



**Subsecretaría de Educación Superior  
Dirección General de Educación Superior Tecnológica  
Instituto Tecnológico de la Zona Maya**

Estimación del diámetro normal, altura y volumen a partir del tocón para *Swietenia macrophylla* King (Caoba) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. B. (Tzalam) en el sur de Quintana Roo

**Informe Técnico de Residencia Profesional que presenta el C.**

Juan Ángel Mendoza Muñoz

Nº de Control 10870136

Carrera: Ingeniería Forestal

Asesor Interno: M en C. Xavier García Cuevas

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA**

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA FORESTAL, **Juan Ángel Mendoza Muñoz** aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno M en C. Xavier García Cuevas, y el asesor externo el Doctor. Martín Martínez Salvador, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **Estimación del diámetro normal, altura y volumen a partir del tocón para *Swietenia macrophylla* King (Caoba) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. B. (Tzalam) en el sur de Quintana Roo** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**ATENTAMENTE**

**Asesor interno**

  
\_\_\_\_\_  
**M en C Xavier García Cuevas**

**Asesor externo**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Martín Martínez Salvador**

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre de 2014.

# Contenido

1.-INTRODUCCIÓN .....	4
2.-JUSTIFICACIÓN .....	7
3.-OBJETIVOS .....	7
4.-PROBLEMAS A RESOLVER.....	7
5.1-Área de estudio:.....	8
5.2.-Datos .....	8
5.3.-Variables medidas.....	8
5.4.-Cálculo de volúmenes individuales .....	8
5.5.-Modelos seleccionados .....	9
5.6.-Análisis de información .....	9
6.1-Análisis de varianza para diámetro normal-diámetro del tocón .....	12
6.2.-Análisis de datos para altura. ....	13
6.3.-Análisis de varianza para altura-diámetro del tocón .....	14
6.4.-Análisis de datos para Volumen.....	15
6.5.-Análisis de Varianza para volumen-diámetro del tocón .....	15
7.-CONCLUSIONES.....	16
9.-REFERENCIAS .....	17

## 1.-INTRODUCCIÓN

En las auditorías forestales o en la cuantificación de cortas clandestinas, conocer el diámetro normal y el volumen son indispensables para caracterizar la estructura de la masa original y a partir de ella, estimar los volúmenes extraídos (López, Gorgoso y Castedo, 2001; Pompa *et al.*, 2011) e incluso la biomasa o la cantidad de carbono capturado.

Lo anterior se logra a través de modelos alométricos que estimen el diámetro normal en función del diámetro del tocón y una tarifa de volumen que dependa del diámetro normal (Diéguez *et al.*, 2003) o del diámetro del tocón.

De acuerdo con Pompa *et al.* (2011), Jenkins *et al.* (2004) y Diéguez *et al.* (2003) que calcularon el  $d$  en función lineal del  $dt$ , pero no incluyeron la altura del tocón ( $ht$ ) como variable explicativa, por considerar que  $dt$  es invariablemente ocurre a una  $ht$  constante de 0.3 m, lo cual no sucede siempre, sobre todo en árboles sobre topografía accidentada o a las diversas técnicas de derribo utilizadas en su aprovechamiento.

El mismo autor menciona que las variaciones en  $ht$  y el tipo dendrométrico de la primera troza del árbol, se deben considerar al ajustar modelos de la relación del tocón-diámetro normal y por su ahusamiento es necesario probar modelos no lineales con  $ht$  como variable predictiva. Se ha demostrado que el neiloide truncado modela adecuadamente el tocón (Díaz *et al.*, 2007; Pompa *et al.*, 2011), e incluso se ha recomendado su utilización en estimación de biomasa (Navarro *et al.*, 2000).

Para logra lo anterior, se consideró al tocón como la porción del árbol del nivel del suelo hasta una altura menor o igual a 1.3 m (Raile, 1977), ya que esta sección sigue un patrón dendrométrico del tipo neiloide truncado (Figura 1).

Según la Figura 1,  $h$  está relacionada con la  $ht$ , es decir, cuando el diámetro normal ( $dn$ ) es igual al diámetro del tocón ( $dt$ ), se espera que  $ht = 1.3$  m, por lo cual:

$\frac{dn}{dt} = \frac{1.3}{ht}$ , es decir, empíricamente tenemos:

$$dn = \beta_0 dt \left(\frac{1.3}{ht}\right)^{\beta_1} \quad (1)$$

Dónde:  $dn$ =Diámetro normal con corteza (cm);  $dt$ =Diámetro con corteza del tocón a la altura  $ht$  (cm);  $ht$ =Altura desde la base del tocón hasta donde se alcanza el diámetro  $dt$ , (m);  $\beta_0, \beta_1$ =Coeficientes a ser determinados mediante regresión.

El primer parámetro de la función (1) describe la proporción del  $d$  respecto al  $dt$  a lo largo de esta sección del fuste, mientras que el último caracteriza la forma según las características dendrométricas del neiloide. Se espera que este modelo cumpla con la condición de que  $dt=d$  cuando  $ht=1.3$ , para lo cual  $\beta_0$  debe ser cercano a 1.

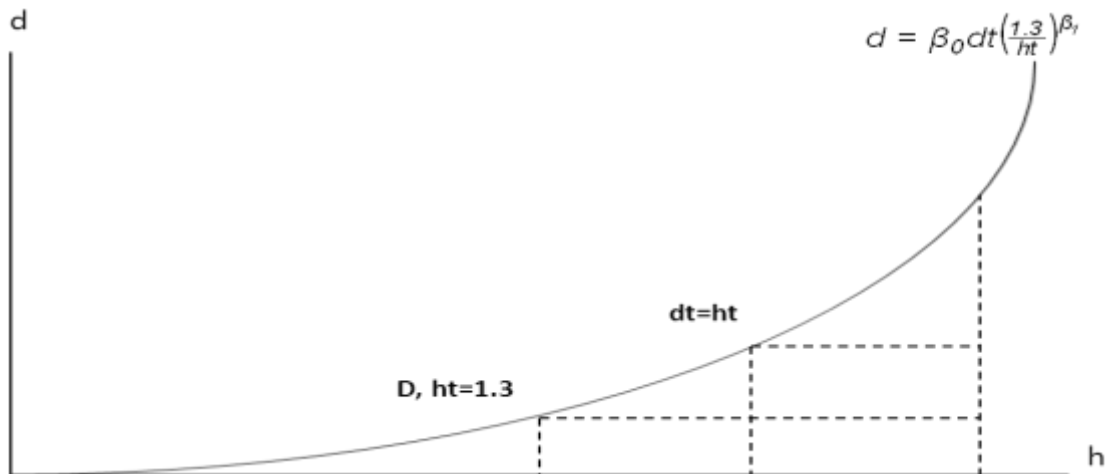


Figura 1. Representación de la función base para derivar el modelo que estima el  $dn$  en función de  $dt$  y  $ht$ .

Dado que la Figura 1 también sugiere un ajuste lineal para las primeras clases de  $dn$ , además de los buenos resultados para especies de pino del norte de México reportados por Corral *et al.* (2007), el modelo anterior se confrontó con la siguiente expresión:

$$dn = \beta_0 + \beta_1 dt \quad (2)$$

Por su parte, las funciones de volumen local o las tarifas, relacionan el volumen del árbol con sólo una variable independiente, generalmente el diámetro normal o de referencia o transformaciones y potencias de esta misma variable. El calificativo de local se debe a que estas funciones son de aplicación limitada a un área específica, para la cual es aplicable la relación diámetro/altura implícita en el modelo de volumen; generalmente una cierta clase de edad y una misma localidad (Prodan *et al.*, 1997).

Los ingenieros forestales utilizan la regresión del volumen de los árboles sobre su diámetro, lo cual significa que midiendo el diámetro (variable independiente) y reemplazando su valor en una relación definida según la clase de árbol se obtiene el volumen y aun sin necesidad de cálculos aprecian el volumen utilizando gráficas de la función de dependencia, volumen = función (diámetro).

Para datos biológicos tales como el volumen, la heterocedasticidad de los residuos corresponde casi siempre a una relación de potencia entre la varianza residual y el tamaño de los árboles. Supondremos entonces que, entre las variables explicativas de la regresión ponderada, hay una (típicamente el diámetro de los árboles) tal que  $V_i$  es una función de potencia de dicha variable. Sin pérdida de generalidad, se puede suponer que esta variable es  $dt$ , de forma que (Picos y Cogolludo, 2008):

$$V_i = \beta_0 dt^{\beta_1} \quad (3)$$

Teniendo  $\beta_0 > 0$  y  $\beta_1 \geq 0$ . En consecuencia:

La función potencia es una función de la forma  $f(x) = ax^n$ , donde  $\beta_0$  es un número real, distinto de 0, y  $\beta_1$  es un número natural distinto de 1 (Picard *et al.*, 2012). El anterior es un modelo comúnmente usado, conocido como modelo de Berkhout (Prodan *et al.*, 1997).

## **2.-JUSTIFICACIÓN**

En las auditorías forestales o en la cuantificación de cortas clandestinas, conocer el diámetro normal y el volumen son indispensables para caracterizar la estructura de la masa original y a partir de ella, estimar los volúmenes extraídos (López, Gorgoso y Castedo, 2001; Pompa *et al.*, 2011) e incluso la biomasa o la cantidad de carbono capturado.

La estimación del diámetro normal ( $D$ ) en función del diámetro del tocón ( $dt$ ) puede usarse para calcular volúmenes, biomasa, e incluso carbono por la relación con el cambio climático mundial y sus implicaciones con la venta de bonos verdes de los bosques (Jenkins *et al.*, 2004). Por lo anterior esta investigación cobra importancia, ya que llena un vacío en el conocimiento que de estas especies se carece.

## **3.-OBJETIVOS**

Desarrollar ecuaciones que describan la relación diámetro normal, altura total y volumen en función del diámetro del tocón de árboles de dos especies: *Swietenia macrophylla* King (Caoba) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. B. (Tzalam) en el sur de Quintana Roo.

## **4.-PROBLEMAS A RESOLVER**

Cuando el árbol ya no existe, no se tienen la medida del diámetro normal, altura y volumen, pero la estimación de los mismos ( $dn$ ,  $h$  y  $v$ ) se puede realizar en función del diámetro del tocón ( $dt$ ), de esta forma podemos calcular cuando se realizan auditorias por CONAFOR o SEMARNAT, el volumen extraído por cortas clandestinas, así como la caracterización del bosque, para la toma de decisiones en el futuro.

## **5.-PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **5.1-Área de estudio:**

En los aprovechamientos forestales de Quintana Roo, son alrededor de 20 especies las que tienen importancia comercial. Entre ellas se destacan *Swietenia macrophylla* King (Caoba) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. B. (Tzalam).

Estas especies se distribuyen en poblaciones naturales en prácticamente todo el estado, aunque son más abundantes en el centro y sur del mismo. Debido a esta distribución de las especies mencionadas para este estudio, se colectaron datos en los ejidos del centro y sur del estado como los son Felipe Carrillo Puerto, X-Hazil, Chan Santa Cruz, Naranjal Poniente, Caobas, Laguna Om y Bacalar.

### **5.2.-Datos**

A través de un muestreo dirigido y con medición directa para árboles derribados e indirecta (Relascopía) para árboles en pie, se levantaron un total de 434 pares de datos diámetro normal-diámetro del tocón de árboles de las dos especies arriba mencionadas (Caoba 273, y Tzalam 161), tratando de incluir todas las categorías diamétricas posibles y diferentes condiciones de crecimiento en los ejidos.

### **5.3.-Variables medidas**

Árboles derribados. El diámetro con corteza se midió a 0.30 m, 0.60 m, 0.90 m y 1.30 m, posteriormente se realizó la medición del diámetro por secciones tomando también su longitud. Esto se realizó hasta llegar a la punta y obtener la altura total.

Árboles en pie. En forma directa se midió el diámetro a 0.30 m, 0.60 m, 0.90 m, 1.30 m y 2.5 m todos ellos con corteza. Los diámetros a alturas superiores se tomaron en forma indirecta en secciones de aproximadamente 2.5 m de longitud, midiendo en cada caso el diámetro en unidades taquimétricas y la altura en porcentaje, con la ayuda del Relascopio de Bitterlich.

### **5.4.-Cálculo de volúmenes individuales**

El volumen de cada sección se calculó mediante la fórmula de Smalian y la punta



se cubió como un cono. El volumen total del árbol se estimó sumando el volumen de cada troza y el volumen de la punta.

$$V_{Troza} = \left[ \left( \frac{g_0 + g_1}{2} \right) * L \right]$$

$$V_{Punta} = \frac{g_n * L}{3}$$

Dónde:

$V_{troza}$  = Volumen de la troza ( $m^3$ ).

$V_{Punta}$  = Volumen de la punta ( $m^3$ ).

$g_0$  = Área basal del diámetro mayor de la troza ( $m^2$ ).

$g_1$  = Área basal del diámetro menor de la troza ( $m^2$ ).

$g_n$  = Área basal del diámetro de la punta ( $m^2$ ).

$L$  = Longitud de la troza (m).

### 5.5.-Modelos seleccionados

Se probaron los modelos (1), (2) y (3) descritos anteriormente. La naturaleza de estos modelos es uno lineal (2) y dos no lineales (1) y (3), mismos que fueron desarrollados y propuestos por Pompa *et al.* (2011) y el otro mencionado por Prodan *et al.*, (1997).

### 5.6.-Análisis de información

Con la finalidad de detectar datos atípicos o aberrantes en el diagrama de dispersión de los datos, se analizó la distribución gráfica y se hizo una corrida preliminar de los modelos con PROG GLM y la opción R-INFLUENCE para obtener los residuales studentizados y cuando estos eran mayores de 2 (absoluto), se procedió a eliminar la observación.

Para el ajuste final se usó el procedimiento PROC MODEL (Statistical Analysis System, 1992). La selección de la mejor ecuación se hizo con base a los criterios de bondad de ajuste del Cuadrado Medio del Error (CME), la Raíz del Cuadrado Medio del Error (RCME, nivel de significancia de los estimadores ( $Pr>|t|$ ) y Coeficiente de determinación ( $R^2$ ), Coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{adj}$ ) y la distribución de residuales contra los predichos de la variable dependiente. Dicho análisis fue útil para determinar si los ajustes corresponden a la tendencia de los datos (Huang, 2002).

Sin embargo, no siempre las ecuaciones que mejor ajuste tengan a la muestra estiman los valores reales con mayor precisión, por lo que hay que tener en cuenta que el análisis de regresión no determina el mejor ajuste a la muestra utilizada, sino que tiene como finalidad desarrollar el mejor modelo que describa a la población en su conjunto (Hair *et al.*, 1999).

Por ello, el uso de una medida teórica para evaluar la regresión con respecto a la diferencia entre la variable dependiente efectiva y su valor predictivo (Error o sesgo) es importante y es utilizado con frecuencia en los modelos forestales (Prodan *et al.*, 1997; Gadow y Hui, 1999; Castedo y Álvarez, 2000; Diéguez *et al.*, 2003; Corral-Rivas *et al.*, 2007).

Para la precisión de las predicciones se estimó la raíz del error medio cuadrático (REMC), el coeficiente de variación y el  $R^2_{adj}$  que refleja la variabilidad total que es explicada por el modelo y que tienen en cuenta el número total de los parámetros estimados (Diéguez *et al.*, 2003; Barrio *et al.*, 2004, Trincado y Leal, 2006).

Raíz de error medio cuadrático: 
$$REMC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

Coeficiente de variación: 
$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}}{\bar{y}}$$

Coeficiente de determinación ajustado: 
$$R^2_{ajus} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \frac{n-1}{n-p}$$

Donde  $y_i$ ,  $\hat{y}_i$  y  $\bar{y}_i$ , son los valores observados, predicho y promedio respectivamente;  $n$  el número total de datos usados en el ajuste del modelo;  $p$  el número de parámetros a estimar. Un modelo será mejor que otro si presenta un menor valor de  $REMC$ ,  $CV$  y un mayor valor del  $R^2_{ajus}$ .

## 6.-RESULTADOS

De un total de 434 pares de datos de diámetro del tocón-diámetro normal recolectados (Caoba 273, y Tzalam 161), se graficó la dispersión de datos observados. Como se puede observar en la figura 2, los datos presentan una tendencia lineal, en donde se representan todas las clases diamétricas para árboles individuales de las dos especies.

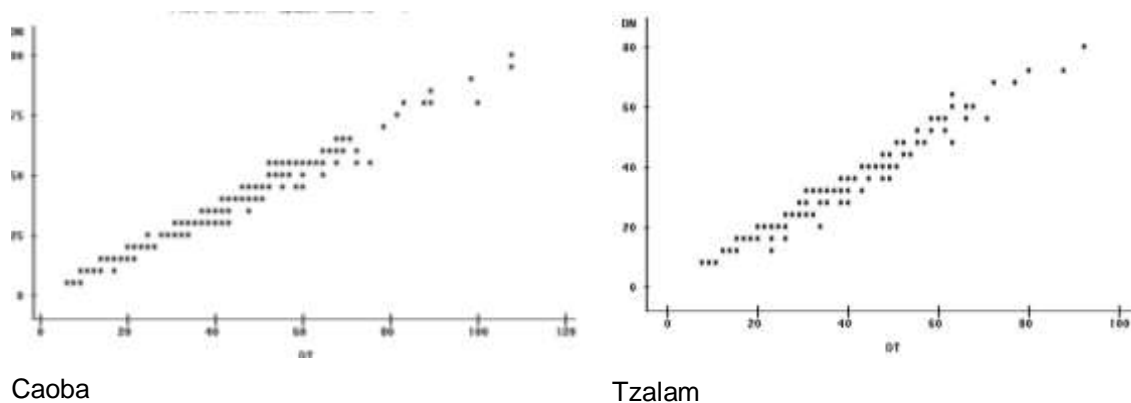


Figura 2. Dispersión de datos observados para diámetro normal en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam.

Se hizo un ajuste preliminar de datos observados y se detectaron algunos puntos aberrantes, mismos que influyen en el ajuste de las ecuaciones. Se determinó analíticamente la influencia de las observaciones en los estimadores, excluyendo del análisis los árboles que se encuentren fuera del área de dispersión y de la tendencia de los demás datos observados.

## 6.1-Análisis de varianza para diámetro normal-diámetro del tocón

En el Cuadro 1 se muestran la estimación de los parámetros de los dos mejores modelos analizados, así como sus criterios de bondad de ajuste. De los dos modelos probados, se obtuvo mejor ajuste con el modelo 2 que nos permiten predecir el diámetro normal en función del diámetro del tocón con mayor precisión.

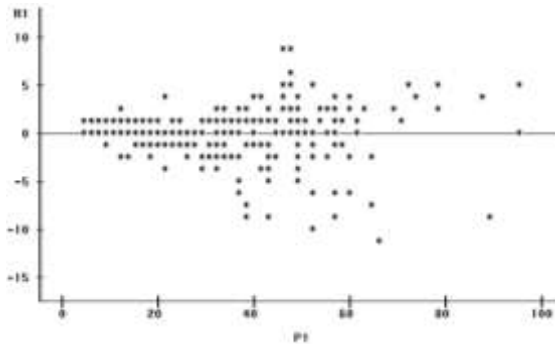
Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza de modelos para predecir diámetro normal en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam.

ESPECIE	MODELO	GL	ESTIMADORE S	Pr> t	CME	R2	R2adj
Caoba	[1]	273	$\beta_1=-0.92599$ $\beta_2=0.89988$	0.0050 <.0001	6.7621	0.9814	0.9813
Caoba	[2]	273	$\beta_1=0.178785$ $\beta_2=1.034397$	<.0001 <.0001	6.6877	0.9816	0.9815
Tzalam	[1]	161	$\beta_1=-0.31708$ $\beta_2=0.866401$	0.5262 <.0001	7.3979	0.9700	0.9698
Tzalam	[2]	161	$\beta_1=0.188172$ $\beta_2=1.014222$	<.0001 <.0001	7.3793	0.9700	0.9698

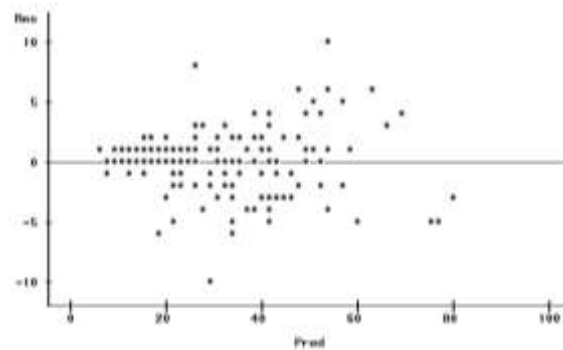
Con base en el nivel de significancia de los parámetros de los modelos, se puede inferir que estos son válidos para predecir el diámetro normal en función del diámetro del tocón. Para el ajuste de las regresiones se utilizó el Método de Mínimos Cuadrados y en consecuencia, cuando se minimiza el Cuadrado Medio del Error (Modelo 2) y se detectan valores bajos, estos explican con mayor precisión los datos observados (Cuadro 1).

Otro criterio trascendente para comprobar la bondad de ajuste de los modelos es el valor del Coeficiente de Determinación Ajustado ( $R^2_{adj}$ ). En este caso los valores más altos obtenidos son para el Modelo 2, los cual se considera altos y en todos los casos explican arriba del 96% la variación de los datos (Cuadro 1).

El análisis gráfico de los residuales para el mejor modelo (Modelo 2) (Figura 3) no presenta tendencias sistemáticas que indiquen heterogeneidad de varianzas (heterocedasticidad).



Caoba

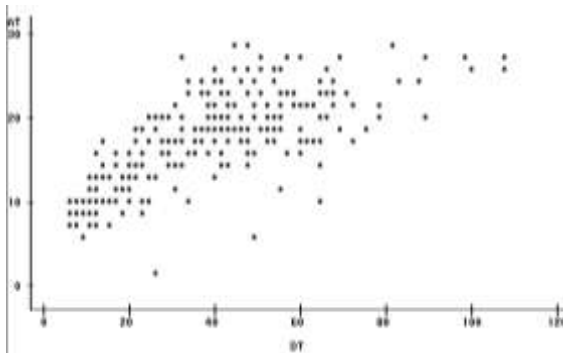


Tzalam

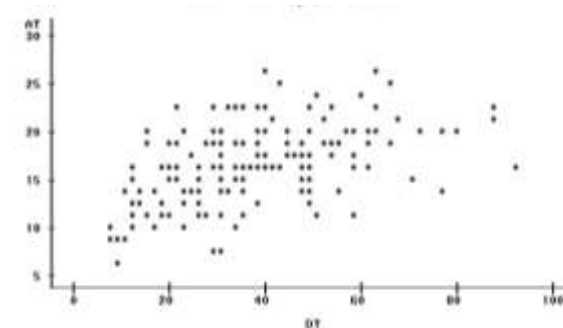
Figura 3 Dispersión de residuales de diámetro para el modelo de Pompa para Caoba y Tzalam

## 6.2.-Análisis de datos para altura.

De un total de 434 pares de datos de diámetro del tocón-altura recolectados (Caoba 273, y Tzalam 161), se graficó la dispersión de datos observados. Como se puede observar en la figura 4, los datos presentan una tendencia lineal, en donde se representan todas las clases diamétricas para árboles individuales de las dos especies.



Caoba



Tzalam

Figura 4 Dispersión de datos observados para altura total en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam

### 6.3.-Análisis de varianza para altura-diámetro del tocón

En el Cuadro 2 se muestran la estimación de los parámetros del mejor modelo analizado, así como sus criterios de bondad de ajuste, se obtuvo mejor ajuste de altura-diámetro del tocón para Caoba con el modelo 5, y para Tzalam con el modelo 4, los cuales nos permiten predecir altura en función del diámetro del tocón con mayor precisión.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza de modelos para predecir altura en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam.

ESPECIE	MODELO	GL	ESTIMADORES	Pr> t	CME	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
Caoba	[5]	273	$\beta_1=3.799442$	<.0001	11.98	0.611	0.607
			$\beta_2=0.651616$	<.0001			
			$\beta_3=-0.00701$	<.0001			
			$\beta_4=2.655E-7$	<.0001			
Tzalam	[4]	161	$\beta_1=9.513979$	<.0001	11.87	0.289	0.280
			$\beta_2=0.271773$	<.0001			
			$\beta_3=-0.00185$	0.0049			

Con base en el nivel de significancia de los parámetros de los modelos, se puede inferir que estos son válidos para predecir la altura en función del diámetro del tocón.

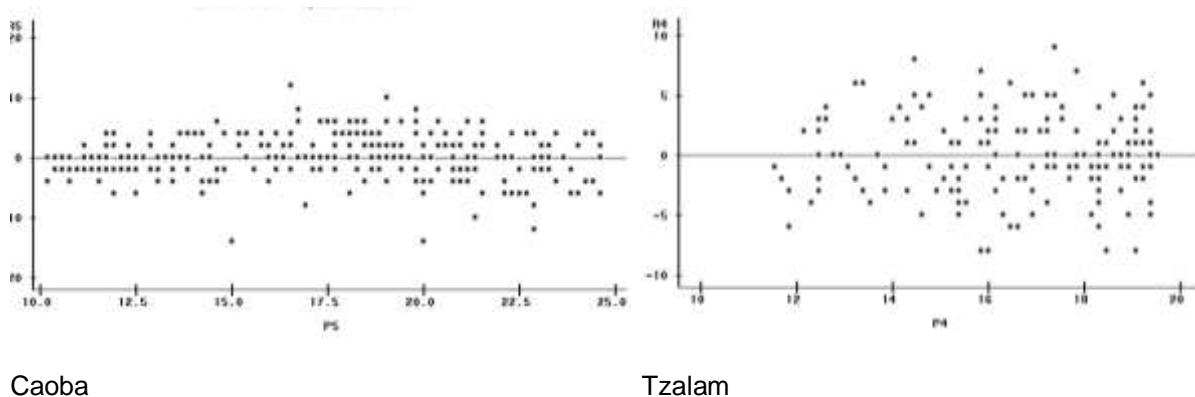


Figura 5 Dispersión de residuales de altura para el modelo cuadrático para Caoba y Tzalam.

#### 6.4.-Análisis de datos para Volumen

En la figura 4 se muestra la distribución de un total de 434 pares de datos de diámetro del tocón-volumen recolectados, (Caoba 273, y Tzalam 161), los cuales muestran una tendencia exponencial, por lo cual son adecuados para trabajar con los modelos para predecir volumen en función del diámetro del tocón.

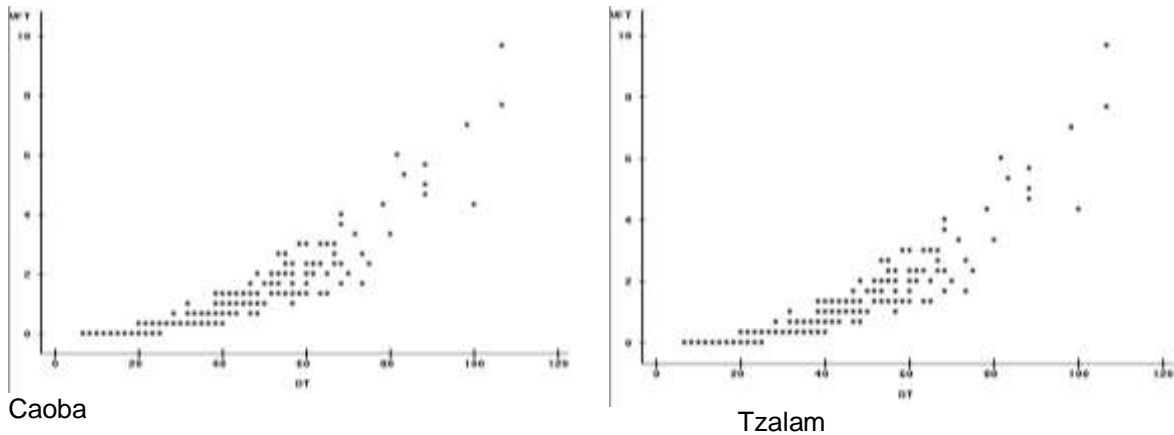


Figura 6 Dispersión de datos observados para volumen en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam

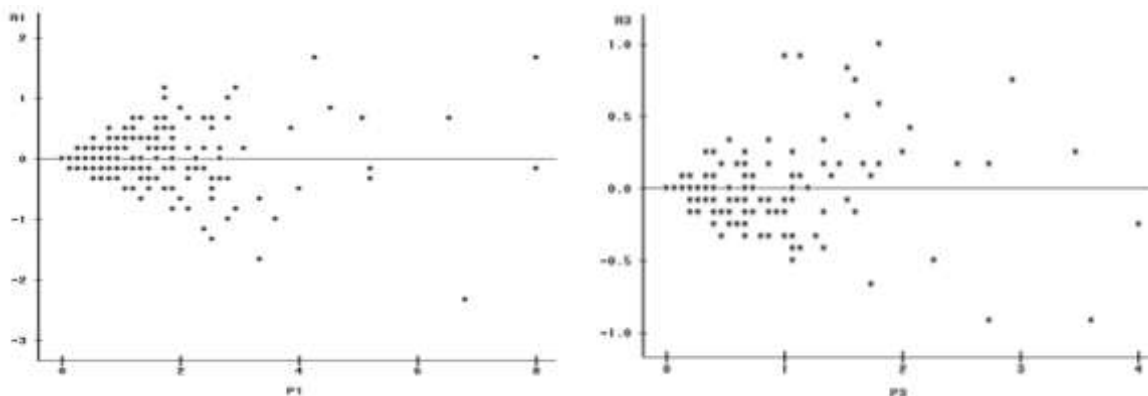
#### 6.5.-Análisis de Varianza para volumen-diámetro del tocón

Con base en el nivel de significancia de los parámetros del modelo para cada especie, se infiere que estos son válidos para predecir el volumen en función del diámetro del tocón. Para el ajuste de las regresiones se utilizó el Método de Mínimos Cuadrados y en consecuencia, cuando se minimiza el Cuadrado Medio del Error y se detectan valores bajos, estos explican con mayor precisión los datos observados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza de modelos para predecir volumen en función del diámetro del tocón para Caoba y Tzalam.

ESPECIE	MODELO	GL	ESTIMADORES	Pr> t	CME	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
Caoba	[1]	273	$\beta_1=0.000188$ $\beta_2=2.279993$	<.0001 <.0001	0.160	0.910	0.909
Tzalam	[1]	161	$\beta_1=0.000353$ $\beta_2=2.060202$	0.0008 <.0001	0.075	0.882	0.881

El Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) y el Coeficiente de Determinación Ajustado ( $R^2_{adj}$ ) son altos en los dos casos y explican entre el 88 y el 91% la variación de los datos (Cuadro 3). En los análisis gráficos de los residuales no se presenta tendencias sistemáticas que indiquen heterogeneidad de varianzas (heterocedasticidad) (Figura 7).



Caoba Tzalam  
 Figura 7 Dispersión de residuales de volumen para el modelo de Berkhout para Caoba y Tzalam

Se hizo un ajuste preliminar de datos observados y se detectaron algunos puntos aberrantes, mismos que influyen en el ajuste de las ecuaciones, excluyendo del análisis los árboles que se encuentren fuera del área de dispersión y de la tendencia de los demás datos observados.

## 7.-CONCLUSIONES

Los modelos que se ajustaron indican una tendencia lineal entre las variables de diámetro normal y altura del tocón, en función con el diámetro del tocón, resultado semejante a lo obtenido por Quiñones *et al.* (2012). Mientras que para volumen, se presentó una tendencia exponencial.

Se obtuvieron ecuaciones con buenos ajustes que permiten estimar el diámetro normal, altura y volumen de los árboles apeados a partir del diámetro y la altura del tocón.



Las ecuaciones obtenidas incorporan las variables diámetro y altura de tocón, que son medidas fáciles de tomar en el campo.

La relación diámetro normal y volumen con el diámetro del tocón se pudo estimar en función de datos de inventarios forestales obteniendo predicciones aceptables.

La ecuación de Pompa *et al.* (2011) de dos parámetros para predecir diámetro normal en función del diámetro del tocón fue la mejor, ya que presenta los mejores indicadores de bondad de ajuste y mejor capacidad predictiva.

Las ecuaciones obtenidas para estimar el diámetro normal ( $dn$ ), altura y volumen ( $v$ ) poseen una alta precisión y son muy prácticas ya que el elemento a incorporar en la ecuación, el diámetro del tocón ( $dt$ ) y/o la altura del tocón ( $ht$ ), son variables fáciles de medir.

## **8.-RECOMENDACIONES**

Se recomienda que este trabajo se prepare para tesis ya que se necesitan realizar más pruebas de confiabilidad para los modelos ajustados, así como la integración de más datos para tener un mayor número de árboles y poder representar una mayor población.

## **9.-REFERENCIAS**

Barrió A., M, J. G. Álvarez G, I. J. Díaz M. y C. A. López S. 2004. Relación altura diámetro generalizada para *Quercus robur* L. en Galicia. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 18: 141-146.

Bava J., O. y P. M. López B. 2001. Predicción del diámetro a la altura de pecho en función de las dimensiones del tocón de árboles de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Tierra del Fuego, Argentina. Quebracho N° 13 (87-92).

- Benítez-Naranjo J. Y, M. Rivero-Vega, A. Vidal-Corona, J. Rodríguez-Rodríguez y R. C. Álvarez-Rivera. 2004. Estimación del diámetro normal a partir del diámetro del tocón en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst. de la Provincia Camagüey, Cuba. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 10(1): 25-30, 2004.
- Corral-Rivas, J. J., M. Barrio-Anta, O. A. Aguirre-Calderón and U. Diéguez-Aranda. 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volumen for major pine species in El Salto, Durango (México). Forestry 80 (1): 29 - 40.
- Castedo, F. y J. G. Álvarez. 2000. Construcción de una tarifa de cubicación con clasificación de productos para *Pinus radiata* D. Don en Galicia basado en una función de perfil del tronco. Invest. Agrar. Recur. For. 9 (2): 253-268.
- Díaz, F. R., M. Acosta M., F. Carrillo A., E. Buendía R., E. Flores A. y J. Etchevers B. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* schl. Et cham. Madera y bosques 13(1): 25-34.
- Diéguez, A. U., M. Barrio A., M., F. Castedo D., y M. Balboa M. 2003. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. 12(2): 131-139.
- Gadow, K. V. and G. Hui. 1999. Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers. AH. Dordrecht. The Netherlands. 205 p.
- Hair, J. F., R. E. Anderson, R. L. Tatham y W. C. Blach 1999. Análisis multivariante. Quinta edición. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 832 p.
- Huang, S. 2002. Validating and localizing growth and yield models: procedures, problems and prospects. In: Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, Models and Parameter Estimation: the Forestry Scenario. Sesimbra, Portugal (2-5 de junio de 2002).

- Jenkins, J., D. Chojnacky, L. Heath, and R. Birdsey. 2004. Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. USDA. Gen. Tech. Rep. NE-319. 45 p.
- Navarro, M. S., L. Torres E., A. Cano P., S. Valencia M., y H. Cornejo O. 2000. Predicción de volúmenes de fuste para *Pinus cembroides* Zucc., en el Sureste de Coahuila. Foresta-AN. Nota Técnica No. 3 UAAAN. Saltillo, Coahuila. 16 p.
- López S. C. A, J Gorgoso V., F. Castedo D., A. Rojo A., R. Rodríguez S., J. G. Álvarez G. y F. Sánchez R. 2003. A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). Ann. For. Sci. 60 (2003) 237–245. DOI: 10.1051/forest:2003015.
- Pompa G. M., H. de los Santos V., M. Zepeda B. y J. J. Corral R. 2011. Un modelo dendrométrico para estimación del diámetro normal a partir de las dimensiones del tocón. Agrociencia 45: 379-387.
- Prodan M., R. Peters, Cox F. y P. Real. 1997. Mensura forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Quiñonez B., G., F. Cruz C., B. Vargas L. y F. J. Hernández. 2012. Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. Rev. Mex. Cien. For. 3(9): 23-39.
- Raile, G. 1977. Estimating D.B.H. from stump dimensions. USDA For. Ser. Res. General Technical Report NC-48. pp: 30-33.
- SAS Institute Inc. 1992. SAS/STAT User Guide. Release 6.03 Edition. Cary, NC. USA 1028 p.
- Trincado, G. y C. Leal D. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). Bosque 27(1)23-34.

Velazco B. E., S. Madrigal H., I. Vázquez C., A. González H. y F. Moreno S. 2006. Manual para la elaboración de tablas de volumen fustal en pinos. Libro técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México D. F. 34 p.