

## TABLAS DE VOLUMEN TOTAL Y COMERCIAL DE *Cedrelinga catenaeformis* Ducke “TORNILLO” PARA PLANTACIONES EN LORETO, PERÚ

ErasmO Otárola Acevedo<sup>1</sup>, Carlos Linares Bensimón<sup>2</sup>

---

### RESUMEN

Se utilizó información de 197 árboles cosechados de *Cedrelinga catenaeformis*, procedentes de ensayos silviculturales en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera, en Loreto, de los cuales 75 árboles tenían 25 años y pertenecían a la plantación 401-74, 81 árboles tenían 21 años y pertenecían a las plantaciones 202-73 y 209-74, y 41 árboles tenían 20 años pertenecientes a la plantación 103-75. Se probaron quince modelos de regresión y se escogió el de mejor ajuste en base al coeficiente de determinación y el índice de Fúrnival. Se ajustaron las ecuaciones y se generaron tablas de doble entrada, que permiten estimar el volumen total con corteza, el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del árbol. Para el volumen total con corteza el modelo logarítmico fue el de mejor ajuste con un coeficiente de determinación ajustado de 96%, e índice de Fúrnival de  $4.11 \times 10^{-2}$  para todos los sitios y espaciamientos. Para el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior, el modelo de mejor ajuste fue el del volumen en función del diámetro al cuadrado y la altura, con un coeficiente de determinación ajustado de 81.3%, y un índice de Fúrnival de  $3.35 \times 10^{-2}$ , también para todos los sitios y espaciamientos.

**Palabras clave:** *Cedrelinga catenaeformis*, tablas de volumen, plantaciones forestales, índice de fúrnival.

### ABSTRACT

The information used was from 197 harvested *Cedrelinga catenaeformis* trees coming of silvicultural essays from the Research Center Jenaro Herrera, in Loreto, of which 75 trees were 25 years old and belonged to the plantation 401-74, 81 trees were 21

---

1 MSc. Especialista Manejo de Bosques, Investigador del Programa de Ecosistemas Terrestres, IIAP.

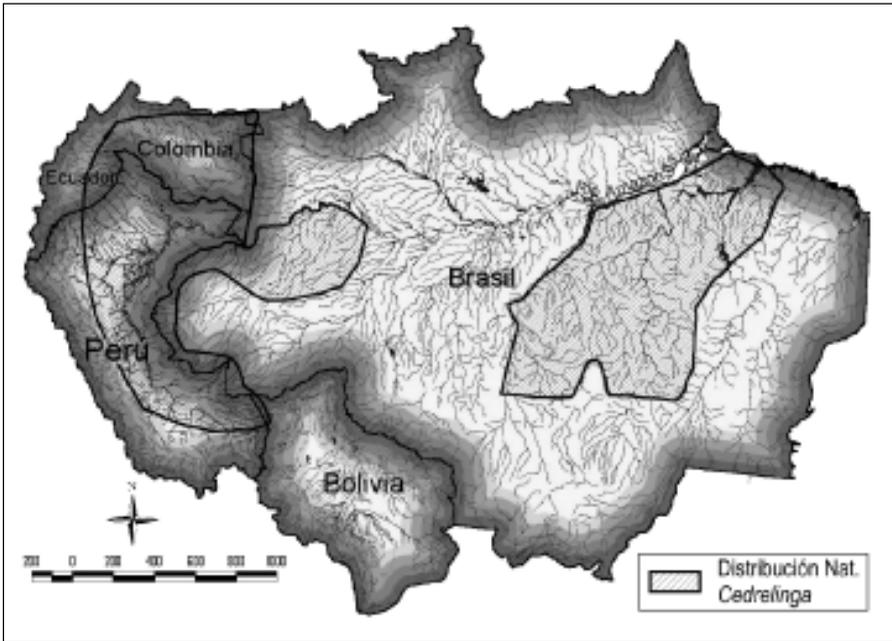
2 Ph.D. Director del Programa de Ecosistemas Terrestres, IIAP.

years old and belonged to the plantations 202-73 and 209-74 and 41 trees were 20 years old belonging to the plantation 103-75. Fifteen models of regression were tested and the ones with better adjustment were chosen, based on the determination coefficient and Fúrnival index. The equations were adjusted and double-entry tables were generated, allowing to estimate the total volume with bark, the commercial volume without bark up to 20 cm of diameter of the upper portion of the tree. For the total volume with bark, the logarithmic model was the one with better adjustment with a adjusted determination coefficient of 96 percent and Fúrnival index of  $4.11 \times 10^{-2}$ , for all the sites and distances. For the commercial volume without bark up to 20 cm of diameter in its upper portion, the model of better adjustment was the one of the volume in function of diameter to the square and height, with a adjusted determination coefficient of 81.3 percent and an Fúrnival index of  $3.35 \times 10^{-2}$  also for all the sites and distances.

**Key words:** *Cedrelinga catenaeformis*, volume tables, Fúrnival index, forest plantations

## 1. INTRODUCCIÓN

La especie *Cedrelinga catenaeformis* Ducke “tornillo” (familia Fabaceae) (Brako, L. Zarucchi J., 1993), es nativa del bosque tropical sudamericano (Amazonía peruana, brasileña, colombiana, ecuatoriana y surinamense, ver Figura 1). Su rango altitudinal va desde los 120 hasta los 800 msnm, con temperaturas que varían desde los 15°C hasta los 38°C, y precipitaciones entre 2 500 a 3 800 mm anuales. Habita naturalmente en lugares húmedos y hasta pantanosos, con presencia de humus, en los bosques altos de tierra firme prefiere las nacientes y cursos superiores de los ríos en suelos arcillosos (Freitas, M., Medeiros, L. y de Lima, A. 1992). En Jenaro Herrera, los árboles semilleros ocupan los bosques de terraza alta no inundable con topografía ondulada y suelos ultisoles (Aróstegui y Díaz, 1992), coincidiendo con Malleux (1975) respecto a que en el Perú *Cedrelinga catenaeformis*, se encuentra en bosques de colina. Vidaurre (1997), focaliza que en la zona transicional entre Bosque muy húmedo-Premontano Tropical a Bosque húmedo tropical se encuentra la mayor frecuencia de *Cedrelinga catenaeformis*.



**Figura 1.** Distribución natural del género *Cedrelinga* en la cuenca amazónica (Huck, 1978)

Esta especie es considerada de alta importancia comercial en la Amazonía peruana. La producción de madera rolliza y aserrada en 1997 fue de 207 397 m<sup>3</sup> y 128 676 m<sup>3</sup>, respectivamente (INRENA, 1997); siendo por estos niveles de extracción, prioritaria su reposición. Varios autores recomiendan *C. catenaeformis* para establecer plantaciones comerciales debido a que presenta buen crecimiento en diámetro y altura, y alto porcentaje de sobrevivencia en campo abierto y en fajas, sobresaliendo en la reforestación de áreas abandonadas de ladera. Los ensayos silviculturales en el CIJH la catalogan como sobresaliente para estos fines, siendo su madera muy aceptada por el mercado y recomendada para estructuras, carpintería, construcciones navales (maderámen) y costillas, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería (Aróstegui *et al*, 1970). En algunas regiones de la Amazonía peruana se han establecido plantaciones forestales con esta especie, siendo necesarias ecuaciones o tablas que permitan estimar adecuadamente los volúmenes totales y comerciales que produzcan estos rodales permitiendo, de este modo, calcular con certidumbre el rendimiento y rentabilidad de los mismos, y además, tomar acertadas decisiones silviculturales.

## Área de estudio

### Ubicación

Las plantaciones forestales, utilizadas en el ensayo, se encuentran ubicadas en los terrenos pertenecientes al Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH), estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Las instalaciones del CIJH, se encuentran a 2.8 km de la Villa de Jenaro Herrera (4°55'S, 73°44'O), perteneciente al distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, en el departamento de Loreto.

### Clima

En la estación meteorológica instalada en los terrenos del CIJH se ha registrado una precipitación promedio anual de 2 730 mm, para un periodo de observación de 22 años (1972 – 1994). Abril es el mes que históricamente registra una mayor precipitación de 294.3 mm y julio la de menor, llegando a 155.2 mm. El período más lluvioso comprende los meses entre octubre y mayo (más de 200 mm mensuales) siendo los más intensos entre enero y abril; el período menos lluvioso comprende de junio a setiembre.

La temperatura media anual en el período anteriormente mencionado fue de 26.9°C, con una variación de 2°C. La temperatura mínima y máxima promedio es de 21.1°C y 32.6°C, respectivamente. Las temperaturas absolutas más elevadas (hasta 37.6°C), se pueden encontrar en dos épocas: en enero, febrero y marzo y en agosto, setiembre, octubre. Las más bajas (hasta 11.4°C), aparecen casi cada año en julio, o algunas veces en junio, agosto o setiembre.

Las horas de sol varían entre 56.2 (marzo 1979) y 217.4 (julio 1983). La presencia de un ritmo anual para este parámetro es evidente. El número de horas de sol es más bajo en febrero, marzo y abril (casi 100 h) que en los meses de julio, agosto y setiembre (alrededor de 170 h). Por término medio hay 1 652 horas de sol al año. Los años 1974 y 1977 fueron lo menos soleados (unas 1 500 h), mientras que el año 1983 tuvo el máximo de horas de sol (1 876 h).

En resumen, el clima de Jenaro Herrera se caracteriza por tener una estación relativamente seca y soleada –más importante unos años que otros-, durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre, época en la que se registran las temperaturas más bajas debido a la influencia del aire polar procedente del sur. El resto del año es húmedo, con menos sol y un poco más caliente; pero puede haber otra estación seca más corta entre diciembre y marzo (Gautier y Spichinger, 1986).

## Fisiografía

La zona de Jenaro Herrera presenta dos paisajes bien diferenciados: La planicie aluvial fluvial y la zona de altura (tierra firme), (López Parodi y Freitas, 1990). En la zona de altura o “tierra firme” se identifican tres grandes unidades fisiográficas: la terraza baja; la terraza alta y la colina baja. Todas las plantaciones utilizadas para este estudio se localizan en terraza alta, la que se muestra como una extensa llanura, cruzada por depresiones de 6 a 12 m de profundidad y de 10 a 300 m de ancho. El fondo de los valles es plano y se denominan localmente bajiales, estos son recorridos por quebradas que forman meandros y laderas con pendientes que superan el 10%.

## Suelos

Las plantaciones han sido instaladas sobre suelos de diferentes texturas que van desde arena franca hasta franco arcillo arenoso. El color predominante de los suelos es amarillo anaranjado, y se caracterizan por ser fuertemente ácidos (de 3.9 a 4.6 de pH); presenta una estructura granular con fuerte presencia de raíces hasta una profundidad de 60-70 cm, por debajo de la cual la estructura se transforma en masiva. Algunos suelos presentan un horizonte superior grisáceo bien desarrollado (Claussi *et al.*, 1992).

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó información de 197 árboles cosechados de *Cedrelinga catenaeformis*, procedentes de ensayos silviculturales en el centro de Investigaciones de Jenaro Herrera, con semilla procedente de árboles semilleros seleccionados en el área de influencia del CIJH, en Loreto (Aróstegui, Díaz, 1992). De los árboles ensayados, 75 tenían 25 años y pertenecían a la plantación 401-74 con un distanciamiento inicial de 3 x 4 m entre especies (plantación mixta tornillo – marupá), 81 árboles tenían 21 años y pertenecían a las plantaciones 202-73 y 209-74 (distanciamiento inicial de 2 x 2 m y 4 x 2 m, respectivamente), y 41 árboles tenían 20 años pertenecientes a la plantación 103-75 con un distanciamiento inicial de 3 x 3 m. Algunos de los ejemplares se utilizaron para ensayos tecnológicos y otros fueron aserrados para la construcción de muebles para el mismo centro.

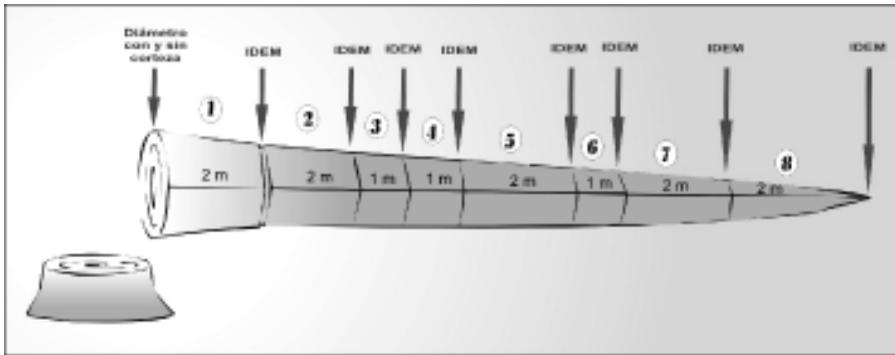
La muestra incluyó por lo menos 1 árbol por clase diamétrica de 2 cm; en el rango que va desde los 10 cm hasta los 41 cm de DAP, se muestrearon, en algunas clases diamétricas, más de 30 individuos. A partir de este valor la muestra fue menos representativa, muestreándose individuos de hasta 88 cm (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Distribución de frecuencia de 197 árboles de *Cedrelinga catenaeformis* medidos en Jenaro Herrera, Loreto, bajo 4 tipos de espaciamiento, para la elaboración de tablas de volumen total y comercial

**Punto medio de las clases de DAP (cm)**

10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	54	60	66	72	78	84
1	1	4	23	38	41	32	20	3	8	5	6	5	2	2	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	1

En cada uno de los árboles cortados (197), se midió la longitud total y comercial, y se marcaron secciones cada 1 ó 2 m, dependiendo de la forma del fuste. En cada una de la secciones se midió con precisión: diámetro con corteza, diámetro sin corteza y se verificó la longitud de la misma (Figura 2).



**Figura 2.** Medición de tríos (diámetro con corteza, diámetro sin corteza y largo de sección) para obtener el perfil fustal para ecuaciones de volumen de *C. catenaeformis* (en el ejemplo medición de 8 tríos)

Para el levantamiento de la información se utilizó el formulario MIRA para mediciones de árboles en secciones (CATIE form 7/1).

### **Análisis de la Información**

Para el análisis de regresión de volumen se utilizaron los programas VOLCAL y VOLREG del paquete estadístico Palmer (PSP). El VOLCAL calcula los volúmenes con y sin corteza y a diferentes diámetros mínimos de cada sección de los árboles medidos, utilizando la fórmula Smalian y la fórmula de Cono para las Puntas, obteniéndose promedios fustales de diámetro, altura y volumen, así como los gráficos de DAP contra altura, volumen contra DAP y contra altura. Adicionalmente, se estimaron factores de forma para cada árbol, para analizar posibles efectos del espaciamiento sobre este parámetro. Así mismo, se realizó análisis gráfico y de correlación del porcentaje de corteza con todos los factores dasométricos, para estos últimos análisis se utilizó el módulo estadístico de Excel, de Microsoft.

Utilizando los volúmenes reales calculados por VOLCAL, con el programa VOLREG se probaron 15 modelos de regresión (Cuadro 2), para estimar las ecuaciones de volumen total y volumen comercial sin corteza, hasta 20 cm de diámetro mínimo en la parte superior, sin incluir tocón. Se realizó los respectivos análisis de varianza, análisis de residuales y otros índices de ajuste para cada modelo.

**Cuadro 2.** Modelos de regresión probados para desarrollo de ecuaciones de volumen total y comercial de *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú

N°	Modelo
1.	$V = \text{fn}(D)$
2.	$V = \text{fn}(D, D^2)$
3.	$V = \text{fn}(D^2)$
4.	$V = \text{fn}(D^2H)$
5.	$V = \text{fn}(D^2, H, D^2H)$
6.	$V = \text{fn}(D^2, DH, D^2H)$
7.	$\text{Ln } V = \text{fn}(\text{Ln } D)$
8.	$\text{Ln } V = \text{fn}(\text{Ln } D, \text{Ln } H)$
9.	$V/D^2 = \text{fn}(1/D^2, 1/D)$
10.	$V/D^2 = \text{fn}(1/D^2)$
11.	$V/D^2H = \text{fn}(1/D^2H)$
12.	$V/D^2 = \text{fn}(1/D^2, H/D^2, H)$
13.	$V/D^2H = \text{fn}(1/D^2H, 1/H, 1/D^2)$
14.	$V/D^2 = \text{fn}(1/D^2, H/D, H)$
15.	$V/D^2H = \text{fn}(1/D^2H, 1/H, 1/D)$

Donde: D = diámetro a la altura del pecho, H = altura total, V = volumen

La selección de los mejores modelos se realizó con base a la prueba F para el modelo, prueba de t para los coeficientes, estimación del índice de Fúrnival (comparación entre modelos) y coeficiente de determinación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 3 muestra los valores dasométricos promedio por espaciamiento de los 197 árboles muestreados para este experimento. Esta agrupación permitió observar una relación directa entre espaciamientos promedio, DAP y volumen total. Al comparar volúmenes comerciales entre espaciamientos, el mayor del experimento (4 x 3 m) presentó, a una edad similar, un volumen comercial promedio varias veces mayor que los espaciamientos menores. Al analizar la influencia del distanciamiento sobre los volúmenes por hectárea, se observa una clara relación entre el volumen comercial

y el distanciamiento, así para un distanciamiento de 2 x 2 m sólo se obtiene 90 m<sup>3</sup>/ha, a una edad promedio de 23 años, mientras que a un distanciamiento de 4 x 3 m se obtiene 322 m<sup>3</sup>/ha a la misma edad. La relación se invierte cuando se trata de volumen total (biomasa), obteniéndose un volumen de 645 m<sup>3</sup>/ha a un distanciamiento de 2 x 2 m y de sólo 613 m<sup>3</sup>/ha a un distanciamiento de 4 x 3 m. El factor de forma para el volumen total con corteza también presenta diferencias entre distanciamientos, encontrándose valores entre 0.469 hasta 0.542, siendo el promedio muy cercano a 0.5.

**Cuadro 3.** Valores dasométricos promedio para 197 árboles seleccionados de *Cedrelinga catenaeformis*, bajo diferentes distanciamientos iniciales en Jenaro Herrera, Loreto, Perú

Plantación	Dist. Inicial (m x m)	Nº (#)	dap (cm)	Alt (m)	VoltotalCc (m3)	VoltotalSc (m3)	Volcom (m3)	ff	Corteza (%)
202-73	2 x 2	25	19.6	17.2	0.258	0.216	0.036	0.498	15.99
103-75	3 x 3	41	18.7	19.7	0.253	0.206	0.019	0.469	19.07
209-74	4 x 2	56	20.4	18.5	0.285	0.237	0.047	0.474	16.83
401-74	4 x 3	75	27.5	22.9	0.736	0.612	0.386	0.542	16.88
<b>Promedio</b>		<b>197</b>	<b>21.5</b>	<b>19.5</b>	<b>0.383</b>	<b>0.318</b>	<b>0.122</b>	<b>0.496</b>	<b>17.19</b>

Dist. Inicial: Distanciamiento inicial

Nº : Tamaño de muestra

Dap: Diámetro promedio en cm.

Alt : Altura total promedio en m

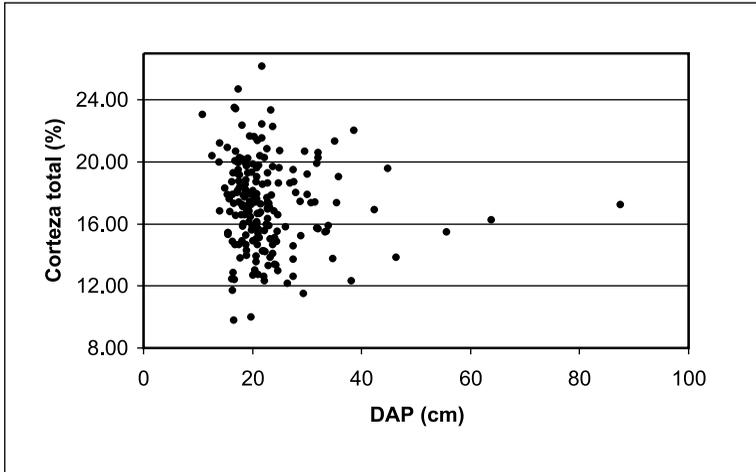
VoltotalCc : Volumen total con corteza promedio por árbol

VoltotalSc : Volumen total sin corteza promedio por árbol

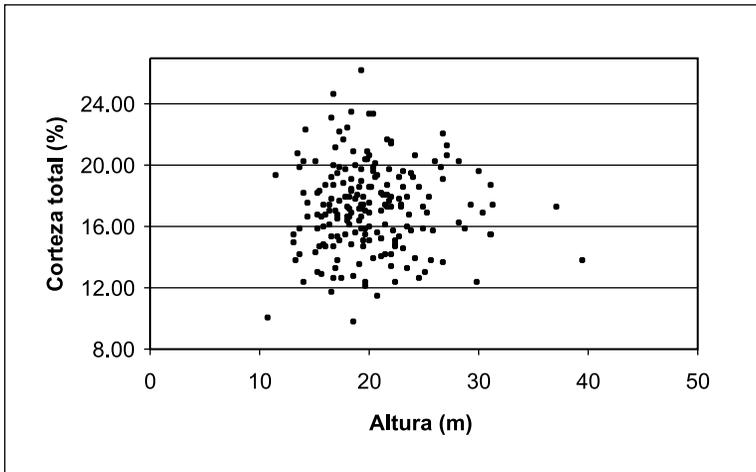
Volcom : Volumen comercial promedio por árbol

ff : Factor de forma real

Esta especie presenta altos porcentajes de corteza que oscilan entre 9.8% y 26.2% del volumen total en todos los espaciamientos. Un análisis gráfico del porcentaje de corteza con el DAP y la altura indican que no existe una relación entre estas variables, es decir, el porcentaje de corteza no se ve explicado por el DAP ni por la altura total del árbol (Figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Gráfica del porcentaje de corteza total y DAP para árboles de *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú



**Figura 2.** Gráfica del porcentaje de corteza total y altura para árboles de *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú

Por lo que no es posible desarrollar una ecuación que explique el porcentaje de corteza en base a estas variables.

En el Cuadro 4 se presentan los valores de F, los coeficientes de determinación, los cuadrados medios del error, el índice de Fúrnival y las pruebas de t de los coeficientes para los mejores modelos y para todos los espaciamientos en las ecuaciones de volumen total con corteza.

**Cuadro 4.** Resumen de las pruebas de 15 modelos para estimar el volumen total con corteza de *Cedrelinga catenaeformis* en Jenaro Herrera, Loreto, Perú

Modelo	F	Sig	R <sup>2</sup> Ajt	RMS ‘Y’	IF	T1	Sig	T2	Sig	T3	Sig
1.	1357.53	***	0.8738	2.3475E-01	2.3475E-01	36.845	***				
2.	5239.19	***	0.9816	8.9535E-02	8.9535E-02	1.606	N/S	33.859	***		
3.	10391.61	***	0.9815	8.9897E-02	8.9897E-02	101.939	***				
4.	5167.98	***	0.9635	1.2630E-01	1.2630E-01	71.889	***				
5.	3627.21	***	0.9823	8.7893E-02	8.7893E-02	14.323	***	3.152	**	0.431	N/S
6.	3524.01	***	0.9818	8.9148E-02	8.9148E-02	12.770	***	2.064	*	0.776	N/S
7.	2736.68	***	0.9331	1.6786E-01	5.4804E-02	52.313	***				
8.	2508.62	***	0.9624	1.2590E-01	4.1106E-02	42.174	***	12.354	***		
9.	57.87	***	0.3672	1.1130E-04	5.2162E-02	9.438	***	10.322	***		
10	5.97	*	0.0247	1.3818E-04	6.4757E-02	2.443	*				
11	123.42	***	0.3845	4.8309E-06	4.4747E-02	11.110	***				
12	80.88	***	0.5501	9.3852E-05	4.3984E-02	1.391	N/S	0.373	N/S	9.901	***
13	41.14	***	0.3806	4.8461E-06	4.4888E-02	1.373	N/S	0.645	N/S	0.131	N/S
14	82.81	***	0.5560	9.3234E-05	4.3695E-02	4.832	***	1.645	N/S	11.586	***
15	44.92	***	0.4020	4.7617E-06	4.4106E-02	5.358	***	0.063	N/S	2.631	**

Para la estimación del volumen total con corteza se escogió el modelo número 8 (logarítmico) por presentar el mayor coeficiente de determinación y el menor índice de Fúrnival, la prueba t para los coeficientes y la prueba F para el modelo, también fueron determinantes, lo que por varias regresiones múltiples permitió estimar la mejor ecuación para volumen total con corteza con los siguientes resultados:

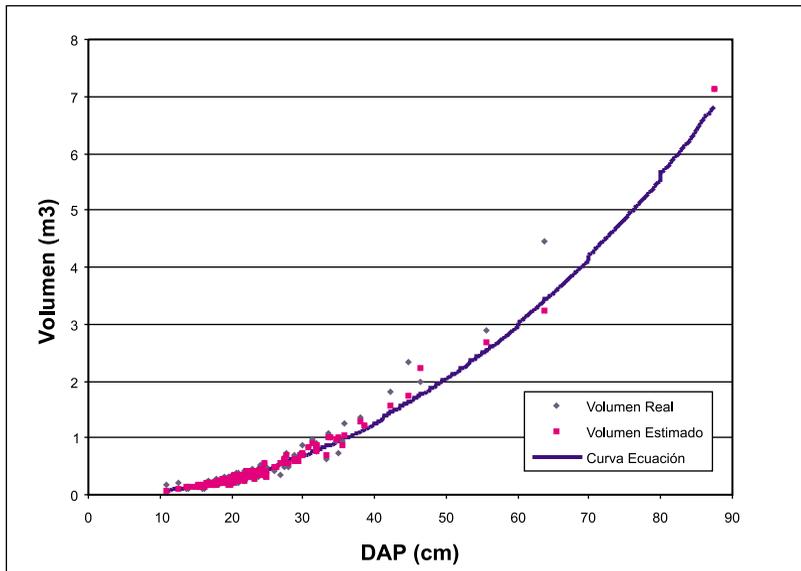
$$\ln(VT_{cc}) = -9.048687699191 + 1.88932642342 \times \ln(D) + 0.710407125030 \times \ln(H)$$

$R^2$ Ajustado: 0.962 C.V.: 11.25 Índice de Fúrnival: 0.041106

Donde:  $VT_{cc}$ : Volumen total con corteza, D: Diámetro Altura del Pecho, H: Altura Total

Con esta ecuación se desarrolló la tabla de volumen total con corteza (Anexo 1).

La Figura 3 muestra el comportamiento del volumen total con corteza, en función del diámetro para todos los tipos de espaciamiento, de éste se deduce que el modelo logarítmico estima con precisión el volumen hasta 40 cm de DAP, a partir del cual existe una ligera subestimación de este valor debido a una menor muestra en estas clases diamétricas.



**Figura 3.** Desarrollo del volumen total con corteza para *Cedrelinga catenaeformis*, utilizando el modelo logarítmico para todos los espaciamientos en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú

En el Cuadro 5 se presentan los valores de F, los coeficientes de determinación, los cuadrados medios del error, el índice de Fúrnival y las pruebas de t de los coeficientes para los mejores modelos y para todos los espaciamientos en las ecuaciones de volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco y sin incluir tocón.

**Cuadro 5.** Resumen de las pruebas de 15 modelos para estimar el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco para *Cedrelinga catenaeformis* en Jenaro Herrera, Loreto, Perú

Modelo	F	Sig	R <sup>2</sup> Ajt	RMS 'Y'	IF	T1	Sig	T2	Sig	T3	Sig
1.	1735.6553	***	0.9233	1.5351E-01	1.5351E-01	41.661	***				
2.	3466.5850	***	0.9796	7.9105E-02	7.9105E-02	3.444	**	19.914	***		
3.	6432.7495	***	0.9781	8.2054E-02	8.2054E-02	80.204	***				
4.	2970.5105	***	0.9537	1.1925E-01	1.1925E-01	54.502	***				
5.	2331.1311	***	0.9798	7.8776E-02	7.8776E-02	13.648	***	3.338	**	2.644	**
6.	2466.1270	***	0.9809	7.6631E-02	7.6631E-02	12.826	***	4.447	***	2.804	**
7.	468.3739	***	0.7645	7.7709E-01	5.2161E-02	21.642	***				
8.	240.9058	***	0.7692	7.6931E-01	5.1639E-02	14.984	***	1.977	*		
9.	478.2278	***	0.8689	6.7827E-05	3.8460E-02	2.319	*	7.048	***		
10	676.4955	***	0.8243	7.8527E-05	4.4528E-02	26.010	***				
11	201.6250	***	0.5822	4.2650E-06	5.0019E-02	14.199	***				
12	343.7037	***	0.8771	6.5661E-05	3.7232E-02	0.110	N/S	6.320	***	7.963	***
13	203.0350	***	0.8080	2.8909E-06	3.3903E-02	0.555	N/S	0.621	N/S	6.855	***
14	333.5306	***	0.8739	6.6533E-05	3.7727E-02	4.326	***	5.935	***	7.596	***
15	209.7332	***	0.8130	2.8529E-06	3.3458E-02	2.722	**	3.990	***	7.213	***

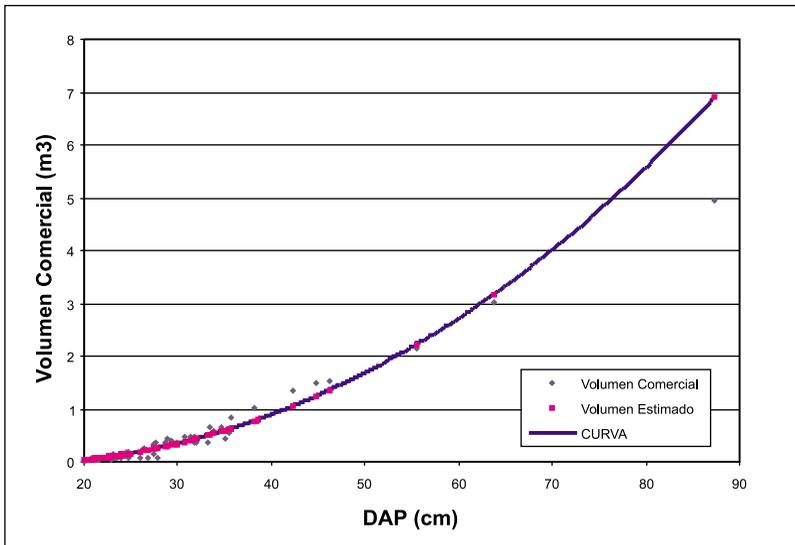
Para la estimación del volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco, sin incluir tocón, se escogió el modelo número 15 (polinómica mixta) por presentar el mayor coeficiente de determinación y el menor índice de Fúrnival. La prueba t para los coeficientes y la prueba F para el modelo también fueron determinantes, lo que, por varias regresiones múltiples, permitió estimar la mejor ecuación para volumen comercial sin corteza obteniéndose los siguientes resultados:

$$VC_{sc} = -5.71242E-02 + 2.11385E-04 \times D^2 - 5.40695E-04 \times DH + 2.71391E-05 \times D^2H$$

R<sup>2</sup>Ajustado: 0.813 C.V.: 33.58 Índice de Fúrnival: 0.033458

Donde: VCsc: Volumen comercial sin corteza, D: Diámetro Altura del Pecho, H: Altura Total

La Figura 4 muestra el comportamiento del volumen comercial sin corteza sin incluir tocón hasta 20 cm de diámetro mínimo en la parte superior del tronco, en función del diámetro para todos los tipos de espaciamiento, de este se deduce que el modelo polinómico mixto estima con precisión el volumen hasta 60 cm de DAP, a partir del cual existe una gran sobrestimación de este valor debido a una menor muestra en estas clases diamétricas, motivo por el cual, se recomienda utilizar la ecuación sólo hasta este diámetro. Igualmente, en el Anexo 2, se presenta la tabla de volumen hasta 60 cm de diámetro a la altura del pecho.



**Figura 4.** Desarrollo del volumen comercial sin corteza para *Cedrelinga catenaeformis*, utilizando el modelo exponencial (20 cm de diámetro mínimo) para todos los espaciamientos en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La muestra de árboles tomada en el campo varió de 10.8 cm hasta 87.4 cm de diámetro a la altura del pecho, y de 10.7 m hasta 39.4 m de altura total. El volumen total tuvo una variación de 0.11 m<sup>3</sup> hasta 7.11 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de la muestra varió de 0.05 m<sup>3</sup> hasta 4.94 m<sup>3</sup>.

El factor de forma para el volumen total con corteza presentó una relación directa con el distanciamiento, encontrándose valores entre 0.469 (2 x 2 m) hasta 0.542 (4 x 3 m), siendo el promedio muy cercano a 0.5.

Existe una relación directamente proporcional entre el distanciamiento inicial de la plantación y el volumen comercial por hectárea. Para el volumen total se encontró una relación inversamente proporcional con el distanciamiento. Así, si el reforestador tiene por objetivo obtener el mayor volumen maderable deberá utilizar un distanciamiento de 4 x 3 m, pero si desea priorizar biomasa deberá utilizar un distanciamiento menor como 2 x 2 m.

Se observó una relación directa entre el diámetro a la altura del pecho, el volumen total calculado y el distanciamiento, esta relación es mayor aun al comparar los volúmenes comerciales con el espaciamento, esto permite concluir que el raleo oportuno es de importancia prioritaria para el manejo comercial de una plantación de Tornillo.

*C. catenaeformis* presenta altos porcentajes de corteza que oscilan entre 9.8% y 26.2% del volumen total, en todos los espaciamentos.

No se encontró ninguna relación entre el porcentaje de corteza y el diámetro, altura y volúmenes de árboles individuales (Anexo 3).

Para el volumen total con corteza el modelo que dio el mejor ajuste fue el logarítmico, para el volumen comercial sin corteza hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco sin incluir tocón, el modelo polinómico mixto presentó un mejor ajuste. Para *Cedrelinga catenaeformis*, en Loreto, se recomienda utilizar estos dos modelos.

Se recomienda el muestreo de árboles mayores a 60 cm de DAP para el afinamiento de la ecuación de volumen comercial o elaboración de una nueva para DAPs superiores a este valor.

Se recomienda utilizar las ecuaciones de volumen comercial para realizar análisis financieros de los diferentes espaciamientos, bajo las condiciones actuales de mercado de la especie y sus productos de mayor valor agregado, a fin de determinar el de mayor rentabilidad.

Se recomienda elaborar tablas de predicción de productos en base a la distribución de las clases diamétricas y productos de mayor valor agregado para la especie.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: con referencia especial a los trópicos. V2 22/2.

ARÓSTEGUI A. y DIAZ, M. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera, Centro de investigaciones de Jenaro Herrera, IIAP, Loreto Perú, 119 p

BRAKO L., ZARICCHI L. 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Missouri botanical garden. 1286 p.

CATIE. 1994. Grandis (*Eucalyptus grandis*): especie de árbol de uso múltiple en América Central. Madeleña-3. CATIE. Turrialba Costa Rica, N° 15. 34 p.

FREITAS, M., MEDEIROS, L. y DE LIMA, A. 1992. Leguminosas de la Amazonia brasilera – II Cedrelinga Ducke (Leg. Mimos.) Bot. Mus. Para. Emilio Goeldi. Ser. Bot. 8(1): 143-156.

GAUTIER L., SPICHIGER R. 1986. Ritmos de reproducción en el estrato arbóreo del Arboretum Jenaro Herrera (provincia de Requena, departamento de Loreto, Perú) Contribución al estudio de la flora y de la vegetación de la Amazonía peruana. Conservatorio y jardín botánico de Ginebra, Organización Suiza para el desarrollo y la cooperación, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 16 p.

LÓPEZ PARODI J. y FREITAS D., 1990. Geographical aspects of forested wetlands in the Lower Ucayali, Peruvian Amazonia. Forest Ecol. Man. 33/34: 157 – 168.

- OTAROLA, A. E. 1996. Productividad y cuantificación económica de los productos provenientes de raleos en plantaciones forestales de *Eucalyptus*, *Pinus* y *Cupressus* en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE 109 p.
- SALAS, F. 1993. Costos e ingresos del raleo de una plantación pura de *Eucalyptus deglupta*, en Turrialba. CATIE, Proyecto Madeleña Silvoenergía N° 54 8 p.
- SPICHINGER R., MEROZ J., LOIZEAU P., STUTZ DE ORTEGA L. 1989. Contribución a la flora de la amazonía peruana. Conservatorio y jardín botánico de Ginebra, Organización Suiza para el desarrollo y la cooperación, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Tomo I. 363 p.
- VASQUEZ C., y UGALDE L., 1995. Tablas de volumen y productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica, Turrialba C.R. CATIE. Proyecto de disseminación del cultivo de árboles de uso múltiple. 30 p.



Altura Total (m)															
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0,4725															
0,5104	0,5248														
0,5497	0,5652	0,5806													
0,5903	0,6070	0,6235	0,6398												
0,6323	0,6501	0,6678	0,6853	0,7026											
0,6756	0,6947	0,7136	0,7323	0,7507	0,7690	0,7872									
0,7203	0,7407	0,7608	0,7807	0,8004	0,8199	0,8392	0,8584	0,8774							
0,7663	0,7880	0,8094	0,8306	0,8516	0,8723	0,8929	0,9132	0,9334	0,9534	0,9733					
0,8137	0,8367	0,8594	0,8819	0,9042	0,9262	0,9481	0,9697	0,9911	1,0124	1,0334	1,0543	1,0750			
0,8624	0,8868	0,9109	0,9347	0,9583	0,9817	1,0048	1,0277	1,0505	1,0730	1,0953	1,1174	1,1394	1,1612	1,1828	1,2043
0,9125	0,9382	0,9637	0,9890	1,0139	1,0386	1,0631	1,0874	1,1114	1,1352	1,1589	1,1823	1,2055	1,2286	1,2515	1,2742
0,9638	0,9911	1,0180	1,0446	1,0710	1,0971	1,1230	1,1486	1,1740	1,1991	1,2241	1,2488	1,2734	1,2977	1,3219	1,3459
1,0165	1,0452	1,0736	1,1017	1,1296	1,1571	1,1844	1,2114	1,2382	1,2647	1,2910	1,3171	1,3430	1,3687	1,3942	1,4195
1,0705	1,1008	1,1307	1,1603	1,1896	1,2186	1,2473	1,2757	1,3039	1,3319	1,3596	1,3871	1,4143	1,4414	1,4682	1,4949
1,1258	1,1577	1,1891	1,2202	1,2510	1,2815	1,3117	1,3417	1,3713	1,4007	1,4299	1,4588	1,4874	1,5159	1,5441	1,5721
1,1825	1,2159	1,2489	1,2816	1,3140	1,3460	1,3777	1,4091	1,4403	1,4712	1,5018	1,5321	1,5622	1,5921	1,6218	1,6512
1,2404	1,2755	1,3101	1,3444	1,3783	1,4119	1,4452	1,4782	1,5109	1,5432	1,5754	1,6072	1,6388	1,6701	1,7012	1,7321
1,2997	1,3364	1,3727	1,4086	1,4442	1,4794	1,5142	1,5488	1,5830	1,6169	1,6506	1,6840	1,7171	1,7499	1,7825	1,8148
1,3602	1,3986	1,4366	1,4742	1,5114	1,5483	1,5848	1,6209	1,6568	1,6923	1,7275	1,7624	1,7970	1,8314	1,8655	1,8994
1,4220	1,4622	1,5019	1,5413	1,5802	1,6187	1,6568	1,6946	1,7321	1,7692	1,8060	1,8425	1,8787	1,9147	1,9503	1,9857
1,4852	1,5271	1,5686	1,6097	1,6503	1,6905	1,7304	1,7698	1,8090	1,8477	1,8862	1,9243	1,9621	1,9997	2,0369	2,0739
1,5496	1,5934	1,6367	1,6795	1,7219	1,7639	1,8054	1,8466	1,8874	1,9279	1,9680	2,0078	2,0472	2,0864	2,1252	2,1638
1,6153	1,6609	1,7060	1,7507	1,7949	1,8386	1,8820	1,9249	1,9674	2,0096	2,0514	2,0929	2,1340	2,1748	2,2154	2,2556
1,6823	1,7298	1,7768	1,8233	1,8693	1,9149	1,9600	2,0047	2,0490	2,0930	2,1365	2,1797	2,2225	2,2650	2,3072	2,3491
1,7505	1,8000	1,8489	1,8973	1,9452	1,9926	2,0396	2,0861	2,1322	2,1779	2,2232	2,2681	2,3127	2,3569	2,4008	2,4444
1,8201	1,8715	1,9223	1,9727	2,0224	2,0717	2,1206	2,1689	2,2169	2,2644	2,3115	2,3582	2,4046	2,4506	2,4962	2,5415

...Continúa

	Altura Total (m)														
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DAP (cm)															
50															1.8368
51															1.9068
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															



**Anexo 2.** Tabla de volumen comercial sin corteza (m<sup>3</sup>) hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco para *Cedrelinga catenaeformis*, Tornillo, en Loreto

	Altura Total (m)											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
21	0,0422	0,0428	0,0435	0,0441	0,0447	0,0453	0,0459	0,0465	0,0471	0,0478	0,0484	0,0490
22	0,0576	0,0588	0,0601	0,0613	0,0625	0,0638	0,0650	0,0663	0,0675	0,0687	0,0700	0,0712
23	0,0739	0,0758	0,0777	0,0797	0,0816	0,0835	0,0854	0,0873	0,0893	0,0912	0,0931	0,0950
24	0,0912	0,0938	0,0965	0,0992	0,1018	0,1045	0,1071	0,1098	0,1124	0,1151	0,1177	0,1204
25	0,1094	0,1129	0,1163	0,1198	0,1232	0,1267	0,1301	0,1335	0,1370	0,1404	0,1439	0,1473
26		0,1329	0,1372	0,1415	0,1458	0,1501	0,1544	0,1587	0,1630	0,1672	0,1715	0,1758
27		0,1540	0,1592	0,1644	0,1696	0,1748	0,1799	0,1851	0,1903	0,1955	0,2007	0,2059
28			0,1823	0,1884	0,1945	0,2007	0,2068	0,2129	0,2191	0,2252	0,2314	0,2375
29			0,2064	0,2135	0,2207	0,2278	0,2350	0,2421	0,2492	0,2564	0,2635	0,2707
30				0,2398	0,2480	0,2562	0,2644	0,2726	0,2808	0,2890	0,2972	0,3054
31				0,2672	0,2765	0,2858	0,2951	0,3044	0,3138	0,3231	0,3324	0,3417
32					0,3062	0,3167	0,3271	0,3376	0,3481	0,3586	0,3691	0,3796
33					0,3370	0,3487	0,3605	0,3722	0,3839	0,3956	0,4073	0,4190
34						0,3821	0,3951	0,4081	0,4210	0,4340	0,4470	0,4600
35						0,4166	0,4310	0,4453	0,4596	0,4739	0,4882	0,5026
36							0,4681	0,4839	0,4996	0,5153	0,5310	0,5467
37							0,5066	0,5238	0,5409	0,5581	0,5752	0,5924
38								0,5650	0,5837	0,6023	0,6210	0,6396
39								0,6076	0,6278	0,6480	0,6682	0,6884
40									0,6734	0,6952	0,7170	0,7388
41									0,7204	0,7438	0,7673	0,7907
42										0,7939	0,8190	0,8442
43										0,8454	0,8723	0,8993
44											0,9271	0,9559
45											0,9834	1,0141
46												1,0738
47												1,1351
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												

Altura Total (m)														
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
0,0496	0,0502													
0,0725	0,0737													
0,0970	0,0989	0,1008												
0,1231	0,1257	0,1284												
0,1508	0,1542	0,1577	0,1611											
0,1801	0,1844	0,1887	0,1930											
0,2111	0,2162	0,2214	0,2266	0,2318										
0,2436	0,2498	0,2559	0,2620	0,2682										
0,2778	0,2850	0,2921	0,2992	0,3064	0,3135									
0,3136	0,3218	0,3300	0,3382	0,3464	0,3546									
0,3510	0,3604	0,3697	0,3790	0,3883	0,3976	0,4070								
0,3901	0,4006	0,4111	0,4215	0,4320	0,4425	0,4530								
0,4307	0,4424	0,4542	0,4659	0,4776	0,4893	0,5010	0,5127							
0,4730	0,4860	0,4990	0,5120	0,5250	0,5379	0,5509	0,5639							
0,5169	0,5312	0,5455	0,5599	0,5742	0,5885	0,6028	0,6171	0,6315						
0,5624	0,5781	0,5938	0,6095	0,6252	0,6409	0,6566	0,6723	0,6881						
0,6095	0,6267	0,6438	0,6610	0,6781	0,6953	0,7124	0,7295	0,7467	0,7638					
0,6583	0,6769	0,6955	0,7142	0,7328	0,7515	0,7701	0,7887	0,8074	0,8260	0,8447				
0,7086	0,7288	0,7490	0,7692	0,7894	0,8096	0,8298	0,8499	0,8701	0,8903	0,9105	0,9307			
0,7606	0,7824	0,8042	0,8260	0,8478	0,8696	0,8913	0,9131	0,9349	0,9567	0,9785	1,0003	1,0221		
0,8142	0,8376	0,8611	0,8845	0,9080	0,9314	0,9549	0,9783	1,0018	1,0252	1,0487	1,0721	1,0956	1,1190	
0,8694	0,8945	0,9197	0,9449	0,9700	0,9952	1,0204	1,0455	1,0707	1,0959	1,1210	1,1462	1,1713	1,1965	
0,9262	0,9531	0,9801	1,0070	1,0339	1,0608	1,0878	1,1147	1,1416	1,1686	1,1955	1,2224	1,2494	1,2763	
0,9846	1,0134	1,0421	1,0709	1,0996	1,1284	1,1571	1,1859	1,2146	1,2434	1,2721	1,3009	1,3296	1,3584	
1,0447	1,0753	1,1059	1,1366	1,1672	1,1978	1,2284	1,2591	1,2897	1,3203	1,3509	1,3816	1,4122	1,4428	
1,1064	1,1389	1,1715	1,2040	1,2366	1,2691	1,3017	1,3342	1,3668	1,3994	1,4319	1,4645	1,4970	1,5296	
1,1697	1,2042	1,2387	1,2733	1,3078	1,3423	1,3769	1,4114	1,4460	1,4805	1,5150	1,5496	1,5841	1,6186	
1,2346	1,2711	1,3077	1,3443	1,3809	1,4174	1,4540	1,4906	1,5272	1,5637	1,6003	1,6369	1,6735	1,7100	
1,3011	1,3398	1,3784	1,4171	1,4558	1,4944	1,5331	1,5718	1,6104	1,6491	1,6878	1,7264	1,7651	1,8038	
	1,4100	1,4509	1,4917	1,5325	1,5733	1,6141	1,6549	1,6957	1,7365	1,7774	1,8182	1,8590	1,8998	
	1,4820	1,5250	1,5680	1,6110	1,6541	1,6971	1,7401	1,7831	1,8261	1,8691	1,9121	1,9551	1,9982	
		1,6009	1,6462	1,6914	1,7367	1,7820	1,8272	1,8725	1,9178	1,9630	2,0083	2,0536	2,0988	
		1,6785	1,7261	1,7737	1,8212	1,8688	1,9164	1,9640	2,0115	2,0591	2,1067	2,1543	2,2019	
			1,8078	1,8577	1,9077	1,9576	2,0075	2,0575	2,1074	2,1574	2,2073	2,2572	2,3072	
			1,8913	1,9436	1,9960	2,0483	2,1007	2,1530	2,2054	2,2578	2,3101	2,3625	2,4148	
					2,0313	2,0862	2,1410	2,1958	2,2507	2,3055	2,3603	2,4152	2,4700	2,5248
					2,1209	2,1783	2,2356	2,2930	2,3503	2,4077	2,4650	2,5224	2,5798	2,6371
						2,2722	2,3322	2,3921	2,4520	2,5120	2,5719	2,6319	2,6918	2,7517
						2,3681	2,4307	2,4932	2,5558	2,6184	2,6810	2,7435	2,8061	2,8687
							2,5311	2,5964	2,6616	2,7269	2,7922	2,8574	2,9227	2,9879

### Anexo 3. Análisis de correlación del porcentaje de corteza con parámetros dasométricos para *C. Catenaeformis*, Loreto

	Trios	Dap	Altura	OB0	OB10	OB20	UB0	UB10	UB20	OBC-UB0	%corteza	LNOB0	LND	LNH
Trios	1													
Dap	0.79853095	1												
Altura	0.44761593	0.71230549	1											
OB0	0.87267355	0.935093	0.62610163	1										
OB10	0.86772062	0.93638361	0.62411013	0.99982004	1									
OB20	0.85171696	0.93592241	0.61190358	0.99651711	0.98693456	1								
UB0	0.8693539	0.93549768	0.62634764	0.9996745	0.99956727	0.99661233	1							
UB10	0.86153705	0.93724007	0.62365264	0.99924661	0.99957807	0.99708684	0.99969081	1						
UB20	0.85130871	0.9331485	0.60851217	0.99455512	0.99486231	0.99888567	0.99534218	0.99570557	1					
OBC-UB0	0.88070037	0.92430967	0.61900363	0.99217825	0.99164414	0.98666964	0.98667058	0.98766597	0.98134109	1				
%corteza	0.03658489	-0.07490473	-0.00016171	-0.03887785	-0.04168845	-0.04675774	-0.05799659	-0.06325538	-0.06082107	0.05503296	1			
LNOB0	0.66176391	0.93254185	0.82805163	0.80135895	0.80401077	0.79492355	0.8018317	0.8047335	0.78925766	0.7915016	-0.06493057	1		
LND	0.66291747	0.95415071	0.73624897	0.7934057	0.79612069	0.7929693	0.7942513	0.79782062	0.78783239	0.78179893	-0.10438055	0.96617041	1	
LNH	0.39965388	0.64840107	0.98662844	0.55595202	0.55330178	0.537703113	0.555663691	0.5518798	0.5324379	0.55225995	0.02141956	0.78832717	0.68726224	1

Donde: OB0 = Volumen con Corteza a hasta 0 cm de diámetro en la parte superior del tronco.

OB20 = Volumen con Corteza a hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco.

UB20 = Volumen sin Corteza a hasta 20 cm de diámetro en la parte superior del tronco.