

# VARIABILIDAD DE LOS DEFECTOS DE TROZAS DE LA ESPECIE TECA (*Tectona grandis* L.F.) EN DIFERENTES DENSIDADES ARBÓREAS, EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL DE LA RESERVA FORESTAL DE TICOPORO, BARINAS-VENEZUELA

Franz Rosso y Pablo Ninin

Universidad de Los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Mérida-Venezuela

## RESUMEN

Las plantaciones forestales de la especie *Tectona grandis* L.f., establecidas en la Reserva Forestal Ticoporo, Barinas-Venezuela en el año 1972, son de utilidad industrial. En ellas se destaca una mínima aplicación de técnicas silviculturales, específicamente las inherentes a cortas intermedias, resultando en una alta variabilidad de calidad de trozas.

Considerando densidades arbóreas comprendidas entre 120arb/ha-360arb/ha y 720arb/ha-840arb/ha como fuente de variación, se determinó sus efectos significativos sobre la presencia y magnitud de los defectos como: nudos, excentricidad de la médula, achatamiento y arqueaduras.

Una mínima densidad arbórea implica una ausencia de competencia por luz, que permite el desarrollo de ramas vigorosas, promoviendo en primer lugar una mayor superficie de nudo sobre la troza y en segundo lugar la pérdida de la verticalidad del fuste, lo cual determina la presencia y magnitud de los defectos excentricidad, achatamiento y arqueaduras.

**Palabras clave:** defectos, trozas, densidad arbórea, teca, calidad

## ABSTRACT

The Venezuelan teak plantations were established in Barinas State at Ticoporo Forest Reserve in 1972. It was found a lack or minimal application of forestry management techniques such as thinning, pruning and weeds control, bringing high variability of log quality.

The two main variations sources in this study were plantation densities of a) 120 to 360 tree/ha and b) 720 to 840 tree/ha, their influence on knots, pitch eccentricity, flattening and bowing were found.

There is more light in areas with lower plantation density, allowing vigorous branches growth with high knots surface and the tree losing its vertical natural position, these factors influence the presence and values of pith eccentricity, flattening and bowing.

**Key words:** defects, logs, tree density, teca, quality.

## INTRODUCCIÓN

La Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, esta ubicada al suroeste del país, en el pie de monte andino. Esta comprendida entre los 70°28' y los 70°43' de longitud oeste y 8°3' y los 8°18' de latitud norte (Colmenares, 1983). Según el sistema de clasificación Holdridge la Unidad Experimental se ubica en la zona de vida «Bosque Húmedo Tropical», sin embargo, se le considera una transición entre éste y el «Bosque Seco Tropical» (Araque, Y. 1986). Las plantaciones de teca en los llanos

occidentales de Venezuela son de utilidad industrial y cubren actualmente 20.000ha (Araque, 1986).

Según Araque (1986), el área de estudio, fue plantada en el año 1972 con la especie teca, con una densidad inicial de 1.600arb/ha. Se destaca una alta mortalidad, ésta es aproximadamente del 70%, debido entre otras posibles causas a las características edáficas y material de plantación que causaron diferentes grados de mortalidad, y por ende una gran variabilidad de la densidad arbórea (Araque, 1986). En la plantación (50ha) existía una gran variabilidad de

magnitudes de densidad arbórea, y además se estaba realizando un aclareo de regularización, es decir, homogeneizar la densidad arbórea, creándose las condiciones idóneas para la presente investigación. La alta mortalidad y la necesidad de homogeneizar la densidad arbórea evidencia una ausente o mínima aplicación de técnicas silviculturales, específicamente de cortas intermedias. Estas condiciones promueven una alta variación de la calidad de trozas.

De acuerdo a sus exigencias, la teca es la especie más promisoría para la región, presentando una buena facilidad para su regeneración, buenas características silvícolas y una relativa facilidad del manejo de sus plantaciones (Keogh, 1980).

Una de las mejores y fáciles maneras de alterar las características de las trozas es mediante la manipulación de la forma del árbol. Este efectivo medio para controlar la variación en la madera es frecuentemente pasado por alto. La manipulación de la forma del árbol es útil, pues se puede lograr mediante la genética y la silvicultura, permitiendo cambios en las propiedades de la madera con relativa rapidez (Zobel, 1989).

La teca, entre otras especies tiene un desarrollo completamente amplio en plantaciones exóticas en varios países, sin embargo, existen pocas publicaciones en cuanto a la variación de la calidad de su madera (Zobel, 1.989).

Zobel (1989), sugiere que la aplicación de aclareos, permite manejar la geometría del árbol, pero cuando se aplica sin considerar el grado de desarrollo y competencia entre árboles, el aclareo puede originar la degradación de la calidad de productos, debido al desarrollo de ramas, las cuales tienen asociación con nudos, esto especialmente en especies de maderas duras.

Izquierdo, (1981), menciona que la presencia de nudos muertos o vivos en la madera representa numerosos inconvenientes, entre los que se pueden citar: a) Alteración de las propiedades mecánicas de la madera alrededor de los nudos, esto trae como consecuencia la deformación de la madera durante la etapa de secado; b) Aparición de zonas duras, que pueden mellar las herramientas durante el aserrado; c) Presencia de agujeros en los productos cuando nudos muertos se separan y c) Coloración diferente. Además, destaca el mismo autor que el exceso de ramaje influye enormemente en la forma de los troncos y en su crecimiento en altura.

Según Saucier (1987) citado por Zobel (1989), el desarrollo del árbol en espaciamientos anchos produce conicidad y los troncos tienen un gran centro de baja gravedad específica, por ser madera proveniente de etapas juveniles. Troncos con arqueaduras tienen efecto sobre la calidad y reacción de la madera. La madera de reacción está asociada con ramas y nudos. Las características de las ramas afectan el número, tamaño y calidad de nudos (Zobel, 1989).

La presente investigación intenta mediante un estudio exploratorio evidenciar las tendencias de variación de los defectos sobre las trozas por efecto de la fuente de variación densidad arbórea. Además, se consideran los efectos de las fuentes de variación diámetro a la altura de pecho y las alturas en el árbol donde se ubican las trozas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la presente investigación se disponía de una plantación de Teca (*Tectona grandis L.f.*), de 50 ha, plantada en el año 1.972 en la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, Barinas-Venezuela.

A partir de la aplicación de un inventario con muestreo sistemático y parcelas circulares ( $r=8,92m$ ), equidistantes a 100m, se levantó la información inherente a número de árboles por parcela, circunferencia a la altura de pecho (1,30m) y altura comercial (m). El análisis de la estadística descriptiva de las variables en cuestión, permitió establecer los rangos para los estratos de densidad arbórea y categorías diamétricas a la altura de pecho (DAP) para el área de estudio. Los estratos de densidad arbórea establecidos resultaron en E-1 (120arb/ha-360arb/ha) y E-2 (720arb/ha-840arb/ha). Las categorías diamétricas (DAP) establecidas resultaron en CD-1 (14,00cm-17,99cm); CD-2 (18,00cm-21,99cm); CD-3 (22,00cm-25,99cm); CD-4 (26,00cm-29,99cm); CD-5 (30,00cm-33,99cm.).

Los estratos de densidad arbórea se plantearon sobre el plano de inventario mediante el dibujo de sus límites aproximados, agrupando aquellas parcelas que presentaban densidades arbóreas correspondientes a los rangos establecidos para cada estrato. Con esta información se inició el proceso de toma de muestras, el cual se realizó mediante un recorrido de las parcelas de inventario de un determinado estrato de densidad arbórea. En cada

parcela se buscaban dos árboles (2 replicas), que pertenecieran a una determinada categoría diamétrica (DAP) escogida al azar; si en dicha parcela no se lograban conseguir los dos árboles en cuestión, se procedía a buscar en la siguiente, asegurándose que pertenecieran al mismo estrato de densidad arbórea. Realizado el proceso de toma de árboles muestra, se procedió a su tumba mediante un corte a la altura de 0,30 m., para luego seccionarlo y obtener trozas de 2 m. de longitud desde la base del fuste hasta los 10m. de altura del árbol. A cada troza se le realizaron mediciones tanto en su longitud como en su corte transversal, con la finalidad de obtener las magnitudes de las variables que definen los defectos como: nudos, excentricidad de la médula, arqueaduras, achatamiento. Las fuentes de variación de los defectos en cuestión, consideradas en la presente investigación son la densidad arbórea, categorías diamétricas DAP y alturas en el árbol.

El tamaño de la muestra para el área de estudio fue equivalente a 20 árboles, para cada estrato de densidad arbórea fue de 10 árboles, y para cada categoría diamétrica (DAP) de 2 árboles (2 replicas). De cada árbol se obtuvo 5 trozas de 2 metros de longitud, resultando en un total de 93 trozas, destacando que para los árboles pertenecientes a CD-1 y CD-2 el número de trozas fueron menores a 5 debido a que presentaban una menor altura.

## RESULTADOS

### Variación del defecto “Nudos”

Para estudiar la variación del defecto nudos (N) para cada fuente de variación se utilizó la variable dependiente porcentaje de nudos (%N), ésta se calculo a partir de la relación propuesta por las Normas COVENIN para calidad de trozas:

$$\% N = \left( \frac{\text{Diámetros Mayores de nudos}}{\text{Longitud de Troza}} \right) \times 100$$

En el área de estudio el promedio de porcentaje de nudos (%N) por troza es de 10,45% (desviación estándar=8,09). En el estrato de densidad arbórea E-1 el promedio de porcentaje de nudos por troza (%N) resulto en 12,37% (desviación estándar 8,91) y en el correspondiente a E-2 es de 9,19% (desviación estándar 7,51).

A partir de los promedios de porcentaje de nudos por troza (%N), en la figura 1, se observa que aquellas trozas ubicadas entre los 2,0m y 4,0m en la altura del árbol, la respuesta del defecto nudos es similar para ambos estratos de densidad arbórea, mientras que en trozas ubicadas entre los 4,0m y 10,0m se destaca el efecto de la fuente de variación mencionada. En el estrato E-1 se observa un regular incremento del promedio de porcentaje de nudos por troza (%N) en la medida que se asciende en altura en el árbol, mientras que en el correspondiente a E-2 se destacan menores magnitudes y pequeños incrementos del defecto en cuestión.

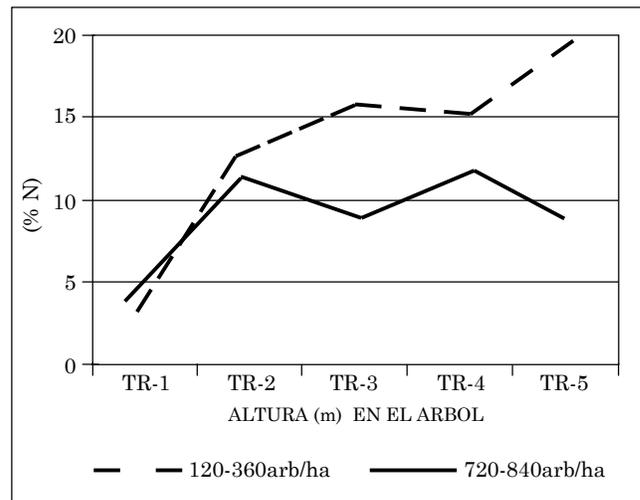


FIGURA 1. Promedio del porcentaje de nudos (% N) por troza para la interacción entre estratos de densidad arbórea y ubicación en la altura del árbol.

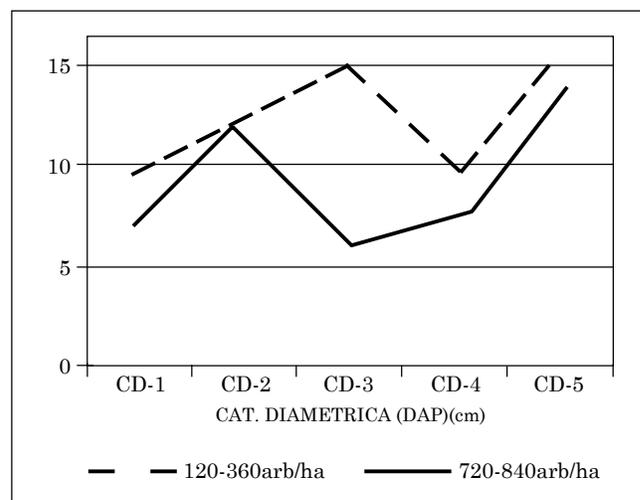


FIGURA 2. Promedio del porcentaje de nudos(%N) por troza para la interacción entre estratos de densidad arbórea y categorías diamétricas DAP.

En la figura 2, a partir del promedio de porcentaje nudos (%N) por troza, se observa el efecto de la densidad arbórea sobre el defecto en cuestión para los diferentes grados de desarrollo de los árboles. En las menores categorías diamétricas (DAP) se presentan valores aproximadamente similares, es decir, para dicho grado de desarrollo el efecto de la fuente de variación no es tan determinante. En la categoría CD-3 (22,00 cm-25,99 cm) se observa la máxima diferencia (8,65%) del promedio de porcentaje de nudos (%N) entre los estratos E-1 y E-2. Esta afirmación toma mayor importancia cuando se considera que el promedio de diámetros a la altura de pecho en el área de estudio es de 23,02 cm. Es decir, el máximo efecto de la densidad arbórea sobre el defecto en cuestión ocurre en la mayoría de los árboles. En las mayores categorías diamétricas DAP se destacan menores diferencias entre estratos de densidad arbórea.

Es importante destacar que en el estrato E-1 existe un promedio de número de nudos por troza equivalente a 4,11, mientras que en el correspondiente a E-2 es equivalente a 3,96, por lo tanto, las diferencias que se aprecian en los gráficos no pueden ser atribuidas a cantidades de nudos por troza, sino a la magnitud y características de los nudos.

### Variabilidad del defecto nudos (N) con relación a la inclinación de las ramas con respecto al fuste («RF)

El origen de un nudo en una troza proviene de una rama, por lo tanto, las diferentes características que las definen afectarán las magnitudes del defecto en cuestión. Para un mismo grado de desarrollo de una rama, cuando ésta presenta un ángulo bajo con respecto al fuste, su correspondiente nudo presenta una mayor diferencia entre su diámetro mayor y menor, además de una mayor superficie sobre la troza que cuando el ángulo entre la rama y el fuste es cercano a 90°.

En el área de estudio, el promedio de la diferencia de los diámetros mayor y menor de nudos es equivalente a 1,42 cm y un área de 91,82 cm<sup>2</sup>. Para el estrato E-1 el promedio de la diferencia entre diámetros mayor y menor es de 1,68 cm y del área es de 112,91 cm<sup>2</sup>. Para el correspondiente a E-2 el promedio de diferencia de diámetros mayor y menor de nudos es de 1,18 cm y del área es de 71,32 cm<sup>2</sup>.

En la figura 3 y 4 se observa el efecto de la interacción de las fuentes de variación densidad arbórea con la ubicación de trozas en el árbol sobre las características y magnitudes de los nudos. Se mantiene como premisa que la diferencia entre los diámetros mayor y menor de cada nudo expresa indirectamente el grado de inclinación de la rama con respecto al fuste, mientras que el área de cada nudo indica el grado de desarrollo de las ramas.

En general, se observa en la figura 3 y 4 que la superficie y diferencia entre diámetro mayor y menor de cada nudo tiende a disminuir en la medida que se asciende en la altura del árbol. Se destaca, que la diferencia de diámetros de los nudos a las alturas comprendidas entre 0,3m-2,0m y 8,0m-10,0m en el árbol no son afectadas de manera determinante por la densidad arbórea, pero ésta si afecta el grado de desarrollo de las ramas (Figura 4). Es decir, que entre las alturas mencionadas, en el estrato E-1 la superficie promedio de los nudos sobre la troza es marcadamente mayor que en el estrato E-2.

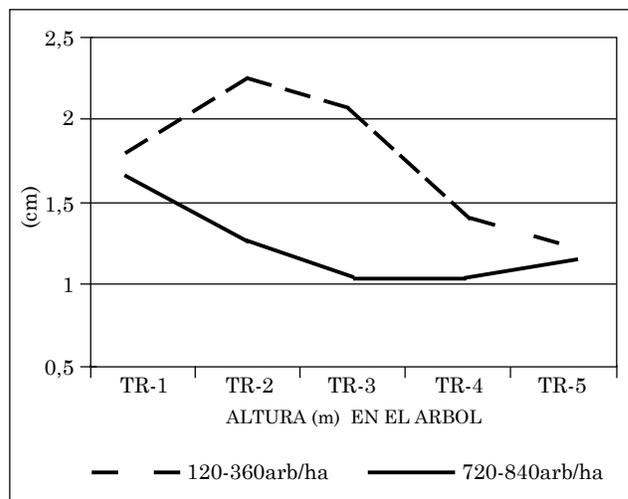
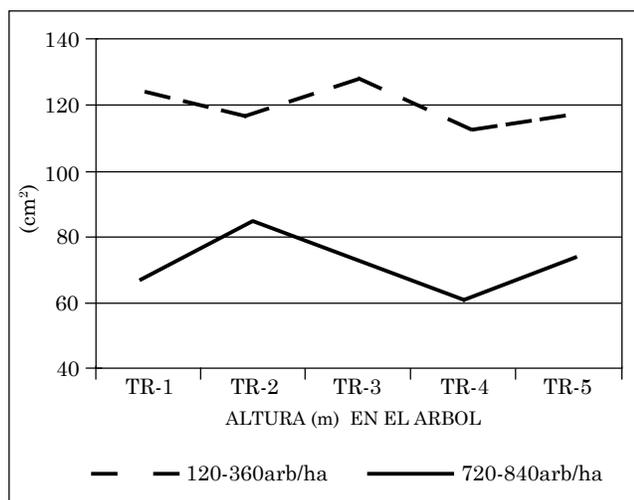


FIGURA 3. Promedio (cm) de la diferencia del diámetro mayor y menor de nudos para la interacción densidad arbórea y la ubicación de trozas en el árbol

Las trozas ubicadas entre los 2,0m y 8,0m de altura en el árbol están marcadamente afectadas por la densidad arbórea. La superficie y la diferencia de los diámetros mayor y menor de los nudos son mayores para las trozas provenientes de árboles desarrollados en el estrato E-1 que en el correspondiente a E-2.

Las características y magnitudes de los nudos (N) son afectadas por la interacción de la densidad



**FIGURA 4.** Promedio (cm<sup>2</sup>) del área de nudos para la interacción densidad arbórea y la ubicación de trozas en el árbol.

arbórea y categorías diamétricas DAP, destacándose la tendencia a aumentar la superficie y diferencia de diámetros mayores y menores de los nudos (N) en la medida que el desarrollo del árbol es mayor.

Entre estratos de densidad arbórea existen mínimas diferencias de magnitudes del área promedio de nudos (N) por troza para los árboles menos desarrollados, es decir, categorías CD-1 y CD-2, resultando en un área promedio de 53,98cm<sup>2</sup>. Pero, se destaca, para las mismas categorías diamétricas DAP, que los árboles provenientes del estrato de densidad arbórea E-1 presentan mayores magnitudes de diferencia de diámetro mayor y menor de nudos (N) que el correspondiente E-2, resultando en una diferencia promedio entre estratos equivalentes a 1,07 cm. Esta situación evidencia que primero ocurre la inclinación de ramas como respuesta a una baja o mínima competencia por luz y luego al captar suficiente luz las ramas se desarrollan logrando mayores diámetros.

Con excepción de lo mencionado, las trozas provenientes de los árboles desarrollados en el estrato de densidad E-1, presentan mayores magnitudes tanto del área como de la diferencia entre diámetros mayor y menor de nudos (N). El mayor efecto sobre las variables en cuestión ocurre para la categoría CD-3, resultando en una magnitud de diferencia entre estratos de densidad arbórea equivalente a 95,37 cm<sup>2</sup> para el área y de 0,93 cm para la diferencia de diámetros mayor y menor de nudos.

Otro aspecto resaltante, es que para los árboles que presentan el mayor de grado de desarrollo, no es determinante en que densidad arbórea se han desarrollado pues ellos dominan la competencia por luz, resultando en mínimas diferencias de las variables en cuestión entre estratos de densidad arbórea.

### Variación del defecto «Excentricidad»

Para estudiar la variación del defecto excentricidad (Ex) para cada fuente de variación se utilizó la variable dependiente porcentaje de excentricidad (%Ex), ésta se calculo a partir de la relación propuesta por las Normas COVENIN para calidad de trozas:

$$\% \text{ Ex} = \left( \frac{\text{Distancia CG - CR}}{\text{Diámetro Promedio}} \right) \times 100$$

CG= Centro Geométrico de la sección transversal

CR= Centro real o médula de la sección transversal

En el área de estudio el promedio de porcentaje de excentricidad (%Ex) por troza es de 10,80% (desviación estándar=8,42). En el estrato de densidad arbórea E-1 el promedio de porcentaje de excentricidad (%Ex) equivale a 11,74% (desviación estándar 11,19) y en el correspondiente a E-2 es de 8,43% (desviación estándar 5,20).

El defecto porcentaje de excentricidad (%Ex) presenta los mayores promedios y variaciones en el estrato de densidad arbórea E-1, destacándose un máximo (16,97%) en trozas ubicadas entre los 4,0m-6,0m. En el estrato de densidad arbórea E-2 las trozas presentan un promedio de 8,39% y una menor variación del defecto en cuestión.

El defecto excentricidad (Ex) presenta la tendencia a incrementarse en la medida que el desarrollo del es mayor. El promedio de porcentaje de excentricidad (%Ex) por troza para cada categoría diamétrica DAP es poco afectado por la densidad arbórea. Se destaca solo una fuerte diferencia entre estratos equivalente 18,85% para la categoría diamétrica DAP CD-1.

### Variación del defecto «Achatamiento»

Para estudiar la variación del defecto achatamiento (A) para cada fuente de variación se

utilizo la variable dependiente porcentaje de achatamiento (%A), ésta se calculo a partir de la relación propuesta por las Normas COVENIN para calidad de trozas:

$$\% A = \left( \frac{\text{Diámetro Mayor}}{\text{Diámetro Menor}} \right) \times 100$$

De acuerdo a la relación de cálculo, en la medida que el porcentaje de achatamiento (%A) se acerca a 100% la forma transversal de la sección tiende a ser circular, por lo contrario en la medida que se aleja de 100% su forma será más ovalada o achatada.

En el área de estudio el promedio de porcentaje de achatamiento (%A) por troza es de 89,60% (desviación estándar=6,41). En el estrato de densidad arbórea E-1 el promedio de porcentaje de achatamiento (%A) equivale a 89,29% (desviación estándar 7,18) y en el correspondiente a E-2 es de 91,18% (desviación estándar 4,91).

Las secciones transversales de las trozas de árboles desarrollados en el estrato E-2 tienden a ser más circulares que las producidas por árboles desarrollados en el estrato de densidad arbórea E-1. La máxima diferencia entre estratos de densidad arbórea ocurre en trozas ubicadas entre los 4m y 6m, siendo para E-1 equivalente a 85,48% y para E-2 92,43%.

Las trozas provenientes de los árboles que pertenecen a la categoría diamétrica DAP de CD-1 y desarrollados en el estrato de densidad arbórea E-1 presentan trozas marcadamente más achatadas u ovaladas (A%=83,97%) que en el correspondiente a E-2 (91,60%). En el resto de categorías diamétricas consideradas en el presente estudio las diferencias son mínimas entre estratos de densidad arbórea.

### Variación del defecto «Arqueaduras»

Para estudiar la variación del defecto arqueaduras (Ar) para cada fuente de variación se utilizó la variable dependiente porcentaje de arqueaduras (%Ar), ésta se calculo a partir de la relación propuesta por las Normas COVENIN para calidad de trozas:

$$\% Ar = \left( \frac{\text{Flecha}}{\text{Longitud de Troza}} \right) \times 100$$

En el área de estudio el promedio de porcentaje de arqueaduras (%Ar) por troza es de 1,66% (desviación estándar de 2,66). En el estrato de densidad arbórea E-1 el promedio de porcentaje de arqueaduras (%Ar) equivale a 1,86% (desviación estándar 3,53) y en el correspondiente a E-2 es de 1,04% (desviación estándar 1,62).

Las trozas provenientes del estrato E-1 presentan las mayores magnitudes y variaciones del promedio de porcentaje de arqueaduras (%A). Se destaca, una máxima diferencia, equivalente a 2,30%, del defecto en cuestión entre estratos para trozas ubicadas entre los 4m y 6m.

Al considerar la fuente de variación categorías diamétrica DAP, se destaca una fuerte variación del porcentaje de excentricidad. Las máximas magnitudes y variaciones la presentan los árboles desarrollados en las menores densidades arbóreas. La máxima diferencia del promedio de porcentaje de arqueaduras (%A) entre estratos de densidad arbórea ocurre en la categoría CD-3, siendo para el estrato E-1 equivalente a 6,47% y para el E-2 a 0,57%. Destacándose, que la categoría CD-3 comprende el promedio de diámetro DAP del área de estudio.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Análisis del defecto «Nudos»

Entre la variable independiente densidad arbórea y la dependiente porcentaje de nudos (%N) existe una relación, esta afirmación parte de los resultados obtenidos mediante un análisis de regresión con un coeficiente de correlación significativo (a un nivel de 5%) equivalente a  $r=0,240$ , considerando un total de 93 trozas. A partir de la curva de regresión resultante, de ecuación  $y=-3,618\ln(x)+33,03$ , se deduce la tendencia a producirse un mayor porcentaje de nudos (%N) en las trozas provenientes de árboles desarrollados en las menores densidades arbóreas y menores magnitudes del defecto en cuestión en las mayores densidades arbóreas.

El grado de desarrollo de los árboles, expresado por la variable independiente diámetro a la altura de pecho, no presenta una relación estadísticamente satisfactoria, se destaca de la curva de regresión resultante la tendencia a incrementarse el porcentaje de nudos (%N) en las trozas en la medida que los árboles son más desarrollados.

El mayor grado de relación ocurre entre la variable dependiente porcentaje de nudo (%N) y la independiente ubicación de trozas en el árbol, resultando con un coeficiente de correlación altamente significativo (a un nivel de 1%) equivalente a  $r=0,4822$  para un tamaño de muestra de 93 trozas. La curva de regresión resultante expresa la tendencia a incrementarse el porcentaje de nudos en la medida que se asciende en la altura en el árbol.

### **Análisis del defecto nudos(N) con relación a la inclinación de las ramas con respecto al fuste («RF»)**

Existe relación entre las variables dependientes área de nudo y diferencia de diámetros mayor y menor de nudos con la independiente densidad arbórea. El coeficiente de correlación ( $r= 0,348$ ) resultante de la relación entre la variable dependiente área de nudo y la independiente densidad arbórea es altamente significativo, mediante el ajuste de la curva de regresión  $Y= 2997X^{-0,6557}$ , para un total de 397 nudos. El coeficiente de correlación ( $r= 0,159$ ) resultante de la relación entre la variable independiente densidad arbórea y la dependiente diferencia de diámetro mayor y menor de nudo es altamente significativo, mediante el ajuste de la curva de regresión  $Y= 0,590\text{Ln}X + 5,0723$ , para un total de 397 nudos.

De las curvas de regresión se deduce que el área y diferencia de diámetros mayor y menor de nudos aumenta en la medida que disminuye la densidad arbórea. Se puede afirmar indirectamente, que las ramas de los árboles desarrollados en las menores densidades arbóreas tienden a presentar un bajo ángulo con respecto al fuste, esta situación unida a un mayor desarrollo de las ramas resulta en una mayor superficie de nudo sobre la troza. Mientras que en las trozas provenientes de árboles desarrollados en las mayores densidades arbóreas, las ramas tienden a presentar un mayor ángulo con respecto al fuste, además de un menor desarrollo, esto resulta en una menor superficie de nudos sobre la troza. Las ramas con bajo ángulo con respecto al fuste y de mayor desarrollo expresan de manera clara la mínima o ausente competencia por luz en el estrato de densidad arbórea E-1.

Considerando que el número promedio de nudos por troza es aproximadamente similar entre estratos de densidad arbórea, se puede afirmar que la causa más asignable para la tendencia de aumentar el porcentaje de nudos (%N) en la medida que disminuye la densidad arbórea, corresponde a las características

y magnitudes de los nudos, vale decir, indirectamente, ángulo con respecto al fuste y grado de desarrollo de las ramas, como respuesta a un determinado grado de competencia entre árboles.

### **Análisis del defecto «Excentricidad».**

El defecto excentricidad (Ex) tiende a ser muy variable, su relación con las fuentes de variación consideradas en la presente investigación no son estadísticamente satisfactorias, pues a partir del análisis de regresión resultaron coeficientes de correlación no significativos. A pesar de ello se puede afirmar a partir de sus correspondientes curvas de regresión las siguientes tendencias en orden de mayor relación: el porcentaje de excentricidad (Ex%) aumenta en la medida que es mayor el desarrollo de los árboles; los máximos valores de porcentaje de excentricidad (%Ex) ocurren entre los 2m y 6m de altura en el árbol y el porcentaje de excentricidad (%Ex) aumenta en la medida que el distanciamiento entre árboles es mayor.

Con la intención de explorar un poco más la variabilidad del defecto en cuestión, se considero, a partir de un análisis de regresión, relacionar la variable dependiente porcentaje de excentricidad (%Ex) y la independiente valor máximo de área de nudo por troza. El coeficiente de correlación resultante es significativo a un nivel de 5%, expresando su correspondiente curva de regresión que en la medida que el área de los nudos es mayor el porcentaje de excentricidad (%Ex) tiende a aumentar (Figura 5). Esta situación refleja lo observado en el área de estudio, es decir, los árboles tienden a perder su verticalidad cuando presenta ramas muy desarrolladas, promoviendo el origen y mayores magnitudes del defecto en cuestión.

### **Análisis del defecto achatamiento**

A partir del análisis de regresión se determinó que la relación entre el defecto porcentaje de achatamiento (%A) y la densidad arbórea no es estadísticamente satisfactoria, pues su coeficiente de correlación no es significativo. La curva de regresión expresa la tendencia a producirse trozas más achatadas u ovaladas en la medida que la densidad arbórea disminuye.

La mayor relación ocurre entre el defecto en cuestión y el diámetro a la altura de pecho. El análisis

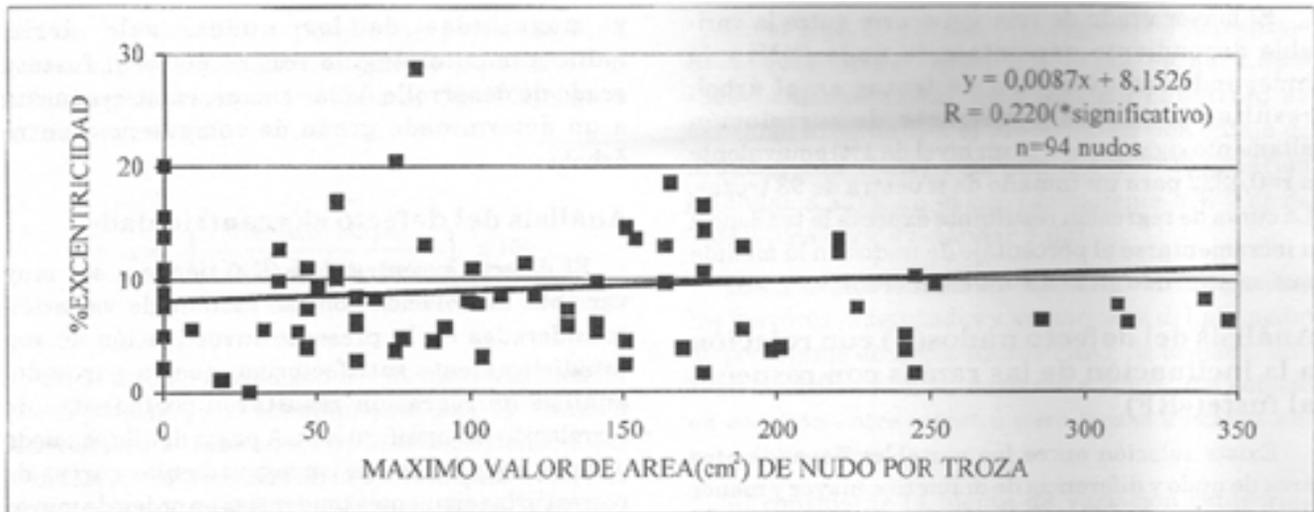


FIGURA 5. Relación entre la variable independiente máximo valor de área de nudo por troza y la dependiente porcentaje de excentricidad.

de regresión resulto con un coeficiente de correlación altamente significativo (a un nivel de 1%), mediante la ecuación de regresión  $y=0,9891x^{1,3967}$ , para un total de 93 trozas. La tendencia expresa de manera clara que las secciones transversales de las trozas tienden a ser más circulares en la medida que el desarrollo del árbol es mayor.

Al relacionar las variables porcentaje de achatamiento(%A) y ubicación de trozas en el árbol, mediante un análisis de regresión resulto en un coeficiente de correlación significativo (al nivel de 1%), para la ecuación de regresión  $y=-0,6897x^2 + 5,6005x + 80,236$ , para un total de 93 trozas. La curva de regresión expresa la tendencia a producirse secciones transversales achatadas u ovaladas en las primeras trozas del árbol, para luego ir adoptando formas circulares en la medida que se asciende en su altura.

El achatamiento de una sección transversal de una troza generalmente está asociado con la excentricidad de la médula, y esta a su vez se relaciona con pérdida de la verticalidad del fuste. Por ello se consideró necesario relacionar la variable dependiente porcentaje de excentricidad(%Ex) con la independiente porcentaje de achatamiento(%A), mediante un análisis de regresión. El coeficiente de correlación resultante es altamente significativo al nivel de 1%, para una curva de regresión  $y=0,0109x^2 - 2,3587x + 133,49$  y un total de 93 trozas. La curva de regresión expresa que en la medida que aumentan las magnitudes de la excentricidad las secciones transversales tienden a ser más achatadas u ovaladas.

### Análisis del defecto «Arqueaduras».

Al relacionar el defecto porcentaje de arqueaduras (%Ar) con la densidad arbórea, mediante un análisis de regresión, resulto en la ecuación  $y=-1,0987\ln(x)+8,2247$  y un coeficiente de correlación significativo (a un nivel de 5%) para un total de 93 trozas. La tendencia expresada por la curva de regresión indica que en la medida que la densidad arbórea disminuye las magnitudes del porcentaje de arqueaduras (%Ar) aumentan.

Existe relación entre el porcentaje de arqueaduras (%Ar) y el diámetro a la altura de pecho. Esta relación fue determinada mediante un análisis de regresión de ecuación  $Y=-0,013x^2 + 0,8642x - 9,2651$ , resultando en un coeficiente de correlación significativo (a un nivel de 5%) para un total de 93 trozas. La correspondiente curva de regresión expresa que en la medida que el desarrollo del árbol es mayor las magnitudes del porcentaje de arqueaduras (%Ar) tienden a aumentar.

De acuerdo a las observaciones de los árboles en el campo, una de las causas más frecuentes del origen de arqueaduras es la presencia de ramas muy desarrolladas y con bajo ángulo con respecto al fuste. Por ello se aplicó un análisis de regresión entre la variable dependiente porcentaje de arqueaduras (%Ar) y la independiente máximo valor de área de nudo por troza, resultando en la ecuación de regresión  $y=-1E-05x^2+0,0115x+0,1234$ , con un coeficiente de correlación altamente significativo (a un nivel de 1%),

para un total de 94 nudos. La curva de regresión resultante expresa que en la medida que el área de los nudos es mayor, el porcentaje de arqueaduras (%Ar) aumenta.

## CONCLUSIONES

En general se puede afirmar que la variable densidad arbórea produce variaciones significativas de manera directa y/o indirecta sobre los defectos nudos, excentricidad, achatamiento y arqueaduras.

En densidades arbóreas comprendidas entre 120arb/ha-360arb/ha los árboles se han desarrollado a un distanciamiento cuadrado promedio entre 9,13m y 5,27m, es decir, con una mínima o ausente competencia por luz. Esta condición permite un vigoroso crecimiento de las ramas, las cuales se caracterizan por presentar un bajo ángulo con respecto al fuste. Esta situación resulta en primer lugar en una gran superficie de nudos sobre la troza y en segundo lugar una pérdida de la verticalidad del fuste. La pérdida de la verticalidad del fuste promueve el achatamiento (A) de las secciones transversales de las trozas, y éste defecto a su vez está estrechamente relacionado con la excentricidad (Ex) de la médula. Una prueba evidente de la causa de la pérdida de la verticalidad del fuste, es la estrecha relación entre la variable dependiente porcentaje de arqueadura (%Ar) con la independiente máxima área de nudo por troza, donde en la medida que el área de dicho nudo es mayor el porcentaje de arqueaduras (%Ar) aumenta.

En densidades arbóreas comprendidas entre 720arb/ha-840arb/ha, los árboles se han desarrollado a un distanciamiento cuadrado promedio entre 3,73m y 3,45m, es decir, con un determinado grado de competencia por luz. Esta condición permite un menor desarrollo de las ramas, las cuales tienden a presentar un ángulo con respecto al fuste más cercano a los 90°. Esta situación resulta en una menor superficie de nudo sobre la troza, además de no afectar de manera significativa la verticalidad del fuste. Esta situación promueve menores magnitudes de los defectos excentricidad (Ex) de la médula, arqueaduras (Ar), y achatamiento (A).

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo mencionado en el análisis y discusión de resultados, se destaca como el defecto

más determinante el porcentaje de nudos (%N), el cual promueve el origen y magnitudes de los defectos porcentaje de excentricidad (%Ex), achatamiento (%A) y arqueaduras (%Ar). El defecto porcentaje nudos es sensible a la competencia por luz, es decir, a la densidad arbórea, por lo tanto, en primera instancia los tratamientos silviculturales deben concentrarse sobre la producción y características de las ramas.

Por ello se recomienda al respecto: primero, una adecuada selección de semillas, o cualquier otro método de propagación, considerando la posibilidad de manejar el carácter de la inclinación o ángulo de ramas con respecto al fuste, utilizando como criterio las características de las ramas que originan el aumento de la superficie de nudos sobre las trozas. Segundo, realizar investigaciones que determinen el régimen de espesura más adecuado, de acuerdo al grado de desarrollo de los árboles, desde un punto de vista económico y biológico, que permita el mayor control de la inclinación o ángulo de ramas con respecto al fuste y el menor grado de desarrollo de éstas, manipulando la variable competencia por luz, con la finalidad de obtener un mejoramiento de la calidad de trozas. Tercero, planificar un adecuado programa de poda, que permita, a partir de investigaciones, lograrlo con los menores costos posibles, que de por sí se deberían minimizar al considerar las recomendaciones anteriores. De esta manera será posible controlar el desarrollo de las ramas, sobre todo en las primeras alturas en el árbol. Esta planificación debe tomar en cuenta todas las etapas de crecimiento.

El control de la producción del defecto nudos, permitiría mejorar la calidad de las trozas, y por ende de las piezas resultantes de su aserrado, logrando poder repercutir en la productividad y rendimiento de la materia prima

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAQUE, Y. y V. VERGARA. 1986. Caracterización cualitativa de plantaciones en la Unidad Experimental de Ticoporo y proposición de rodal semillero para Teca (*Tectona grandis* L.f.). Cuadernos Comodato ULA-MARNR N°4. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida-Venezuela.
- COVENIN, 1990. Norma Venezolana COVENIN, Madera en rola (2717-90). Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento. Caracas-Venezuela. p.p. 1-22.

COLMENARES, F. 1.983. Evaluacion de plantaciones en la unidad experimental. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Proyecto CT2-3 del Comodato ULA-MARNR. Mérida-Venezuela.

KEOGH, R. 1.979. El futuro de la Teca en la America Tropical. UNASYLVA, 31 (126):13-19pp.

MONTGOMERY C., D. 1.984. Design and analysis of experiments. Segunda Edición. Georgia Institute of Technology. John Wiley & Sons. New York-USA.

ZOBEL, B.1.983. Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, Alemania. Zobel Forestry Associates, Inc. USA.