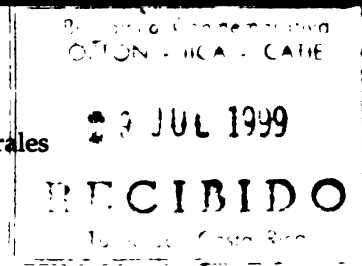


Serie Técnica
Informe Técnico No. 306

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales
Publicación No. 15



*“Tablas de volumen comercial con corteza para
encino, roble y otras especies del bosque
pluvial montano de la cordillera de
Talamanca, Costa Rica*

*Milena Segura
Geoffrey Venegas*

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
Turrialba, Costa Rica, 1999

Índice

Biblioteca Central de la UCA
CRICN - IICA - CAHE

29 JUL 1999

RECIBIDO

<i>Presentación</i>	V
<i>Agradecimientos</i>	VI
<i>Resumen</i>	VII
<i>Summary</i>	IX
<i>Introducción</i>	1
<i>Antecedentes</i>	2
Tablas de volumen	3
Construcción de tablas de volumen	3
Formulación y selección de los modelos de regresión	4
<i>Metodología</i>	7
El área de estudio	7
Selección de la muestra	10
Variables utilizadas	12
Modelos matemáticos	13
<i>Resultados y discusión</i>	15
Representación de árboles por clase diamétrica	15
Modelos seleccionados en la construcción de las tablas de volumen comercial total y comercial neto	18
Uso de las tablas de volumen comercial total y comercial neto	20
<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	21
<i>Bibliografía</i>	22
<i>Anexos</i>	25

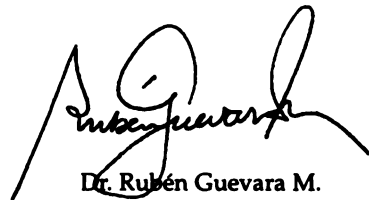


Presentación

La rentabilidad financiera del aprovechamiento forestal es una condición indispensable para que el manejo de los bosques naturales se pueda llevar a cabo de una manera sostenible. Por esta razón, es común que los certificadores forestales exijan una planificación financiera antes de iniciar el manejo. En esta planificación, la cantidad de los diferentes productos que se obtendrán del aprovechamiento debe ser estimada de manera confiable, lo que se hace aplicando ecuaciones alométricas a los datos de inventario forestal.

Afortunadamente, la realización de inventarios forestales antes del aprovechamiento ya es una práctica corriente en Centroamérica y utilizada en varias empresas en Sur América. Sin embargo, para muchas especies y ecosistemas neotropicales no existen ecuaciones alométricas apropiadas. En estos casos, los volúmenes de madera por extraer se estiman usando ecuaciones desarrolladas para especies y condiciones ecológicas distintas, lo que puede llevar a cálculos equivocados de los volúmenes y, por ende, de las ganancias que se obtendrán del aprovechamiento.

Con este trabajo, el CATIE ofrece una solución a este problema para el recurso forestal más extenso que queda en Costa Rica: los bosques montanos. El trabajo es fruto de varios años de investigación que el CATIE, a través de su proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (PROSIBONA), con financiamiento del Gobierno Suizo vía COSUDE, ha llevado a cabo en los bosques montanos de Costa Rica. Con estudios como este, el CATIE busca ofrecer herramientas de fácil uso para mejorar la planificación del manejo forestal sostenible de los principales ecosistemas forestales del neotrópico.



Dr. Rubén Guevara M.
Director General



Agradecimientos

Los autores desean manifestar su agradecimiento al Proyecto PROSIBONA/CATIE por el apoyo recibido para llevar a cabo la publicación. A Marielos Alfaro Murillo, Grace Sáenz Sánchez, Wilberth Jiménez Marín y Juan Antonio Aguirre González por los aportes al documento inicial. Se agradece también la colaboración de Jonhhy Pérez por su contribución en el análisis de los datos. A Hernán Jair Andrade C, Lucio Pedroni por sus valiosos comentarios y sugerencias.



Resumen

Debido al potencial de recursos maderables de los bosques de altura, surgió la necesidad de cuantificar las existencias comerciales totales y netas aprovechables de estos bosques para la industria forestal; para tal fin se construyeron tablas que estiman el volumen a partir de medidas del diámetro, altura comercial total y altura comercial neta.

El estudio se realizó en el Área de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia. Las ecuaciones y tablas de volumen se calcularon con datos de mediciones directas de 757 árboles en total, de las especies *Quercus costaricensis* (encino), *Q. copeyensis* (roble), y otras nueve especies maderables menos frecuentes en los bosques montanos, las cuales fueron agrupadas en una sola categoría.

Para seleccionar las ecuaciones de mejor confiabilidad se probaron 16 modelos de regresión para cada una de las especies principales y para el grupo de especies menores, de los cuales los logarítmicos que relacionan el volumen en función del diámetro y la altura, explican mejor la variabilidad de los datos, con valores de R^2 -ajustados entre 0,97 y 0,99.

Las ecuaciones logarítmicas que relacionan el volumen comercial neto y el volumen comercial total en función del diámetro arrojaron valores de R^2 -ajustados entre 0,85 y 0,95 y entre 0,95 a 0,98 respectivamente. Estos valores muestran que mediante el diámetro se pueden realizar buenas estimaciones del volumen. Asimismo, se relacionó el diámetro con la altura comercial total, para un R^2 -ajustados de 0,61 a 0,78, valores similares a los reportados por otros autores.

Con base en los resultados obtenidos se determinó que el uso de las tablas de volumen comercial total y comercial neto es una herramienta útil para la planificación de las actividades de aprovechamiento forestal en este tipo de bosque, así como para la cuantificación del volumen comercial para la industria de aserrío.



Summary

Montane forests have an important potential for producing timber resources; so, quantification of total and net commercial stocks available was considered important. Volumes were calculated with mathematical formulas based on diameter measurements, total commercial height and commercial height taken during forest inventories.

The study was conducted in the Villa Mills-Siberia Research and Demonstration Area. Volume equations and tables were calculated with data from direct measurements of 757 trees of *Quercus costaricensis* (encino), *Q. copeyensis* (oak), and ten other less common timber species in montane forests, grouped within a single category.

Models were constructed through regression analysis for each of the species, to select the alternative which best fit the data. Selected models explain variability of data, with adjusted-R² values between 0,97 and 0,99. In the net commercial diameter/volume relationship, the adjusted-R² values were between 0,85 and 0,95. For the total commercial diameter/volume ratio, adjusted-R² values were between 0,95 and 0,98. These values demonstrated that good estimations of volume can be achieved through diameter measurements. Diameter was also related to total commercial height, with adjusted-R² values from 0,61 to 0,77, values similar to those reported by other authors.

Based on the results obtained, it was determined that the use of net and total commercial volume tables is a useful tool to plan forest utilization in this type of forest.



Introducción

Los bosques montanos cubren alrededor de un 20% de la superficie forestal remanente de Costa Rica. Tales bosques se han mantenido al margen de la deforestación debido al débil desarrollo de las rutas de acceso, los inconvenientes del clima y pendientes fuertes, la baja densidad de la población y un mercado nacional poco receptivo a la madera de las especies predominantes.

Un aprovechamiento inadecuado de los robledales -como también se les denomina a los bosques montanos, por la dominancia de especies del género *Quercus*-podría causar fuertes impactos negativos en la conservación del régimen hídrico, biodiversidad de flora y fauna y protección de los suelos. Ante este panorama, lo ideal es la implementación de técnicas de manejo forestal mejoradas, dirigidas a satisfacer exigencias ecológicas, sociales y económicas. El planificador forestal está en la obligación de tomar decisiones correctas, con base en la información que posee, para asegurar un éxito a largo plazo y conciliar la protección con la producción.

La contribución del profesional forestal en la administración del recurso boscoso va encaminada específicamente a suministrar técnicas de estimación confiables, las cuales son indispensables para cuantificar las existencias volumétricas de dichos bosques. En promedio, el bosque montano presenta rangos elevados de volúmenes maderables totales en pie de 573 a 713 m³/ha, con valores de área basal de 42,6 a 51,8 m²/ha y de 432 a 463 árboles por hectárea con dap >10 cm (Blaser y Camacho 1991).

Las tablas de volumen comercial neto con corteza (volumen efectivamente comercializable del fuste después de remover las partes defectuosas) y de volumen comercial total con corteza (volumen del fuste hasta la altura de la primera bifurcación) permiten estimar la productividad de los árboles del bosque. Los estimados de volumen comercial basados en medidas del diámetro a la altura del pecho y altura comercial, generalmente sobrestiman el producto de las trozas por comercializar. Ignorar esta sobrestimación puede crear falsas expectativas sobre las posibles ganancias de un aprovechamiento forestal.

Este estudio pretende, entonces:

1. Elaborar tablas de volumen comercial neto y total con corteza de las especies del bosque montano de Costa Rica, para estimar el volumen en pie con base en parámetros de altura y diámetro a la altura del pecho.
2. Probar y seleccionar diferentes modelos de regresión que permitan estimar con mayor confiabilidad el volumen comercial neto y total con corteza, con base en los estadísticos de prueba.



Antecedentes

El manejo forestal muestra sus primeras manifestaciones en Francia en 1280, 1318 y 1346, mediante la intervención estatal para regular las cortas con el propósito de asegurar el mantenimiento sostenido del bosque. En el siglo XIV el procedimiento de regulación de la corta fue por la vía del control de área, y para fines del siglo XVIII se tenían nuevas opciones de manejo, todas con tendencia a controlar la producción por medio del volumen (Mendoza 1983).

Los diversos esquemas de regulación buscan definir una secuencia de prioridades de corta para rodales, según la cantidad específica de existencias de madera. Los métodos de regulación por volumen administran el bosque con base en la cantidad de productos que se extraen; mientras que los métodos de regulación por área enfatizan las consideraciones sobre la masa que queda en pie y que representa los productos que han de cosecharse en el futuro. La regulación por volumen es viable tanto para bosques coetáneos como para los disetáneos (Mendoza 1983).

Bonilla (1967) citado por Rojas (1990), hace referencia a la primera tabla de volumen para el género *Fagus* la cual fue publicada por Heinrich Von Cotta en 1804 partiendo del concepto de que "El volumen de un árbol es dependiente del diámetro, altura y forma. Cuando ha sido determinado el volumen correcto de un árbol, este es válido para todos los árboles del mismo diámetro, altura y forma".

Posteriormente algunos investigadores como Schumacher, Nasslund, Stoate, Dwuigh y Korsun desarrollaron ecuaciones que relacionaban el volumen en función del diámetro y de la altura (Loetsch *et al.* 1973).

En Costa Rica la elaboración de tablas de volumen se ha concentrado principalmente en el ámbito de plantaciones forestales y para especies exóticas. Actualmente se cuenta con tablas de ciprés, melina, teca, pochote y eucalipto, entre otras.

Para bosque natural, Jiménez (1984) elaboró una tabla de volumen y tarifas de cubicación para *Quercus copeyensis* en el bosque de robles de San Gerardo de Dota. Blaser (1990), elaboró tablas de volumen para el bosque mixto de encino y el bosque de roble blanco en el Área de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia para volumen total y aprovechable. Por otra parte, Müller-Using (1994) presenta tarifas y tablas de volúmenes mediante el desarrollo de un modelo de regresión adaptado para *Quercus laceyi* y *Quercus rysophylla* en los encinares de Nuevo León, México.



Tablas de volumen

Se define tabla de volumen como una relación gráfica o numérica obtenida a partir de una ecuación volumétrica que da un estimado del volumen de un árbol o de un conjunto de árboles en función de variables correlacionadas con el volumen, tales como el diámetro o circunferencia, la altura y forma (Loetsch *et al.* 1973, Husch *et al.* 1982 y Caillez 1980). También estas tablas presentan las existencias de volumen por clase diamétrica para una especie, varias especies o todo el bosque. Sin embargo, son específicas para el tipo de rodal y especie (Ortiz 1993).

Es posible obtener el volumen de un árbol por dos formas:

a. Medición directa en árboles en pie y árboles derribados

Las mediciones hechas a un árbol son más o menos numerosas según el tipo de volumen requerido. En vista de que las diferentes partes de un árbol (tallo, ramas) nunca son sólidas de una forma geométrica perfectamente conocida, como cilindros o conos, el principio es medir en cada una de ellas el diámetro a diferentes alturas y calcular el volumen con estas mediciones para lograr mayor exactitud (Caillez 1980).

b. Medición indirecta

Esta se realiza por medio de las tablas de volumen. Las mediciones del árbol (diámetro de referencia, altura total, u otra variable) o del rodal (área basal por hectárea, altura promedio) son más fácilmente obtenibles que el propio volumen.

Una tabla individual da el volumen de un árbol en función de las entradas relativas a dicho árbol; en tanto que una tabla de rodal da el volumen de un rodal directamente, a partir de las entradas relacionadas con ese rodal. El inconveniente de esta última es que no permite estimar el volumen de un árbol aislado con precisión, sino más bien el volumen de un lote de árboles como la suma de volúmenes de los árboles individuales (Caillez 1980). Según Loján (1966), las estimaciones por medio de los métodos gráficos o matemáticos permiten conocer el volumen con bastante exactitud sin tener que recurrir a la medida de las tres variables (diámetro, altura y forma).

Construcción de tablas de volumen

De acuerdo con Ortiz (1993), en el proceso de construcción de tablas de volumen se debe:

1. Definir el objetivo de la tabla y la variable que se desea estimar a través de la misma.



2. Medir las dimensiones básicas (diámetro, altura total o comercial y forma) y calcular el volumen en una muestra previamente seleccionada de árboles de una especie y rodal específico.
3. Establecer la relación existente entre las dimensiones básicas de los árboles (variables independientes) y su correspondiente volumen (variable dependiente), mediante una tabulación directa, gráficos o un análisis de regresión.

Otro aspecto importante es la selección de la muestra de árboles, la cual debe obtenerse de tal forma que asegure un número igual de árboles en todas las clases de tamaño.

Caillez (1980) sugiere que en la construcción de tablas para rodales coetáneos y homogéneos se puede incluir en la muestra entre 50 y 100 árboles para ecuaciones con sólo una variable independiente (dap) y entre 80 y 150 árboles para ecuaciones con dos variables independientes (dap, altura comercial ó total). Loján (1966) utilizó 151 árboles para la fórmula de estimación de volúmenes de un bosque tropical húmedo en San Isidro de Peñas Blancas, Alajuela. Blaser (1990) utilizó 90 árboles de encino, 70 de roble y 60 de otras especies, para la elaboración de tablas de volumen de madera aprovechable y volumen total con corteza a partir de 10 cm dap.

Jiménez (1984) elaboró una tabla de volumen total con corteza a partir de 10 cm dap utilizando 157 árboles de roble. Por otra parte, Müller-Using (1994), en la elaboración de tablas de volumen total de madera gruesa y del tronco con corteza a partir de 7 cm dap, utilizó 60 árboles de *Quercus laceyi*, pertenecientes a la sección denominada encinos blancos, y 40 árboles de *Quercus rysophylla* ubicados dentro de las especies de encinos rojos. Martínez *et al.* (1992), en un estudio sobre ecuaciones de cubicación, determinaron volúmenes aprovechables de fuste con corteza a partir de 21 cm dap, con un total de 237 árboles de *Q. robur* y *Q. petrea*.

Formulación y selección de los modelos de regresión

Ortiz (1993) indica que la forma más objetiva y exacta para la construcción de tablas de volumen es utilizar el análisis de regresión. Los pasos para realizarlo son los siguientes:

1. Proponer uno o varios modelos de regresión que describan la relación entre las variables dependientes (volumen) y las variables independientes (dap y altura).
2. Estimar los coeficientes de regresión incluidos en cada uno de los modelos propuestos.
3. Escoger el mejor modelo propuesto.



El procedimiento usual para proponer modelos de regresión se basa en construir gráficos de puntos entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, y probar, a partir de ellos, los posibles modelos o ecuaciones de regresión que mejor explican la relación entre la variable dependiente y las independientes (Ortiz 1993). Luego se aplican análisis de variancia con ayuda de paquetes estadísticos y por último se comparan los modelos por medio de estadígrafos.

A continuación se presentan los modelos o ecuaciones más importantes para la construcción de tablas cuando la variable independiente es el diámetro o el diámetro y la altura (tomado de Loetsch *et al.* 1973).

Autor	Fórmula
<i>Variable: Diámetro</i>	
Berkhout	$V = a + b * d$
Kopezky	$V = a + b * d^2$
Hohenadl - Krenn	$V = a + b * d + c * d^2$
Husch	$\text{Ln } V = a + b * \text{Ln } d$
<i>Variable: Diámetro y altura</i>	
Spurr (1952)	$V = a + b * d^2 * h$
Toate	$V = a + b * d^2 + c * d^2 * h + d * h$
Meyer (1953)	$V = a + b * d^2 + c * d * h + d * d^2 * h$
Bruce y Schumacher (1949)	$\text{Ln } V = a + b * \text{Ln } d + c * \text{Ln } * h$

Donde: V = Volumen con o sin corteza; d = Diámetro (dap); h = Altura total o comercial; a, b, c, d = Coeficientes de regresión; Ln = Logaritmo base e

Algunos criterios para la escogencia del modelo de mejor ajuste son los siguientes estadígrafos cuyas fórmulas de cálculo se encuentran en el Anexo 1:

1. **Coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajust):** Este es uno de los más usados, porque facilita la comparación entre el poder explicatorio de ecuaciones de regresión y diferentes variables independientes, usando diferente número de observaciones. El término ajustado implica que el coeficiente se ajusta por los grados de libertad asociados con la suma de cuadrados. El R^2 -ajustado es siempre más bajo que el R^2 no ajustado (Gujarati 1992). En casos excepcionales es posible obtener un valor negativo, si el valor de R^2 es bajo y los grados de libertad son pocos. Este estadígrafo indica la proporción de la variación total observada en la variable dependiente explicada por el modelo.
2. **Índice de Furnival (IF):** Este se utiliza para comparar modelos con y sin transformación de variables, como por ejemplo logarítmicos. El IF en



modelos sin transformar es igual al error estándar de la estimación. Entre más pequeño es el IF mejor es el modelo ajustado (Furnival 1961).

3. ***Coficiente de Variación (CV%)***: Es una medida de variación relativa que facilita la comparación de la variabilidad en relación con medias de diferente tamaño; representa el cociente de la desviación estándar sobre la media y se expresa en unidades reales o porcentuales (Miller *et al.* 1992).



Metodología

El área de estudio

La investigación se realizó en el Área de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia (AID-VMS), regentada por CATIE. El área comprende 325 ha de bosque primario sin intervenir e intervenido, bosque secundarios y campos abiertos. Se ubica en la parte noroccidental de la Cordillera de Talamanca, entre 9°33' y 9°34' latitud norte y 83°40' y 83°42' longitud oeste, entre las quebradas Siberia y Voltea. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982), se encuentra en el piso montano, en el bosque pluvial montano, a una altitud entre 2650 y 2800 msnm según la hoja cartográfica Cuericí (IGN 1969).

El lote experimental tiene un área de 23,3 ha de bosque primario intervenido, donde se ha realizado una clasificación de las parcelas ubicadas en el bosque, de acuerdo con los tratamientos definidos:

- Parcelas permanentes 1 a 9: recibieron una combinación de aprovechamiento y tratamiento silvicultural, denominados intervenciones silviculturales de carácter cuantitativo con respecto al área basal; una intervención débil (20% del área basal) y otra intervención fuerte (30% del área basal). La parcela 7 funciona como testigo (Pedroni 1990).
- Parcelas permanentes 10 y 11: recibieron una combinación de aprovechamiento y tratamiento silvicultural, denominados en conjunto intervención silvicultural de carácter cualitativo, donde se extrajo un número de árboles para luego determinar el área basal extraída (Camacho *et al.* 1993).

Para la elaboración de las tablas de volumen comercial neto y comercial total con corteza, la muestra de los árboles fue tomada de todas las parcelas, del borde de las mismas y del camino forestal (Fig. 1).

En el Cuadro 1 se muestran las características principales del área basal y abundancia para todos los árboles con >10 cm dap, los cuales indican que existen diferencias estructurales entre parcelas.

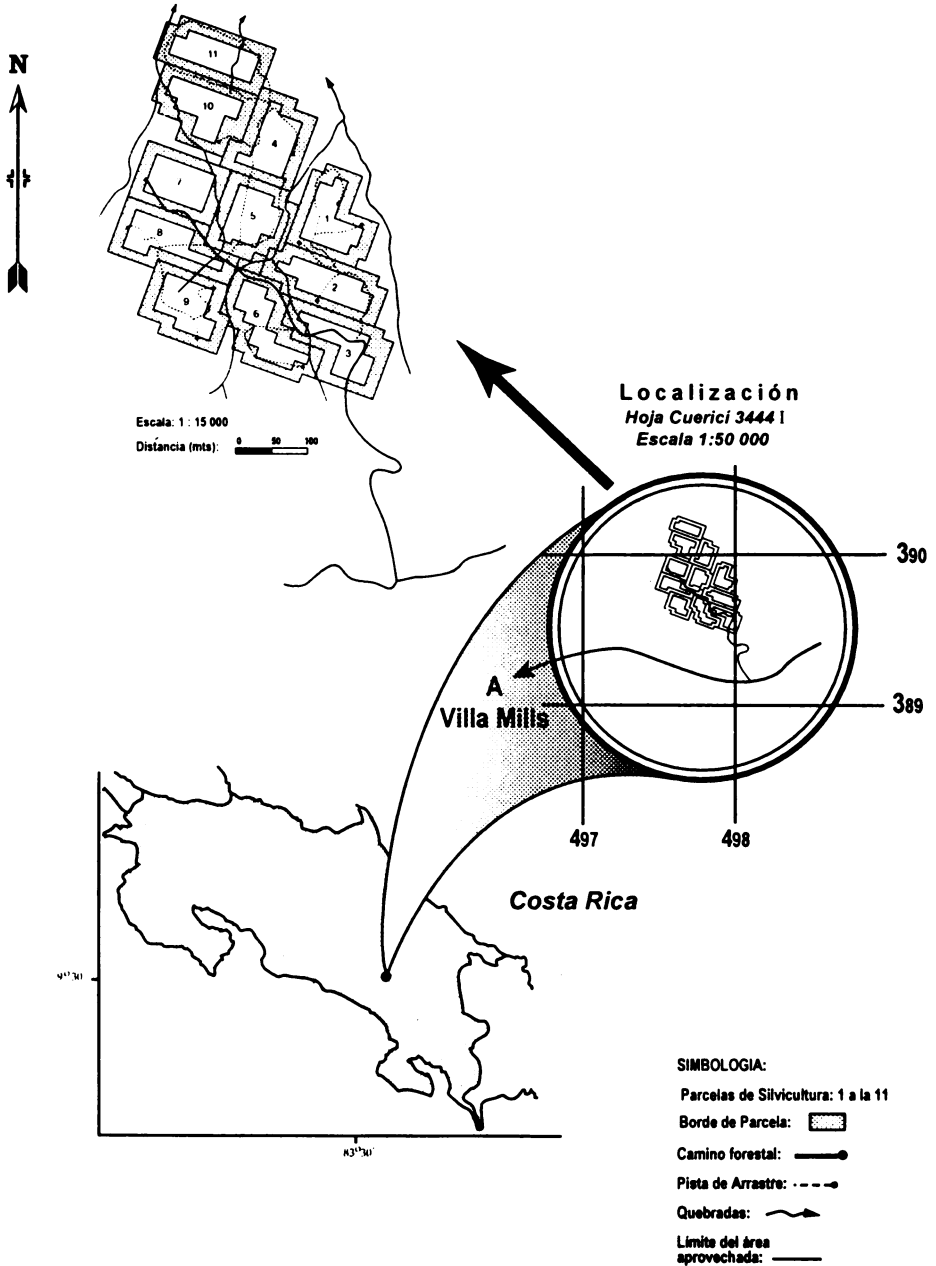


Fig.1. Ubicación geográfica del Área de Investigación y Demostración Villa Mills



Cuadro 1. Área basal (G=m²/ha) y número de árboles (N/ha) para individuos con dap ≥10 cm, Villa Mills-Siberia

Parcela	Encino		Roble		Otras esp C y NC*		Total	
	G*	N*	G	N	G	N	G	N
1	19,5	158,0	0,0	0,0	16,9	442,0	36,4	600,0
2	23,5	152,0	0,5	5,0	11,6	341,0	35,6	498,0
3	22,8	130,0	0,2	2,0	13,4	357,0	35,6	489,0
4	16,5	93,0	20,7	160,0	7,4	216,0	44,6	469,0
5	15,0	52,0	18,9	100,0	11,1	315,0	46,1	467,0
6	18,4	152,0	5,5	36,0	16,6	367,0	40,5	555,0
7**	5,4	15,0	35,1	180,0	9,9	262,0	40,5	457,0
8	13,2	99,0	15,0	78,0	13,1	271,0	41,3	448,0
9	10,0	53,0	18,2	103,0	12,6	270,0	40,9	426,0
10	9,0	51,0	27,8	146,0	12,1	314,0	48,9	511,0
11	14,5	106,0	16,2	112,0	9,4	287,0	40,2	505,0

*C = especie comercial; NC = especie no comercial

**Parcela testigo (bosque primario sin intervenir)

Fuente: CATIE 1996.

Geología y suelos

En la cordillera de Tamanca se dieron actividades volcánicas y tectónicas hasta el Mioceno. El levantamiento inicial se efectuó en el Oligoceno Medio y luego de un largo periodo de inactividad llegó a su fin con el plegamiento y la actividad intrusiva del Mioceno Medio al Tardío. Mediante una fase de desgaste y relleno se formó la estructura de la actual cordillera de Tamanca, con planicies altas en la región de las crestas y quebradas erosionadas, con fuerte caída de las laderas (Blaser y Camacho 1991).

Blaser (1990) identificó en el bosque de Villa Mills-Siberia tres tipos de suelos principales del orden Inceptisol: Placandept, Dystrandept y Andaquept. Estos suelos son fuertemente ácidos con un pH (H₂O; 1:2,5) entre 3,7 a 5,4; ricos en materia orgánica hasta el subsuelo, con una relación C/N entre 6 a 22 y una baja participación absoluta de bioelementos básicos. La porosidad es alta en concordancia con su origen volcánico. La diferencia entre los tipos de suelos se debe especialmente al régimen hídrico y a las condiciones de drenaje.

Clima

En el área, la temperatura media anual fluctúa entre 7,3°C a 3365 msnm hasta 15,4°C a 2050 msnm. Las variaciones de temperatura media mensual entre el mes más cálido (abril) y el mes más frío (enero) llegan a 1,4°C a 3365 msnm y a 1,8°C a 3000 msnm (Orozco 1991).



Según los datos de la estación meteorológica Villa Mills, ubicada a 2850 msnm, la precipitación promedio anual alcanza 2013 mm, 90% de los cuales caen durante la estación húmeda. Se distinguen tres meses secos, de enero a marzo, con precipitaciones inferiores a 80 mm por mes. El resto de los meses son húmedos y lluviosos; hasta 700 mm por mes en determinadas zonas (Blaser y Camacho 1991).

Es notoria la predominancia de los vientos alisios del noreste durante los meses de enero a abril, lo que coincide con la estación seca. En la dinámica del bosque son importantes ya que es la principal causa de la caída de los árboles y la apertura del dosel.

La humedad relativa del aire está entre 88 y 96%, la evaporación potencial anual es de 483 mm. La radiación solar alcanza un valor de 1552 J/cm²/año, como promedio anual y el brillo solar es de 7,5 horas/día en promedio en el mes de febrero y de 3 horas/día en setiembre.

Topografía

En Villa Mills los terrenos son de topografía plana con pendientes que oscilan entre 0-15% (Orozco 1991). La hoja topográfica Cuericí (IGN 1969) indica que el área es atípicamente llana con pendientes menores al 30% en más del 90% de la superficie. Sin embargo, se presentan pendientes bastante empinadas entre 30 y 65% en el lado del Atlántico y más de 80% en el lado del Pacífico.

Selección de la muestra

Los datos utilizados para elaborar la tabla de volumen comercial total y neto se tomaron del banco de datos del proyecto Silvicultura de Bosques Naturales CATIE/COSUDE y provienen de árboles del lote experimental mencionado anteriormente. Las especies evaluadas fueron: *Quercus copeyensis* (roble), *Q. costaricensis* (encino), *Styrax argenteus* (resina), *Podocarpus macrostachyus* (ciprecillo), *Drymis granadensis* (chilemuela), *Weinmannia pinnata* (arrayán), *Prunus cornifolia* (limoncillo), *Schefflera rodriguesiana* (papayillo), *Phoebe tonduzii* (ira rosa), *Ocotea austinii* (ira amarillo) y *Cleyera theaeoides* (titora)

La información recolectada en el inventario pie a pie se refiere específicamente a los árboles con un diámetro ≥ 30 cm dap. Con este inventario se midieron las variables diámetro a la altura de pecho (dap) y altura comercial total, las cuales fueron medidas de árboles en pie. La variable altura comercial neta se obtuvo por medición directa de cada una de las trozas del árbol cubicado (Cuadro 2). Los árboles medidos provienen de ocho parcelas con tratamiento silvicultural cuantitativo (1991), árboles de dos parcelas con tratamiento silvicultural cualitativo (1994), y árboles del transepto del camino forestal.



Como únicamente se cuenta con información de cubicación para árboles >30 cm dap, se consideró también la cubicación para el encino, roble y otras especies, generada en 1985 por el proyecto CATIE/COSUDE en la misma área experimental, para árboles <30 cm dap; así se obtuvo el volumen comercial total y neto potencial (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rangos de altura y volumen por clase diamétrica y por especie para la elaboración de las tablas de volumen comercial total y comercial neto, Villa Mills-Siberia

Clases diamétricas (cm)									
Encino	10 – 29,9		30 – 49,9		50 – 79,9		>80		Total
	min	max	min	max	min	max	min	max	
ACN ¹	5,2	22,5	2,4	16,0	2,5	23,0	3,8	30,0	348
ACT ²	6,1	22,7	2,5	37	12	41	12,4	44	
VCN ³	0,0360	0,7224	0,1778	2,2876	0,5348	7,3647	1,1102	13,2925	
VCT ⁴	0,0377	0,7677	0,4797	4,6461	2,3406	16,5356	3,5173	27,1695	
Subtotal	38		81		164		65		
Roble									214
ACN	6,2	23,2	3,2	19,2	3,4	27,7	4,1	23,4	
ACT	6,4	23,4	10,0	35,0	10,0	43,0	18,0	43,0	
VCN	0,0413	0,7648	0,2673	2,2284	0,9592	5,3838	2,5989	16,6606	
VCT	0,0442	0,7876	0,7426	3,8937	1,3705	13,3199	5,8457	25,7708	
Subtotal	86		41		65		22		
Otras⁵									195
ACN	3,2	20,0	2,5	14,1	2,7	19,5	2,8	12,6	
ACT	4,7	20,2	10,0	32,0	8,0	32,5	22,0	25,0	
VCN	0,0297	0,4794	0,2065	1,6953	0,2363	5,5503	1,3399	4,6683	
VCT	0,0331	1,5287	0,7954	3,9208	1,4269	9,5856	7,7868	11,1226	
Subtotal	44		110		39		2		
TOTAL	168		232		268		89		757

(1) ACN = Altura comercial neta (m); (2) ACT = Altura comercial total (m); (3) VCN = Volumen comercial neto (m³); (4) VCT = Volumen comercial total (m³); (5) Otras especies = arrayán, ciprecillo, chilenuela, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora



Con base en esta información se construyeron dos tablas de volumen de dos entradas (diámetro y altura):

1. Tabla de volumen comercial total de fuste para diámetros ≥ 10 cm dap
2. Tabla de volumen comercial neto utilizable para diámetros ≥ 10 cm dap

Como volumen comercial total se entiende el volumen hasta la altura comercial estimada (incluye defectos y tocón). El volumen comercial neto es la sección del árbol comercial para aserrío, con un diámetro mínimo aprovechable de 30 cm sin incluir tocón, defectos ni pudriciones.

Variables utilizadas

Para la elaboración de las tablas de volumen comercial neto se midió el diámetro de las trozas y la longitud cada 2 m; dependiendo del largo de las trozas, se midieron también fracciones de troza, sin considerar las mediciones del tocón ni las secciones en que la troza no fuera comercial. En el caso de la tabla de volumen comercial total, se incluyeron las mediciones anteriores del fuste más el diámetro y longitud del tocón y de la última sección hasta la altura de la base de la copa, bajo los siguientes criterios:

1. Para árboles con ≥ 30 cm dap se estimó una altura de tocón de 40 cm desde la base del suelo. Se asumió un diámetro en la base del tocón igual al diámetro en la punta gruesa de la primera troza más un tercio.
2. Para árboles con ≤ 30 cm dap se estimó una altura de tocón de 20 cm desde la base del suelo. Se asumió un diámetro en la base del tocón igual al diámetro en la punta gruesa de la primera troza.
3. Para efectos de este trabajo es importante indicar que en el cálculo de la última sección (hasta la base de la copa), se utilizó el supuesto de que el diámetro en la punta delgada de la penúltima troza es igual al de la base de la última sección; es decir que la última troza es cilíndrica.

En el cálculo de las alturas comerciales netas y comerciales totales para determinar los volúmenes correspondientes se trabajó bajo los siguientes criterios:

1. La altura comercial total se obtuvo del inventario de los árboles en pie antes del aprovechamiento. Esta fue una medición directa con hipsómetro hasta la altura comercial con un diámetro mínimo aproximado de 30 cm. En muchos casos esta coincide con la altura de la base de la copa.
2. La altura comercial neta se obtuvo por la sumatoria de las longitudes de las trozas cubicadas de todo el árbol y que son aprovechadas comercialmente.



Para el caso de los datos recolectados por el Proyecto en 1985, se asumió:

- a) En árboles con ≤ 30 cm dap, la altura comercial total potencial es igual a la altura comercial neta potencial.
- b) En árboles con ≥ 30 cm dap, la altura comercial neta es la sumatoria de las trozas cubicadas hasta un diámetro mínimo de 30 cm en punta delgada.
- c) En árboles con ≥ 30 cm dap, la altura comercial total corresponde a la longitud de las trozas cubicadas en el punto b) más la(s) sección(es) hasta la base de la copa.

Una vez conocido el diámetro y la longitud de cada una de las trozas, del tocón y de la última sección, se calculó el volumen correspondiente a cada uno de ellos de la siguiente manera. Las fórmulas se encuentran en el Anexo 1.

- a) El volumen de las trozas y de la última sección, se calculó con la fórmula de Smalian.
- b) El volumen del tocón en árboles con ≥ 30 cm dap, se cálculo con la fórmula denominada 'Neiloida Truncada'.
- c) El volumen del tocón en árboles con ≤ 30 cm dap, se cálculo con la fórmula del cilindro.

Para obtener el volumen comercial neto de las diferentes especies, se utilizó únicamente la sumatoria del volumen de las trozas. Por otra parte, el volumen comercial total se determinó sumando el volumen estimado anteriormente, más el volumen del tocón y el volumen de la última sección.

Modelos matemáticos

Para el cálculo del volumen comercial total y comercial neto se probaron 16 modelos (Anexo 2) entre los que se destacan el lineal, exponencial, logarítmico, semilogarítmico y cuadrático. Se buscaba elegir el modelo que describiera de la mejor manera el volumen en función del diámetro y la altura, y que además fuera fácil de manejar y de aplicación práctica. Para el análisis de la información se usó el programa Statistical Analysis System (SAS).

Para elegir el modelo se tomaron en cuenta los siguientes estadígrafos:

- Prueba F (Análisis de variancia)
- Coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajust)
- Índice de Furnival (IF)

Con el propósito de verificar si el modelo planteado explica la variabilidad de las observaciones se utilizó una prueba F ($Pr > F$) y la prueba de significancia de los



parámetros estimados ($\text{Prob} > |T|$). Además, se analizó si se cumplieron los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia mediante el análisis gráfico de los residuos de los modelos probados para volumen comercial total y volumen comercial neto de encino, roble, otras nueve especies y todas las anteriores juntas.



Resultados y discusión

Representación de árboles por clase diamétrica

Para la elaboración de las tablas de volumen comercial total y volumen comercial neto con corteza a partir de 10 cm dap, se utilizó la información de 348 árboles de encino, 214 de roble y 195 de otras especies. Esta muestra se considera representativa del bosque para la construcción de modelos, comparada con Blaser (1990), Jiménez (1984), Müller-Using (1994) y Martínez *et al.* (1992).

En la Fig. 2 se observa el número de árboles por clase diamétrica para encino, roble y otras especies incluidas en el análisis. Las clases diamétricas en el rango de 30-80 cm cuentan con una buena representación de árboles, lo que permite que el modelo de regresión prediga mejor el volumen comercial total y neto dentro de estas clases. En las clases de 20 cm y más de 90 cm se contó con un número menor de árboles; se observa también que para otras especies no hay individuos con dap mayor a 80 cm.

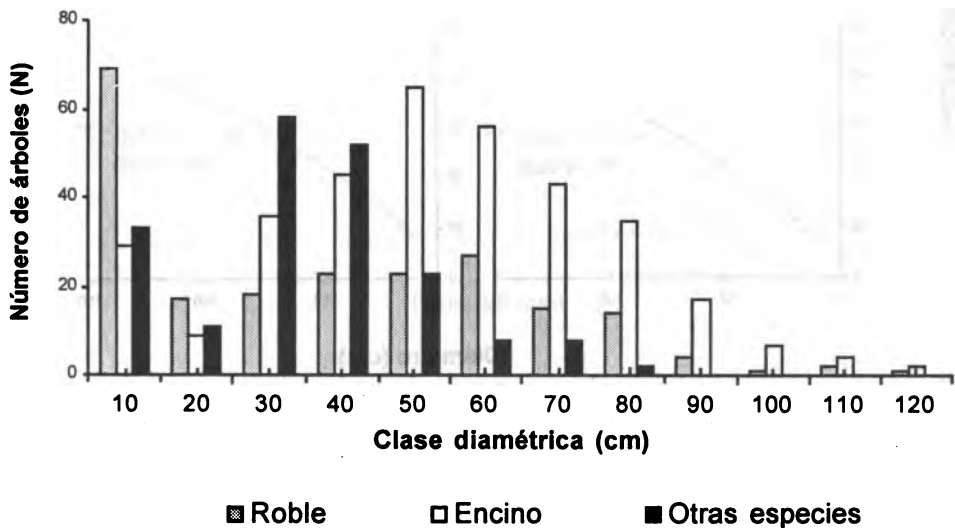


Fig. 2. Número de árboles por clase diamétrica de encino, roble y otras especies



La correlación entre el diámetro y la altura comercial total para encino, roble, otras especies y para todas las especies se muestra en la Fig. 3. Los modelos de mejor ajuste presentan un R^2 de 0,6142, 0,7802, 0,6558 y 0,7063, respectivamente; los cuales son representativos para este tipo de relaciones debido a que se pretende que el poder explicativo de una variable (diámetro ó altura) persista cuando la otra se incluya en el modelo para predecir el volumen. Además, los modelos probados mediante análisis de variancia (pruebas F) fueron altamente significativos, lo cual garantiza su confiabilidad (Cuadro 3).

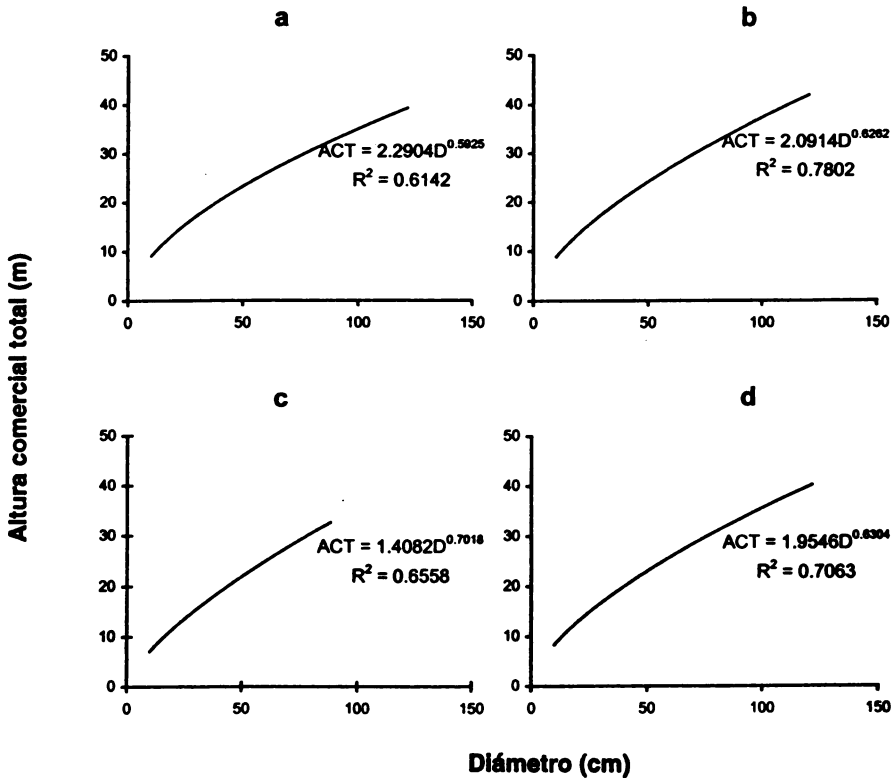


Fig. 3. Relación diámetro y altura comercial total para: a) encino; b) roble; c) otras especies; d) todas las especies

No se incluyeron las correlaciones de diámetro vs altura comercial neta, debido a que la altura comercial neta no es explicada en función del diámetro (R^2 muy bajos); esto se fundamenta en el estado fitosanitario en que se encuentre el fuste del árbol, presencia de gambas o daños mecánicos. Por ejemplo, de un árbol muy grueso se obtuvo solamente una troza, o por el contrario varias trozas de un árbol delgado, lo cual explica la alta variabilidad entre las observaciones.



La correlación entre diámetro y volumen comercial neto (R^2 entre 0,8466 y 0,9510), y de diámetro y volumen comercial total (R^2 de 0,9521 y 0,9772) aparece en la Fig. 4 La prueba F realizada para cada uno de los modelos son altamente significativas (Cuadro 3).

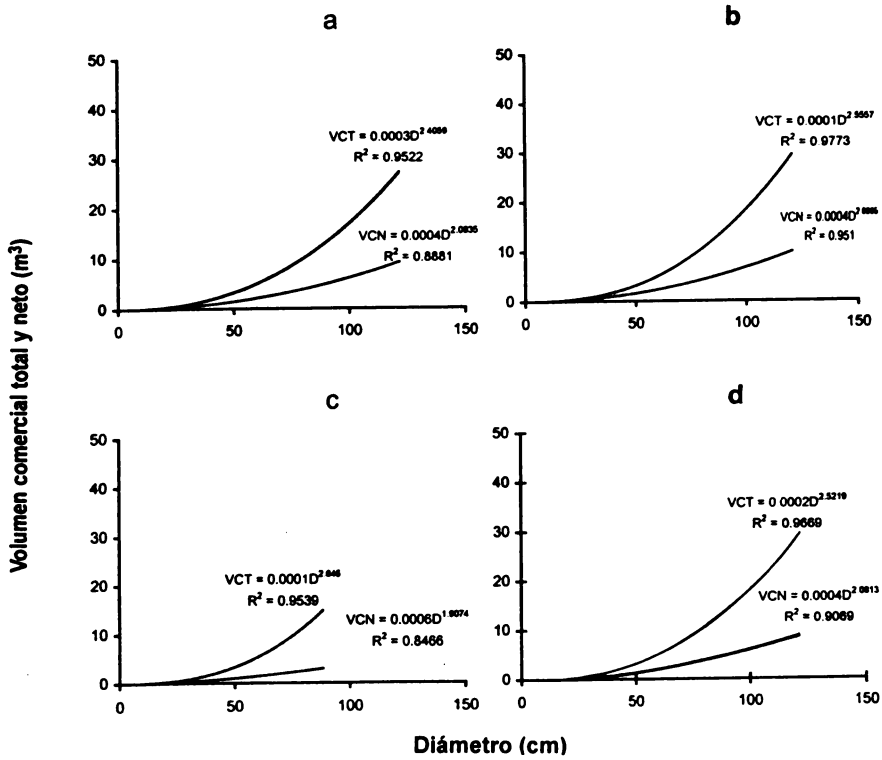


Fig. 4. Relación diámetro y volumen comercial total y neto para: a) encino; b) roble; c) otras especies; d) todas las especies



Cuadro 3. Resumen de los modelos para la relación diámetro/altura comercial total y diámetro/volumen comercial neto y total para encino, roble, otras especies y todas las especies de un bosque montano natural, Villa Mills-Siberia

Especie	Modelo	R ²	R ² -ajust	Pr > F
Encino				
D - ACT	ACT = 2,2904D ^{0,5925}	0,6142	0,6131	< 0,01
D - VCN	VCN = 0,0004D ^{2,0935}	0,8881	0,8878	< 0,01
D - VCT	VCT = 0,0003D ^{2,4059}	0,9522	0,9521	< 0,01
Roble				
D - ACT	ACT = 2,0914D ^{0,6262}	0,7802	0,7792	< 0,01
D - VCN	VCN = 0,0004D ^{2,0905}	0,9510	0,9508	< 0,01
D - VCT	VCT = 0,0001D ^{2,5557}	0,9773	0,9772	< 0,01
Otras especies¹				
D - ACT	ACT = 1,4082D ^{0,7018}	0,6558	0,6541	< 0,01
D - VCN	VCN = 0,0006D ^{1,9074}	0,8466	0,8458	< 0,01
D - VCT	VCT = 0,0001D ^{2,645}	0,9539	0,9537	< 0,01
Todas las especies²				
D - ACT	ACT = 1,9546D ^{0,6304}	0,7063	0,7059	< 0,01
D - VCN	VCN = 0,0004D ^{2,0813}	0,9069	0,9067	< 0,01

(1) arrayán, ciprecillo, chilenuela, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora

(2) otras especies más encino y roble

Donde: D = diámetro (cm); ACT = altura comercial total (m); VCN = volumen comercial neto (m³); VCT = volumen comercial total (m³)

Modelos seleccionados en la construcción de las tablas de volumen comercial total y comercial neto

En el Anexo 2 se muestran los coeficientes y estadígrafos obtenidos para cada uno de los modelos matemáticos probados. El modelo escogido por su mejor ajuste fue el logarítmico, en el cual la variable dependiente logaritmo natural del volumen comercial neto y comercial total y las variables independientes son el logaritmo natural del diámetro y de la altura (Bruce y Schumacher 1949, citado por Loetsch *et al.* 1973).

$$\ln V = a + b (\ln d) + c (\ln h)$$

Donde: v = volumen comercial total y neto en m³; d = diámetro en cm; h = altura comercial total y neta en m.

Este modelo ha sido utilizado por varios autores; entre ellos Loján (1966) para estimar volúmenes en un bosque tropical húmedo; Silva (1970) para especies comerciales de la Selva Mesofítica de Surinam; Jadan (1975) para especies del noroccidente ecuatoriano; Groenendijk (1983) en plantaciones de ciprés en Costa Rica;



Para los modelos seleccionados el valor de R^2 del volumen comercial total y neto se encuentra entre 0,97 y 0,98. Estos altos valores indican que son muy buenos modelos de regresión; es decir, que los valores estimados son casi iguales a los valores observados (reales). Los valores del IF de los mismos volúmenes se encuentran en el rango de 0,16–0,40, los cuales fueron los más bajos obtenidos, lo que indica que los modelos ajustan bien los datos.

Los coeficientes de variación de los modelos presentan valores altos debido a la heterogeneidad de los datos recolectados. Los modelos logarítmicos presentan los valores más altos en relación con los otros modelos probados. Este estadígrafo no es un buen elemento para elegir un modelo, ya que depende de la transformación que se haya realizado sobre la variable. Los R^2 -ajustados indican que un gran porcentaje de la variabilidad es explicada por la regresión. Martínez *et al.* (1992) encontraron valores altos de CV en la elaboración de las tablas de volumen de dos entradas para las especies *Pinus silvestris* (105,3%), *P. pinaster* (122,3%), *Quercus robur* y *Q. petraea* (100,1%) y *Fagus sylvatica* (90,5%) entre algunas de las especies analizadas.

El análisis de variancia para todos los modelos arrojó probabilidades de confiabilidad mayores al 99%, ($\text{Pr} > F < 0,01$), lo que indica que los modelos son altamente significativos. Por otro lado, el bajo error estándar de todos los modelos reafirma la confiabilidad de los mismos.

Uso de las tablas de volumen comercial total y comercial neto

Para el cálculo del volumen por hectárea utilizando los modelos de regresión se puede proceder de las dos formas siguientes:

Método exacto (para uso con computadora):

1. Incluir los valores individuales de diámetro (cm) y la altura (m) en la ecuación de regresión para calcular el volumen de cada árbol. Puesto que el valor obtenido es Ln del volumen por lo que el cálculo del volumen real (m^3) se debe utilizar el logaritmo base e .
2. Sumar los volúmenes individuales de los árboles.
3. Dividir la suma de los volúmenes individuales por el área total del inventario.

Método aproximado (para cálculo manual):

1. Construir una distribución diamétrica de los árboles inventariados.
2. Calcular el diámetro y la altura comercial promedio por clase diamétrica.
3. Transformar a logaritmos los valores promedio de diámetro y altura calculados para aplicarlos a la ecuación de regresión logarítmica, y obtener el volumen promedio del árbol.
4. Multiplicar el volumen de este árbol por el número de árboles correspondiente de la clase diamétrica.
5. Sumar el volumen anterior por clase diamétrica y dividir esta suma por el área total del inventario.

Conclusiones y recomendaciones

El ajuste del modelo logarítmico a los datos de cubicación de árboles para la estimación del volumen comercial total y comercial neto es más adecuado y predice mejor para las clases diamétricas menores a 90 cm dap. Para las clases mayores a 90 cm dap, los modelos de predicción del volumen comercial total tienden a sobrestimar.

Para el desarrollo del modelo logarítmico obtenido es importante la representatividad de individuos en cada clase diamétrica, ya que si se cuenta con un escaso número de individuos disminuye la precisión en la estimación del volumen comercial total y neto.

Estas tablas de volumen son aplicables únicamente para obtener el volumen comercial total y volumen comercial neto con corteza para árboles de las especies estudiadas de este tipo de bosque.

Las variables diámetro y altura comercial total y neta predicen el volumen con una alta confiabilidad según el modelo seleccionado; además, el diámetro es una variable de medición sencilla y la altura es una variable de estimación relativamente fácil. Para fines prácticos es recomendable realizar estimaciones de volúmenes con solo el diámetro como variable independiente de los modelos, ya que representa menor inversión de tiempo en tales mediciones, sin dejar de lado que las estimaciones volumétricas son menos precisas.

Los modelos para todas las especies juntas son similares y/o superiores a los modelos para especies específicas en términos de R^2 ajustado e IF (Cuadro 4). Esto implica que se podría utilizar este modelo en vez de diferenciar por especie.

Para un segundo aprovechamiento en el Área de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia, se recomienda aumentar el número de árboles cubicados que incluya la altura comercial total, la altura comercial neta, sus defectos y altura del tocón, con el propósito de elaborar tablas de volumen total, comercial total y comercial neto de mayor confiabilidad para las especies, así como tablas de desperdicio.

Se recomienda validar las tablas en forma práctica a partir de un conjunto de árboles medidos posteriormente en el campo.



Bibliografía

- Blaser, J. 1990. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque nublado de robles (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto CATIE/COSUDE Silvicultura de Bosques Naturales. 247 p.
- Blaser, J.; Camacho, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico no. 185. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 1. 67 p.
- Caillez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. V. 1: Estimación del volumen. Roma, FAO. 33 p.
- Camacho, M.; Aus der Beek, R.; Sáenz, G. 1993. Estudio de la reacción de un bosque de altura sometido a tratamiento silvicultural. Propuesta de investigación. Proyecto CATIE/COSUDE. Silvicultura de Bosques Naturales. 11 p.
- CATIE. 1996. Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales; estudios de casos. Curso Intensivo Internacional. Serie Material Educativo. CATIE. Area de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Unidad de Manejo de Bosques Naturales. 2(34): 73.
- Furnival, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. *Forest Science*. 7(4): 337 - 341
- Groenendijck, H. 1983. Tablas de crecimiento *Cupressus lusitanica* Miller para el Valle Central de Costa Rica. Universidad Nacional. Dirección General Forestal. Costa Rica. Heredia. 21 p.
- Gujarati, D. N. 1992. Econometría. Traducido por: Victor M. Mayorga T. Segunda Edición. McGraw-Hill. México. 597 p.
- Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad de la 1ª. edición inglesa por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA 216p.
- Husch, B.; Miller, C. I.; Beers, T. W. 1982. *Forest mensuration*. John Willey and Sons. New York. 402 p.
- Instituto Geográfico Nacional. 1969. Hoja cartográfica Cuericí no. 3444-I. Escala 1:50 000.
- Jadan P. S. V. 1975. Tablas de volúmenes de algunas especies del noroccidente ecuatoriano. Quito, Dirección General de Desarrollo Forestal. 33 p.
- Jiménez M., W. 1984. Evolución del crecimiento del *Quercus copeyensis* Müller en un bosque de robles no intervenidos en San Gerardo de Dota, Costa Rica. Tesis Lic. Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 192 p.
- Loetsch, F.; Haller, K. E. 1973. *Forest inventory*. Volume II. English by K. F. Panzer. BLV Verlagsgesellschaft Munsen Bren Wrien, Germany. 458 p.
- Loján, L. 1966. Una fórmula para estimar volúmenes en un bosque tropical húmedo. Turrialba, Costa Rica. 16 (1):67-72.
- Martínez, M., F. J.; Ara, L. P.; González, O. I. 1992. Tablas de cubicación de tres entradas para su uso en la ordenación de montes. *Investigación Agraria: Sistema y Recursos Forestales*. 1(1): 95 - 102.



- Mendoza, M. A.** 1983. Conceptos básicos de manejo forestal. Serie Agronomía No. 9. Departamento de Bosques. Universidad de Chapingo. México. 118 p.
- Miller, I.; Freund, J.; Johnson, R.** 1992. Probabilidad y estadística para ingenieros. Traducción Virgilio González. Cuarta edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 624 p.
- Müller-Using, B.** 1994. Contribuciones al conocimiento de los bosques de encino y pino-encino en el noreste de México. Reporte científico. Facultad de Ciencias Forestales. Número especial 14. Nuevo León, México. 181 p.
- Orozco, L.** 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No.176. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No.2. 33 p.
- Ortiz, E.** 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Departamento de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. N. 16. Cartago, Costa Rica. 71 p.
- Pedroni, L.** 1990. Estudio de la reacción de un bosque de altura sometido a dos tipos de intervención silvicultural. Propuesta de investigación. Proyecto CATIE/COSUDE. Silvicultura de Bosques Naturales. 57 p.
- Rojas, M. I.** 1990. Tablas de Volumen aplicables a cortinas rompevientos de *Cupressus lusitanica* Miller. en el valle Central, Costa Rica. Tesis de grado de Licenciatura en Ciencias Forestales. Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica. 69 p.
- Segura, M.** 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis* (encino) en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 157 p.
- Silva, S. R.** 1970. Tablas de volumen para las especies comerciales de la Selva Mesofítica del Norte de Surinam. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. 15 p
- Vásquez, W.; Ugalde, L.** 1995. Tablas de volumen y de productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico no. 263. 23 p.



Anexos





Anexo 1

Fórmulas utilizadas para la selección del mejor modelo y para el cálculo de los volúmenes

1. Coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajust)

$$R^2 = 1 - [(\sum \text{de los cuadros corregidos del error}) / (n - p) + (\sum \text{de los cuadros corregidos del total}) / (n - 1)]$$

Donde:

n = número de observaciones incluidas en el análisis

p = número de coeficientes en el modelo de regresión

2. Coeficiente de Variación (CV%):

$$CV\% = [Se + y_{med}] * 100$$

Donde:

Se = Error estándar

y_{med} = Media aritmética de los valores observados de la variable dependiente, calculada a partir de valores sin transformar.

3. Índice de Furnival (I.F)

a) Para un modelo en que la variable dependiente es logaritmo del volumen ($\ln V$):

$$I.F = [\text{antilog} (\sum \ln V / n)] * Syx$$

b) Para un modelo en que la variable dependiente es ($V / d^2 * h$):

$$I.F = [\text{antilog} (\sum \ln d^2 * h / n)] * Syx$$

c) Para un modelo en que la variable dependiente es (V/d^2):

$$I.F = [\text{antilog} (\sum \ln d^2 / n)] * Syx$$

d) Para un modelo en que la variable dependiente es (V):

$$I.F = Syx$$

Donde:

d = Diámetro a 1,3 m de altura (dap)

h = Altura del árbol total o comercial

Syx = Error estándar de la estimación

4. Fórmula de Smalian:

$$V_t = [(D_1^2 + D_2^2) + 2] * \pi / 4 * L$$

Donde:

V_t = Volumen total de la troza

L = Largo de la sección o troza

D_1 = Diámetro en el extremo grueso de la troza

D_2 = Diámetro en el extremo delgado de la troza



5. Cálculo del volumen de tocón:

$$D_{\text{base}} = D_c + 1/3 D_c$$

Donde:

D_{base} = Diámetro en la base del árbol

D_c = Diámetro conocido que correspondería al diámetro de la primer troza

• En árboles mayores a 30 cm: Fórmula Neiloida Truncado

$$V = (h / 4) [Ab + 3\sqrt{(A^2b * Au)} + 3\sqrt{(A^2u * Ab)} + Au]$$

Donde:

Ab = Area en la base

Au = Area de la parte superior del tocón

h = Altura del tocón

En árboles menores a 30 cm: *Fórmula del cilindro*

$$V = D_c^2 * \pi / 4 * h$$

D_c = Diámetro conocido que corresponde al diámetro de la primera troza

h = Altura de tocón



Anexo 2

Modelos de regresión probados con sus respectivos coeficientes y estadígrafos para la elaboración de las tablas de volumen comercial neto y total para encino, roble otras especies y todas las especies en un bosque de altura, Villa Mills-Siberia

Encino	Volumen Comercial Neto		
	Modelo	R ² - ajust	IF
1. $V = -2,2889 + 0,0820(d)$	0,7186	1,2092	46,9363
2. $\text{Ln}V = -7,8357 + 2,0935(\text{Lnd})$	0,8878	0,6105	85,0342
3. $V = -0,2386 + 7,07^{-4}(d^2)$	0,7788	1,0721	41,6150
4. $\text{Ln}V = -8,9146 + 1,9329(\text{Lnd}) + 0,7660(\text{Lnh})$	0,9807	0,2534	35,2908
5. $V/d^2 \cdot h = 7,92^{-4} + 1,15^{-3}(1/d^2) + -6,40^{-5}(h/d^2) + -1,65^{-6}(h)$	0,1842	0,1566	26,0107
6. $V = -1,22^{-2} + -8,48^{-3}(d) + 7,75^{-4}(d^2)$	0,7787	1,0724	41,6282
7. $V = 0,3288 + 4,91^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9523	0,4980	19,3301
8. $V/d^2 \cdot h = 6,08^{-5} + 1,65^{-2}(1/d^2 \cdot h)$	0,0292	0,5166	28,3749
9. $V = -0,1482 + 1,73^{-4}(d^2) + 1,06^{-3}(d \cdot h) + 2,95^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9618	0,4455	17,2938
10. $V/d^2 = 6,18^{-4} + -4,69^{-3}(1/d^2)$	-0,0018	0,6059	35,8364
11. $V/d^2 \cdot h = 4,28^{-5} + -1,67^{-2}(1/d^2 \cdot h) + 1,58^{-4}(1/h) + 2,90^{-3}(1/d^2)$	0,2854	0,5166	24,3451
12. $V/d^2 = 7,39^{-4} + 8,74^{-2}(1/d^2) + -8,61^{-3}(1/d)$	0,0207	0,6059	35,4317
13. $V = -0,1542 + 1,79^{-4}(d^2) + 3,74^{-5}(d^2 \cdot h) + 2,93^{-2}(h)$	0,9604	0,4534	17,5988
14. $V/d^2 \cdot h = 4,07^{-5} + -1,09^{-2}(1/d^2 \cdot h) + 1,51^{-4}(1/h) + 2,06^{-4}(1/d)$	0,2870	0,5166	24,3165
15. $V/d^2 = 1,55^{-4} + -6,91^{-3}(1/d^2) + 1,50^{-4}(h/d) + 4,15^{-5}(h)$	0,8837	0,2479	14,6002
16. $V = -0,1402 + 1,77^{-4}(d^2) + 1,08^{-3}(d \cdot h) + -4,95^{-4}(d) + 2,93^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9017	0,4462	17,3188



Roble	Volumen Comercial Neto		
Modelo	R ² - ajust	IF	CV (%)
1. $V = -1,400376 + 0,074775(d)$	0,7336	1,21987	66,5677
2. $\text{Ln}V = -7,72627 + 2,090544(\text{Lnd})$	0,9508	0,2312	-95,8550
3. $V = -0,168054 + 0,000776 (d^2)$	0,8169	0,9938	55,1901
4. $\text{Ln}V = -9,11229 + 2,075348(\text{Lnd}) + 0,62286(\text{Lnh})$	0,9830	0,1361	-56,3988
5. $V/d^2h = 9,187^{-5} + -1,183^{-3} (1/d^2) + 1,49^{-5} (h/d^2) + -2,304^{-6}(h)$	0,2924	0,2242	27,9556
6. $V = 0,16022 + -0,0175 (d) + 9,41^{-4}(d^2)$	0,8189	0,9883	54,8840
7. $V = 0,1391 + 5,501^{-5}(d^2h)$	0,9177	0,6662	36,9991
8. $V/d^2h = 6,352^{-5} + -3,94^{-3}(1/d^2h)$	-0,0008	0,2242	32,2467
9. $V = 0,1546 + 2,03^{-4}(d^2) + -9,63^{-4}(d^*h) + 5,31^{-5}(d^2h)$	0,9371	0,5825	32,3502
10. $V/d^2 = 6,83^{-4} + -0,01742(1/d^2)$	0,0418	0,2413	34,0769
11. $V/d^2h = 3,69^{-5} + -0,0123(1/d^2h) + 2,53^{-4}(1/h) + 3,92^{-4}(1/d^2)$	0,3801	0,2242	26,1673
12. $V/d^2 = 7,09^{-4} + -2,13^{-3}(1/d^2) + -0,00156 (1/d)$	0,0387	0,2413	34,1311
13. $V = 0,2373 + 1,83^{-4}(d^2) + 4,58^{-5}(d^2h) + -0,0256(h)$	0,9362	0,5865	32,5755
14. $V/d^2h = 4,106^{-5} + 4,8^{-4}(1/d^2h) + 2,38^{-4}(1/h) + -1,24^{-4}(1/d)$	0,3838	0,2242	26,0886
15. $V/d^2 = 2,49^{-4} + 1,12^{-3}(1/d^2) + -1,09^{-4}(h/d) + 3,94^{-5}(h)$	0,6497	0,1425	20,6029
16. $V = 6,23^{-3} + 1,13^{-5}(d^2) + -1,71^{-3}(d^*h) + 1,62^{-2}(d) + 6,32^{-5}(d^2h)$	0,9380	0,5782	32,1143



Otras especies*	Volumen Comercial Neto		
	Modelo	R ² -ajust	IF
1. $V = -0,7691 + 0,0400(d)$	0,5917	0,5297	66,5795
2. $\text{Ln}V = -7,4702 + 1,9074(\text{Lnd})$	0,8458	0,2026	-59,0499
3. $V = -0,0919 + 0,0004(d^2) \rightarrow$	0,6681	0,4776	60,0296
4. $\text{Ln}V = -9,2859 + 2,0011(\text{Lnd}) + 0,8042(\text{Lnh}) \rightarrow$	✓0,9755	0,0877	-23,5378
5. $V/d^{2*h} = 7,69^{-5} + 1,16^{-3}(1/d^2) + -2,48^{-4}(h/d^2) + 1,41^{-6}(h)$	0,2893	0,0786	14,6004
6. $V = 0,1548 + -0,013(d) + 6,45^{-4}(d^2)$	0,6709	0,4756	59,7748
7. $V = 0,1156 + 5,30^{-5}(d^{2*h}) \rightarrow$	✓0,9584	0,1691	21,2574
8. $V/d^{2*h} = 6,59^{-5} + 2,49^{-4}(1/d^{2*h})$	-0,0051	0,0786	17,3636
9. $V = -0,0336 + 9,47^{-5}(d^2) + 6,08^{-4}(d^{*h}) + 3,85^{-5}(d^{2*h}) \rightarrow$	✓0,9653	0,1543	19,4040
10. $V/d^2 = 0,000435 + 0,0052(1/d^2)$	-0,0015	0,2119	39,0425
11. $V/d^{2*h} = 5,87^{-5} + 2,18^{-2}(1/d^{2*h}) + 4,51^{-5}(1/h) + -3,86^{-3}(1/d^2)$	0,2414	0,0786	15,0842
12. $V/d^2 = 3,63^{-4} + -3,24^{-2}(1/d^2) + 3,87^{-3}(1/d)$	0,0009	0,2119	38,9960
13. $V = 3,24^{-2} + 8,10^{-5}(d^2) + 4,71^{-5}(d^{2*h}) + 2,09^{-3}(h) \rightarrow$	✓0,9641	0,1571	19,7559
14. $V/d^{2*h} = 5,77^{-5} + 5,90^{-3}(1/d^{2*h}) + 6,19^{-5}(1/h) + -1,21^{-4}(1/d)$	0,2059	0,0786	15,4332
15. $V/d^2 = 1,09^{-4} + 2,24^{-3}(1/d^2) + -8,77^{-5}(h/d) + 5,00^{-5}(h)$	0,8520	0,0872	15,0097
16. $V = -0,1099 + 2,15^{-5}(d^2) + 4,03^{-4}(d^{*h}) + 5,54^{-3}(d) + 4,21^{-5}(d^{2*h}) \rightarrow$	✓0,9658	0,1533	19,2712

(*) Especies: arrayán, chilemuella, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora.



Todas las especies*	Volumen Comercial Neto		
	Modelo	R ² -ajust	IF
1. $V = -1,7487 + 0,0745(d)$	0,7173	1,1478	60,3924
2. $\ln V = -7,8415 + 2,0824(\ln d)$	0,9071	0,3819	575,2209
3. $V = -0,2620 + 0,0007(d^2)$	0,8013	0,9624	50,6376
4. $\ln V = -9,1833 + 2,0107(\ln d) + 0,7455(\ln h)$	0,9822	0,1673	-251,9907
5. $V/d^{2*h} = 8,10^{-5} + -1,04^{-4}(1/d^2) + 6,55^{-5}(h/d^2) + 1,71^{-6}(h)$	0,2258	0,3017	24,1756
6. $V = 0,1557 + -0,0185(d) + 0,000884(d^2)$	0,8042	0,9552	50,2603
7. $V = 0,2049 + 5,14^{-5}(d^{2*h})$	0,9438	0,5116	26,9188
8. $V/d^{2*h} = 6,28^{-5} + 2,86^{-3}(1/d^{2h})$	0,0008	0,3017	27,4658
9. $V = -5,14^{-2} + 1,71^{-4}(d^2) + 3,90^{-4}(d*h) + 3,77^{-5}(d^{2*h})$	0,9533	0,4666	24,5530
10. $V/d^2 = 5,90^{-4} + -7,50^{-3}(1/d^2)$	0,0038	0,4005	38,8811
11. $V/d^{2*h} = 4,74^{-5} + 8,88^{-4}(1/d^{2*h}) + 1,24^{-4}(1/h) + 3,70^{-4}(1/d^2)$	0,2474	0,3017	23,8363
12. $V/d^2 = 6,96^{-4} + 6,05^{-2}(1/d^2) + -6,74^{-3}(1/d)$	0,0229	0,3831	38,5070
13. $V = -0,0244 + 1,69^{-4}(d^2) + 4,13^{-5}(d^{2*h}) + 5,72^{-3}(h)$	0,9530	0,4680	24,6273
14. $V/d^{2*h} = 4,78^{-5} + 2,49^{-4}(1/d^{2*h}) + 1,25^{-4}(1/h) + -2,86^{-5}(1/d)$	0,2475	0,3017	23,8357
15. $V/d^2 = 1,63^{-4} + 4,64^{-4}(1/d^2) + -3,31^{-5}(h/d) + 4,36^{-5}(h)$	0,7926	0,1743	17,7425
16. $V = -9,70^{-2} + 1,34^{-4}(d^2) + 2,59^{-4}(d*h) + 3,38^{-3}(d) + 3,96^{-5}(d^{2*h})$	0,9533	0,4667	24,5541

(*) Especies: arrayán, chilmuella, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, Limoncillo, papayillo, resina ,titora, encino y roble.



Encino	Volumen Comercial Total		
	R ² -ajust	IF	CV (%)
1. $V = -4,7227 + 0,1814 (d)$	0,7907	2,1979	37,2573
2. $\text{Ln}V = -8,2504 + 2,4058 (\text{Lnd})$	0,9521	3,5741	22,0372
3. $V = -0,2853 + 1,55^{-3}(d^2)$	0,8465	1,8824	31,9082
4. $\text{Ln}V = -8,9485 + 1,9093(\text{Lnd}) + 0,8379(\text{Lnh})$	0,9776	0,6872	15,0815
5. $V/d^2 \cdot h = 7,20^{-5} + 6,50^{-4}(1/d^2) + -3,30^{-5}(h/d^2) + -6,53^{-7}(h)$	0,2163	0,6592	18,7431
6. $V = -0,2432 + -1,57^{-3}(d) + 1,56^{-3}(d^2)$	0,8461	1,8850	31,9539
7. $V = 0,6831 + 4,49^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9018	1,5059	25,5257
8. $V/d^2 \cdot h = 5,41^{-5} + 2,04^{-2}(1/d^2 \cdot h)$	0,1061	0,6592	20,0177
9. $V = -0,3228 + 2,72^{-4}(d^2) + 1,35^{-3}(d \cdot h) + 2,53^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9075	1,4614	24,7714
10. $V/d^2 = 1,49^{-3} + -0,1428(1/d^2)$	0,2779	1,0189	26,6049
11. $V/d^2 \cdot h = 4,71^{-5} + -1,38^{-2}(1/d^2 \cdot h) + 1,65^{-4}(1/h) + 2,10^{-3}(1/d^2)$	0,1933	0,6592	19,0166
12. $V/d^2 = 1,76^{-3} + 5,70^{-2}(1/d^2) + -1,91^{-2}(1/d)$	0,3089	0,9914	26,0284
13. $V = -0,7430 + 3,59^{-4}(d^2) + 3,18^{-5}(d^2 \cdot h) + 5,94^{-2}(h)$	0,9064	1,4696	24,9105
14. $V/d^2 \cdot h = 4,32^{-5} + 1,97^{-2}(1/d^2 \cdot h) + 1,48^{-4}(1/h) + 3,01^{-4}(1/d)$	0,2226	0,6592	18,6681
15. $V/d^2 = 2,75^{-4} + -5,58^{-2}(1/d^2) + 4,82^{-4}(h/d) + 3,56^{-5}(h)$	0,5901	0,7711	20,0453
16. $V = 7,57^{-2} + 6,16^{-4}(d^2) + 2,07^{-3}(d \cdot h) + -3,28^{-2}(d) + 1,65^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9075	1,4616	24,7754



Roble	Volumen Comercial Total		
	Modelo	R ² -ajust	IF
1. $V = -3,26577 + 0,166518(d)$	0,7821	2,3387	60,5464
2. $\text{Ln}V = -8,858384 + 2,555679(\text{Lnd})$	0,9772	0,3060	189,6079
3. $V = -0,531416 + 0,001731(d^2)$	0,8748	1,7727	45,8929
4. $\text{Ln}V = -9,469698 + 2,036852(\text{Lnd}) + 0,828524(\text{Lnh})$	0,9886	0,2169	134,3767
5. $V/d^2 \cdot h = 5,6387^{-5} + 2,702^{-3}(1/d^2) + 2,19^{-4}(h/d^2) + 1,11^{-7}(h)$	0,1047	0,2050	18,9748
6. $V = 0,300633 + -0,0044365(d) + 0,002152(d^2)$	0,8782	1,7485	45,2654
7. $V = 0,097807 + 5,0377^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9255	1,3678	35,4100
8. $V/d^2 \cdot h = 5,1876^{-5} + 0,10695(1/d^2 \cdot h)$	0,1028	0,2050	18,9950
9. $V = -0,084047 + 2,8^{-4}(d^2) + 1,06^{-4}(d^2 \cdot h) + 4,1566^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9267	1,3565	35,1186
10. $V/d^2 = 1,42^{-3} + -0,1319(1/d^2)$	0,4355	0,4497	36,5623
11. $V/d^2 \cdot h = 4,99^{-5} + 1,66^{-2}(1/d^2 \cdot h) + 7,85^{-5}(1/h) + 1,60^{-3}(1/d^2)$	0,1151	0,2050	18,8636
12. $V/d^2 = 2,053^{-3} + 0,23699(1/d^2) + -0,037811(1/d)$	0,5763	0,3948	31,6745
13. $V = -0,1836 + 2,95^{-4}(d^2) + 4,16^{-5}(d^2 \cdot h) + 8,69^{-3}(h)$	0,9268	1,3559	35,1023
14. $V/d^2 \cdot h = 5,032^{-5} + 0,01131(1/d^2 \cdot h) + 1,10^{-4}(1/h) + -1,37^{-4}(1/d)$	0,1201	0,2050	18,8106
15. $V/d^2 = 7,993^{-5} + 6,662^{-3}(1/d^2) + -5,296^{-5}(h/d) + 4,999^{-5}(h)$	0,7756	0,2852	23,0519
16. $V = 0,711 + 1,235^{-3}(d^2) + 2,149^{-3}(d^2 \cdot h) + -0,083(d) + 1,54^{-5}(d^2 \cdot h)$	0,9277	1,3472	34,8809



Otras Especies*	Volumen Comercial Total		
	Modelo	R ² - ajust	IF
1. $V = -1964608 + 0,107567(d)$	0,8193	0,8060	35,9630
2. $\text{Ln}V = -9,160971 + 2,644981(\text{Lnd})$	0,9537	0,3705	106,7250
3. $V = -0,065338 + 0,001294(d^2) \rightarrow$	✓ 0,8649	0,6986	31,1741
4. $\text{Ln}V = -9,439315 + 2,074218(\text{Lnd}) + 0,813232(\text{Lnh}) \rightarrow$	✓ 0,9770	0,2611	75,2100
5. $V/d^2 \cdot h = 8,37^{-5} + -7,97^{-4}(1/d^2) + -1,89^{-4}(h/d^2) + -9,24^{-7}(h)$	0,1254	0,2141	18,1505
6. $V = -0,36727 + 0,01598(d) + 0,01115(d^2)$	0,8648	0,6971	31,1061
7. $V = 0,259119 + 5,2166^{-5}(d^2 \cdot h) \rightarrow$	✓ 0,8899	0,6290	28,0678
8. $V/d^2 \cdot h = 6,1708^{-5} + 0,002987(1/d^2 \cdot h)$	0,0012	0,2141	19,3966
9. $V = -0,158824 + 5,2^{-4}(d^2) + 8,3^{-4}(d \cdot h) + 2,143^{-5}(d^2 \cdot h) \rightarrow$	✓ 0,9002	0,5989	26,7226
10. $V/d^2 = 0,001331 + -0,13908(1/d^2)$	0,4614	0,3740	26,1296
11. $V/d^2 \cdot h = 5,21^{-5} + -2,99^{-3}(1/d^2 \cdot h) + 2,27^{-4}(1/h) + -2,91^{-3}(1/d^2)$	0,1090	0,2141	18,3193
12. $V/d^2 = 0,001607 + 0,00708(1/d^2) + -0,014989(1/d)$	0,4795	0,3615	25,6869
13. $V = -0,3189 + 5,71^{-4}(d^2) + 2,678^{-5}(d^2 \cdot h) + 0,02836(h) \rightarrow$	✓ 0,9003	0,5986	26,7085
14. $V/d^2 \cdot h = 5,2864^{-5} + 0,01437(1/d^2 \cdot h) + 2,49^{-4}(1/h) + -1,42^{-4}(1/d)$	0,0954	0,2141	18,4590
15. $V/d^2 = 3,62^{-4} + -0,0593(1/d^2) + 2,99^{-4}(h/d) + 3,798^{-5}(h)$	0,6793	0,2867	20,1638
16. $V = 0,1455 + 1,02^{-3}(d^2) + 1,79^{-3}(d \cdot h) + -0,331(d) + 3,78^{-6}(d^2 \cdot h) \rightarrow$	✓ 0,9003	0,5985	26,7068

(*) Especies: arrayán, chilemueta, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora.



Todas las especies*	Volumen Comercial Total		
	Modelo	R ² - ajust	IF
1. $V = -3,7859 + 0,1664(d)$	0,7917	2,0954	47,9895
2. $\text{Ln}V = -8,7183 + 2,5202(\text{Lnd})$	0,9671	0,5678	41,7472
3. $V = -0,4226 + 0,0015(d^2)$	0,8690	1,6619	38,0627
4. $\text{Ln}V = -9,2616 + 2,0152(\text{Lnd}) + 0,8035(\text{Lnh})$	0,9832	0,4056	29,8256
5. $V/d^2h = 7,34^{-5} + 7,51^{-4}(1/d^2) + -1,76^{-4}(h/d^2) + -6,42^{-7}(h)$	0,1602	0,3573	19,3970
6. $V = 0,0499 + -0,0209(d) + 1,78^{-3}(d^2)$	0,8697	1,6573	37,9560
7. $V = 0,4052 + 4,71^{-5}(d^2h)$	0,9178	1,3161	30,1429
8. $V/d^2h = 5,55^{-5} + 9,68^{-3}(1/d^2h)$	0,0498	0,3573	20,6331
9. $V = -0,1814 + 2,73^{-4}(d^2) + 9,03^{-4}(d^*h) + 3,07^{-5}(d^2h)$	0,9221	1,2813	29,3450
10. $V/d^2 = 1,43^{-3} + -0,1400(1/d^2)$	0,4022	0,6443	29,6675
11. $V/d^2h = 4,77^{-5} + 4,48^{-3}(1/d^2h) + 1,91^{-4}(1/h) + 6,26^{-4}(1/d^2)$	0,1385	0,3573	19,6458
12. $V/d^2 = 1,86^{-3} + 0,1346(1/d^2) + -0,272(1/d)$	0,4765	0,5920	27,7642
13. $V = -0,4483 + 3,44^{-4}(d^2) + 3,52^{-5}(d^2h) + 0,0380(h)$	0,9217	1,2846	29,4180
14. $V/d^2h = 4,69^{-5} + -1,11^{-2}(1/d^2h) + 1,90^{-4}(1/h) + 3,04^{-5}(1/d)$	0,1379	0,3573	19,6528
15. $V/d^2 = 3,01^{-4} + -4,18^{-2}(1/d^2) + 2,28^{-4}(h/d) + 3,90^{-5}(h)$	0,6879	0,4702	21,4372
16. $V = 0,1380 + 5,97^{-4}(d^2) + 1,58^{-3}(d^*h) + -2,90^{-2}(d) + 2,19^{-5}(d^2h)$	0,9222	1,2803	29,3232

(*) Especies: arrayán, chilmuella, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina, titora, encino y roble.

Anexo 3

Tabla de volumen comercial neto¹ para encino, para bosque natural, Villa Mills

$$LN (\text{Vol neto}) = -8,914686 + 1,932912 (\ln d) + 0,766025 (\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)													
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
10.0	0.0333	0.0454	0.0566	0.0672										
12.0	0.0474	0.0646	0.0806	0.0956	0.1099									
14.0	0.0638	0.0871	0.1085	0.1288	0.1481	0.1666								
16.0	0.0826	0.1127	0.1405	0.1667	0.1917	0.2157	0.2389							
18.0	0.1037	0.1415	0.1764	0.2093	0.2407	0.2708	0.3000	0.3283						
20.0	0.1272	0.1735	0.2163	0.2566	0.2950	0.3320	0.3678	0.4025						
22.0	0.1529	0.2086	0.2600	0.3085	0.3547	0.3992	0.4422	0.4839						
24.0	0.1809	0.2468	0.3076	0.3650	0.4197	0.4723	0.5231	0.5725	0.6207	0.6677				
26.0	0.2112	0.2881	0.3591	0.4260	0.4899	0.5513	0.6107	0.6683	0.7245	0.7794				
28.0	0.2437	0.3324	0.4144	0.4916	0.5653	0.6362	0.7047	0.7713	0.8361	0.8994				
30.0	0.2784	0.3799	0.4735	0.5618	0.6460	0.7270	0.8053	0.8813	0.9554	1.0277				
32.0	0.3154	0.4303	0.5364	0.6364	0.7318	0.8235	0.9122	0.9984	1.0823	1.1643				
34.0	0.3547	0.4838	0.6031	0.7156	0.8228	0.9259	1.0257	1.1225	1.2168	1.3090				
36.0	0.3961	0.5404	0.6736	0.7991	0.9189	1.0341	1.1455	1.2536	1.3590	1.4619				
38.0	0.4397	0.5999	0.7478	0.8872	1.0201	1.1480	1.2717	1.3917	1.5087	1.6230				
40.0	0.4856	0.6624	0.8257	0.9796	1.1265	1.2677	1.4042	1.5368	1.6660	1.7921				
42.0	0.5336	0.7279	0.9074	1.0765	1.2379	1.3930	1.5431	1.6888	1.8307	1.9694				
44.0	0.5838	0.7964	0.9928	1.1778	1.3543	1.5241	1.6882	1.8477	2.0030	2.1547				
46.0	0.6361	0.8679	1.0818	1.2835	1.4759	1.6608	1.8397	2.0134	2.1827	2.3480				
48.0	0.6907	0.9423	1.1746	1.3935	1.6024	1.8032	1.9975	2.1861	2.3698	2.5493				
50.0	0.7474	1.0196	1.2710	1.5079	1.7340	1.9513	2.1615	2.3655	2.5644	2.7586				
52.0	0.8063	1.0999	1.3711	1.6267	1.8705	2.1050	2.3317	2.5518	2.7663	2.9759				
54.0	0.8673	1.1832	1.4749	1.7498	2.0121	2.2643	2.5081	2.7450	2.9757	3.2011				
56.0	0.9304	1.2693	1.5823	1.8772	2.1586	2.4292	2.6908	2.9449	3.1924	3.4342	3.6709			
58.0	0.9957	1.3584	1.6933	2.0090	2.3101	2.5997	2.8796	3.1515	3.4164	3.6752	3.9285			
60.0	1.0632	1.4504	1.8080	2.1450	2.4666	2.7757	3.0747	3.3650	3.6478	3.9241	4.1946			
62.0	1.1327	1.5453	1.9263	2.2854	2.6279	2.9573	3.2758	3.5851	3.8865	4.1809	4.4690			
64.0	1.2044	1.6431	2.0482	2.4300	2.7943	3.1445	3.4832	3.8120	4.1325	4.4455	4.7519			
66.0	1.2782	1.7438	2.1737	2.5790	2.9655	3.3372	3.6966	4.0457	4.3857	4.7179	5.0431			
68.0	1.3542	1.8474	2.3029	2.7321	3.1417	3.5354	3.9162	4.2860	4.6462	4.9981	5.3426			
70.0	1.4322	1.9539	2.4356	2.8896	3.3227	3.7392	4.1419	4.5330	4.9140	5.2862	5.6505			
72.0	1.5124	2.0632	2.5719	3.0513	3.5087	3.9484	4.3737	4.7866	5.1890	5.5820	5.9667			
74.0	1.5946	2.1754	2.7118	3.2173	3.6995	4.1632	4.6116	5.0470	5.4712	5.8856	6.2913			
76.0	1.6790	2.2905	2.8552	3.3875	3.8952	4.3834	4.8555	5.3140	5.7606	6.1969	6.6241			
78.0	1.7654	2.4084	3.0022	3.5619	4.0957	4.6091	5.1055	5.5876	6.0572	6.5160	6.9651			
80.0	1.8540	2.5292	3.1528	3.7405	4.3012	4.8403	5.3616	5.8678	6.3610	6.8428	7.3145			
82.0	1.9446	2.6529	3.3069	3.9234	4.5114	5.0769	5.6237	6.1547	6.6720	7.1774	7.6720			
84.0	2.0373	2.7794	3.4646	4.1104	4.7265	5.3190	5.8918	6.4481	6.9901	7.5196	8.0379			
86.0	2.1321	2.9087	3.6258	4.3017	4.9465	5.5665	6.1660	6.7482	7.3154	7.8695	8.4119	8.9438		
88.0	2.2290	3.0409	3.7906	4.4972	5.1712	5.8194	6.4462	7.0548	7.6478	8.2271	8.7941	9.3502		
90.0	2.3279	3.1759	3.9589	4.6968	5.4008	6.0777	6.7323	7.3680	7.9873	8.5923	9.1845	9.7653		
92.0	2.4290	3.3137	4.1307	4.9007	5.6352	6.3415	7.0245	7.6878	8.3340	8.9652	9.5831	10.1891		
94.0	2.5321	3.4544	4.3060	5.1087	5.8744	6.6107	7.3227	8.0141	8.6877	9.3457	9.9899	10.6216		
96.0	2.6372	3.5978	4.4848	5.3209	6.1184	6.8852	7.6268	8.3469	9.0485	9.7339	10.4048	11.0627	11.7089	12.3444
98.0	2.7445	3.7441	4.6672	5.5372	6.3672	7.1652	7.9369	8.6863	9.4165	10.1297	10.8278	11.5125	12.1850	12.8463
100.0	2.8538	3.8932	4.8530	5.7577	6.6207	7.4505	8.2530	9.0322	9.7914	10.5331	11.2590	11.9710	12.6702	13.3579
102.0			5.0424	5.9824	6.8790	7.7413	8.5750	9.3847	10.1735	10.9440	11.6984	12.4381	13.1646	13.8791
104.0			5.2353	6.2112	7.1421	8.0373	8.9030	9.7436	10.5626	11.3626	12.1458	12.9138	13.6681	14.4099
106.0			5.4316	6.4441	7.4100	8.3388	9.2369	10.1090	10.9587	11.7888	12.6013	13.3981	14.1807	14.9503
108.0			5.6314	6.6812	7.6826	8.6456	9.5767	10.4809	11.3619	12.2225	13.0649	13.8911	14.7024	15.5004
110.0			5.8348	6.9224	7.9600	8.9577	9.9225	10.8593	11.7721	12.6638	13.5366	14.3926	15.2333	16.0600
112.0			6.0416	7.1678	8.2421	9.2752	10.2741	11.2442	12.1894	13.1126	14.0164	14.9027	15.7731	16.6292
114.0			6.2518	7.4172	8.5290	9.5980	10.6317	11.6356	12.6136	13.5690	14.5042	15.4213	16.3221	17.2079
116.0			6.4656	7.6708	8.8206	9.9261	10.9952	12.0334	13.0448	14.0329	15.0001	15.9486	16.8801	17.9662
118.0			6.6828	7.9285	9.1169	10.2596	11.3646	12.4376	13.4831	14.5043	15.5040	16.4843	17.4472	18.3941
120.0			6.9034	8.1903	9.4179	10.5983	11.7398	12.8483	13.9283	14.9832	16.0159	17.0287	18.0233	19.0015
122.0			7.1276	8.4562	9.7237	10.9424	12.1210	13.2654	14.3805	15.4696	16.5359	17.5815	18.6085	19.6184

Fuente: Segura, 1997.

(1) Sección del árbol comercial para aserrio con un diámetro mínimo aprovechable de 30 cm sin incluir tocón, defectos ni pudriciones

Anexo 4

Tabla de volumen comercial neto¹ para roble, para bosque natural, Villa Mills

$$LN (\text{Vol neto}) = -9.112290 + 2.075348 (\ln d) + 0.622860 (\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)												
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0
10.0	0.0311	0.0401	0.0479	0.0551	0.0617	0.0679							
12.0	0.0454	0.0585	0.0699	0.0804	0.0900	0.0991							
14.0	0.0625	0.0805	0.0963	0.1107	0.1240	0.1365	0.1483						
16.0	0.0825	0.1062	0.1271	0.1460	0.1636	0.1801	0.1957						
18.0	0.1054	0.1356	0.1623	0.1865	0.2089	0.2299	0.2499	0.2689					
20.0	0.1311	0.1688	0.2019	0.2320	0.2599	0.2861	0.3109	0.3346	0.3573	0.3792			
22.0	0.1598	0.2057	0.2461	0.2828	0.3168	0.3487	0.3789	0.4078	0.4354	0.4621			
24.0	0.1914	0.2464	0.2948	0.3387	0.3795	0.4177	0.4539	0.4885	0.5216	0.5535			
26.0	0.2260	0.2910	0.3481	0.3999	0.4480	0.4932	0.5360	0.5768	0.6159	0.6536			
28.0	0.2636	0.3393	0.4059	0.4664	0.5225	0.5752	0.6251	0.6727	0.7183	0.7622			
30.0	0.3042	0.3916	0.4684	0.5382	0.6030	0.6637	0.7213	0.7762	0.8289	0.8796	0.9285		
32.0	0.3478	0.4477	0.5355	0.6154	0.6894	0.7589	0.8247	0.8875	0.9477	1.0056	1.0616		
34.0	0.3944	0.5077	0.6073	0.6979	0.7818	0.8606	0.9353	1.0065	1.0747	1.1404	1.2040		
36.0	0.4441	0.5717	0.6838	0.7858	0.8803	0.9690	1.0531	1.1332	1.2101	1.2841	1.3556		
38.0	0.4968	0.6395	0.7650	0.8791	0.9848	1.0841	1.1781	1.2678	1.3538	1.4366	1.5166		
40.0	0.5526	0.7114	0.8510	0.9779	1.0955	1.2058	1.3104	1.4102	1.5058	1.5979	1.6869		
42.0	0.6115	0.7872	0.9416	1.0821	1.2122	1.3343	1.4501	1.5604	1.6663	1.7682	1.8667		
44.0	0.6735	0.8670	1.0371	1.1917	1.3351	1.4696	1.5970	1.7186	1.8352	1.9474	2.0559		
46.0	0.7386	0.9507	1.1373	1.3069	1.4641	1.6116	1.7514	1.8847	2.0125	2.1356	2.2546		
48.0	0.8068	1.0385	1.2423	1.4276	1.5993	1.7604	1.9131	2.0587	2.1984	2.3328	2.4628		
50.0	0.8781	1.1304	1.3522	1.5538	1.7407	1.9161	2.0823	2.2408	2.3927	2.5391	2.6805		
52.0	0.9525	1.2262	1.4668	1.6856	1.8883	2.0786	2.2588	2.4308	2.5957	2.7544	2.9078		
54.0	1.0302	1.3261	1.5864	1.8229	2.0421	2.2479	2.4429	2.6288	2.8071	2.9788	3.1447		
56.0	1.1109	1.4301	1.7107	1.9658	2.2022	2.4241	2.6344	2.8349	3.0272	3.2123	3.3912		
58.0	1.1948	1.5381	1.8400	2.1143	2.3686	2.6073	2.8334	3.0491	3.2559	3.4550	3.6474		
60.0	1.2819	1.6502	1.9741	2.2684	2.5412	2.7973	3.0399	3.2713	3.4932	3.7069	3.9133	4.1134	4.3077
62.0	1.3722	1.7664	2.1131	2.4282	2.7202	2.9943	3.2540	3.5017	3.7392	3.9679	4.1889	4.4030	4.6110
64.0	1.4657	1.8867	2.2570	2.5936	2.9055	3.1982	3.4756	3.7402	3.9939	4.2381	4.4742	4.7029	4.9251
66.0	1.5623	2.0112	2.4058	2.7646	3.0971	3.4092	3.7048	3.9868	4.2572	4.5176	4.7692	5.0130	5.2498
68.0	1.6622	2.1397	2.5596	2.9413	3.2950	3.6271	3.9416	4.2417	4.5294	4.8064	5.0741	5.3334	5.5854
70.0	1.7652	2.2724	2.7183	3.1237	3.4993	3.8519	4.1860	4.5047	4.8102	5.1044	5.3887	5.6641	5.9317
72.0	1.8715	2.4092	2.8820	3.3117	3.7100	4.0839	4.4380	4.7759	5.0998	5.4117	5.7131	6.0052	6.2888
74.0	1.9810	2.5502	3.0506	3.5055	3.9271	4.3228	4.6977	5.0553	5.3982	5.7284	6.0474	6.3565	6.6568
76.0	2.0937	2.6953	3.2242	3.7050	4.1505	4.5688	4.9651	5.3430	5.7054	6.0543	6.3915	6.7182	7.0356
78.0	2.2097	2.8446	3.4028	3.9102	4.3804	4.8219	5.2401	5.6389	6.0214	6.3897	6.7455	7.0904	7.4253
80.0	2.3289	2.9980	3.5864	4.1211	4.6167	5.0820	5.5227	5.9431	6.3462	6.7344	7.1094	7.4729	7.8259
82.0	2.4514	3.1557	3.7749	4.3378	4.8595	5.3492	5.8131	6.2556	6.6799	7.0885	7.4833	7.8658	8.2374
84.0	2.5771	3.3175	3.9685	4.5603	5.1087	5.6235	6.1113	6.5764	7.0225	7.4520	7.8670	8.2692	8.6598
86.0	2.7061	3.4835	4.1671	4.7885	5.3644	5.9050	6.4171	6.9056	7.3739	7.8250	8.2607	8.6830	9.0932
88.0	2.8383	3.6538	4.3708	5.0225	5.6265	6.1935	6.7307	7.2430	7.7343	8.2073	8.6644	9.1073	9.5376
90.0	2.9738	3.8282	4.5795	5.2623	5.8951	6.4892	7.0520	7.5888	8.1036	8.5992	9.0781	9.5422	9.9929
92.0	3.1126	4.0069	4.7932	5.5079	6.1703	6.7921	7.3812	7.9430	8.4817	9.0005	9.5018	9.9875	10.4593
94.0	3.2547	4.1898	5.0120	5.7593	6.4519	7.1021	7.7181	8.3056	8.8689	9.4113	9.9355	10.4434	10.9367
96.0			5.2358	6.0165	6.7401	7.4193	8.0628	8.6765	9.2650	9.8317	10.3792	10.9098	11.4252
98.0			5.4647	6.2796	7.0347	7.7437	8.4153	9.0558	9.6701	10.2615	10.8330	11.3868	11.9247
100.0			5.6987	6.5485	7.3360	8.0753	8.7756	9.4436	10.0841	10.7009	11.2968	11.8743	12.4353
102.0			5.9378	6.8232	7.6437	8.4140	9.1438	9.8398	10.5072	11.1498	11.7708	12.3725	12.9570
104.0			6.1820	7.1038	7.9581	8.7600	9.5198	10.2444	10.9393	11.6083	12.2548	12.8813	13.4898
106.0			6.4313	7.3902	8.2790	9.1133	9.9037	10.6575	11.3804	12.0764	12.7490	13.4007	14.0338
108.0			6.6856	7.6825	8.6064	9.4738	10.2954	11.0791	11.8305	12.5541	13.2533	13.9308	14.5889
110.0			6.9451	7.9807	8.9405	9.8415	10.6950	11.5091	12.2897	13.0414	13.7677	14.4715	15.1551
112.0			7.2098	8.2848	9.2812	10.2165	11.1025	11.9476	12.7580	13.5383	14.2923	15.0229	15.7326
114.0			7.4795	8.5948	9.6284	10.5987	11.5179	12.3947	13.2354	14.0449	14.8270	15.5850	16.3212
116.0			7.7544	8.9107	9.9823	10.9883	11.9412	12.8502	13.7218	14.5611	15.3720	16.1578	16.9211
118.0			8.0345	9.2325	10.3428	11.3851	12.3725	13.3143	14.2173	15.0869	15.9271	16.7413	17.5322
120.0			8.3197	9.5602	10.7099	11.7892	12.8117	13.7869	14.7220	15.6224	16.4925	17.3356	18.1545

Elaboración propia.

(1) Sección del árbol comercial para aserrío con un diámetro mínimo aprovechable de 30 cm sin incluir tocón, defectos ni pudriciones

Anexo 5

Tabla de volumen comercial neto¹ para otras especies², para bosque natural, Villa Mills

$$LN (\text{Vol neto}) = -9.285917 + 2.001193 (\ln d) + 0.804296 (\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)								
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
10.0	0.0284	0.0393	0.0495						
12.0	0.0408	0.0566	0.0713	0.0853					
14.0	0.0556	0.0770	0.0971	0.1162	0.1345				
16.0	0.0726	0.1006	0.1268	0.1518	0.1757				
18.0	0.0919	0.1274	0.1605	0.1921	0.2224				
20.0	0.1135	0.1573	0.1982	0.2372	0.2746				
22.0	0.1374	0.1903	0.2399	0.2870	0.3324	0.3762	0.4189	0.4605	0.5012
24.0	0.1635	0.2265	0.2855	0.3416	0.3956	0.4478	0.4986	0.5481	0.5966
26.0	0.1919	0.2659	0.3351	0.4010	0.4643	0.5256	0.5852	0.6433	0.7002
28.0	0.2226	0.3084	0.3887	0.4651	0.5385	0.6096	0.6787	0.7462	0.8121
30.0	0.2555	0.3540	0.4462	0.5339	0.6182	0.6999	0.7792	0.8566	0.9324
32.0	0.2907	0.4028	0.5077	0.6075	0.7035	0.7963	0.8866	0.9747	1.0609
34.0	0.3282	0.4548	0.5732	0.6859	0.7942	0.8991	1.0010	1.1005	1.1978
36.0	0.3680	0.5099	0.6427	0.7690	0.8905	1.0080	1.1223	1.2338	1.3429
38.0	0.4101	0.5682	0.7161	0.8569	0.9922	1.1232	1.2505	1.3748	1.4964
40.0	0.4544	0.6296	0.7935	0.9495	1.0995	1.2446	1.3857	1.5234	1.6581
42.0	0.5010	0.6942	0.8749	1.0469	1.2123	1.3723	1.5279	1.6797	1.8282
44.0	0.5499	0.7619	0.9603	1.1491	1.3305	1.5062	1.6769	1.8435	2.0066
46.0	0.6011	0.8328	1.0496	1.2560	1.4543	1.6463	1.8329	2.0151	2.1933
48.0	0.6545	0.9068	1.1429	1.3676	1.5836	1.7926	1.9959	2.1942	2.3882
50.0	0.7102	0.9840	1.2402	1.4840	1.7184	1.9452	2.1658	2.3810	2.5915
52.0	0.7682	1.0644	1.3415	1.6052	1.8587	2.1041	2.3426	2.5754	2.8031
54.0	0.8284	1.1479	1.4467	1.7311	2.0045	2.2691	2.5264	2.7774	3.0230
56.0	0.8910	1.2345	1.5559	1.8618	2.1559	2.4404	2.7171	2.9871	3.2513
58.0	0.9558	1.3243	1.6691	1.9973	2.3127	2.6180	2.9148	3.2044	3.4878
60.0	1.0229	1.4173	1.7863	2.1375	2.4750	2.8017	3.1194	3.4294	3.7326
62.0	1.0923	1.5134	1.9074	2.2824	2.6429	2.9918	3.3309	3.6619	3.9858
64.0	1.1639	1.6127	2.0326	2.4321	2.8163	3.1880	3.5495	3.9021	4.2472
66.0	1.2379	1.7151	2.1617	2.5866	2.9951	3.3905	3.7749	4.1500	4.5170
68.0	1.3141	1.8207	2.2947	2.7459	3.1795	3.5992	4.0073	4.4055	4.7951
70.0	1.3925	1.9295	2.4318	2.9099	3.3694	3.8142	4.2466	4.6686	5.0815
72.0	1.4733	2.0414	2.5728	3.0786	3.5648	4.0354	4.4929	4.9393	5.3762
74.0	1.5563	2.1564	2.7178	3.2521	3.7658	4.2628	4.7461	5.2177	5.6792
76.0	1.6417	2.2746	2.8668	3.4304	3.9722	4.4965	5.0063	5.5038	5.9905
78.0	1.7293	2.3960	3.0198	3.6134	4.1841	4.7364	5.2734	5.7974	6.3101
80.0	1.8191	2.5205	3.1767	3.8012	4.4016	4.9826	5.5475	6.0987	6.6381
82.0	1.9113	2.6482	3.3376	3.9938	4.6246	5.2350	5.8285	6.4077	6.9743
84.0	2.0057	2.7790	3.5025	4.1911	4.8530	5.4936	6.1165	6.7242	7.3189
86.0	2.1024	2.9130	3.6714	4.3932	5.0870	5.7585	6.4114	7.0484	7.6718
88.0	2.2014	3.0502	3.8443	4.6000	5.3265	6.0296	6.7132	7.3803	8.0330

(1) Sección del árbol comercial para aserrío con un diámetro mínimo aprovechable de 30 cm sin incluir tocón, defectos ni pudriciones

(2) Especies: arrayán, chilenuela, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora

Elaboración propia

Anexo 6

Tabla de volumen comercial neto¹ para todas las especies², para bosque natural, Villa Mills

$$LN(\text{Vol. neto}) = -9.183377 + 2.010732(\ln d) + 0.745511(\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)													
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
10.0	0.0296	0.0400	0.0496	0.0586	0.0671	0.0753								
12.0	0.0427	0.0578	0.0716	0.0846	0.0969	0.1087								
14.0	0.0582	0.0788	0.0976	0.1153	0.1321	0.1482	0.1637	0.1787						
16.0	0.0762	0.1030	0.1277	0.1508	0.1727	0.1938	0.2141	0.2337						
18.0	0.0965	0.1306	0.1618	0.1911	0.2189	0.2456	0.2713	0.2962						
20.0	0.1193	0.1614	0.2000	0.2362	0.2706	0.3035	0.3353	0.3661	0.3960	0.4251				
22.0	0.1445	0.1955	0.2422	0.2861	0.3277	0.3676	0.4061	0.4434	0.4796	0.5149				
24.0	0.1721	0.2328	0.2885	0.3408	0.3904	0.4379	0.4838	0.5282	0.5713	0.6134				
26.0	0.2022	0.2735	0.3389	0.4003	0.4585	0.5144	0.5682	0.6204	0.6711	0.7205				
28.0	0.2346	0.3175	0.3934	0.4646	0.5322	0.5970	0.6595	0.7201	0.7789	0.8363				
30.0	0.2696	0.3647	0.4519	0.5337	0.6114	0.6859	0.7577	0.8272	0.8948	0.9607	1.0251			
32.0	0.3069	0.4152	0.5145	0.6077	0.6962	0.7809	0.8627	0.9419	1.0188	1.0938	1.1671			
34.0	0.3467	0.4691	0.5813	0.6865	0.7864	0.8822	0.9745	1.0640	1.1509	1.2356	1.3185			
36.0	0.3889	0.5262	0.6520	0.7701	0.8822	0.9896	1.0932	1.1935	1.2911	1.3861	1.4790			
38.0	0.4336	0.5866	0.7269	0.8585	0.9835	1.1033	1.2188	1.3306	1.4393	1.5453	1.6489			
40.0	0.4807	0.6503	0.8059	0.9518	1.0903	1.2231	1.3512	1.4752	1.5957	1.7132	1.8280			
42.0	0.5302	0.7174	0.8890	1.0499	1.2027	1.3492	1.4904	1.6272	1.7602	1.8898	2.0165			
44.0	0.5822	0.7877	0.9761	1.1528	1.3207	1.4815	1.6366	1.7868	1.9328	2.0751	2.2142			
46.0	0.6367	0.8614	1.0674	1.2606	1.4441	1.6200	1.7896	1.9538	2.1135	2.2691	2.4212			
48.0	0.6936	0.9383	1.1628	1.3732	1.5732	1.7648	1.9495	2.1284	2.3023	2.4719	2.6375			
50.0	0.7529	1.0186	1.2623	1.4907	1.7078	1.9157	2.1163	2.3105	2.4993	2.6833	2.8632			
52.0	0.8147	1.1022	1.3658	1.6130	1.8479	2.0729	2.2899	2.5001	2.7044	2.9035	3.0981			
54.0	0.8789	1.1891	1.4735	1.7402	1.9936	2.2364	2.4704	2.6972	2.9176	3.1324	3.3424			
56.0	0.9456	1.2793	1.5853	1.8722	2.1448	2.4060	2.6579	2.9018	3.1389	3.3701	3.5959			
58.0	1.0147	1.3728	1.7012	2.0091	2.3016	2.5819	2.8522	3.1139	3.3684	3.6164	3.8588			
60.0	1.0863	1.4697	1.8212	2.1508	2.4640	2.7641	3.0534	3.3336	3.6060	3.8716	4.1310	4.3850	4.6341	
62.0	1.1603	1.5698	1.9453	2.2974	2.6319	2.9524	3.2615	3.5608	3.8518	4.1354	4.4126	4.6839	4.9500	
64.0	1.2368	1.6733	2.0736	2.4489	2.8054	3.1471	3.4765	3.7955	4.1057	4.4080	4.7035	4.9927	5.2763	
66.0	1.3157	1.7801	2.2059	2.6052	2.9845	3.3479	3.6984	4.0378	4.3677	4.6894	5.0037	5.3113	5.6130	
68.0	1.3971	1.8902	2.3424	2.7663	3.1691	3.5550	3.9272	4.2876	4.6380	4.9795	5.3132	5.6399	5.9603	
70.0	1.4810	2.0037	2.4830	2.9324	3.3593	3.7684	4.1629	4.5449	4.9163	5.2784	5.6321	5.9784	6.3180	
72.0	1.5673	2.1205	2.6277	3.1033	3.5551	3.9880	4.4055	4.8098	5.2028	5.5860	5.9603	6.3268	6.6862	
74.0	1.6561	2.2405	2.7765	3.2790	3.7564	4.2139	4.6550	5.0822	5.4975	5.9023	6.2979	6.6852	7.0649	
76.0	1.7473	2.3640	2.9294	3.4597	3.9634	4.4460	4.9114	5.3622	5.8004	6.2275	6.6448	7.0534	7.4541	
78.0	1.8410	2.4907	3.0865	3.6452	4.1759	4.6844	5.1748	5.6497	6.1114	6.5614	7.0011	7.4316	7.8538	
80.0	1.9371	2.6208	3.2477	3.8355	4.3940	4.9291	5.4450	5.9447	6.4305	6.9041	7.3668	7.8197	8.2639	
82.0	2.0357	2.7542	3.4130	4.0308	4.6176	5.1800	5.7222	6.2474	6.7579	7.2555	7.7418	8.2178	8.6846	
84.0	2.1368	2.8909	3.5825	4.2309	4.8469	5.4371	6.0063	6.5575	7.0934	7.6157	8.1261	8.6258	9.1157	
86.0	2.2403	3.0310	3.7561	4.4359	5.0817	5.7008	6.2973	6.8752	7.4370	7.9847	8.5198	9.0437	9.5574	
88.0	2.3463	3.1744	3.9338	4.6457	5.3221	5.9703	6.5952	7.2005	7.7889	8.3625	8.9229	9.4716	10.0096	
90.0	2.4548	3.3211	4.1156	4.8605	5.5681	6.2462	6.9001	7.5333	8.1489	8.7490	9.3354	9.9094	10.4723	
92.0	2.5657	3.4712	4.3015	5.0801	5.8197	6.5285	7.2118	7.8737	8.5171	9.1443	9.7572	10.3571	10.9454	
94.0	2.6791	3.6246	4.4916	5.3046	6.0769	6.8170	7.5305	8.2217	8.8935	9.5484	10.1884	10.8148	11.4291	
96.0	2.7949	3.7813	4.6859	5.5340	6.3397	7.1118	7.8562	8.5772	9.2781	9.9613	10.6289	11.2825	11.9234	12.5527
98.0	2.9132	3.9414	4.8842	5.7682	6.6081	7.4128	8.1887	8.9403	9.6708	10.3830	11.0789	11.7601	12.4281	13.0840
100.0	3.0340	4.1048	5.0867	6.0074	6.8820	7.7201	8.5282	9.3109	10.0718	10.8135	11.5382	12.2476	12.9433	13.6265
102.0	3.1573	4.2716	5.2933	6.2514	7.1616	8.0337	8.8747	9.6892	10.4809	11.2527	12.0069	12.7451	13.4691	14.1800
104.0	3.2830	4.4416	5.5041	6.5003	7.4467	8.3536	9.2280	10.0750	10.8982	11.7008	12.4849	13.2526	14.0054	14.7446
106.0	3.4111	4.6151	5.7190	6.7541	7.7375	8.6798	9.5883	10.4683	11.3237	12.1576	12.9724	13.7701	14.5522	15.3203
108.0	3.5418	4.7918	5.9380	7.0128	8.0338	9.0122	9.9555	10.8693	11.7574	12.6232	13.4692	14.2974	15.1096	15.9071
110.0	3.6749	4.9719	6.1612	7.2764	8.3358	9.3509	10.3297	11.2778	12.1993	13.0977	13.9755	14.8348	15.6775	16.5049
112.0	3.8105	5.1554	6.3885	7.5448	8.6433	9.6959	10.7108	11.6939	12.6494	13.5809	14.4911	15.3821	16.2559	17.1139
114.0	3.9485	5.3421	6.6200	7.8182	8.9565	10.0472	11.0989	12.1175	13.1077	14.0730	15.0161	15.9394	16.8448	17.7339
116.0	4.0891	5.5323	6.8556	8.0964	9.2752	10.4048	11.4939	12.5488	13.5742	14.5738	15.5505	16.5067	17.4443	18.3650
118.0	4.2321	5.7257	7.0953	8.3795	9.5996	10.7686	11.8958	12.9876	14.0489	15.0834	16.0943	17.0839	18.0543	19.0073
120.0	4.3775	5.9225	7.3392	8.6676	9.9295	11.1388	12.3047	13.4340	14.5318	15.6019	16.6475	17.6711	18.6749	19.6606
122.0	4.5255	6.1227	7.5872	8.9605	10.2651	11.5152	12.7205	13.8880	15.0229	16.1291	17.2101	18.2683	19.3060	20.3250

(1) Sección del árbol comercial para aserrío con un diámetro mínimo aprovechable de 30 cm sin incluir tocón, defectos ni pudriciones

(2) Especies: arrayán, chilmueta, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina, titora, encino y roble

Elaboración propia

Anexo 7

Tabla de volumen comercial total¹ para encino, para bosque natural, Villa Mills

$$LN(\text{Vol total}) = -8,948514 + 1,909361(\ln d) + 0,837964(\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)																					
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	
10.0	0.0337	0.0473	0.0602	0.0726	0.0846																	
12.0	0.0477	0.0670	0.0853	0.1029	0.1198																	
14.0	0.0641	0.0900	0.1145	0.1381	0.1608	0.1830																
16.0			0.1478	0.1781	0.2076	0.2362	0.2641	0.2915														
18.0					0.2599	0.2957	0.3307	0.3650														
20.0					0.3178	0.3616	0.4044	0.4464														
22.0					0.3812	0.4338	0.4852	0.5355														
24.0					0.4501	0.5122	0.5728	0.6323	0.6906	0.7481												
26.0					0.5245	0.5968	0.6674	0.7367	0.8047	0.8716												
28.0					0.6042	0.6875	0.7689	0.8487	0.9270	1.0041												
30.0					0.6893	0.7843	0.8772	0.9681	1.0575	1.1454												
32.0					0.7796	0.8872	0.9922	1.0951	1.1962	1.2956	1.3936											
34.0					0.8753	0.9960	1.1139	1.2295	1.3430	1.4546	1.5647											
36.0					0.9763	1.1109	1.2424	1.3713	1.4979	1.6224	1.7451	1.8662	1.9857									
38.0					1.0824	1.2317	1.3775	1.5204	1.6607	1.7988	1.9349	2.0691	2.2017									
40.0					1.1938	1.3584	1.5193	1.6768	1.8316	1.9839	2.1340	2.2820	2.4282									
42.0					1.3104	1.4911	1.6676	1.8406	2.0105	2.1776	2.3423	2.5048	2.6653									
44.0					1.4321	1.6296	1.8225	2.0115	2.1972	2.3799	2.5599	2.7375	2.9129	3.0862								
46.0					1.5589	1.7739	1.9839	2.1897	2.3918	2.5907	2.7866	2.9800	3.1709	3.3596								
48.0					1.6909	1.9241	2.1519	2.3751	2.5943	2.8100	3.0226	3.2322	3.4393	3.6440	3.8465	4.0470						
50.0					1.8280	2.0800	2.3263	2.5676	2.8046	3.0378	3.2676	3.4942	3.7181	3.9394	4.1583	4.3750	4.5897					
52.0					1.9701	2.2418	2.5072	2.7673	3.0227	3.2740	3.5217	3.7660	4.0072	4.2457	4.4817	4.7152	4.9466					
54.0					2.1173	2.4093	2.6945	2.9740	3.2486	3.5187	3.7848	4.0474	4.3067	4.5630	4.8166	5.0676	5.3162					
56.0					2.2696	2.5825	2.8883	3.1879	3.4822	3.7717	4.0569	4.3384	4.6163	4.8911	5.1629	5.4320	5.6985	5.9626				
58.0						3.0884	3.4088	3.7235	4.0330	4.3381	4.6390	4.9362	5.2300	5.5207	5.8084	6.0933	6.3758					
60.0						3.2950	3.6368	3.9725	4.3027	4.6282	4.9492	5.2663	5.5798	5.8898	6.1968	6.5008	6.8021					
62.0						3.5079	3.8717	4.2291	4.5807	4.9272	5.2690	5.6066	5.9403	6.2704	6.5972	6.9208	7.2416					
64.0						3.7271	4.1137	4.4934	4.8670	5.2351	5.5983	5.9570	6.3115	6.6622	7.0094	7.3533	7.6942					
66.0						3.9526	4.3626	4.7653	5.1615	5.5519	5.9371	6.3175	6.6935	7.0654	7.4336	7.7983	8.1598					
68.0						4.1845	4.6185	5.0448	5.4643	5.8776	6.2853	6.6880	7.0861	7.4798	7.8696	8.2557	8.6384					
70.0						4.4226	4.8814	5.3319	5.7752	6.2121	6.6430	7.0686	7.4893	7.9055	8.3175	8.7256	9.1300					
72.0									5.6266	6.0944	6.5553	7.0101	7.4592	7.9032	8.3424	8.7771	9.2077	9.6345				
74.0									5.9288	6.4217	6.9074	7.3866	7.8598	8.3276	8.7904	9.2485	9.7023	10.1520				
76.0									6.2385	6.7572	7.2682	7.7725	8.2704	8.7627	9.2496	9.7316	10.2091	10.6823				
78.0									6.5557	7.1007	7.6378	8.1677	8.6910	9.2082	9.7199	10.2265	10.7282	11.2254	11.7184			
80.0									6.8804	7.4524	8.0161	8.5722	9.1214	9.6643	10.2013	10.7330	11.2595	11.7814	12.2988	12.8121		
82.0									7.2125	7.8122	8.4031	8.9860	9.5618	10.1308	10.6938	11.2511	11.8031	12.3502	12.8926	13.4306		
84.0									7.5521	8.1800	8.7987	9.4091	10.0120	10.6079	11.1973	11.7809	12.3589	12.9317	13.4996	14.0630		
86.0										8.5559	9.2031	9.8415	10.4721	11.0953	11.7119	12.3222	12.9268	13.5259	14.1200	14.7092		
88.0										8.9399	9.6160	10.2831	10.9420	11.5932	12.2374	12.8752	13.5069	14.1329	14.7536	15.3693		
90.0											10.0376	10.7340	11.4217	12.1015	12.7740	13.4397	14.0990	14.7525	15.4004	16.0431		
92.0											10.4678	11.1940	11.9112	12.6201	13.3214	14.0157	14.7033	15.3848	16.0605	16.7307		
94.0											10.9066	11.6633	12.4105	13.1491	13.8798	14.6032	15.3196	16.0297	16.7337	17.4320		
96.0											11.3540	12.1417	12.9196	13.6885	14.4492	15.2022	15.9480	16.6872	17.4201	18.1470		
98.0											11.8099	12.6292	13.4383	14.2382	15.0294	15.8126	16.5884	17.3573	18.1196	18.8757		
100.0											12.2744	13.1259	13.9668	14.7981	15.6204	16.4345	17.2408	18.0399	18.8322	19.6181		
102.0											12.7474	13.6317	14.5050	15.3683	16.2224	17.0678	17.9052	18.7350	19.5579	20.3740		
104.0											13.2288	14.1466	15.0529	15.9488	16.8351	17.7125	18.5815	19.4427	20.2966	21.1436		
106.0											13.7188	14.6706	15.6105	16.5396	17.4587	18.3685	19.2697	20.1628	21.0484	21.9267		
108.0											14.2173	15.2036	16.1777	17.1405	18.0930	19.0359	19.9699	20.8954	21.8131	22.7234		
110.0											14.7242	15.7457	16.7545	17.7517	18.7382	19.7147	20.6819	21.6405	22.5909	23.5337		
112.0																20.4047	21.4058	22.3980	23.3817	24.3574		
114.0																21.1061	22.1416	23.1678	24.1853	25.1946		
116.0																21.8187	22.8892	23.9501	25.0020	26.0453		
118.0																22.5426	23.6486	24.7447	25.8315	26.9095		
120.0																23.2778	24.4198	25.5517	26.6739	27.7870	28.8916	
122.0																24.0242	25.2028	26.3709	27.5291	28.6780	29.8180	

Fuente: Segura, 1997.

(1) Volumen hasta la altura comercial (incluye defectos y tocón)



Anexo 8

Tabla de volumen comercial total¹ para roble, para bosque natural, Villa Mills

$LN (Vol\ total) = -9.469698 + 2.036852 (ln\ d) + 0.828524 (ln\ h)$

Diámetro (cm)	Altura (m)																				
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
10.0	0.0265	0.0371	0.0470	0.0566	0.0658																
12.0	0.0384	0.0537	0.0682	0.0820	0.0954																
14.0		0.0735	0.0933	0.1123	0.1306	0.1484	0.1658														
16.0			0.1225	0.1474	0.1714	0.1948	0.2176	0.2399													
18.0				0.1874	0.2179	0.2476	0.2766	0.3049													
20.0				0.2322	0.2701	0.3069	0.3428	0.3779	0.4124	0.4463											
22.0				0.2820	0.3279	0.3726	0.4162	0.4589	0.5007	0.5419											
24.0				0.3366	0.3915	0.4449	0.4969	0.5479	0.5978	0.6470											
26.0				0.3963	0.4609	0.5237	0.5849	0.6449	0.7037	0.7615											
28.0				0.4608	0.5360	0.6090	0.6802	0.7500	0.8184	0.8856											
30.0				0.5304	0.6168	0.7009	0.7829	0.8631	0.9418	1.0192											
32.0				0.6049	0.7035	0.7993	0.8928	0.9844	1.0741	1.1624											
34.0				0.6844	0.7960	0.9044	1.0102	1.1137	1.2153	1.3152	1.4135	1.5104	1.6061								
36.0				0.7689	0.8942	1.0160	1.1349	1.2512	1.3654	1.4776	1.5880	1.6969	1.8044								
38.0				0.8584	0.9983	1.1343	1.2670	1.3969	1.5243	1.6496	1.7729	1.8945	2.0144								
40.0				0.9529	1.1083	1.2593	1.4066	1.5508	1.6922	1.8313	1.9682	2.1031	2.2363								
42.0				1.0525	1.2241	1.3908	1.5535	1.7128	1.8690	2.0226	2.1738	2.3228	2.4699	2.6152	2.7589	2.9010					
44.0				1.1571	1.3457	1.5291	1.7079	1.8830	2.0548	2.2236	2.3898	2.5537	2.7154	2.8752	3.0331	3.1893					
46.0				1.2667	1.4733	1.6740	1.8698	2.0615	2.2495	2.4344	2.6163	2.7957	2.9728	3.1476	3.3205	3.4916					
48.0				1.3814	1.6067	1.8256	2.0391	2.2482	2.4532	2.6548	2.8533	3.0489	3.2420	3.4327	3.6212	3.8078					
50.0				1.5012	1.7460	1.9838	2.2159	2.4431	2.6659	2.8850	3.1006	3.3132	3.5230	3.7303	3.9352	4.1379	4.3386				
52.0				1.6260	1.8912	2.1488	2.4002	2.6462	2.8876	3.1249	3.3585	3.5888	3.8160	4.0405	4.2625	4.4820	4.6994				
54.0				1.7560	2.0423	2.3205	2.5920	2.8577	3.1184	3.3746	3.6269	3.8755	4.1209	4.3634	4.6030	4.8402	5.0749				
56.0				1.8910	2.1993	2.4989	2.7913	3.0774	3.3581	3.6341	3.9057	4.1735	4.4378	4.6989	4.9570	5.2123	5.4651				
58.0				2.0311	2.3623	2.6841	2.9981	3.3054	3.6069	3.9033	4.1951	4.4827	4.7666	5.0470	5.3242	5.5985	5.8700				
60.0				2.1763	2.5312	2.8760	3.2124	3.5417	3.8648	4.1824	4.4950	4.8032	5.1074	5.4078	5.7049	5.9987	6.2897				
62.0				2.3266	2.7060	3.0746	3.4343	3.7864	4.1317	4.4712	4.8055	5.1350	5.4601	5.7814	6.0989	6.4131	6.7241	7.0321	7.3374		
64.0				2.4820	2.8868	3.2800	3.6638	4.0393	4.4078	4.7699	5.1265	5.4780	5.8249	6.1676	6.5063	6.8415	7.1733	7.5019	7.8276		
66.0				2.6426	3.0735	3.4922	3.9007	4.3006	4.6929	5.0785	5.4581	5.8323	6.2017	6.5665	6.9272	7.2840	7.6373	7.9872	8.3339		
68.0				2.8083	3.2662	3.7111	4.1453	4.5702	4.9871	5.3969	5.8003	6.1980	6.5905	6.9782	7.3615	7.7407	8.1161	8.4879	8.8564		
70.0				2.9791	3.4648	3.9368	4.3974	4.8482	5.2904	5.7251	6.1531	6.5750	6.9913	7.4026	7.8092	8.2115	8.6097	9.0041	9.3951		
72.0				3.1550	3.6695	4.1694	4.6571	5.1345	5.6028	6.0632	6.5165	6.9633	7.4042	7.8398	8.2704	8.6964	9.1182	9.5359	9.9499		
74.0							4.9244	5.4292	5.9244	6.4112	6.8905	7.3629	7.8292	8.2897	8.7451	9.1956	9.6415	10.0832	10.5210		
76.0							5.1993	5.7322	6.2551	6.7691	7.2751	7.7739	8.2662	8.7525	9.2332	9.7089	10.1797	10.6461	11.1083	11.5665	12.0210
78.0							5.4818	6.0437	6.5950	7.1369	7.6704	8.1963	8.7153	9.2280	9.7349	10.2364	10.7328	11.2245	11.7118	12.1950	12.6742
80.0								6.0437	6.5950	7.1369	7.6704	8.1963	8.7153	9.2280	9.7349	10.2364	10.7328	11.2245	11.7118	12.1950	12.6742
82.0								6.3635	6.9440	7.5146	8.0763	8.6301	9.1766	9.7164	10.2501	10.7781	11.3008	11.8185	12.3316	12.8403	13.3449
84.0								6.6918	7.3022	7.9022	8.4929	9.0752	9.6499	10.2176	10.7788	11.3340	11.8837	12.4282	12.9677	13.5026	14.0332
86.0												9.5318	10.1354	10.7316	11.3211	11.9042	12.4815	13.0534	13.6201	14.1819	14.7392
88.0												9.9997	10.6330	11.2585	11.8769	12.4887	13.0943	13.6942	14.2888	14.8782	15.4628
90.0												10.4791	11.1427	11.7982	12.4463	13.0874	13.7221	14.3507	14.9738	15.5915	16.2041
92.0												10.9699	11.6646	12.3508	13.0292	13.7004	14.3648	15.0229	15.6751	16.3217	16.9631
94.0												11.4722	12.1987	12.9163	13.6258	14.3276	15.0225	15.7107	16.3928	17.0690	17.7398
96.0												11.9859	12.7449	13.4947	14.2359	14.9692	15.6952	16.4142	17.1268	17.8333	18.5341
98.0												12.5111	13.3033	14.0859	14.8596	15.6251	16.3829	17.1334	17.8772	18.6147	19.3462
100.0												13.0477	13.8740	14.6901	15.4970	16.2953	17.0856	17.8683	18.6441	19.4132	20.1760
102.0												13.5958	14.4568	15.3072	16.1480	16.9798	17.8033	18.6189	19.4273	20.2287	21.0236
104.0												14.1554	15.0518	15.9373	16.8127	17.6787	18.5361	19.3853	20.2269	21.0613	21.8889
106.0												14.7265	15.6591	16.5803	17.4910	18.3920	19.2839	20.1674	21.0429	21.9110	22.7720
108.0												15.3091	16.2786	17.2362	18.1829	19.1196	20.0468	20.9652	21.8754	22.7778	23.6729
110.0												15.9032	16.9103	17.9051	18.8885	19.8615	20.8247	21.7788	22.7243	23.6617	24.5915
112.0												16.5088	17.5543	18.5869	19.6079	20.6179	21.6178	22.6082	23.5897	24.5628	25.5280
114.0												17.1260	18.2105	19.2818	20.3409	21.3886	22.4259	23.4533	24.4715	25.4810	26.4823
116.0												17.7547	18.8790	19.9896	21.0875	22.1738	23.2492	24.3143	25.3699	26.4164	27.4545
118.0												18.3949	19.5597	20.7104	21.8479	22.9734	24.0875	25.1911	26.2847	27.3690	28.4445
120.0												19.0467	20.2528	21.4442	22.6221	23.7874	24.9410	26.0836	27.2160	28.3387	29.4523
												19.7100	20.9581	22.1910	23.4099	24.6158	25.8096	26.9920	28.1639	29.3257	30.4780

Elaboración propia
(1) Volumen hasta la altura comercial (incluye defectos y Tocón)

Anexo 9

Tabla de volumen comercial total¹ para otras especies², para bosque natural, Villa Mills

$$LN(\text{Vol total}) = -9.439315 + 2.074218 (\ln d) + 0.813232 (\ln h)$$

Diámetro (cm)	Altura (m)														
	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0
10.0	0.0291	0.0405	0.0512	0.0614											
12.0	0.0425	0.0591	0.0747	0.0896											
14.0	0.0585	0.0814	0.1029	0.1233	0.1431										
16.0		0.1074	0.1357	0.1627	0.1887										
18.0		0.1371	0.1733	0.2077	0.2409	0.2731									
20.0		0.1706	0.2156	0.2585	0.2998	0.3398	0.3788	0.4169	0.4542						
22.0			0.2627	0.3150	0.3653	0.4141	0.4616	0.5080	0.5534						
24.0			0.3147	0.3773	0.4376	0.4960	0.5529	0.6085	0.6629						
26.0			0.3715	0.4454	0.5166	0.5856	0.6528	0.7184	0.7826						
28.0			0.4332	0.5194	0.6024	0.6829	0.7612	0.8377	0.9127						
30.0			0.4999	0.5993	0.6951	0.7879	0.8783	0.9666	1.0531	1.1380	1.2214	1.3036	1.3845		
32.0			0.5715	0.6852	0.7947	0.9008	1.0041	1.1051	1.2039	1.3010	1.3964	1.4903	1.5829		
34.0			0.6480	0.7770	0.9012	1.0215	1.1387	1.2532	1.3653	1.4753	1.5835	1.6900	1.7950		
36.0			0.7296	0.8748	1.0146	1.1501	1.2820	1.4109	1.5371	1.6610	1.7828	1.9027	2.0209		
38.0			0.8162	0.9786	1.1350	1.2866	1.4342	1.5783	1.7195	1.8581	1.9944	2.1285	2.2607	2.3912	2.5201
40.0			0.9078	1.0885	1.2624	1.4310	1.5952	1.7555	1.9126	2.0667	2.2183	2.3675	2.5145	2.6596	2.8030
42.0			1.0045	1.2044	1.3969	1.5834	1.7651	1.9425	2.1163	2.2868	2.4545	2.6196	2.7823	2.9429	3.1015
44.0			1.1063	1.3264	1.5384	1.7438	1.9439	2.1393	2.3306	2.5185	2.7031	2.8850	3.0642	3.2410	3.4156
46.0			1.2131	1.4545	1.6870	1.9123	2.1316	2.3459	2.5558	2.7617	2.9642	3.1636	3.3601	3.5540	3.7456
48.0			1.3251	1.5887	1.8427	2.0887	2.3283	2.5624	2.7916	3.0166	3.2378	3.4556	3.6702	3.8820	4.0912
50.0			1.4422	1.7291	2.0055	2.2733	2.5341	2.7888	3.0383	3.2832	3.5239	3.7609	3.9945	4.2251	4.4527
52.0							2.7489	3.0252	3.2958	3.5614	3.8226	4.0797	4.3331	4.5832	4.8301
54.0							2.9727	3.2715	3.5642	3.8514	4.1338	4.4119	4.6859	4.9564	5.2234
56.0							3.2056	3.5278	3.8434	4.1532	4.4577	4.7575	5.0531	5.3447	5.6327
58.0							3.4476	3.7942	4.1336	4.4668	4.7943	5.1167	5.4346	5.7482	6.0580
60.0							3.6988	4.0706	4.4348	4.7922	5.1435	5.4895	5.8305	6.1670	6.4993
62.0							3.9591	4.3571	4.7469	5.1294	5.5055	5.8758	6.2409	6.6010	6.9567
64.0							4.2286	4.6537	5.0700	5.4786	5.8803	6.2758	6.6657	7.0504	7.4303
66.0							4.5073	4.9604	5.4042	5.8397	6.2679	6.6894	7.1050	7.5150	7.9200
68.0							4.7952	5.2773	5.7494	6.2127	6.6683	7.1168	7.5589	7.9951	8.4259
70.0							5.0924	5.6043	6.1057	6.5977	7.0815	7.5578	8.0273	8.4905	8.9481
72.0							5.3988	5.9415	6.4731	6.9947	7.5076	8.0126	8.5103	9.0014	9.4865
74.0							5.7145	6.2890	6.8516	7.4038	7.9466	8.4811	9.0080	9.5278	10.0413
76.0										7.8249	8.3986	8.9635	9.5203	10.0697	10.6123
78.0										8.2580	8.8635	9.4597	10.0473	10.6271	11.1998
80.0										8.7033	9.3414	9.9697	10.5890	11.2001	11.8037
82.0										9.1606	9.8323	10.4936	11.1455	11.7887	12.4240
84.0										9.6302	10.3363	11.0315	11.7168	12.3929	13.0608
86.0										10.1118	10.8533	11.5833	12.3028	13.0128	13.7140
88.0										10.6057	11.3834	12.1490	12.9037	13.6484	14.3838

Elaboración propia

(1) Volumen hasta la altura comercial (incluye defectos y Tocón)

(2) Especies: arrayán, chilenuela, ciprecillo, ira amarillo, ira rosa, limoncillo, papayillo, resina y titora



Títulos publicados en esta Colección:

(Anteriormente llamada Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales)

1. **Blaser, J; Camacho, M.** Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus spp.*) del piso montano en Costa Rica
2. **Orozco, L.** Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
3. **Pedroni, L.** Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica
4. **Räber, C.** Regeneración natural sobre los árboles muertos en un bosque nublado de Costa Rica
5. **Finegan, B.** El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas
6. **Beek, aus der R.; Saéñz, G.** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque; estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
7. **Hutchinson, I.D.** Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo.
8. **Beek, aus der R.; Navas, S.** Técnicas de producción y calidad del carbón vegetal en los robledales de altura de Costa Rica
9. **Quirós, D.; Finegan, B.** Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica; definición de un plan operacional y resultados de su aplicación
10. **Stadmüller, T.** Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales; medidas para mitigarlo



-
11. **Camacho, M.; Finegan, B.** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica; el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial
 12. **Delgado, D.; Finegan, B.; Zamora N.; Meir, P.** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica; cambios en la riqueza y composición de la vegetación.
 13. **Quirós, D.; Gómez, M.** Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica; análisis financiero.
 14. **Guariguata, M.** Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal
 15. **Segura, M.; Venegas G.** Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica