduos consumidores. Sin embargo, el mismo Vignote (1988) señala que: "las gemas y las pudriciones, afectan a todos los valores de resistencia de la madera". Estas dos afectaciones son más fáciles de resolver o reducir pues dependen en determinada proporción de la tecnología que el forestal utilice en la etapa que media entre la tala y el aserrado y en la operación de eliminar los cantos vivos (cantear) en el procesamiento industrial.

Se efectuaron observaciones directamente en el aserradero referidos a los principales defectos que dependen del trabajo del hombre sobre el árbol en el bosque sin considerar los ataques fúngicos, defecto que en este caso no fue posible evitar, ya que la madera se corto en la Estación Experimental Forestal de Viñales y se trasladó a Macurije, para luego aserrarse en la medida de las posibilidades de la industria. A partir de dichos defectos se efectúa la clasificación de la madera aserrada mediante el conteo de los defectos, donde fundamentalmente se define la cantidad de nudos y el diámetro promedio de los mismos.

Según se puede apreciar en la Cuadro 4, en la medida que se amplía el espaciamiento se vea aumentado el diámetro de los nudos y aumente su cantidad. Esto corrobora lo señalado por Olav (1996) cuando puntualiza que a mayor espaciamiento los nudos deben tener una mayor dimensión.

De la misma forma el diámetro promedio de los nudos aumenta en las trozas superiores en comparación con las inferiores.

Cuadro 4. Definición de las características de los nudos por tratamientos.

Tratamiento	Tipo de Troza	Cantidad de nudos por piezas	Diámetro promedio de nudos
3 X 1	Base	5.52	8.99
	Medio	4.36	11.53
	Rabiza	8.3	12.34
3 X 1,5	Base	6.06	10.95
	Medio	7.6	10.8
	Rabiza	6.24	12.9
3 X 2	Base	6.87	10.2
	Medio	6.9	11.3
	Rabiza	5.74	8.63
3 X 2,5	Base	5.65	14.52
	Medio	7.46	12.67
	Rabiza	6.28	11.94
3 X 3	Base	6.38	7.87
	Medio	6.73	14.3
	Rabiza	8.32	15.19
	Base	7.14	12.45
	Medio	6.56	10.32
	Rabiza	6.7	13.86
		7.3	13.9
		7.85	12.69

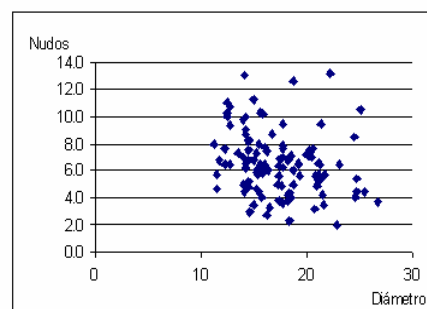


Figura 4: Relación diámetro en la rabiza vs. cantidad de nudos por pieza

Al correlacionar el diámetro menor de la troza con la cantidad de nudos por piezas, se define que se obtiene una relación muy débil y negativa (-0.2), lo que indica poca dependencia entre las dos variables. Al ser negativo el valor define que en la medida que aumenta el diámetro de la troza disminuye la cantidad de nudos por piezas, o lo que es lo mismo, en la medida en que se va acercando el corte al largo del bolo, las trozas superiores aumenta la cantidad de nudos por piezas (Figura 4).

De igual forma se comporta la relación del diámetro de los nudos con el diámetro menor de las trozas (Figura5).

Aquí, la correlación es muy débil y negativa, lo cual indica que el diámetro de los nudos disminuye en la medida en que aumenta el diámetro de la troza. En el orden numérico esta tendencia del diámetro de los nudos se puede apreciar con claridad en la Cuadro 4.

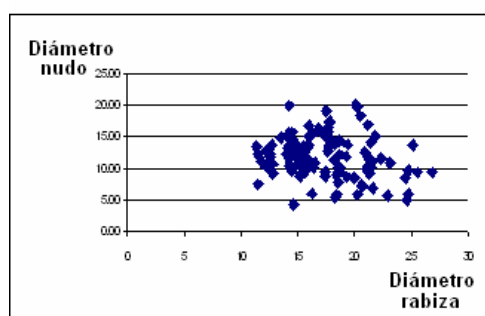


Figura 5: Relación diámetro en rabiza vs. diámetro promedio de los nudos.

Continuando con el procesamiento de la información de campo, para cada troza y todas las piezas por cada una de ellas producidas, se expresan los elementos de cubicación, y a partir de la clasificación reflejada se definen los volúmenes de madera para cada una de las calidades, cada tipo de troza y espaciamiento.

En el Cuadro 5 se reduce la información, y en ella se reflejan los espaciamientos, y volúmenes de madera aserrada por calidades para cada troza de la base, media y rabiza. Igualmente se define la proporción entre calidades.

Igualmente se define el comportamiento de los volúmenes por calidades de cada tipo de troza, de donde se puede resumir que cada una de ella se encuentra representada por calidades en madera aserrada de la forma en que aparece en la Cuadro 6.

Cuadro 5. Definición por espaciamiento y tipo de troza la proporción de calidades.

Tratamiento	Tipo	Vol. Aserrado (m3)	Calidades		
			I	II	III
3x1	Troza	(m3)			
	Base	0.594	0.135	0.260	0.199
	Medio	0.380	0.084	0.205	0.092
	Rabiza	0.310	0.031	0.160	0.119
	Total	1.285	0.250	0.625	0.410
Proporción %			19.46	48.64	31.91
3x1.5	Base	0.488	0.096	0.270	0.121
	Medio	0.192	0.048	0.096	0.049
	Rabiza	0.281	0.043	0.156	0.082
	Gran Total	0.961	0.187	0.522	0.252
	Proporción %		19.46	54.32	26.22
3x2	Base	0.724	0.220	0.346	0.158
	Medio	0.490	0.059	0.292	0.138
	Rabiza	0.347	0.009	0.198	0.140
	Gran Total	1.561	0.289	0.836	0.437
	Proporción %		18.51	53.56	27.99
3x2.5	Base	0.732	0.198	0.381	0.153
	Medio	0.519	0.075	0.289	0.155
	Rabiza	0.303	0.015	0.209	0.079
	Gran Total	1.555	0.289	0.879	0.386
	Proporción %		18.59	56.53	24.82
3x3	Base	0.706	0.114	0.437	0.154
	Medio	0.461	0.084	0.245	0.132
	Rabiza	0.307	0.058	0.158	0.091
	Gran Total	1.474	0.256	0.840	0.377
	Proporción %		17.37	56.99	25.58

Cuadro 6. Por ciento en que se encuentra representada cada calidad de madera aserrada.

Tipo de troza	I	II	III	
Base	23.53	52.25	24.21	100.00
Media	17.13	55.16	27.70	100.00
Rabiza	10.08	56.91	33.01	100.00
X media	16.91	54.78	28.31	100.00

Los resultados anteriores son algo superiores a los obtenidos por González, (2000), el cual obtuvo un 2.5 % aproximadamente menos de calidad I, como información de mayor importancia.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, con los anteriormente calculados por González (2000), servirían para definir con mayor claridad el porcentaje en que cada calidad de madera aserrada se encuentra representada en el total producido.

En la tabla 7 se resume toda la información y se puede llegar al criterio de que el espaciamiento que presenta mejores proporciones en cuanto a la calidad I son los dos primeros espaciamientos: 3 X 1 y 3 X 1,5 m.

Esto no quiere decir que el anterior criterio es definitorio en cuanto al mejor tratamiento. Esto debe complementarse con los resultados que cada tratamiento puede entregar en volúmenes maderable en el turno de corta, con el objetivo de realizar un análisis mucho más integral.

Cuadro 7. Resumen de las proporciones de calidades por tratamiento de espaciamiento.

Tratamiento	I	II	III
3 X 1	19.46	48.64	31.91
3 X 1.5	19.46	54.32	26.22
3 X 2	18.51	53.56	27.99
3 X 2.5	18.59	56.53	24.82
3 X 3	17.37	56.99	25.58
Xmedia	18.68	54.01	27.30

### CONCLUSIONES

- No existe correlación entre el rendimiento volumétrico en madera aserrada y la clase diamétrica, debido fundamentalmente al no empleo de esquemas de corte adecuados.
- Existe una correlación fuerte entre el diámetro en rabiza y el número de piezas que resultan en el aserrado, pero esto se contrapone al hecho de que no existe criterio técnico en lo que se refiere a los gruesos en que debe aserrarse la zona de limpieza de la troza para sacar el mayor volumen de madera aserrada.
- La troza media es la que mayor rendimiento volumétrico produce, le sigue la de la rabiza y finalmente la de la base.
- Los espaciamientos de 3 X 2 y 3 X 2.5 son los que más volumen de madera aserrada producen, siendo el de 3 X 1.5 y el de 3 X 1 los que menos producen.
- El mejor espaciamiento desde el punto de vista de rendimiento volumétrico es el 3 X 1 m, determinado por ser el marco más estrecho y como se conoce el que tiende a producir un fuste más recto y largo.
- El aumento del espaciamiento es determinante en el aumento del diámetro de los nudos y en la reducción de su cantidad. Igualmente el diámetro promedio de los nudos aumenta en la misma medida que aumenta la altura del árbol.
- Existe una correlación débil y negativa entre el diámetro de la troza y la cantidad de nudos por piezas. De igual forma se manifiesta el diámetro menor de la troza con el diámetro de los nudos.
- La proporción de calidad para la madera aserrada de *Pinus caribaea* es 16,9% para la Clase I, 54,8% para la II y 28,3% para la Clase III, similares a los obtenidos por González, (2000).
- El mejor espaciamiento en cuanto a la proporción de calidades es el 3 X 1 y 3 X 1,5 m.

### RECOMENDACIONES

- Establecer esquemas de aserrado que posibiliten aumentar el rendimiento volumétrico en la medida en que aumente el diámetro menor de la troza.
- Introducir la poda artificial temprana en las plantaciones de *Pinus caribaea* con objetivos industriales.
- Complementar estos resultados con los determinados en la etapa de la silvicultura, en la cual debe determinarse el mejor tratamiento desde el punto de vista de volúmenes maderables producidos.

## LITERATURA CITADA

- Burnie, David. 1994. **El árbol**. A Dorling. Kindersley Book, Madrid, (s.n). 60 p.
- Champs, J. De. 1989. **Effects de la densité de plantation sur la croissance en diamètre, la forme et la branchaison du Douglas**. Anales de AFOCEL. p 231-283.
- Dhôte, Jean Francois y Elvire Hatsch. 1994. **Modelo de conicidad para Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) (Liebl.))**. Unite ENGREF-INRA de Sciences Forestieres, Equipe Dynamique des Systemes Forestiers, Francia. p 4-6.
- Echeverría, I. 1959. **Pinares del norte: La nudosidad de la madera y modo de evitarla**. (s.l., s.n.).
- Egas, A. 1998. **Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversión de madera en rollo de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en sierras de bandas**. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Pinar de Río.
- Fahey, T.D. y J.K. Ayer Sachet. 1993. **Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New México**. USDA Forest Service Research Paper PNW-RP-467. **Pacific Northwest Research Station**. Portland, Ore. 18 p.
- Fernández-Golfín Seco, Juan I.; A. Gutiérrez; V. Baonza; R. Diez; H. Alvarez y E. Rodríguez. 1999. **Metodología usada en el laboratorio de maderas de CIFOR-INIA para la caracterización de la madera**. CIFOR-INIA, Madrid, Septiembre. 38 p.
- García, J. M. 1984. **Mejoramiento de la producción maderera en el troceado de los bolos y el aserrado de las trozas de *Pinus cubensis* y *Pinus Tropicales***. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales, Instituto Técnico Forestal de Voronezh, URSS.
- García, J. M. 1999. **Servicio Científico-Técnico a la Organización Económica Forestal: Clasificador de madera aserrada de coníferas y Latifolias**. Instituto de Investigaciones Forestales, Ciudad de Habana.
- González, Osmani. 2000. **Influencia de factores tecnológicos y naturales sobre el rendimiento y calidad de madera aserrada de *Pinus caribaea* var *caribaea***. Tesis presentada en opción al título académico de MASTER en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar de Río. 50 p.
- Johnson, Hugh. 1994. **La madera**. Blume, Barcelona, (s.n). 9 p.
- Lerch, Gerhard. 1977. **La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas**. Editorial Científico-Técnica, La Habana. 448 p.
- Linares, Elias, Arnaldo Álvarez Brito, Ivonne DiagoUrfé, Alicia Mercadet Portillo. 2009. **El sector forestal de la republica de cuba al término del 2007**. Empleo de la diversidad forestal en la (re) forestacion. Ciudad de La Habana, 2009.12 pag.
- Olav, Albert. 1996. **Modelación de los nudos y características de los nudos de Norway Spruce (*Picea abies* (L.))** **Agricultural University of Norway**. Department of Forest Science, Norway. p 17-18
- Plank. M.E. 1985. **Lumber recovery from ponderosa pine in the Black Hills, south Dakota**. USDA Forest Service Research pper PNW-328. Pacific Northwest Forest And Range Experiment Station. Portland, Ore., 14 p.
- Petrobskii, V. S. 1970. **Optimización automatizada del corte de bolos**. Industria Forestal, Moscú. 110 p.
- Relova, I. 1999. **Potencial de aserrín de la industria del aserrado de la especie *Pinus caribaea* con fines energéticos**. Tesis en Opción a Master in Sc., Universidad de Pinar del Río, Diciembre. 120 pag.
- Vignote. S. P; F.J. Jiménez. 1996. **Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**. Madrid. España. p 193-208.
- Vignote, Santiago; José Martos; Javier Zazo; y Santiago Soria. 1988. **Análisis de la influencia de las características de la madera en la calidad de los productos. Aplicaciones a la selvicultura y a la industria de la madera (1)**. **Revista AITIM**, Abril-Mayo, 132: p 8-17.
- Woodfin, R. O. 1978. **Ponderosa pine lumber recovery young growth in Nortlem California**. USDA Forest Service Research paper PNW-237. Pacific North west Forest and Range Experiment Station. Portland, Ove, 1978, 13 p.

### Juan Manuel García Delgado

Doctor en Ciencias Forestales por el Instituto Técnico Forestal de Voronezh, Rusia. Profesor Investigador Titular por el Instituto de Investigaciones Forestales. Especialista en Aprovechamiento e Industria Forestal de la primera y segunda transformación. Experiencia laboral Investigacion Cientifica, Formacion profesionistas especialistas. Publicaciones en revistas, libros, autor y coautor en distintos publicaciones. Miembro desde su creación del Consejo Científico del Instituto de Investigaciones Forestales. Presidente de la Comisión de Categorización Científica del Instituto de Investigaciones Forestales y Miembro del Comité Editorial de la Revista Forestal "Baracoa".

**Omar Izquierdo Chala**

Profesor Investigador del EFI Macurije, Pinar del Río.

**Pedro Pablo Henry Torriente**

Doctor en Ciencias Ecológicas por la Universidad de Alicante, España. Maestro en Ciencias Forestal por la Universidad de Pinar del Río, Cuba. Ingeniero Forestal por la Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Profesor Instructor adjunto de la Universidad de Pinar del Río. Asesor de tesis de Maestría y Doctorado; publicaciones recientes en revistas de prestigio nacional e internacional.

**Abelardo Domínguez Goizueta**

Profesor Investigador del EFI Macurije, Pinar del Río.