

ARTÍCULO 004 RES 12(1): 2020

Artículo RES 004

MÉTODO DE ARQUITECTURA ARBÓREA CONOWEN+DURÁN PARA LA CUANTIFICACIÓN ESTIMADA DE RAMAS APROVECHABLES DE LA UNIDAD V, RESERVA FORESTAL IMATACA

Conowen + Duran Arboreal Architecture Method for Estimated Quantification of Harvested Branches at the Unit V, Imataca Forest Reserve

WILVER CONTRERAS MIRANDA¹, MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS²
MARIANO DURAN³, JOSÉ REMIGIO GUEVARA GONZÁLEZ³,
LEONEL HERNANDEZ SILVA⁴ y ANGEL SEGUNDO CONTRERAS⁴

¹ Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño (ULA-UPV: CEFAP-LNPF). Mérida, Venezuela.

² Universidad de Los Andes. Facultad de Arquitectura y Diseño. Escuela de Diseño Industrial. Dpto. de Tecnología para el Diseño Industrial. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño. Mérida, Venezuela.

³ Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Departamento de Manejo de Bosques, Departamento de Botánica. Mérida, Venezuela.

⁴ Instituto de Desarrollo Rural del Estado Mérida (Imderural), Gobernación del Estado Bolivariano de Mérida. Mérida, Venezuela.

E-mails: wilvercontrerasmiranda@gmail.com; mariaelenaowen@gmail.com; mjdurann4@gmail.com; simonveritas@gmail.com; angelsegundo@gmail.com

Recibido: 07/07/19. Aceptado: 29/02/20.

RESUMEN

La alometría, fundamentalmente tiene los métodos destructivo y no destructivo de árboles para la determinación de volúmenes de biomasa en bosques naturales o de plantación. El *Método de arquitectura arbórea de cuantificación de ramas de especies maderables forestales Conowen + Durán* es una variante al método alométrico no destructivo, el cual se aplicó en la determinación de un volumen aproximado de un 12,72% de ramas principales y secundarias aptas para ser transformadas por la industria del aserrío y carpinterías respecto al volumen de madera en pie del fuste de algunas de las especies aprovechadas por la Empresa Forestal Nacional (Enafor) en la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, Venezuela. Se estimó que el 20% del volumen obtenido,

son ramas curvas y menores dimensiones que tienen proyección de usos diversos en mueblería, artesanías, chips y leña, entre otros. La implementación del Método contempla un aspecto muy importante, la aplicación del análisis de regresión para la determinación un modelo estadístico para obtener información de las variables diámetro y longitud de ramas, lo que permitirá realizar el cálculo del volumen en otras áreas de la Reserva y bosques adyacentes similares. Las ecuaciones de volumen constituyen una herramienta muy útil para el cálculo del volumen total de madera, el cual es uno de los parámetros a estimar tanto en los inventarios de plantaciones, como en bosque natural.

PALABRAS CLAVE: Bosque, Manejo Forestal Sostenible, inventario, ecuaciones de volumen, cuantificación volumen madera.

SUMMARY

Allometry mainly has the arboreal destructive and non-destructive method for determining biomass volume in natural forests or plantations. The Conowen + Duran arboreal architecture method to quantify branches from forest wooden species is a variation to the allometric non-destructive method, which was applied for determining an approximated volume of 12.72% from primary and secondary branches suitable to be transformed by saw industry and carpentries with respect to standing wood volume of stem from some harvested species by the National Forest Enterprise (Enafor), at the Unit V, Imataca Forest Reserve, Venezuela. It is estimated that 20% of the obtained volume, is curved and small dimension branches that has projection of diverse uses in furniture, handicraft, chips and fuelwood, among others. Implementation of this method comprises a very important aspect such as determination of a statistical model known as regression analysis and with the information obtained of diameter and branch length, allows volume calculation in other Reserve areas and adjacent similar forests. Volume equations constitute a very useful tool for calculating total volume which is one of the parameters to estimate both in plantation and natural forest inventories.

KEY WORDS: Forest, sustainable forest management, inventory, wood volume quantification, volume equations.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del contexto territorial y ecológico de la Reserva Forestal Imataca y su relación con la cuantificación estimada de las ramas principales y secundarias de algunas de las especies forestales maderables, que han venido siendo aprovechadas en los últimos años por la industria mecánica forestal localizada en el área de influencia de la Reserva, como lo es el eje vial y urbano Tumeremo - Upata - Ciudad Bolívar, se enmarca en el desarrollo y

consolidación del proyecto de Manejo Forestal Sustentable o Sostenible que viene promoviendo la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) a través del proyecto “*Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial - GCP/VEN/011/GFF*”; el cual es multifocal y consistente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 13 y N° 15, establecidos en la agenda 2030, referidos a la acción por el clima y a la vida de ecosistemas terrestres (Cabello Requena, 2019; FAO,2020).

En ese sentido, expone Cegarra Rodríguez (2017) que el mencionado Proyecto, propicia el desarrollo de cuatro grandes acciones estratégicas, definidas como: 1. Sistema Nacional Integrado de Información Forestal (SINIIF); 2. Fortalecimiento de capacidades e instrumentos innovadores para el Manejo Forestal Sostenible-MFS; 3. Restauración, conservación y MFS/MST de bosques en zonas afectadas por procesos de degradación; 4. Monitoreo y evaluación del proyecto y diseminación de información. Dentro de la estrategia número 2, la FAO crea una nueva línea de investigación denominada “*Estrategias para el manejo integral de productos forestales maderables, provenientes de la Reserva Forestal Imataca (RFI)*” que de acuerdo a lo expuesto por Owen de C. (2019), para ese año, entre varios requerimientos, exigía la cuantificación de ramas principales y secundarias de las especies forestales maderables de la Unidad V de la RFI, y con ello, poder inferir al resto de su territorio.

La presente investigación se enmarca en la segunda estrategia, dado que la cuantificación de ese recurso maderero constituye una fuente de información fundamental para poder desarrollar estrategias de aprovechamiento de esta biomasa que queda en el bosque, una vez que la empresa maderera ha aprovechado sólo el fuste de las mencionadas especies con fines comerciales. Con ello, la madera proveniente de las ramas puede ser utilizada como materia prima de madera latifoliada por la industria mecánica forestal que labora en el área de influencia de la Reserva y del comercio industrial nacional, especialmente, aserraderos, carpinterías y fabricantes de artesanías.

El objetivo principal de este trabajo, es la creación del nuevo *método para la cuantificación de ramas de especies maderables forestales denominado Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán*. Éste se desarrolló paralelamente, y en forma complementaria, como motivación independiente al mencionado Proyecto auspiciado por la de FAO-MINEC-FMAM en el año 2019 para la RFI. De manera que este nuevo Método plantea una variante a lo expuesto por Chave *et al.* (2005), en lo que se refiere a las metodologías que emplea la alometría para la estimación de la biomasa arbórea, bien

para fines de aprovechamiento o para abordar proyectos que permitan estimar carbono en rodales forestales.

Esta nueva metodología permitirá hacer estimaciones indirectas de la biomasa y, como lo expone Fonseca González (2017), existen dos métodos alométricos, fundamentalmente el proceso de *Modelaje o método indirecto*, el cual es no destructivo y permite obtener la cantidad de biomasa del árbol con ecuaciones o modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre variables de los árboles, tales como, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura comercial (hc) y total (ht), el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera. Exponen Brown y Lugo (1992), ratificado por Lugo (1996), que también puede estimarse la biomasa a partir del volumen del fuste, y usar luego la densidad básica de la madera para calcular el peso seco y un factor de expansión que permite obtener el peso total del árbol. El otro proceso es el *Método directo o mediciones en campo*, el cual es destructivo, que consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa, para luego determinar el peso seco (Cannel, 1982).

Existen pocos trabajos de investigación desarrollados en Venezuela en materia de cuantificación de la biomasa de los bosques existentes en el país (FAO, 1980). Como referencia, se puede mencionar el trabajo realizado a principio de la década de los años ochenta por la Universidad de Los Andes y bajo la coordinación del Dr. Luis Enrique Rodríguez Poveda, que permitió la determinación de la biomasa de las especies arbóreas por el método destructivo para las principales especies de árboles localizadas en el vaso hidrográfico de la Represa del Guri, estado Bolívar (FCF, s/f). Otra investigación fundamental es la de Hernández (2006), que en su estudio titulado “Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del Neotrópico húmedo. Caso de la cuenca del Río Caura, Venezuela”, el cual fue un trabajo donde el procedimiento aplicado se considera válido como una primera aproximación y de bajo presupuesto para estimar la biomasa en bosques extensos. El mismo, logró determinar para ese territorio, importantes datos de cuantificación de la densidad de biomasa aérea de los bosques que cubren la cuenca (aproximadamente 45.000 km²) localizada al Sur de Venezuela.

En ese contexto, el nuevo método Conowen+Durán, que se plantea en esta investigación, es una variante innovadora al proceso alométrico no destructivo de modelaje o método indirecto, especialmente en lo que se refiere a la fase de toma de datos en campo realizado mediante proceso de medición visual de expertos en dasometría, alometría,

pero en especial, de arquitectura arbórea. En su conjunto permiten inferir, desde la medición visual, una representación en dos dimensiones (2D) y la modelación en tres dimensiones (3D) de un árbol en pie, y con ello, determinar medidas estimadas de manera visual por el experto. Éste, hace uso de fotografías, computadoras con software de simulación, y si existen los medios, planos geo referenciados satelitalmente o drones, lo cual permite inferir de manera muy próxima a la realidad, el desarrollo espacial de la arquitectura arbórea de una especie y, finalmente, las dimensiones del fuste y de las ramas principales, secundarias y terciarias de los árboles seleccionados en campo.

Una variable que reseña Honorio y Baker (2010) en la aplicación de la alometría de un árbol y que mejor estima el volumen o biomasa del mismo, es considerar la altura total del individuo y la densidad de la madera, ya que no siempre es la misma en todas las especies. En el método Conowen+Durán la densidad no se determina para la estimación de los volúmenes de ramas, hecho que lo hace más pragmático y económico al no requerir de mayor logística de mano de obra, equipos en campo, vehículos de movilización y uso de laboratorios de propiedades físicas de la madera, entre otros. Para el modelaje de la arquitectura arbórea de una determinada especie, requiere que el experto recomendado sea un arquitecto o ingeniero forestal con experiencia reconocida en medición visual, dasometría y alometría. Una vez que se esté realizando el proceso de determinación de la cuantificación de volúmenes, se deben considerar las variables de caracterización del tipo de ramas principales y secundarias. Para lo cual se considera lo exigido por la industria del aserrío del sector del estado Bolívar para la transformación de ramas y que fue recomendada por Ninin (2013), citadas por Nieto y Marquina (2013), y ampliadas por Owen de Contreras (2019), como lo son: ramas de mediana longitud (0,40 m – 3,60 m), rectas y con flecha no mayor a 0,075 m.

La implementación del Método Conowen+Durán, permite proyectar en su esencia un proceso técnico respetuoso con la filosofía del Manejo Forestal Sustentable o Sostenible, ya que no es destructivo, sin ningún impacto al árbol y ecosistema adyacente; es más económico, de rápido procesamiento de datos y obtención de resultados, al realizarse la determinación en estudios de campo de la arquitectura arbórea de especies maderables con fines de aprovechamiento.

Pero en especial, la implementación del método indirecto de modelo de regresión que se define en el presente trabajo es muy útil para la proyección estimada de las cantidades de madera de fuste y ramas de un inventario posterior en una determinada Unidad de la Reserva Forestal Imataca; como colofón, el método, permitirá la toma de decisiones en cuanto al tipo de maquinaria y capacidad de las líneas de transformación para la elaboración del producto final, con la aplicación de los criterios de aprovechamiento, normalización y clasificación de la materia prima secundaria y el tipo de producto a obtener.

El método desarrollado es una herramienta valiosa para complementar la visión prospectiva del proyecto de Manejo Forestal Sostenible en los ecosistemas que son de vital importancia para Venezuela y que requieren ser planificados, gestionados y monitoreados para que su aprovechamiento y posterior transformación en los Polígonos Eco Industriales (PEI), conformados por una serie de industrias mecánicas forestales como es el caso particular del estado Bolívar, lo desarrollen de manera ecoeficiente en la visión prospectiva de la Ecología Industrial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Breve descripción del espacio geográfico y definición de especies forestales maderables

El desarrollo del presente trabajo requirió un breve análisis contextual de la Reserva Forestal Imataca y de la Unidad V, en la actualidad bajo la administración de la Empresa Forestal Nacional C.A. (Enafor), en el presente denominada Enforestal. La Reserva se encuentra situada al sureste del país, formando parte de los municipios Casacoima y Antonio Díaz del estado Delta Amacuro y de los municipios Sifontes, Padre Pedro Chien, Roscio y Piar del estado Bolívar (Enafor, 2012). Berroterán (2004) expone que este territorio natural, fue denominado originalmente como Reserva Forestal El Dorado con Resolución N° 47, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 26 478, de fecha 09 de febrero de 1961. Posteriormente, se realiza una modificación de límites a través de la resolución N° 15, fecha 07 de enero de 1963, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 2044, donde adquiere el nombre actual de Reserva Forestal Imataca. Según lo estipula

el MPPA (2004), el decreto que regula el ordenamiento territorial de la Reserva Forestal Imataca es el N° 3110 del año 2004, en el cual se define que esta Reserva tiene una superficie total de 3.821.958,40 has.

La Unidad V, establecida técnicamente por Enafor (2012) como Unidad de Manejo Forestal Imataca V de la Reserva Forestal Imataca, tiene un área estimada de unas 3500 ha, y está ubicada en la región sur-este del país (Figura 1), siendo accesible principalmente por la vía Tumeremo – Bochínche. De acuerdo a las características ambientales de la Región Guayana, el espacio territorial está fundamentalmente dominado por asociaciones de bosques tropófilos (Subhúmedos) y ombrófilos (Húmedos) macrotérmicos (> 4 °C), dentro de los paisajes fisiográfico de lomeríos y penillanuras.

Por otra parte, el bosque y las asociaciones boscosas localizadas presentan densidades medias, medias-densas y densas, que van entre 50 y 75%. Las siete (7) unidades espaciales de vegetación identificadas en esa Unidad, responden a las condiciones del clima, los suelos, régimen hídrico, topografía, geología y paisajes fisiográficos que caracterizan a la Reserva Forestal Imataca, específicamente en su zona central entre el río Cuyuní y la divisoria de aguas de la Serranía de Imataca. Las especies forestales que han sido reportadas para su aprovechamiento por Enafor para el año 2019, entre otras, y que han sido analizadas en el proceso de cuantificación de ramas por el método Conowen+Durán, fueron las localizadas en el compartimiento Santa María III de la Unidad V, según inventario de Enafor y definidas por su nombre vulgar como: Baramán, Capa tabaco, Capure, Caraño, Carapa, Caro, Cascaron, Cedro dulce, Congrio, Divide, Guacharaco, Guamo Colorado, Guarapo, Hielillo, Hueso pescado, Majagua, Mureillo, Pata de danta, Pata zamuro, Peonio, Pericoco, Picaton, Pilón alcornoque, Pilón lombricero, Pilón rosado, Purgo, Puy, Yiguire y Zapatero.

Por último, el territorio de la Reserva Forestal Imataca, por sus grandes dimensiones y de alto valor ecosistémico y en la cual habitan comunidades indígenas originarias, mayormente la etnia Kariña, es vital para el Sector Forestal el cual puede contribuir al desarrollo sostenible de Venezuela. Interpretando a Berroterán (2004), la Reserva presenta una alta diversidad de sistemas ecológicos, altamente frágiles y complejos, estando conformada por los siguientes niveles jerárquicos: seis subregiones, 18 mega-ecosistemas y 69 macro-ecosistemas. Es territorio singular, que en su superficie es una de las áreas boscosas más importantes del norte de Suramérica y constituye la porción más septentrional del complejo de bosques ecuatoriales suramericanos, donde el 34% de su área es considerada de potencial forestal muy apta, con presencia de condiciones de

pendientes menores de 16%, y de alta a muy alta riqueza de bosque, donde aún para la presente fecha, en general, puede decirse que su flora y fauna son pocas conocidas.

Todo ello conduce a que este fundamental territorio natural venezolano sea conservado para las generaciones presentes y futuras, regulando y/o eliminando las perturbaciones de la dinámica actividad antrópica que se viene desarrollando en el proceso de ampliación de la frontera agrícola, pero en especial, la minera y forestal. Actualmente todas esas actividades se están realizando sin considerar los criterios ecoeficientes de extracción de minerales y aprovechamiento de especies forestales maderables que propicia la Ecología Industrial y el Manejo Forestal Sostenible.



FIGURA 1. Ubicación de la Unidad de Manejo Imataca V. Fuente: Empresa Nacional Forestal S.A. (2012).

2.2. Conceptualización metodológica del nuevo Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán para cuantificación de ramas de especies forestales maderables

La conceptualización de este nuevo *método de arquitectura arbórea Conowen+Durán*, parte del modelo de análisis de la arquitectura arbórea que ha abordado, entre otros, Henricus Franciscus (2002) en su trabajo *“Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán”*, y a su vez al retomar parte de los trabajos previos realizados con

éxito por el naturista y tropicalista francés Francis Halle, quien actualizó su investigación con su artículo “*Arquitectura de los árboles*” (Halle, 2010), pudiendo identificar a través de 25 modelos consultados, la estructura de crecimiento morfológico de las ramas principales y secundarias de un árbol tipo por especie.

De manera general, para la implementación de este nuevo método Conowen+Durán, en un determinado territorio de bosque natural o plantación forestal se deben conocer los siguientes criterios, objetivos conceptuales y técnicos del método; los cuales están organizados en cinco (5) fases que se detallan a continuación:

Fase 1: Especificación de los principales requerimientos referidos a materiales, equipos, software 2D y 3D, personal y logística necesaria según la magnitud del proyecto, entre otros.

Fase 2: Implementación, en la que se exige claro conocimiento del espacio geográfico y natural, base de datos de las especies a inventariar para la generación de fichas técnicas de descripción, usos y arquitectura arbórea de cada especie forestal maderable con la información de fotografías tomadas en campo, por cámaras o drones, para tener el detalle de cada árbol seleccionado en una muestra representativa de las especies a ser aprovechadas en un determinado lote boscoso.

Fase 3: Levantamiento manual a ser desarrollado en campo por el arquitecto o ingeniero forestal, expertos en arquitectura arbórea, botánica, dasometría o alometría, otros.

Fase 4: Construcción del modelo de la estructura morfológica o arquitectura arbórea de cada árbol, y que posteriormente, en trabajo de equipo, se determina en la oficina técnica los volúmenes (m^3) a partir de la elaboración de varias fichas técnicas de fuste y de copa. De ésta se detallan las ramas principales, secundarias y terciarias por especie arbórea con la construcción gráfica de un modelo en tercera dimensión realizado de manera manual y digitalizada (Figuras 2 y 3).

Fase 5: Esta última técnica requiere una mayor explicación, ya que el dato que se obtiene es la cantidad de metros cúbicos de la materia prima secundaria (ramas) de una especie tipo que pudiera existir en una determinada cuenca en estudio. Su ubicación está definida con los datos geo-referenciados y levantados por el inventario forestal realizado por la empresa maderera (Figuras 4 y 5). Esta técnica es aplicable a otra cuenca de la Reserva Forestal Imataca, Venezuela, o a otras áreas planificadas para su aprovechamiento forestal.

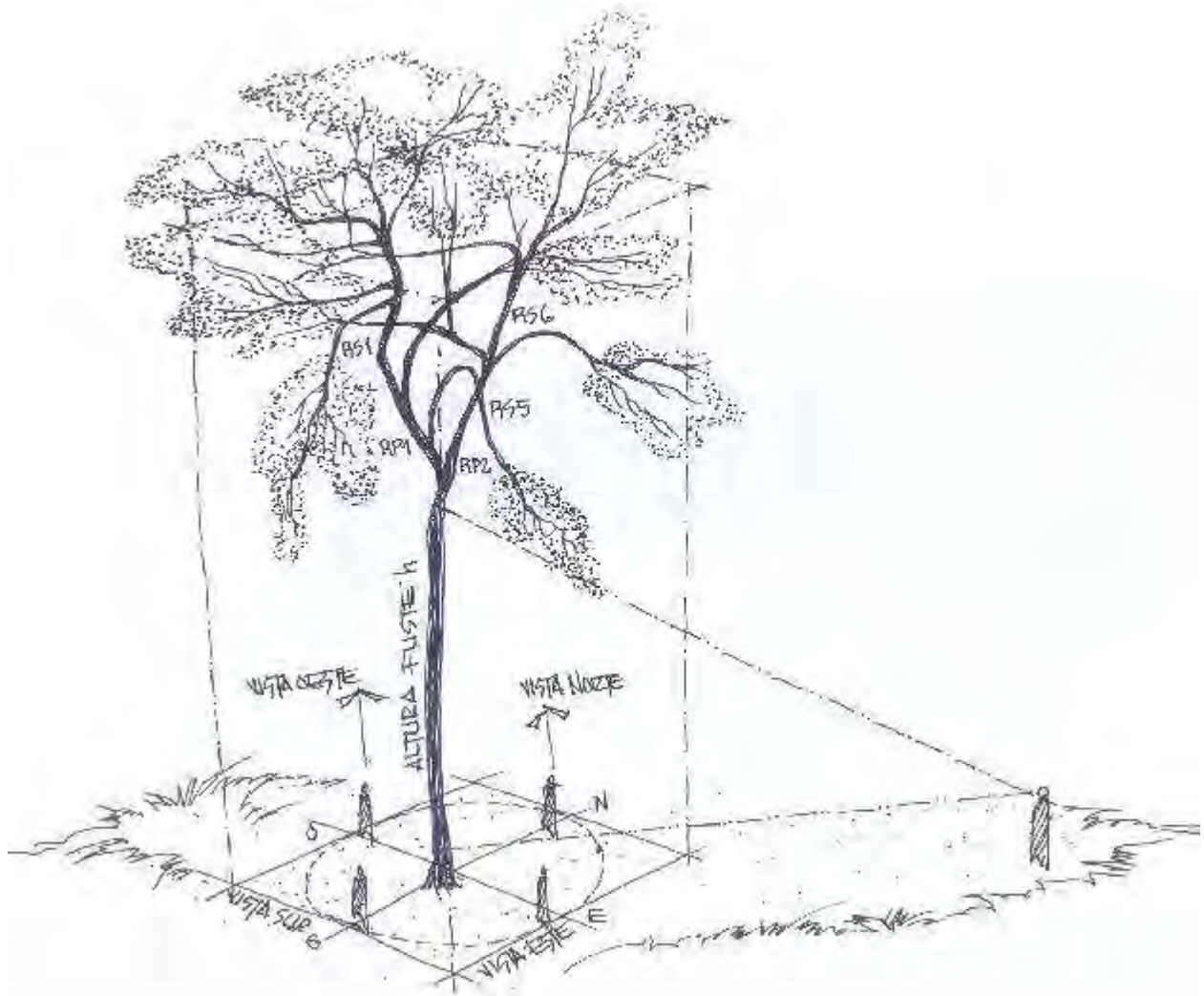


FIGURA 2. Explicación gráfica del proceso metodológico desarrollado en el bosque natural de la Reserva Forestal Imataca para consolidar el desarrollo de la Fase 4, referida a la construcción fraccionada de la arquitectura arbórea o estructura morfológica de una determinada especie forestal maderable según el sistema de coordenadas del modelo representado en 2D y 3D. Posteriormente se elaboran las diversas fichas técnicas de fuste y de copa en las que se detallan las ramas principales, secundarias y terciarias. Fuente: Elaboración propia.

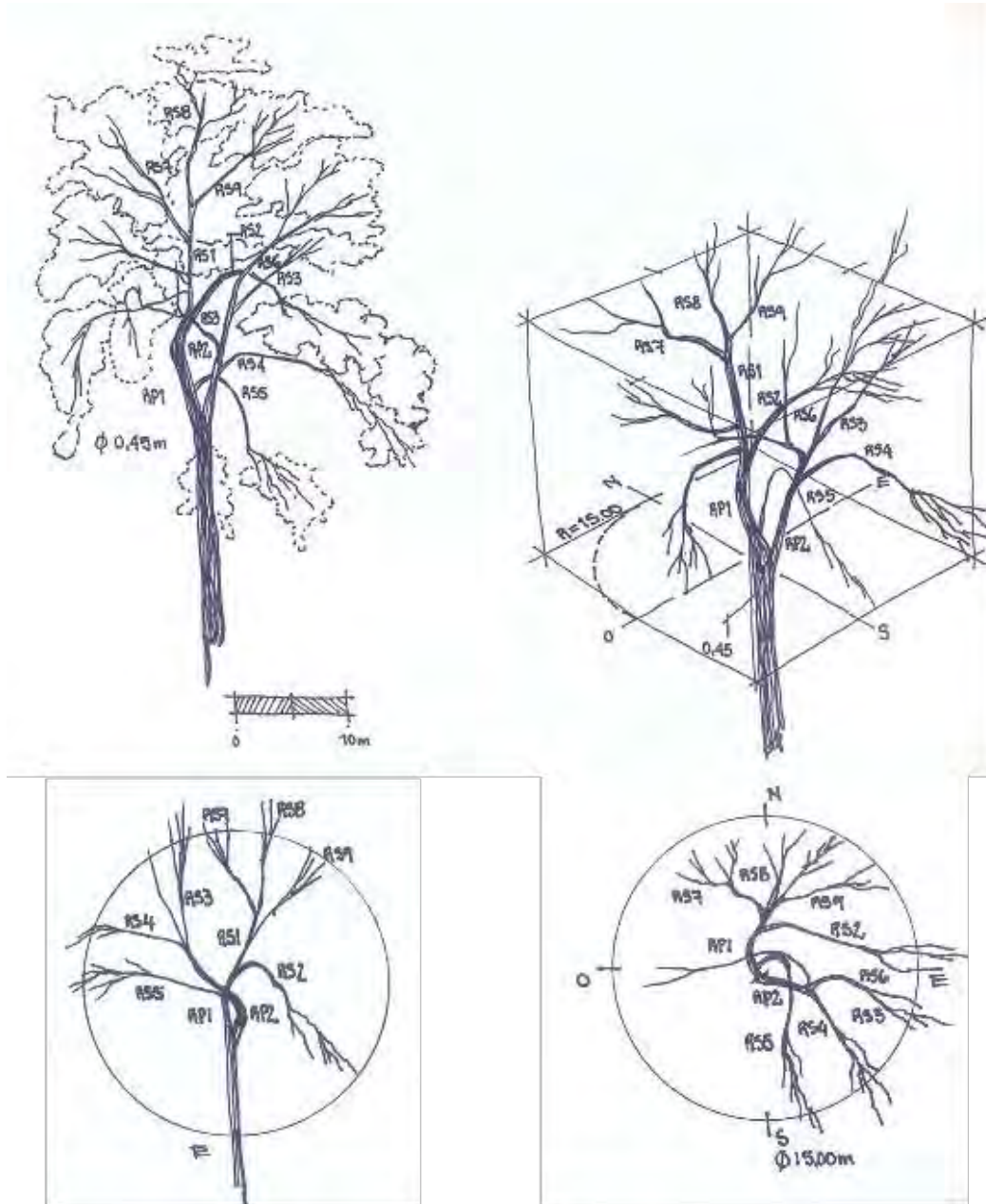


FIGURA 3. Parte final de la Fase 4 referida a la construcción fraccionada según el sistema de coordenadas del modelo de estructura morfológica o arquitectura arbórea de cada árbol en 2D y 3D, las cuales servirán para la elaboración de las diversas fichas técnicas de fuste y de copa en las que se detallan las ramas principales, secundarias y terciarias. Fuente: Elaboración propia.

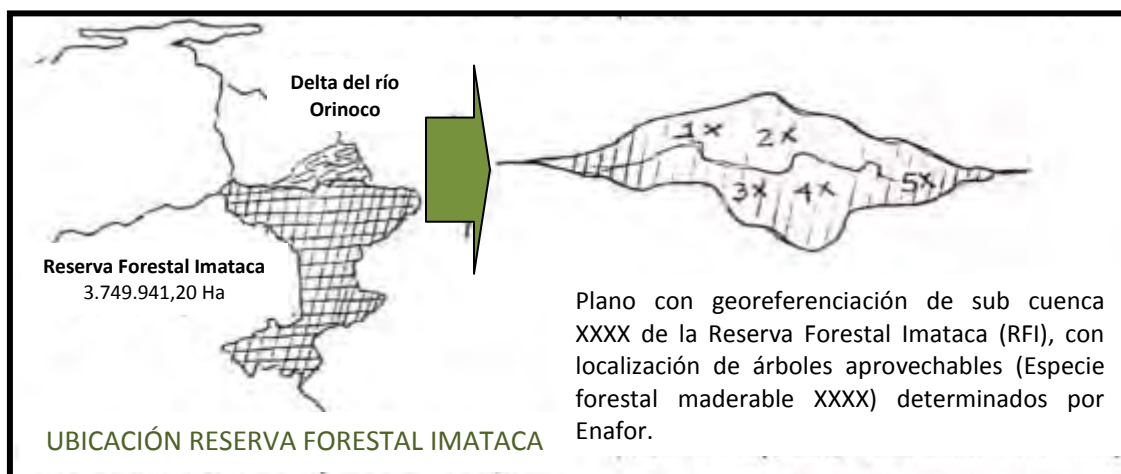


FIGURA 4. Vista conceptual de la Reserva Forestal Imataca y plano de una sub cuenca, ejemplo Botanamo, donde se señala la ubicación determinada por inventario forestal de 5 árboles de la especie Baramán (1X al 5X); permitiendo definir el volumen estimado de m^3 de madera de fuste y ramas a partir del método Conowen + Durán.

Esta última fase técnica, requiere una mayor explicación, como se muestra en este primer caso de estudio, desarrollado con datos de la Empresa Forestal Nacional (Enafor) y su inventario del año 2018 realizado en la Unidad Santa María III de la Unidad V (Cuadro 1). Se busca el volumen total aproximado determinado en las fichas técnicas de cada especie forestal maderable "X" de la Reserva Forestal Imataca (Figuras 2, 3, 4), y cuyas características son muy particulares para ese ecosistema; estos son los datos base que se introducen en un modelo estadístico-matemático que arroja el volumen total aproximado de ramas principales y secundarias de la mencionada especie localizada, en una determinada sub cuenca de la Reserva.

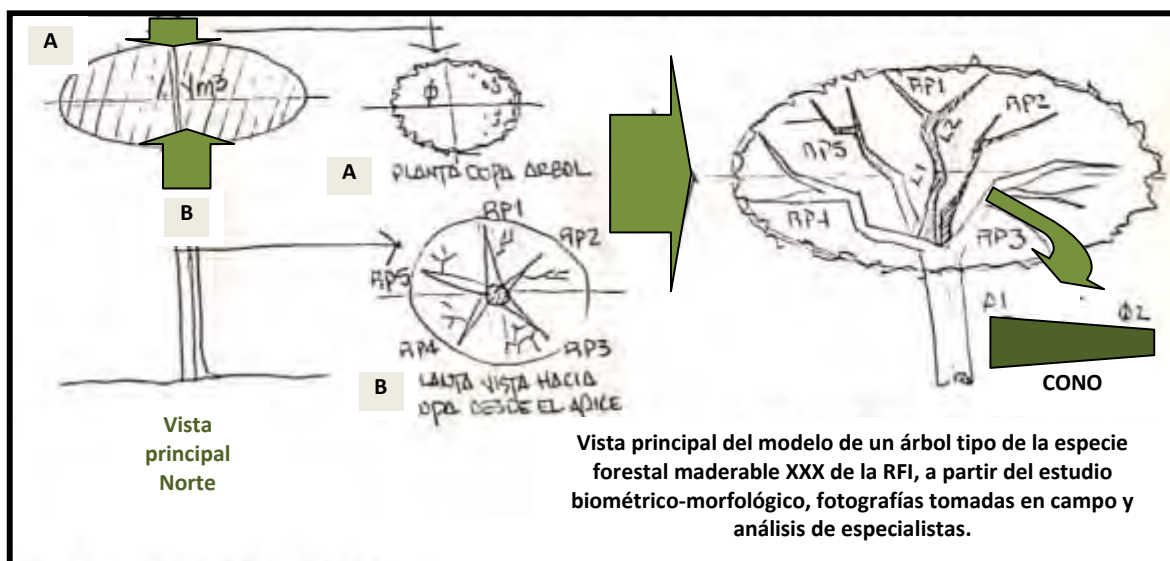


FIGURA 5. Vista de los perfiles verticales y horizontales de una especie tipo determinados a partir de las fichas de cada especie arbórea, ejemplo Baramán, donde se definen las vistas realizadas a partir de fotografías y consulta a expertos en botánica, en la cual se elabora el modelo tridimensional de la copa y la localización en el espacio de las ramas que la conforman. Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que, estos valores de ramas principales y ramas secundarias se llevan a una relación matemática por la cantidad de árboles de una cuenca de la RFI, caso de ejemplo Botanamo (Figuras 3 y 4), y se determina la cantidad estimada para el número de árboles levantados en una parcela, por el inventario forestal (Ej. cinco (5) árboles de la especie Baramán. Así se hace para el resto de las especies con el fin de realizar el estudio de arquitectura arbórea de la mayoría de especies de una determinada cuenca, siguiendo el procedimiento expuesto y calculado en las fichas.

2.2.1. Metodología aplicada para la implementación del nuevo Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán

La implementación metodológica del modelo Conowen+Durán se define mediante la ejecución de las etapas que se presentan a continuación, la cual se desarrollará a partir de su aplicación práctica en la Unidad Santa María III de la Unidad V para la determinación de volúmenes estimados de madera de rolas provenientes de ramas principales y secundarias

de especies forestales maderables aprovechables en ese u otro territorio boscoso de la Reserva Forestal Imataca:

1. *Planificación, gestión e implementación de los aspectos técnicos del método.*
2. *Visita de campo a la Reserva Forestal Imataca.* Recorrido a la Unidad Santa María III de la Unidad V, donde el equipo de especialistas realizaron cada uno de los levantamientos y análisis solicitados, debidamente plasmados sobre fichas técnicas de registro manual en 2D y 3D de las 21 especies maderables aprovechables
3. *Análisis dimensional de la determinación de los volúmenes y ramas principales y secundarias a partir de una escala gráfica comparativa.*

4. *Elaboración de las fichas técnicas:*

Ficha A. Reporta según la disponibilidad de información de cada especie, incluir o no, los datos de fotografía del árbol, ecología y silvicultura; aspectos botánicos y fitosanitarios, aspectos anatómicos, físicos y mecánicos; aspectos de trabajabilidad y usos.

Ficha B. Referida a la descripción morfológica y perfiles más importantes desarrollados en dibujos, a mano alzada, de la arquitectura arbórea de las especies a ser estudiadas.

Ficha C. Expone el proceso de cálculo manual. La fórmula empleada para el cálculo del volumen de madera de ramas principales y secundarias en metro cúbico (m^3), fue la de Smalian $[V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L]$. Esta ecuación se aplica al fuste y ramas principales y secundarias que conforman las copas de las especies maderables aprovechables (Figura 6).

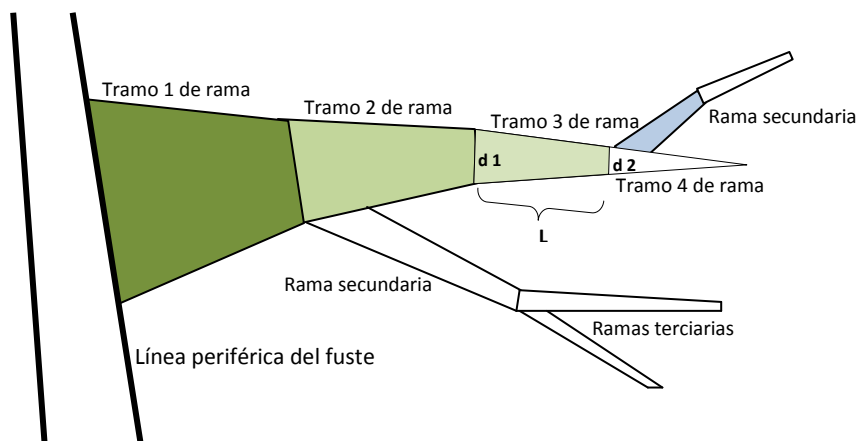


FIGURA 6. Representación gráfica para determinar el volumen de madera en una rama a partir del empleo de la fórmula de Smalian [$V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L$] (Ecu: 1).

2.3. Proceso a seguir para la definición del nuevo Modelo predictivo para el cálculo de los volúmenes estimados de madera de las ramas de algunas especies forestales maderables ubicados en la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, *Fórmula Conowen+Durán.*

Para la implementación del nuevo Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán, se seguirá una serie de etapas que conducirán a la definición de una ecuación o Modelo Predictivo, que permita obtener una cuantificación estimada muy cercana a la realidad del Volumen Total de madera proveniente de las ramas disponibles en un determinado aprovechamiento forestal, en tiempo corto y con el mínimo de inversión en recursos, con el fin de establecer acciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de este producto secundario del bosque.

El volumen es uno de los parámetros a estimar tanto en los inventarios de plantaciones forestales, como de bosque natural; por lo que la ecuación de volumen constituye una herramienta muy útil para el cálculo del volumen total. En esta sección se utilizará el método estadístico conocido como análisis de regresión y con la información obtenida a partir de las variables diámetro y longitud, se aplicarán las técnicas existentes para la determinación de una ecuación de volumen, que pueda ser utilizada para la

determinación del volumen de las ramas principales, de las ramas secundarias y terciarias, a ser aprovechadas y procesadas luego de la extracción del fuste de los árboles.

A continuación se define el proceso a seguir, contemplándose la realización de una serie de actividades a desarrollarse en las siguientes etapas:

- Etapa 1:** Determinación del tamaño de la muestra.
- Etapa 2:** Modelos matemáticos seleccionados y variables a ser utilizadas.
- Etapa 3:** Criterios de selección de los modelos de regresión.
- Etapa 4:** Validación de los supuestos del modelo de regresión lineal seleccionado.

2.3.1 Fase 1: Determinación del tamaño de la muestra

La muestra está conformada por ramas principales y secundarias que se seleccionaron en forma aleatoria de árboles que habían sido cortados según datos del inventario forestal realizado por la Empresa Forestal Nacional (Enafor) del año 2018 realizado en la Unidad Santa María III de la Unidad V.

Cabe resaltar que en el presente estudio se contemplaron sólo aquellas ramas que bajo los principios del aserrío, son consideradas como ramas rectas o con flecha no mayor de 7,5 cm, las cuales son aprovechables para la elaboración de productos forestales de valor agregado y alto valor agregado como, machihembrado, parquet, molduras-farquillas, muebles, puertas, ventanas, juguetes, entre otros.

En el cuadro 1, se presentan las especies objeto de estudio y el número de ramas principales y secundarias correspondientes al tamaño de la muestra con la cual fue elaborada la ecuación de volumen para ramas.

CUADRO 1. Número de mediciones realizadas a las ramas, discriminadas por especie y tipo de rama. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del inventario forestal realizado por la Empresa Forestal Nacional (Enafor) del año 2018 realizado en la Unidad Santa María III de la Unidad V.

Nombre Común	Nombre Científico	Tipo Ramas	Muestra ramas	Vol.(m ³) promedio/rama
Algarrobo	<i>Hymenaea courbaril</i>	Principal	16	0,071
		Secundaria	13	0,030
Baramán	<i>Castostemma commune</i>	Principal	5	0,155
		Secundaria	15	0,077
Capa tabaco	<i>Couatari pulchra</i>	Principal	3	0,531
		Secundaria	7	0,075
Caraño	<i>Protium sagotianum</i>	Principal	3	0,227
		Secundaria	6	0,081
Caro caro	<i>Parkia pendula</i>	Principal	5	0,225
		Secundaria	11	0,081
Cedro blanco	<i>Simarouba amara</i>	Principal	2	0,455
		Secundaria	4	0,022
Cedro rojo	<i>Simarouba amara</i>	Principal	4	0,344
		Secundaria	6	0,059
Congrio	<i>Diploptropis purpurea</i>	Principal	5	0,197
Dividive	<i>Enterolobium shomburgkii</i>	Principal	5	0,122
		Secundaria	11	0,073
Guacharaco	<i>Lecythis corrugata</i>	Principal	2	0,172
		Secundaria	4	0,109
Hielillo	<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Principal	4	0,157
		Secundaria	7	0,055
Hueso de pescado	<i>Balizia pedicellaris</i>	Principal	6	0,212
		Secundaria	16	0,084
Mureillo	<i>Erisma uncinatum</i>	Principal	16	0,112
		Secundaria	20	0,038
Pata de danta	<i>Terminalia amazonia</i>	Principal	17	0,183
		Secundaria	15	0,016
Pericoco	<i>Ormosia coarctata</i>	Principal	2	0,366
		Secundaria	4	0,094
Pilón alcornoque	<i>Andira surinamensis</i>	Principal	1	0,146
		Secundaria	5	0,111
Pilón lombricero	<i>Goupia glabra</i>	Principal	7	0,062
		Secundaria	15	0,071
Pilón rosado	<i>Pera glabra</i>	Principal	1	0,658
		Secundaria	5	0,128
Puy	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Principal	16	0,082
		Secundaria	35	0,034
Yiguire	<i>Stryhnodendron polystachyum</i>	Principal	4	0,263
Zapatero	<i>Peltogyne paniculata</i>	Principal	26	0,142
		Secundaria	14	0,034

2.3.2. Fase 2: Modelos matemáticos seleccionados y variables a ser utilizadas

La estructura de la base de datos producto de la aplicación del método Conowen+Durán es la siguiente:

Árbol	Especie	Rama	Tipo	D1(cm)	D2(cm)	L(m)	Volumen(m ³)
-------	---------	------	------	--------	--------	------	--------------------------

Donde:

- Árbol: número del árbol muestreado.
- Especie: nombre común de las especies.
- Rama: número de la rama perteneciente a cada fuste.
- Tipo: 1) rama principal y 2) rama secundaria.
- D1 (cm): diámetro menor de la rama sin corteza.
- D2 (cm): diámetro mayor de la rama sin corteza.
- L (m): longitud de la rama
- Volumen (m³): volumen calculado según la fórmula de Smalian.
- Dp: Este es el promedio de D1 (cm) y D2 (cm).

Nota: para el cálculo de la ecuación de volumen se estimó el diámetro promedio sin corteza.

A la información obtenida de las tres variables diámetro, longitud y volumen en ramas, se aplicará las técnicas existentes para la determinación de una ecuación de volumen, que pueda ser utilizada en la Reserva Forestal Imataca.

Los coeficientes de los modelos fueron estimados mediante la aplicación del método estadístico conocido como análisis de regresión lineal y la aplicación del método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (Neter *et al.*, 1990).

Las variables a ser utilizadas en el cálculo de las ecuaciones de volumen fueron:

- Dp (cm): diámetro promedio de la rama: $(D1cm+D2cm)/2$
- L (m): longitud de la rama
- Vr (m³): volumen de la rama
- L2=L*L
- Dp2=Dp*Dp
- DpL=Dp*L
- Dp2L: Dp2*L
- Dp2L2=DP*Dp*L*L

En una primera fase, se seleccionaron once modelos a los cuales se les estimaron sus coeficientes β_i utilizando el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Los modelos seleccionados y sus estimaciones se muestran en el cuadro 2.

Para establecer la ecuación de volumen en ramas para la Reserva Forestal de Imataca se revisaron distintas investigaciones, y algunos de los modelos probados fueron tomados del trabajo de Moret y Ruiz (1998).

CUADRO 2. Modelos seleccionados para determinación de las ecuaciones de Volumen, Regresión Lineal, Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Fuente: Elaboración propia a partir de Moret y Ruiz (1998).

Modelo	Modelo General	Modelo Estimado
1	$Vr = \beta_1 Dp + \epsilon$	$Vr = 0,004877 Dp$
2	$Vr = \beta_1 L + \epsilon$	$Vr = 0,05728 L$
3	$Vr = \beta_1 Dp^2 + \epsilon$	$Vr = 0,000144 Dp^2$
4	$Vr = \beta_1 DpL + \epsilon$	$Vr = 0,002563 DpL$
5	$Vr = \beta_1 Dp^2L + \epsilon$	$Vr = 0,000082 Dp^2L$
6	$Vr = \beta_1 Dp + \beta_2 L + \epsilon$	$Vr = 0,002706 Dp + 0,03123 L$
7	$Vr = \beta_1 Dp + \beta_2 Dp^2L + \epsilon$	$Vr = 0,00022 Dp + 0,000079 Dp^2L$
8	$Vr = \beta_1 Dp^2 + \beta_2 L + \epsilon$	$Vr = 0,000088 Dp^2 + 0,03419 L$
9	$Vr = \beta_1 Dp^2L^2 + \epsilon$	$Vr = 0,000015 Dp^2L^2$
10	$Vr = \beta_1 Dp^2 + \beta_2 L^2 + \epsilon$	$Vr = 0,000101 Dp^2 + 0,010006 L^2$
11	$Vr = \beta_1 L^2 Dp + \epsilon$	$Vr = 0,000519 L^2 Dp$

En una segunda etapa se procedió a la selección del mejor modelo en función de la evaluación de los indicadores establecidos para la determinación del modelo más apropiado.

2.3.3. Fase 3: Criterios de selección de los modelos de regresión

Fueron utilizados cuatro criterios para seleccionar el mejor modelo:

1. Cuadrado medio del error (CME). Este valor se obtiene de la tabla del Análisis de la varianza. ANOVA. La situación ideal es la del modelo que tenga el menor cuadrado medio del error.
2. Coeficiente de determinación ajustado del modelo ($r^2_{ajustado}$). Mide en términos porcentuales el nivel en que la(s) variable(s) independiente(s) explican el

comportamiento de la variable dependiente, en este caso el Volumen de las ramas (V_r (m^3)). Este valor se obtiene de la tabla del Análisis de la Varianza (ANOVA). Valores por el encima de $r_{ajustado}^2 = 0,80$ (80 %) son considerados como buenos y mientras el coeficiente se acerque a 1 (100%) el modelo es mejor.

3. AIC (Akaike Information Criterion), este criterio mide la complejidad del modelo y trata de seleccionar el que estima mejor la variable dependiente con el modelo menos complejo; penaliza la mayor complejidad de los modelos. En este criterio, dados dos modelos o más que tengan la variable dependiente (VR (m^3)) medida en las mismas unidades, se preferirá el modelo que tenga el menor valor para el AIC. Este criterio tiene la siguiente expresión matemática:

$$AIC=2k-2Ln(L)$$

Donde:

K: número de parámetros del modelo

L: es el valor de máxima verosimilitud (Maximun likelihood).

4. BIC (Criterio de Información de Bayes). Como en el criterio anterior el modelo con el valor más bajo de este indicador es el mejor. Este criterio tiene la siguiente expresión matemática.

$$BIC = K \ln(n) - 2Ln(L)$$

Donde:

K: número de parámetros del modelo

L: es el valor de máxima verosimilitud

Los indicadores de criterios de información anteriores (AIC y BIC) tienen en cuenta el compromiso entre la complejidad del modelo y la capacidad predictiva de un modelo. (Litter *et al.*, 1996). Cuanto más complejo sea un modelo más débil será su capacidad de predecir en múltiples situaciones. *Si un modelo es sencillo porque incluye sólo las variables de mayor importancia en el sistema, podrá predecir en un mayor número de escenarios aceptando un cierto error de precisión.*

En el cuadro 3 se presentan los resultados de los cuatro indicadores utilizados para cada modelo: CME, r^2 ajustado, AIC y BIC.

CUADRO 3. Valores de los indicadores utilizados para la selección del modelo más adecuado. Fuente: Elaboración propia.

Modelo Estimado	Indicadores			
	CME	$r^2_{ajustado}$ (%)	AIC	BIC
1. $Vr = 0,004877 Dp$	0,00743	66,37%	-746,56	-738,81
2. $Vr = 0,05728 L$	0,00748	66,40%	-743,69	-735,94
3. $Vr = 0,000144 Dp^2$	0,00729	67,28%	-753,36	-745,61
4. $Vr = 0,002563 DpL$	0,00201	90,99%	-1221,61	-1213,86
5. $Vr = 0,000082 Dp^2L$	0,00046	97,94%	-1757,95	-1750,19
6. $Vr = 0,002706 Dp + 0,03123 L$	0,00598	73,15%	-824,11	-812,49
7. $Vr = 0,00022 Dp + 0,000079 Dp^2L$	0,00045	97,98%	-1764,16	-1752,54
8. $Vr = 0,000088 Dp^2 + 0,03419 L$	0,00427	80,82%	-946,20	-934,58
9. $Vr = 0,000015 Dp^2L^2$	0,00749	66,37%	-743,40	-735,64
10. $Vr = 0,000101 Dp^2 + 0,010006 L^2$	0,00248	88,88%	-1144,14	-1132,52
11. $Vr = 0,000519 L^2Dp$	0,00698	68,65%	-768,95	-761,19

De los once modelos presentados en el cuadro 3, fue seleccionado el modelo 7 por presentar los mejores valores en los cuatro criterios de selección establecidos. Este modelo se presenta a continuación (Ecu. 2).

$$Vr = 0,00022 Dp + 0,000079 Dp^2L$$

$$r^2_{ajustado} = 0,9798$$

Modelo de regresión seleccionado

Ecu. 2

El coeficiente de regresión ajustado fue de 0,9798, indicando que las variables D_p y D_p^2L (variables predictoras o independientes) están explicando en un 97,98 % el comportamiento de V_r .

2.3.4. Etapa 4: Validación de los supuestos del Modelo de Regresión Lineal seleccionado

239

El modelo debe ser sometido a pruebas para determinar su idoneidad y determinar si cumple con los supuestos del Análisis de Regresión Lineal. Los supuestos del modelo de regresión son: 1) Linealidad; 2) Independencia de los errores; 3) Colinealidad o multicolinealidad; 4) Homocedasticidad y 5) Normalidad.

- 1) Linealidad:** Este supuesto se verifica de manera gráfica y mediante el ajuste de la ecuación de regresión lineal simple.
- 2) Independencia de los errores:** Se prueba mediante el test de Durbin-Watson (DW), el criterio es que para valores obtenidos cercanos a 2 (dos) se acepta que no existe autocorrelación de los errores, por lo tanto se concluye que los errores son independientes. Una regla ampliamente aceptada para este test señala que valores del test Durwin-Watson entre [1,5 y 2,5] son indicativos de independencia de los errores.
- 3) Colinealidad o multicolinealidad:** La multicolinealidad en regresión ocurre cuando algunas variables independientes incluidas en el modelo están correlacionadas con otras variables independientes. La multicolinealidad severa es problemática, porque puede incrementar la varianza de los coeficientes de regresión, haciéndolos inestables.

Para detectar la multicolinealidad se utiliza, el factor de inflación de la varianza (FIV), también conocido por su nombre en inglés, Variance Inflation Factor (VIF). Este factor cuantifica la intensidad de la multicolinealidad en un análisis de regresión donde se ha aplicado el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Puede encontrarse Información sobre este indicador en Freund (1991), (Greene, 1999) éstos señalan que, valores por encima de un FIV mayores a 10 pueden ser claro indicio de la existencia de multicolinealidad en la variable. Al contrario valores por debajo a 10 y cercanos a 1 señalan la no existencia de multicolinealidad.

- 4) **Homocedasticidad:** Para determinar si la hipótesis de varianzas homogéneas se cumple se aplica el test de Levene
- 5) **Normalidad:** Tanto el análisis gráfico como el test de Kolmogorov-Smirnov pueden demostrar si se cumple con el supuesto de normalidad en el modelo seleccionado. Sin embargo es conocido que el modelo de regresión es robusto a la violación del supuesto de normalidad. Green (1998), señala “El supuesto de normalidad generalmente es considerado como innecesario y posiblemente inapropiado para ser añadido al modelo de regresión”.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Implementación del Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán en la Unidad Santa María III de la Unidad V

Se procedió a cumplir con cada uno de los requisitos expuestos en las etapas desarrolladas en el apartado de materiales y métodos (punto 2.2). Con el proceso previo del chequeo solicitado en la planificación, se procedió a la implementación en campo, mediante un trabajo de equipo y la toma de decisiones consensuales por parte de los expertos en arquitectura arbórea y personal técnico de apoyo de Enafor. Realizándose el llenado de datos en cada una de las fichas, debidamente impresas para el registro de la estructura morfológica de las especies forestales maderables levantadas en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva, se procedió a la preparación y uso de equipos fotográficos y medición en campo, entre otros (Figura 5). A continuación se detallan las actividades realizadas en la implementación del método, en cada una de las etapas:

1. *Planificación, gestión e implementación de los aspectos técnicos del método.* Búsqueda de documentos bibliográficos y en web, así como consulta a expertos en aspectos botánicos, anatómicos, propiedades físicas y mecánicas, lo cual permitió la construcción de las veintidós (22) fichas técnicas de las especies aprovechadas por Enafor en la Unidad Santa María III, de las cuales sólo se exponen tres en el punto 3.2.
2. *Visita de campo a la Reserva Forestal Imataca.* Recorrido a la Unidad Santa María III de la Unidad V, donde el equipo de especialistas realizaron cada uno de los levantamientos y análisis solicitados, debidamente plasmados sobre fichas técnicas

de registro manual en 2D y 3D de las 21 especies maderables aprovechables como Algarrobo, Purgo, Mureillo, Hueso de pescado, Pílon lombricero y Baramán, entre otras; mientras que las 8 especies faltantes de las 22 total, por la dificultad de visita en campo y limitado tiempo, se procedió a desarrollar el estudio de su arquitectura arbórea en trabajo de equipo en la oficina del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, a partir de fotografías suministradas por expertos botánicos de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

En trabajo de campo, elaborado al pie de cada árbol seleccionado, permitió el levantamiento del dibujo a mano alzada de la arquitectura arbórea de las especies por parte de los arquitectos expertos, información que fue plasmada directamente en la ficha técnica (fichas expuestas en el punto 3.1), así como la toma de fotografías a pie del árbol. En este procedimiento, se exponen los dibujos morfológicos tanto del perfil vertical, como el perfil horizontal del árbol; vistas desde el suelo hacia el ápice, debidamente registrado y codificado la localización de ramas principales, secundarias y terciarias orientadas según las coordenadas norte, sur, este, oeste. Similar procedimiento se elaboró para las fotografías de las 8 especies faltantes con instrumentos de medición, traslado y determinación de medidas según escalas dimensionales.

3. *Análisis dimensional de la determinación de los volúmenes y ramas principales y secundarias a partir de una escala gráfica comparativa.* Se representa el modelado de los perfiles verticales y horizontales en 2D y 3D de la arquitectura del árbol en estudio, y es plasmado en cada ficha tomada en campo, las cuales tienen toda la estructura morfológica de cada árbol, codificación de ramas y las dimensiones estimadas por el experto. Con esta información, el experto en trabajo de campo con asesores, infiere una primera aproximación de las medidas de diámetros y altura de las ramas, y posteriormente sus volúmenes. Esta información se traslada para chequear volúmenes, desde lo manual a lo digital, por medio del empleo un programa gráfico Auto CAD, Paint o Microsoft Office Picture Manager.
4. *Elaboración de las fichas técnicas. Ficha A.* Reporta según la disponibilidad de información de cada especie, incluir o no, los datos de fotografía del árbol, ecología y silvicultura; aspectos botánicos y fitosanitarios, aspectos anatómicos, físicos y mecánicos; aspectos de trabajabilidad y usos. En la actualidad, existen especies maderables de la RFI que aún no han sido estudiadas de manera integral de anatomía, propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad, entre otras, debido a

que han sido las más comerciales, o las de mayor demanda por la industria mecánica forestal, las que han sido estudiadas desde la década de los años sesenta por los centros de investigación forestal nacional o internacional con el fin de proporcionar herramientas técnicas que propicien un mejor y racional uso de cada especie (Punto 3.1).

Ficha B. Referida a la descripción morfológica y perfiles más importantes, desarrollados en dibujos a mano alzada, de la arquitectura arbórea de las veintidós (22) especies en estudio y la determinación de los volúmenes de sus ramas. Exponen los principales perfiles horizontales y verticales que identifican las ramas, y que a juicio del experto y su equipo de apoyo, son aprovechables para el aserrío, es decir, ramas rectas o con flechas no mayores de 7,5 cm. Las ramas que tienen conformación morfológica irregular se descartan en esta medición de volumen, y se propone su uso como madera para energía, chips, carpintería de muebles rústicos, parquet, artesanías, otros, o sencillamente por razones de costo de extracción del bosque se dejan en el mismo como material orgánico biodegradable (Punto 3.1). Es decir, que tramos de rolas de ramas que son la prolongación de las ramas secundarias que pudiéramos denominarlas ramas terciarias (Figura 4), son desestimadas para el cálculo del volumen por el método Conowen+Durán; ello en virtud de que todas estas rolas son de menor diámetro a 10 cm e irregulares (curvas), que se generan después de la doble o triple bifurcación y su posterior desarrollo de follaje. El aprovechamiento de estas rolas terciarias genera altos costos por su desmalezado y corte con moto sierra, extracción a la vía secundaria y posteriormente, su traslado a las plantas de transformación en productos de valor agregado.

Ficha C. Expone el proceso de cálculo manual. La fórmula empleada para el cálculo del volumen de madera de ramas principales y secundarias en metro cúbico (m^3), fue la de Smalian (Ecu: 1, figura 4). Esta fórmula se aplica al fuste y ramas principales y secundarias que conforman las copas de las especies maderables aprovechables de la Reserva Forestal Imataca, las cuales serán descritas posteriormente en otro apartado técnico. La implementación de la Fórmula (Ecu: 1), se realiza en una rama cuya rola es recta o curva, siendo esta última, fraccionada en la cantidad de madera aprovechable que se generan con los tramos rectos, conformando de manera individual cada tramo recto, un cono truncado para la determinación de los volúmenes estimados (Punto 3.1).


3.1.2. Fichas técnicas para descripción de las principales características de las especies maderables más aprovechadas en la Unidad V, y estimación de la cuantificación de la materia prima secundaria (ramas), a partir del *Método de Arquitectura Arbórea Conowen*



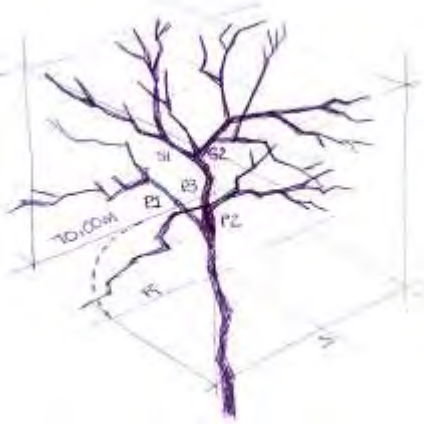

Por limitaciones de espacio según requerimientos de publicación en la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad, se exponen sólo tres (3) fichas correspondientes a tres especies Algarrobo, Baramán y Capa tabaco, de las veintidós (22) fichas técnicas realizadas para las especies maderables estudiadas con sus características técnicas descriptivas, morfología y perfiles, así como el cálculo estimado de volúmenes de la visita realizada a la Reserva Forestal Imataca (Figura 7).



243


FIGURA 7. Serie de fotografías que exponen distintos aspectos de la visita realizada a la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca auspiciada por FAO y con apoyo logístico de Enafor, que entre otros aspectos técnicos tratados por el proyecto de Manejo Forestal Sustentable de FAO-MINEC-FMAM, en el 2019, se realizó la toma de datos de las especies forestales maderables según el método de arquitectura arbórea Conowen+Durán. Fotografías: Wilver Contreras Miranda y Mary E. Owen de C.

FICHA RESUMEN DE LA ESPECIE Y DE SU PRODUCTO PRIMARIO (TRONCO) DEÁRBOLES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA		
ESPECIE: <i>Hymenaea courbaril</i> L.	FAMILIA: Leguminosae	Ficha A: 001
Nombre Común	Algarrobo	
Nombre Comercial Internacional	Algarrobo	
Imagen del árbol	Distribución geográfica	
 <p>Autor: Marcos Heredia.</p>	<p><i>Hymenaea courbaril</i>, más conocido como curbaril, copinol, cuapinol, guapinol, jatoba o jatobá, jatayva en guaraní, Paquió (Bolivia) o Algarrobo (Puerto Rico, Panamá, Venezuela y Colombia), corresponde a la familia Fabaceae y es un árbol común en el Caribe, Centro y Sudamérica (Pennington y Edward, 2005).</p>	
Ecología y Silvicultura	Aspectos botánicos y fitosanitarios	
<ul style="list-style-type: none"> • Forma parte de selvas altas a medianas perennifolias y sub perennifolias, o bien en cañadas protegidas dentro de la selva baja caducifolia. Puede llegar a formar masas casi puras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es un árbol grande y robusto, sub caducifolio, de 10 a 25 (40) m de altura con un diámetro de hasta 1.5 m. El tronco es derecho, a veces cubierto por una excreción gomosa amarillina, algunas veces desarrollan contrafuertes. Copa redonda muy densa, ampliamente extendida, con follaje denso verde claro y brillante. Ramas gruesas ascendentes. La corteza externa ligeramente escamosa a lisa, pardo grisácea. La corteza interna rosada cambiando a ligeramente parda, fibrosa, de sabor astringente. Grosor total de la corteza 10 a 20 mm. • Hojas alternas, compuestas por un par de foliolos opuestos en forma de pesuña. Las flores se encuentran en panículas densas terminales, hasta de 12 cm de largo, con brácteas que soportan las ramillas. • Flores grandes blancas verdosas, fuertemente perfumadas, ligeramente zigomorfas, tubulares en la base con 4 lóbulos ovados, agudos a obtusos, imbricados, finamente pubescentes. • Frutos vaina indehisciente, ligeramente aplanada, sumamente leñosa, verdosa a moreno oscuro, con pulpa harinosa de color amarillo, dulce y comestible con olor a pies. El fruto permanece largo tiempo en el árbol (7 a 10 meses) (Pennington y Edward, 2005; Fernández <i>et al.</i>, 2007). 	
Aspectos anatómicos, físicos y mecánicos	Aspectos de trabajabilidad y usos	
<ul style="list-style-type: none"> • Árbol perenne. La albura de color blanco a crema, con olor dulce, vasos grandes, parénquima vasocéntricos y aliforme. • La madera es muy dura, de 5,6 en la escala Brinell o 2.350 lbf (10500 N) en la escala Janka, medidas aproximadas de dureza (ITTO, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> • La madera se usa para artesanías, trabajos de tornería e instrumentos musicales (pianos y guitarras), construcciones rurales y navales muy apreciada para la ebanistería, para leña y carbón. El exudado se utiliza como aromatizante como incienso. • Cuenta con un color tostado / salmón con rayas negras que con el tiempo se convierte en un color rojo oscuro. 	

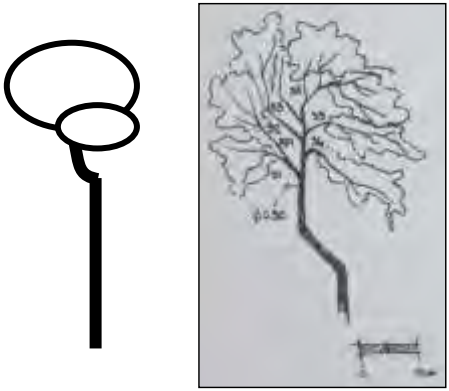
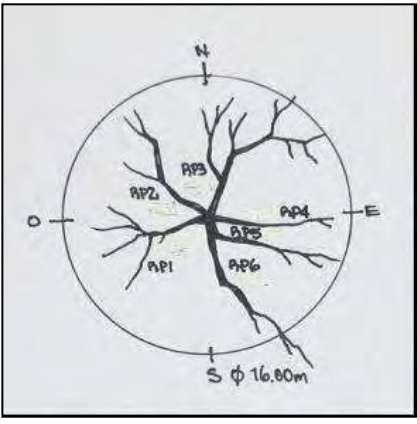
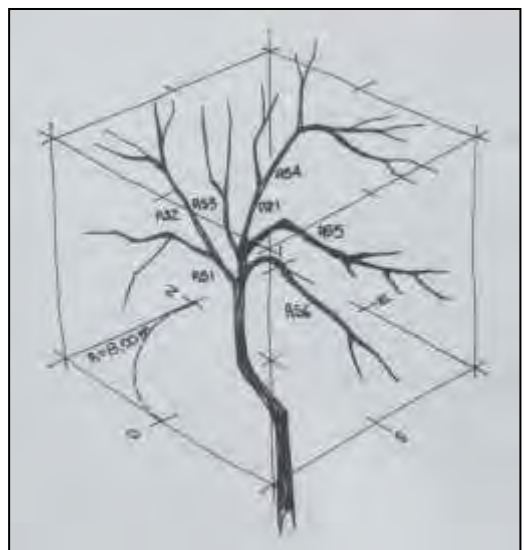
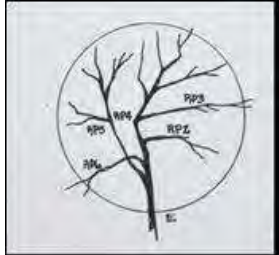
FICHA TÉCNICA RESUMEN DE LAS RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA		
ESPECIE: <i>Hymenaea courbaril</i>	FAMILIA: Leguminosae	Ficha B: 001.1
Nombre Común	Algarrobo	
Nombre Comercial Internacional	Algarrobo	
IDEOGRAMA MORFOLÓGICO DE ARQUITECTURA ARBOREA	PERFIL HORIZONTAL: ANÁLISIS RAMAS EN PLANTA Y DESDE SUELO-APICE	
		
REPRESENTACIÓN VOLUMÉTRICA 3D DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	PERFIL VERTICAL: DIRECCIÓN ESTE	
		
	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	
	<p>El fuste principal (H: 17m-24m) del Algarrobo, se prolonga recto con cierta curvatura según el árbol hasta llegar al ápice, donde se presenta la bifurcación de las ramas principales de poca longitud, y ramas secundarias, donde prevalecen secciones rectas aprovechables (L:0,40m-0,70m) desde el nudo de arranque hasta la bifurcación doble o triple que dan paso al follaje. Quedan otras ramas pequeñas de diámetros menores a 10,00 cm con fines de captura de carbono, leña, briquetas o chips para tableros.</p>	

FICHA TÉCNICA RESUMEN DE RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

ESPECIE: <i>Hymenaea courbaril</i>	FAMILIA: Leguminosae	Ficha C: 001.2
Nombre Común	Algarrobo	
Nombre Comercial Internacional	Algarrobo	
MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL FUSTE		
Altura (H); Diámetro inferior (R); Diámetro inferior (r); Madera aprovechable estimada (Mae)		
<p>Mediciones en campo Unidad Santa María III- Unidad V- Reserva Forestal Imataca</p> <p>$Smailan V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L$</p> <p>Replicas por especie 5:</p> <p>Árbol 1= H:18,00 m; R:0,60 m; r:0,45 m. Mae= 3,98 m³</p> <p>Árbol 2= H:17,00 m; R:0,55 m; r:0,40m. Mae= 3,09 m³</p> <p>Árbol 3= H:18,00 m; R:0,66 m; r:0,49m. Mae= 4,78 m³</p> <p>Árbol 4= H:19,00 m; R:0,55 m; r:0,50m. Mae= 4,12 m³</p> <p>Árbol 5= H:18,00 m; R:0,65 m; r:0,55m. Mae= 5,12 m³</p>		
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS PRINCIPALES (3 árboles Unidad V-RFI)	Cálculo manual 3D – m³ SMALIAN $V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L$	Cálculo computarizado 3D de ramas principales y secundarias
V: Rama Princ. Árbol 1/ RP1	0,35	No procedió por similitud de resultados de volúmenes
V: Rama Princ. Árbol 2/ RP2	0,25	
V: Rama Princ. Árbol 3/ RP3	0,17	
V: Rama Princ. Árbol 4/ RP4	0,15	
V: Rama Princ. Árbol 5/ RP5	0,24	
Volumen total R-Principal	1,16 (1*)	Discusión resultados La copa del Algarrobo es regular, de tendencia mediana a grande, con volumetría elipsoidal altamente fraccionada cuyo follaje permite grande transparencia. Estructura de ramas principales y secundarias aprovechables arroja un volumen promedio de 1,57 m ³ , con un porcentaje de 38,70 % respecto al volumen promedio del fuste principal. Existe un alto porcentaje de ramas terciarias de pequeños diámetros y formas irregulares que son sustento del follaje y sin valor comercial.
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS SECUNDARIAS	Cálculo manual 3D – m³	
V: Rama Sec. Árbol 1/ RS1	0,24	
V: Rama Sec. Árbol 2/ RS2	0,03	
V: Rama Sec. Árbol 3/ RS3	0,03	
V: Rama Sec. Árbol 4/ RS4	0,03	
V: Rama Sec. Árbol 5/ RS5	0,08	
Volumen total R-Secundarias	0,41 (2*)	
Volumen promedio total R-Principales y R-Secundarias Árboles 1,2,3	1+2*= 1,57 m³	


FICHA RESUMEN DE LA ESPECIE Y DE SU PRODUCTO PRIMARIO (TRONCO) DE ÁRBOLES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA	
ESPECIE: <i>Catostemma commune</i> Sandw	FAMILIA: Malvaceae
Ficha A: 002	
Nombre Común	Baramán, baramani, palo de concho
Nombre Comercial Internacional	Baramán
Fotografía del árbol	Distribución geográfica
 <p>Autor: INIA-OIMT (1996). Wilver Contreras M-UV: RFI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Localizado en Panamá, Venezuela, Brasil, Colombia y Guyana. En Venezuela existe en cantidades medias en algunas áreas del Estado Bolívar (León, 1995 citado por INIA-OIMT, 1996). Se localiza al Este del Estado Bolívar, Estado Amazonas y región del río San Juan (Este de los Estados Sucre y Monagas) (Hoyos, 1994).
Ecología y Silvicultura	Aspectos botánicos y fitosanitarios
<ul style="list-style-type: none"> Es una especie del Bosque Húmedo Tropical, el cual se caracteriza por presentar una precipitación media anual entre 2000 y 4000 mm y temperatura media anual mayor o igual a 24°C; con promedio de meses secos de 0 a 2,5 al año. Esta especie se encuentra a altitudes de 0 a 500 msnm (Hoyos, 1994). Tolera la sombra al inicio de su desarrollo. Es un árbol mediano que puede alcanzar de 30 a 34 m de altura (INIA-OIMT, 1996). La altura comercial promedio es de 20 m aproximadamente y puede alcanzar hasta 1 m de diámetro promedio a la altura de pecho (Hoeger, 1995). 	<ul style="list-style-type: none"> Superficie de <i>tronco</i> de color grisácea, con manchas claras, apariencia lisa y aristas transversales. <i>Corteza</i> viva de color ladrillo; secreción de color crema, rosado y rojizo. <i>Hojas</i> simples, alternas con estípulas caducas. <i>Flores</i> medianas de unos 15 mm y numerosos estambres. Fruto oblongoide de unos 10 cm y 4 cm de grosor. La madera es atacada por la termita de las Indias Occidentales y el escarabajo pulverizador de postes (<i>Lyctus</i> sp). También es sensible al ataque de algunos hongos (INIA-OIMT, 1996). Copa de irregular, de color verde oscuro. Caracterizado por un fuste recto y la morfología de su copa con tendencia sobre un área circular excéntrica relativamente de diámetro pequeño (D: 6-10 m).
Aspectos anatómicos, físicos y mecánicos	Aspectos de trabajabilidad y usos
<ul style="list-style-type: none"> La madera es semidura y semipesada; tiene un peso específico básico medio entre 550 y 750 kg/m³ (INIA-OIMT, 1996). La densidad seca al aire es 0,582 gr/cm³ (Hoeger, 1995). 	<ul style="list-style-type: none"> La madera convenientemente secada y preservada puede ser usada en construcción de interiores y plataformas en general (JUNAC, 1981 citado por INIA-OIMT, 1996). También puede utilizarse para fabricar tableros de fibra, partículas, carpintería interior y embalajes (Chudnoff, 1984 citado por INIA-OIMT, 1996).

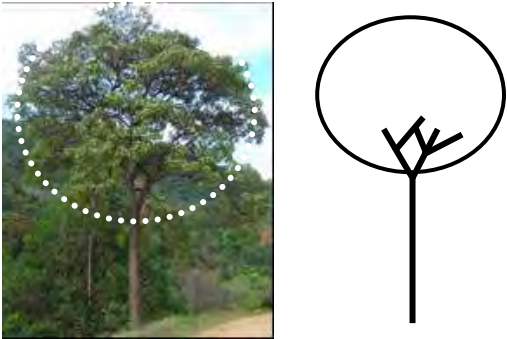

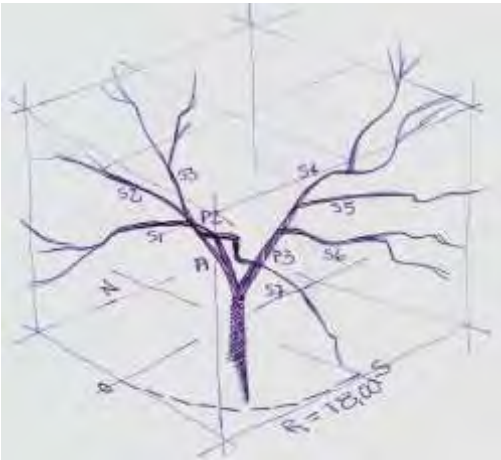

FICHA TÉCNICA RESUMEN DE LAS RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

ESPECIE: <i>Catostemma comune</i> Sandw		FAMILIA: Bombacaceae		Ficha B: 002.1	
Nombre Común		Baramán, baramani, palo de concho			
Nombre Comercial Internacional		Baramán			
IDEOGRAMA MORFOLÓGICO DE ARQUITECTURA ARBOREA			PERFIL HORIZONTAL: ANÁLISIS RAMAS EN PLANTA Y DESDE SUELO-APICE		
					
REPRESENTACIÓN VOLUMÉTRICA 3D DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS			PERFIL VERTICAL: DIRECCIÓN ESTE		
					
			CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS		
			<p>El fuste principal (H: 18m-22m) se prolonga en la rama principal (D: 0,25m/L:1,50m) del Baramán, y a partir del ápice, presenta la bifurcación de las ramas secundarias, donde prevalecen elementos de rolas de secciones rectas aprovechables (D:0,20m-0,15m/L:1,20m-2,00m) desde el nudo de arranque hasta la bifurcación doble o triple que dan paso al follaje. Quedan ramas pequeñas de diámetros menores a 10,00 cm con fines de captura de carbono, leña, briquetas o chips para tableros.</p>		


FICHA TÉCNICA RESUMEN DE RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

ESPECIE: <i>Catostemma comune</i> Sandw	FAMILIA: Bombacaceae	Ficha C: 002.2
Nombre Común	Baramán, baramani, palo de concho	
Nombre Comercial Internacional	Baramán	
MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL FUSTE		
Altura (H); Diámetro inferior (R); Diámetro inferior (r); Madera aprovechable estimada (Mae)		
Mediciones en campo Unidad Santa María III- Unidad V- Reserva Forestal Imataca $S_{malian} V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L$ Replicas por especie 3:		
Árbol 1= H: 17,00 m; R:0,60 m; r:0,55 m. Mae= 4,47 m ³ Árbol 2= H: 21,00 m; R: 0,60 m; r: 0,55m. Mae= 3,53 m ³ Árbol 3= H: 18,00 m; R: 0,70 m; r: 0,60m. Mae= 2,71 m ³		
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS PRINCIPALES (3 árboles Unidad V-RFI)	Cálculo manual 3D – m³ SMALIAN $V = \pi / 8 \times ((d1m)^2 + (d2m)^2) \times L$	Cálculo computarizado 3D de ramas principales y secundarias
V: Rama Princ. Árbol 1/ RP1	0,32	No procedió por similitud de resultados de volúmenes
V: Rama Princ. Árbol 2/ RP2	0,36	
V: Rama Princ. Árbol 3/ RP3	0,07	
V: Rama Princ. Árbol 4/ RP4		
V: Rama Princ. Árbol 5/ RP5		
Volumen total R-Principal	1,07 (1*)	Discusión resultados La copa del Baramán es irregular, relativamente pequeña en su volumetría esférica fraccionada, cuya estructura de ramas principales y secundarias aprovechables arroja un volumen promedio de 2,33 m ³ , con un porcentaje de 61,48 % respecto al volumen promedio del fuste principal. Existe un alto porcentaje de ramas terciarias de pequeños diámetros y formas irregulares que son sustento del follaje y sin relativo valor comercial.
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS SECUNDARIAS	Cálculo manual 3D – m³	
V: Rama Sec. Árbol 1/ RS1	0,46	
V: Rama Sec. Árbol 2/ RS2	0,61	
V: Rama Sec. Árbol 3/ RS3	0,19	
V: Rama Sec. Árbol 4/ RS4		
V: Rama Sec. Árbol 5/ RS5		
Volumen total R-Secundarias	1,26 (2*)	
Volumen promedio total R-Principales y R-Secundarias Árboles 1,2,3	1+2* = 2,33 m³	

FICHA RESUMEN DE LA ESPECIE Y DE SU PRODUCTO PRIMARIO (TRONCO) DE ÁRBOLES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATAKA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA	
ESPECIE: <i>Couratari guianensis</i> Aubl.	FAMILIA: Lecythydaceae
Nombre Común	Capa Tabaco
Nombre Comercial Internacional	Capa Tabaco
Fotografía del árbol	Distribución geográfica
 <p>Autor: Marcos Heredia, L. Silva</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Especie distribuida desde Costa Rica y Panamá hasta los países de las cuencas del Amazonas y el Orinoco y el Macizo Guayanés: Colombia (también en el Bajo Magdalena y en el Chocó), Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia, Guyana, Surinam y Guayana Francesa. En Venezuela en los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro.
Ecología y Silvicultura	Aspectos botánicos y fitosanitarios
<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en los bosques húmedos tropicales, a menos de 700 msnm (Naturalista). • Los árboles de esta especie desarrollan un tronco algo estriado y alcanzan una altura aproximada de 30 m. Comúnmente el diámetro es de 80cm (ITTO, 2019). • Deja caer parcialmente sus hojas durante la época de floración, pero las repone rápidamente. Florece y fructifica dos veces al año, de julio a septiembre, y de diciembre a marzo. Las semillas son dispersadas por el viento (Árboles, arbustos y palmas de Panamá). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tronco con protuberancias en la base. Corteza exterior gris y exfoliante en láminas pequeñas (Naturalista). • Hojas simples alternas, agrupadas al final de las ramas. Presentan inflorescencia terminal abundante, con flores rosadas, rojizas o lilas de seis sépalos y seis pétalos (Naturalista). • El fruto tiene forma de cápsula de 10 cm de longitud, leñoso y de color verde, con una tapa en la parte terminal (Naturalista). • Las semillas son delgadas de color pardo oscuro (Naturalista).
Aspectos anatómicos, físicos y mecánicos	Aspectos de trabajabilidad y usos
<ul style="list-style-type: none"> • Madera de color amarillo pálido, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos (León, 2008). • El lustre o brillo es mediano. Grano inclinado a entrecruzado. Textura fina. Porosidad difusa (León, 2008). • Anillos de crecimiento definidos por acortamiento de distancia entre bandas de parénquima y reducción del diámetro radial de las fibras, ocasionalmente acompañado por engrosamiento de paredes de las fibras (León, 2008). • Su densidad básica es de 0,56 g/cm³ y su densidad seca al aire de 0,62 g/cm³ (ITTO, 2019). • Moderadamente dura y pesada (León, 2008). Su dureza Janka tiene un valor de 488 kgf. por los lados y un valor de 615 kgf. por los extremos (ITTO, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> • Es una especie fácil de aserrar. • Se ha reportado su uso para vivienda general, vigas, viguetas, pavimentos, peldaños, tablas de persianas, muebles y gabinetes, maderas y chapas, mesas de tenis, instrumentos musicales y otros (ITTO, 2019). • La corteza del tronco es usada para extraer fibras para confeccionar ropa u objetos. También se obtiene la sapa para la elaboración del ambil (Naturalista). • Se ha reportado el uso de las semillas como alimenticio. En Colombia es muy apetecida en la joyería para la elaboración de collares artesanales (Naturalista).

FICHA TÉCNICA RESUMEN DE LAS RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA	
ESPECIE: <i>Couratari pulchra</i>	FAMILIA:
Nombre Común	Capa Tabaco
Nombre Comercial Internacional	Capa Tabaco
Ficha B: 003.1	
IDEOGRAMA MORFOLÓGICO DE ARQUITECTURA ARBOREA	PERFIL HORIZONTAL: ANÁLISIS RAMAS EN PLANTA Y DESDE SUELO-APICE
	
REPRESENTACIÓN VOLUMÉTRICA 3D DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	PERFIL VERTICAL: DIRECCIÓN ESTE
	
	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE RAMAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS
	<p>El fuste principal (H: 18m-23m) del Capa Tabaco, se proyecta desde el suelo recto hasta el ápice, presentando la bifurcación de las ramas principales y secundarias, donde prevalecen elementos de rolas de secciones rectas aprovechables desde el nudo de arranque hasta la bifurcación doble o triple que dan paso al follaje. Quedan ramas pequeñas de diámetros menores a 10,00 cm con fines de captura de carbono, leña, briquetas o chips para tableros.</p>

FICHA TÉCNICA RESUMEN DE RAMAS DE ESPECIES FORESTALES MADERABLES DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

ESPECIE: <i>Couratari pulchra</i>		FAMILIA:	Ficha C: 003.2
Nombre Común		Capa Tabaco	
Nombre Comercial Internacional		Capa Tabaco	
MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL FUSTE			
Altura (H); Diámetro inferior (R); Diámetro inferior (r); Madera aprovechable estimada (Mae)			
	Mediciones en campo Unidad Santa María III- Unidad V- Reserva Forestal Imataca Smalian V = PI / 8 X ((d1m)2 + (d2m)2) X L Replicas por especie 1: Árbol 1= H:23,00m; R: 0,90 m; r:0,65 m. Mae= 11,13 m ³		
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS PRINCIPALES (3 árboles Unidad V-RFI)	Cálculo manual 3D – m³ SMALIAN V = PI / 8 X ((d1m)2 + (d2m)2) X L	Cálculo computarizado 3D de ramas principales y secundarias	
V: Rama Princ. Árbol 1/ RP1	2,01	Discusión resultados La copa del Capa tabaco es regular en su volumetría esférica casi compacta, cuya estructura de ramas principales y secundarias aprovechables arroja un volumen promedio de 2,63 m ³ , con un porcentaje de 23,61 % respecto al volumen promedio del fuste principal. Existe un alto porcentaje de ramas terciarias de pequeños diámetros y formas irregulares que son sustento del follaje y sin relativo valor comercial.	
V: Rama Princ. Árbol 2/ RP2			
V: Rama Princ. Árbol 3/ RP3			
V: Rama Princ. Árbol 4/ RP4			
V: Rama Princ. Árbol 5/ RP5			
Volumen total R-Principal	2,01 (1*)		
DETERMINACIÓN INFERIDA DEL MODELO PARA VOLÚMENES DE RAMAS SECUNDARIAS	Cálculo manual 3D – m³		
V: Rama Sec. Árbol 1/ RS1	0.62		
V: Rama Sec. Árbol 2/ RS2			
V: Rama Sec. Árbol 3/ RS3			
V: Rama Sec. Árbol 4/ RS4			
V: Rama Sec. Árbol 5/ RS5			
Volumen total R-Secundarias	1,50 (2*)		
Volumen promedio total R-Principales y R-Secundarias Árboles 1,2,3	1+2*= 2,63 m ³		

Posterior a la visita de campo, en procura de perfeccionar el Método, se realizaron mejoras técnicas al diseño de las fichas con la finalidad de racionalizar aspectos descriptivos de morfología y cálculo de volumen. Vale resaltar que la forma más explícita y práctica de calcular los volúmenes, fue dibujar el fraccionamiento en planos longitudinales de cada rola, para determinar de manera estimada su longitud, diámetro mayor y diámetro menor, como se expuso en la figura 4. Si la rola es recta se realiza una sola sumatoria del tramo; si es curva con tramos largos, se puede fraccionar en dos o más tramos rectos. La sumatoria de los tramos determinados de manera visual, arrojan el volumen estimado por rola con la implementación de la fórmula de Smalian.

3.2. Determinación de la Ecuación de Volumen, para el cálculo de los volúmenes estimados de madera de ramas de algunas especies forestales maderables de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, mediante el método Conowen+Durán

A partir del trabajo técnico realizado y reportado en cada una de las fichas expuestas en el punto anterior, referidas a la estimación del volumen total de ramas principales y secundarias de veintidós especies maderables aprovechadas para la obtención del fuste por la Empresa Forestal Nacional en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, se desarrollaron los cuadros 4, 5, 6, 7. Éstos reportan los más importantes datos obtenidos a partir del *Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán*, referidos al Volumen de Ramas Principales (VRP), Volumen de Ramas Secundarias, Volumen Total de Ramas (VTR) y la relación del porcentaje del Volumen Total de Ramas (%VTR) respecto al volumen del fuste de cada especie. De igual forma, en el cuadro 5 se exponen los datos de diámetros mayores y menores, así como longitudes mayores y menores de las ramas principales y secundarias por cada especie maderable analizada.

Los cuadros 4 y 6, exponen la cantidad de árboles y el volumen total aprovechable en la RFI debidamente registrado en los archivos del último inventario 2018 de la Empresa Forestal Nacional, según lo reporta el Ministerio de Ecosocialismo, Upata, del estado Bolívar. Con esta información, referente al número de árboles por especie, se define finalmente la cantidad Total de volumen de ramas rectas principales y secundarias aprovechables de **2434,77 m³** de ramas principales y secundarias como madera a ser explotada por las especies arbóreas existentes en la unidad Santa María III de la Unidad V-RFI, según se muestra en el cuadro 4. El equipo estimó a partir del estudio de arquitectura arbórea que, de ese volumen total existe un 20% adicional de ramas irregulares, que por su forma se ha dificultado su aprovechamiento industrial y han tenido poco interés económico debido a los altos costos que implica su extracción. En la actualidad estas

ramas son utilizadas para generar energía, leña, chips o dejarla en el bosque como biomasa biodegradable. Ese 20% representa un volumen adicional de 486,96 m³ al volumen total de ramas principales y secundarias.

CUADRO 4. Determinación de Volumen de Ramas Principales (VRP) y Volumen de Ramas Secundarias (VRS), Volumen Total de Ramas (VTR) y relación de % de volumen total de ramas aprovechables respecto al volumen del fuste de cada especie (% VTR). Fuente: Elaboración propia, a partir de inventario 2018 de la Empresa Forestal Nacional para establecer el aprovechamiento para el año 2019.

Nombre Científico	Nombre Común	VRP (m ³) Ramas Principales	VRS (m ³) Ramas Secundarias	VTR (m ³)	% VTR
<i>Protium sagotianum</i>	Algarrobo	1,16	0,41	1,57	38,70
<i>Parkia pendula</i>	Baramán	1,07	1,26	2,33	61,48
<i>Simarouba amara</i>	Capa Tabaco	2,01	0,62	2,63	23,61
<i>Simarouba amara</i>	Caraño	1,05	0,49	1,54	24,53
<i>Diptotropis purpurea</i>	Caro Caro	1,64	0,89	2,53	25,05
<i>Enterolobium shomburgkii</i>	Cedro Blanco	0,91	0,11	1,02	12,62
<i>Lecythis corrugata</i>	Cedro Rojo	1,37	0,35	1,72	28,15
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Congrio	1,24	0,00	1,24	3,70
<i>Balizia pedicellaris</i>	Dividive	0,61	0,81	1,42	27,81
<i>Erisma uncinatum</i>	Guacharaco	0,34	0,51	0,85	15,97
<i>Terminalia amazonia</i>	Hielillo	0,63	0,79	1,42	40,96
<i>Ormosia coarctata</i>	Hueso De Pescado	1,38	2,94	4,32	58,67
<i>Andira surinamensis</i>	Mureillo	1,80	0,77	2,57	30,42
<i>Goupia glabra</i>	Pata de Danta	3,12	0,23	3,35	50,26
<i>Pera glabra</i>	Pericoco	0,73	0,37	1,10	33,40
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pilón Alcornoque	0,15	0,56	0,71	21,50
<i>Stryhnodendron polystachyum</i>	Pilón Lombricero	0,59	1,06	1,65	22,74
<i>Peltogyne paniculata</i>	Pilón Rosado	0,66	0,64	1,30	18,86
<i>Protium sagotianum</i>	Puy	1,31	1,19	2,50	65,67
<i>Parkia pendula</i>	Yiguire	1,13	0,00	1,13	24,27
<i>Simarouba amara</i>	Zapatero	3,70	0,61	4,31	56,74

Las figuras 8, 9, 10, vienen a representar gráficamente la distribución comparativa entre los valores totales y parciales de los volúmenes de ramas principales y secundarias; así como la relación en porcentaje, de éstas, respecto al volumen del fuste. Se puede apreciar en el cuadro 5 que expone la determinación de diámetro mayor (D1), diámetro menor (D2) y longitud mayor y menor de las ramas principales (VRP) y ramas secundarias (VRS) de cada especie maderable, que la desviación estándar de los diámetros en las ramas secundarias presentan valores más cercanos a cero (Desv./Estándar: 0,0961051; 0,04954555) con mínima diferencia respecto a los determinados en los diámetros de ramas principales (Desv./Estándar: 0,160934769; 0,10033041), reportando una excelente uniformidad y consistencia en los datos referenciados, hecho que viene a ser corroborado según el modelo estadístico expuesto en el punto 2.3 de materiales y métodos.

El volumen estimado, es una representación cuantitativa de ramas del complejo universo de la gran diversidad biológica de especies arbóreas que existen en la naturaleza, en este caso en la Reserva Forestal Imataca; y que dado a esa variedad que viene a conformar la estructura de las ramas principales, secundarias y terciarias de una copa de determinada especie arbórea, existe una correlación con el modelo de arquitectura arbórea definido, entre otros autores, por Henricus Franciscus (2002) y Halle (2010), en sus trabajos: *“Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán”* y *“Arquitectura de los árboles”*. Por ello, el presente trabajo, incorpora en el punto 3.4, el desarrollo del modelo de proyección estadística, que permite inferir la consistencia de los datos obtenidos.

Esta cantidad estimada puede ser aprovechada por el Clúster o Polígono Eco Industrial PEI conformado por un conjunto de plantas de transformación a ser localizado en Tumeremo u otra población circunscrita al área de influencia de la Reserva, el cual tiene contemplado carpinterías, machihembradoras, parqueteadoras, tableros, molduras-farquillas, puertas, ventanas, entre otras, que en su conjunto, permitirán la elaboración de productos forestales de valor agregado y alto valor agregado.

Las ramas muy irregulares y pequeñas tienen un uso artesanal como elemento estructural de costillares y quillas en la fabricación de barcos de la llamada *“carpintería de ribera”* ya establecida y con tradición en la región de Delta Amacuro. Además, en la nueva visión de aprovechamiento integral y sostenible, se consideran como importante material maderable, encontrándose en las ramas de diámetros menores a 10 cm., posibilidades ciertas como materia prima para la elaboración de diversidad de mobiliario residencial, muebles de estilo rústico, objetos domésticos, artesanías, obras de arte, entre otros usos.

De acuerdo a los datos obtenidos y desarrollados de las 22 especies forestales, se puede observar que hubo algunas especies que presentan el mayor volumen tanto en ramas

principales y secundarias, entre las cuales se puede apreciar en el cuadro 4 y figura 8 que, el Zapatero alcanzó 3,70 m³ y el Pata de danta 3,12 m³; ambas especies, con 5 réplicas cada una. Y en cuanto al VRS, se puede apreciar que sólo hubo una especie con el mayor volumen, el Hueso de pescado con 2,94 m³.

Cabe destacar que la especie Zapatero es un árbol robusto que proporciona una madera fuerte, durable y pesada, por cuanto se reporta un peso específico entre 0.6 y 0.65 y una densidad entre 0.63 y 0.79 g/cm³. Además, esta madera muestra una buena resistencia al ataque de termitas, también se utiliza frecuentemente en construcción pesada tanto de exteriores como interiores (p.ej. marina y estructuras para puentes), y muy usada para ebanistería (construcción de muebles y enchapes decorativos).

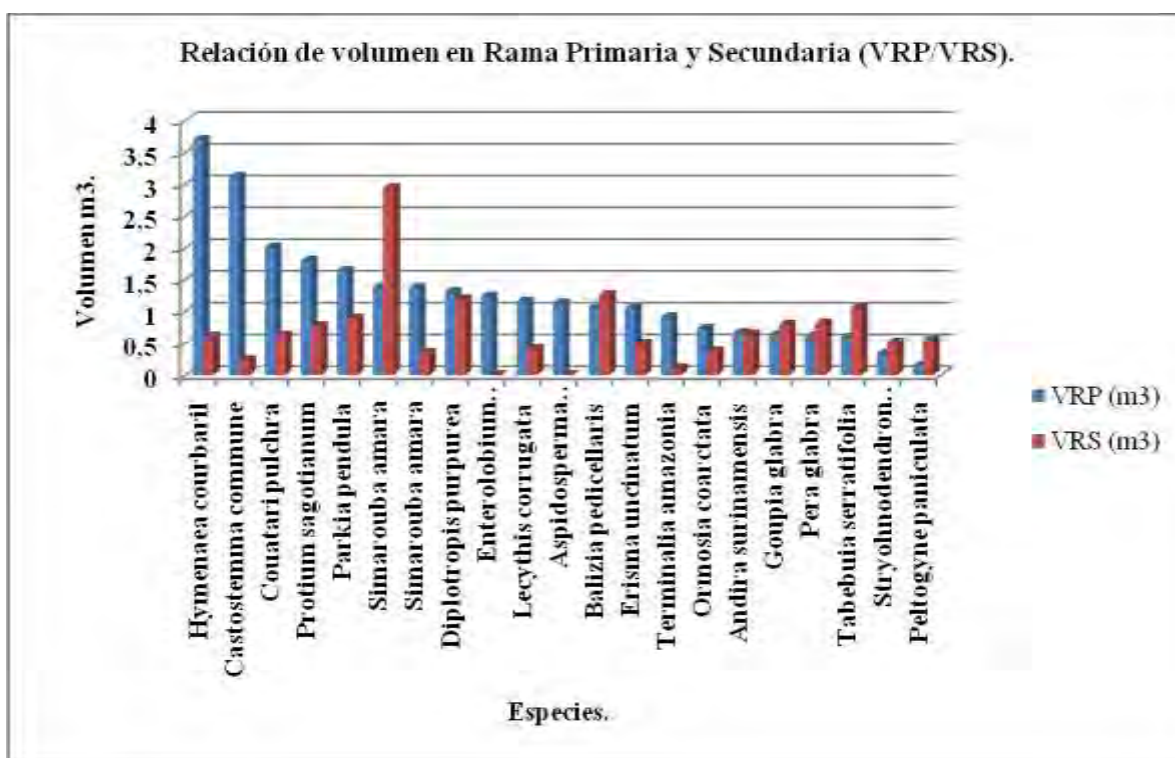


FIGURA 8. Representación gráfica del Volumen de Ramas Principales (VRP) y Volumen de Ramas Secundarias con su Volumen Total de Ramas (VTR). Fuente: Elaboración propia.

Es importante acotar, que en el cuadro 4, el %VTR, tiene una proyección considerada en relación a las distintas especies forestales estudiadas. Entre estas tenemos 5 especies con el mayor % VTR, como es el caso del Puy con 65,67 %; Baramán con 61,48 %; Hueso de pescado con 58,67 %; Zapatero con 56,74 % y Pata de danta con 50,26 %. Cabe destacar que dichos volúmenes es una pequeña muestra del volumen aprovechable que se está dejando en el bosque, en relación al volumen de 19.143,93 m³ de madera en pie autorizado para su explotación y aprovechamiento por la Empresa Nacional Forestal (Enafor) en la Reserva Forestal Imataca, ubicada en el estado Bolívar.

El cuadro 5, muestra los diferentes diámetros y longitudes de las Ramas Principales (RP) y Ramas Secundarias (RS), obtenidas de las 21 especies forestales evaluadas. Se evidencia un promedio del diámetro mayor en RP = 0,46 m., y un promedio de diámetro menor en RP = 0,20 m., con unas longitudes de 3,43 a 1,36 m. Algunas especies sobrepasan en diámetro mayor los 0,60 cm (Figuras 8, 9). Se aprecia, además, el promedio de diámetro mayor en RS = 0,28 m., y diámetro menor RS = 0,10 m., con longitudes entre 2 m, 62 m a 0,78 m.

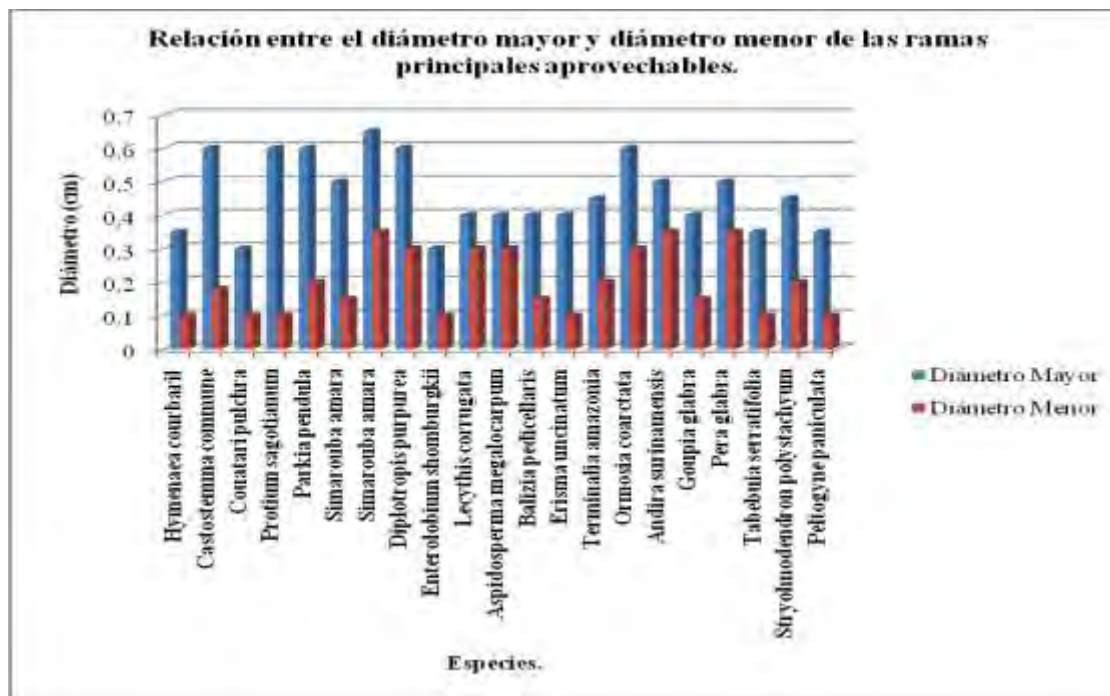


FIGURA 9. Determinación de diámetro mayor (D1) y diámetro menor (D2) de las Ramas Principales de cada especie maderable. Fuente: Elaboración propia.

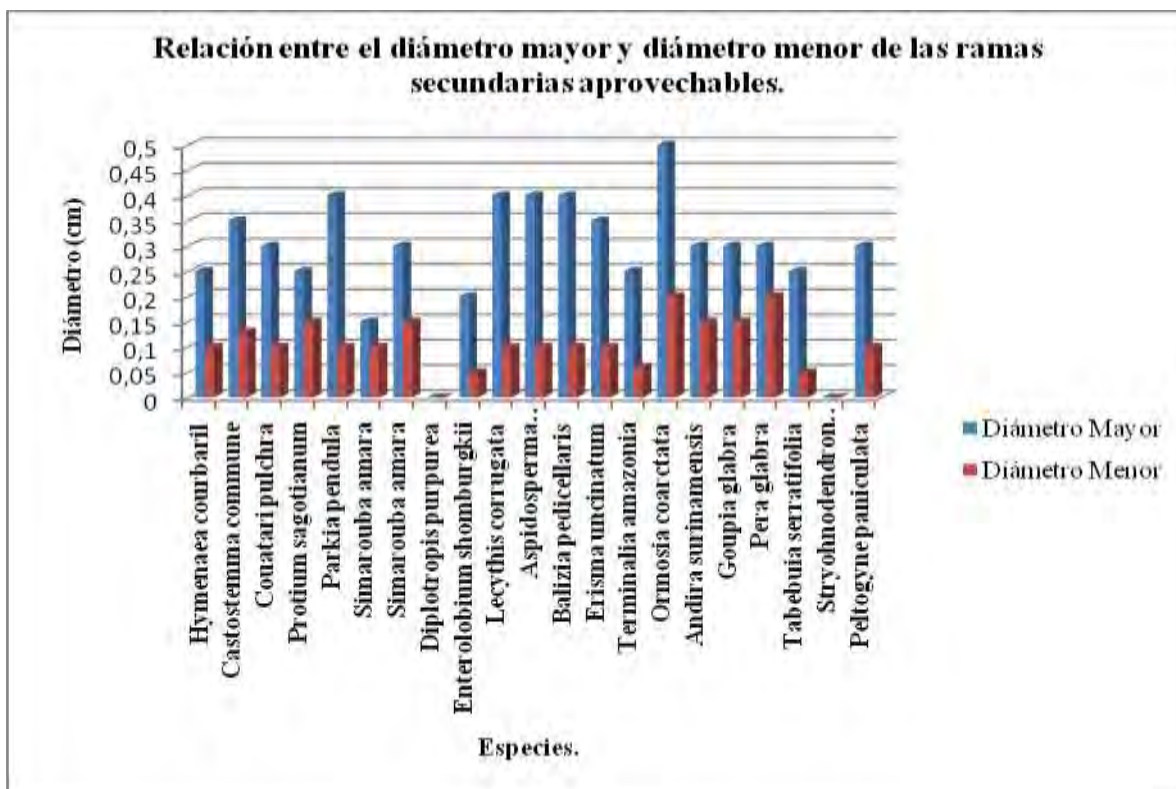


FIGURA 10. Determinación de diámetro mayor (D1) y diámetro menor (D2) de las Ramas Secundarias de cada especie maderable. Fuente: Elaboración propia.

En vista de que los diámetros estudiados en las ramas de dichas especies son considerables, éstas pueden ser tomadas en cuenta en la fabricación de productos de valor y alto valor agregado, para así garantizar el aprovechamiento integral de los árboles explotados. Por ende, es importante darle aprovechamiento y definir un valor económico a la madera que queda en la Reserva Forestal Imataca en sus ramas principales RP y ramas secundarias RS.

CUADRO 5. Determinación de diámetro mayor (D1), diámetro menor (D2) y longitud mayor y menor de las Ramas Principales y Ramas Secundarias de cada especie maderable. Fuente: Elaboración propia.

NOMBRE CIENTIFICO	RAMAS PRINCIPALES APROVECHABLES				RAMAS SECUNDARIAS APROVECHABLES			
	DIÁMETRO		LONGITUD		DIÁMETRO		LONGITUD	
	D1-MAYOR	D2-MENOR	MAYOR	MENOR	D1-MAYOR	D2-MENOR	MAYOR	MENOR
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,35	0,10	4,00	0,60	0,25	0,10	2,50	0,80
<i>Castostemma commune</i>	0,60	0,18	2,50	0,18	0,35	0,13	2,80	0,20
<i>Couatari pulchra</i>	0,30	0,10	9,50	1,80	0,30	0,10	5,00	1,00
<i>Protium sagotianum</i>	0,60	0,10	3,00	1,00	0,25	0,15	3,00	1,50
<i>Parkia pendula</i>	0,60	0,20	3,50	0,30	0,40	0,10	2,50	0,30
<i>Simarouba amara</i>	0,50	0,15	5,50	5,00	0,15	0,10	2,50	2,00
<i>Simarouba amara</i>	0,65	0,35	3,00	1,00	0,30	0,15	2,50	0,50
<i>Diploptropis purpurea</i>	0,60	0,30	1,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Enterolobium shomburgkii</i>	0,30	0,10	3,00	0,75	0,20	0,05	3,00	1,00
<i>Lecythis corrugata</i>	0,40	0,30	2,50	1,00	0,40	0,10	4,00	1,00
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	0,40	0,30	2,25	0,75	0,40	0,10	2,50	0,50
<i>Balizia pedicellaris</i>	0,40	0,15	4,50	1,00	0,40	0,10	3,00	0,75
<i>Erismia uncinatum</i>	0,40	0,10	3,50	1,00	0,35	0,10	2,50	0,50
<i>Terminalia amazonia</i>	0,45	0,20	2,75	2,00	0,25	0,06	1,50	0,50
<i>Ormosia coarctata</i>	0,60	0,30	2,00	2,00	0,50	2,00	1,25	0,50
<i>Andira surinamensis</i>	0,50	0,35	1,00	1,00	0,30	0,15	3,50	1,80
<i>Goupia glabra</i>	0,40	0,15	2,25	0,50	0,30	0,15	2,50	0,50
<i>Pera glabra</i>	0,50	0,35	4,50	4,50	0,30	0,20	4,00	1,00
<i>Tabebuia serratifolia</i>	0,35	0,10	4,00	1,00	0,25	0,05	3,50	1,00
<i>Stryhnodendron polystachyum</i>	0,45	0,20	3,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Peltogyne paniculata</i>	0,35	0,10	4,00	1,50	0,30	0,10	3,00	1,00
PROMEDIO	0,46	0,20	3,43	1,36	0,28	0,10	2,62	0,78
DESV/ESTANDAR	0,160934769	0,10033041			0,0961051	0,04954555		

CUADRO 6. Determinación del Volumen de Ramas Principales (VRP), Volumen de Ramas Secundarias (VRS), y el Volumen Total de Ramas Aprovechables (VTRA), así como el porcentaje de VTRA respecto al volumen de madera del fuste (%VTRA), aplicando el Método de Arquitectura Arbórea Conowen, a un número de árboles estudiados de cada especie maderable a partir del inventario del año 2018 en la Unidad Santa María III de en la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca. Fuente: Elaboración propia.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	N° ARBOLES	VRP (m ³)	VRS (m ³)	VTRA (m ³)	% VTRA
<i>Protium sagotianum</i>	Algarrobo	5	1,16	0,41	1,57	38,70
<i>Parkia pendula</i>	Baramán	3	1,07	1,26	2,33	61,48
<i>Simarouba amara</i>	Capa Tabaco	1	2,01	0,62	2,63	23,61
<i>Simarouba amara</i>	Caraño	1	1,05	0,49	1,54	24,53
<i>Diploptropis purpurea</i>	Caro Caro	2	1,64	0,89	2,53	25,05
<i>Enterolobium shomburgkii</i>	Cedro Blanco	1	0,91	0,11	1,02	12,62
<i>Lecythis corrugata</i>	Cedro Rojo	1	1,37	0,35	1,72	28,15
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Congrio	1	1,24	0,00	1,24	3,70
<i>Balizia pedicellaris</i>	Dividive	2	0,61	0,81	1,42	27,81
<i>Erisma uncinatum</i>	Guacharaco	1	0,34	0,51	0,85	15,97
<i>Terminalia amazonia</i>	Hielillo	2	0,63	0,79	1,42	40,96
<i>Ormosia coarctata</i>	Hueso De Pescado	3	1,38	2,94	4,32	58,67
<i>Andira surinamensis</i>	Mureillo	5	1,80	0,77	2,57	30,42
<i>Goupia glabra</i>	Pata de Danta	5	3,12	0,23	3,35	50,26
<i>Pera glabra</i>	Pericoco	1	0,73	0,37	1,10	33,40
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pilón Alcornoque	1	0,15	0,56	0,71	21,50
<i>Strychnodendron polystachyum</i>	Pilón Lombricero	2	0,59	1,06	1,65	22,74
<i>Peltogyne paniculata</i>	Pilón Rosado	1	0,66	0,64	1,30	18,86
<i>Protium sagotianum</i>	Puy	5	1,31	1,19	2,50	65,67
<i>Parkia pendula</i>	Yiguire	1	1,13	0,00	1,13	56,74
<i>Simarouba amara</i>	Zapatero	5	3,70	0,61	4,31	56,74

CUADRO 7. Determinación número de árboles y su volumen de ramas a ser aprovechados por la **Empresa Forestal Nacional** en la Unidad V. Fuente: Elaboración propia, a partir del Inventario 2018 de la **Empresa Forestal Nacional**.

CÓDIGO	ESPECIE	VTRA (m ³)	Nº DE ARBOLES / EMPRESA NACIONAL FORESTAL	VTR (m ³) APROVECHABLE
<i>Protium sagotianum</i>	Algarrobo	1,57	22	6,91
<i>Parkia pendula</i>	Baramán	2,33	273	212,03
<i>Simarouba amara</i>	Capa Tabaco	2,63	148	389,24
<i>Simarouba amara</i>	Caraño	1,54	56	86,24
<i>Diploptropis purpurea</i>	Caro Caro	2,53	113	142,95
<i>Enterolobium shomburgkii</i>	Cedro Blanco	1,02	192	195,84
<i>Lecythis corrugata</i>	Cedro Rojo	1,72		
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Congrio	1,24	27	33,48
<i>Balizia pedicellaris</i>	Dividive	1,42	52	36,92
<i>Erisma uncinatum</i>	Guacharaco	0,85	373	317,05
<i>Terminalia amazonia</i>	Hielillo	1,42	42	22,82
<i>Ormosia coarctata</i>	Hueso De Pescado	4,32	104	149,76
<i>Andira surinamensis</i>	Mureillo	2,57	142	72,99
<i>Goupia glabra</i>	Pata de Danta	3.35	133	89,11
<i>Pera glabra</i>	Pericoco	1,10	33	36,30
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pilón Alcornoque	0,71	37	26,27
<i>Stryhnodendron polystachyum</i>	Pilón Lombricero	1,65	125	103,13
<i>Peltogyne paniculata</i>	Pilón Rosado	1,30	190	247,00
<i>Protium sagotianum</i>	Puy	2,50	66	33,00
<i>Parkia pendula</i>	Yiguire	1,13	132	149,16
<i>Simarouba amara</i>	Zapatero	4,31	90	77,58
Total de volumen de ramas rectas principales y secundarias aprovechables				2434,77
Total de volumen adicional estimado en 20% de ramas irregulares aprovechables como chip, energía, muebles rústicos o captura de carbono, extrapolados del volumen total de ramas principales y secundarias aprovechables				486,95

En el cuadro 7 se muestra el número de árboles que pudieran ser aprovechados por la *Empresa Forestal Nacional* en la Unidad V para el año 2109, que según inventario, se determinó un volumen total de 19.143,93 m³ de madera en pie según datos aportados por el Ministerio de Ecosocialismo del estado Bolívar. Exponiéndose los metros cúbicos de Volumen de Ramas Principales (VRP), Volumen de Ramas Secundarias (VRS), con **2434,77 m³** de Volumen Total de Ramas Aprovechables (VTRA).

Se debe resaltar, que el estudio contempló sólo aquellas ramas que, bajo los principios del aserrío, fueron consideradas como ramas aprovechables para la elaboración de productos forestales de valor agregado y alto valor agregado. Se reconoce que en campo queda un porcentaje de ramas que pueden servir, por sus formas irregulares, como productos de energía para leña, chips para briquetas y tableros diversos, entre otros.

A partir de los datos procesados de las veintiún (21) especies de árboles forestales estudiados expuestos en el código de los cuadros 4, 5, 6, y 7 que definen la especie maderable y el número de réplicas tomadas en las mediciones, se determinó que se tienen especies con cinco (5) réplicas como el Algarrobo, Mureillo, Pata de danta, Puy y Zapatero. Se pudo observar que el volumen aprovechable de estas especies, es de 14,30 m³ en 25 árboles. Se muestran a continuación, las especies que tienen menor número de réplicas:

- Especies con tres (3) réplicas: Baramán y Hueso de pescado obteniendo un volumen aprovechable de 6,65 m³ en 6 árboles.
- Especies con dos (2) réplicas: Caro Caro, Dividive, Hielillo y Pilón lombricero con un volumen de 7,02 m³ en 8 árboles.
- Especies con una (1) réplica: Capa Tabaco, Caraño, Cedro Blanco, Cedro Rojo, Congrio, Guacharaco, Pericoco, Pilón Alcornoque, Pilón Rosado y Yiguire con un volumen de 13,24 m³ en 10 árboles.

Estos valores representan un volumen de 41,21 m³ de los 49 árboles de las distintas especies forestales que son aprovechables en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca bajo la gestión de la Empresa Nacional Forestal (Enafor).

Cabe destacar que, esta cifra es una pequeña muestra de árboles en relación con los 2350 árboles que fueron autorizados por el Ministerio de Ecosocialismo en el año 2019 para ser aprovechados por Enafor. De esta madera quedaría por aprovechar un volumen considerable de madera proveniente de ramas principales y ramas secundarias, siendo

una materia prima importante que puede ser utilizada para la elaboración de productos de valor agregado y alto valor agregado, por las empresas transformadores de madera como lo son las micro y pequeñas y medianas carpinterías del eje Tumeremo-Puerto Ordaz-Ciudad Bolívar, localizadas en los municipios Sifontes, Roscio y Piar del estado Bolívar. Esta cifra de volumen aproximado de ramas, representa el 12,72% de ramas respecto al volumen de madera en pie del fuste a ser aprovechado por Enafor en la Unidad Santa María III.

De igual manera, existe una proyección aproximada de volumen 1343,84 m³ en las ramas principales y ramas secundarias, en relación al volumen de 8830,33 m³ que fue autorizado por el Ministerio de Ecosocialismo en el año 2019 para ser explotado y aprovechado de madera en pie por la empresa Elaboración de Maderas Bosco C.A., localizada en Guasipati, estado Bolívar, en el compartimiento C9 de la unidad de manejo Forestal El Dorado-Tumeremo. Esta cifra de volumen aproximado de ramas es el 15,22% de ramas respecto al volumen de madera en pie del fuste.

Al comparar los resultados, se puede decir que son muy cercanos ambos porcentajes del volumen de ramas respecto al volumen del fuste de las especies forestales maderables de ambos ecosistemas, el primero, localizado en la Unidad V en la parte central de la Reserva Forestal Imataca, y el segundo territorio, en el lote de manejo forestal El Dorado-Tumeremo, el cual está en la adyacencia y lado sur de la Reserva. Este aspecto permite retomar lo expuesto por Berroterán (2004), de que existen diferencias ecosistémicas en el territorio interno de la Reserva, y por ende, la diferencia entre ambos espacios naturales respecto a su relación suelo, vegetación y clima, incide en el proceso de formación de la estructura morfológica de las especies forestales maderables. De manera que, la estructura morfológica de la arquitectura arbórea de las especies, varía según sea el lugar de su desarrollo, considerándose aspectos de follaje y competencia, pendiente, tipo de suelo, humedad y clima, entre otros

4. VALIDACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SELECCIONADO

Como se expuso en materiales y métodos, el modelo fue sometido a pruebas para establecer su idoneidad y determinar si cumple con los supuestos del Análisis de Regresión Lineal. En este caso de aplicación se realizó la validación de los siguientes supuestos del modelo de regresión: 1) Linealidad; 2) Independencia de los errores; 3) Colinealidad o multicolinealidad; 4) Homocedasticidad y 5) Normalidad. Los cuales se exponen a continuación.

4.1. Idoneidad del modelo

Antes de proceder a la verificación de los supuestos se debe probar si las variables Independientes (predictoras) han sido seleccionadas correctamente y sirven para explicar el comportamiento de la variable dependiente.

En el cuadro 8 se presentan los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) en el cual se prueba la hipótesis de la idoneidad del modelo de regresión y la significancia de las variables predictoras D_p (diámetro promedio de la rama) y D_p^2L . Donde L: longitud de la rama (m)

CUADRO 8. Análisis de la varianza para verificar la idoneidad del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	7,92244	3,96122	8826,92	0,000
D_p	1	0,00372	0,00372	8,29	0,004
D_p^2L	1	2,52592	2,52592	5628,59	0,000
Error	361	0,16200	0,00045		
Total	363	-	-	-	-

Al contrastar la idoneidad del modelo, el valor para la regresión fue $p=0,000 < \alpha = 0,01$ por lo tanto se concluye que el modelo de regresión seleccionado es apropiado para explicar el comportamiento de la variable Volumen de las ramas (V_r (m^3)).

Al analizar las variables independientes (D_p y D_p^2L) por separado en ambos casos el Valor p (significancia) es menor que $\alpha=0,01$ (1 %) indicando que esas variables son altamente significativas y explican el comportamiento de la variable dependiente V_r (m^3).

4.2. Linealidad

Este supuesto se verifica de manera gráfica y mediante el ajuste de la ecuación de regresión lineal simple. En los tres gráficos se observa la relación lineal al comparar el volumen en rolas (V_r (m^3)) con la Longitud (L (m)), el diámetro promedio (D_p), y la variable creada diámetro promedio al cuadrado multiplicado por la longitud (D_p^2L) (Figura 11)

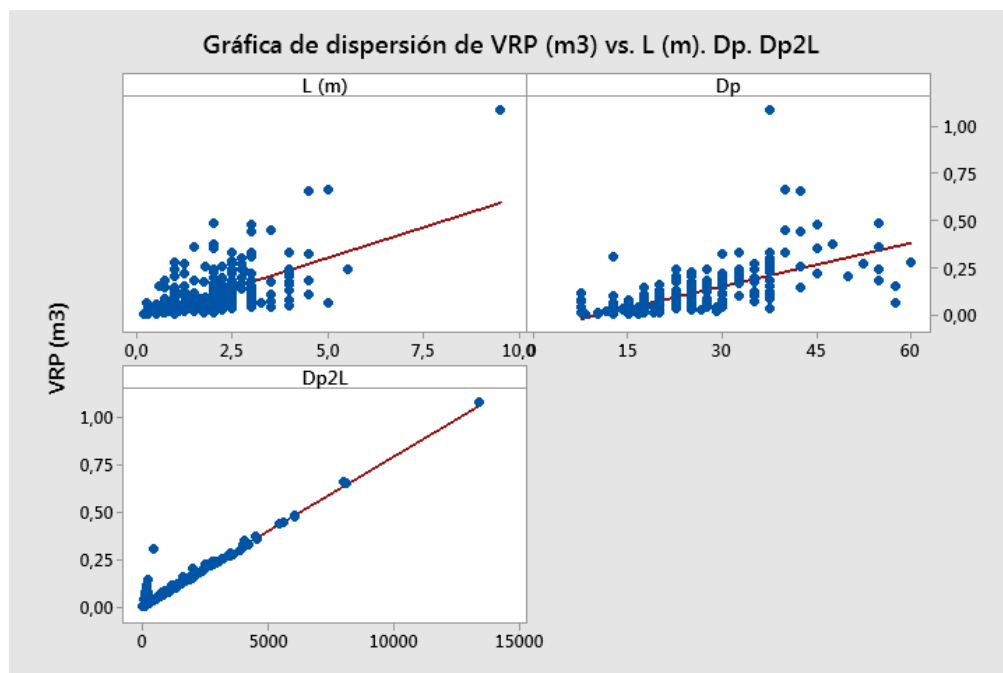


FIGURA 11. Gráficos de dispersión V_r (m^3) vs. D_p , L y D_p^2L y ajuste lineal.

4.3. Independencia de los errores

El segundo de independencia de los errores se prueba mediante el test de Durbin-Watson (DW), el criterio es que para valores obtenidos cercanos a 2 (dos) se acepta que no existe autocorrelación de los errores, por lo tanto se concluye que los errores son independientes. Una regla ampliamente aceptada para este test señala que: valores del test Durwin-Watson entre [1,5 y 2,5] son indicativos de independencia de los errores. En este caso el estadístico Durbin-Watson dio un **valor de 1,7412** que cae dentro del rango especificado, indicando que se cumple con el supuesto de independencia de los errores.

Estadístico de Durbin-Watson
 Estadístico de Durbin-Watson = 1,7412

4.4. Multicolinealidad

Para detectar la multicolinealidad se utiliza, el factor de inflación de la varianza (FIV), también conocido por su nombre en inglés, Variance Inflation Factor (VIF). Este factor cuantifica la intensidad de la multicolinealidad en un análisis de regresión donde se ha aplicado el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Para las variables Diámetro promedio (dp) y diámetro promedio al cuadrado por longitud de la rama (Dp²L) los valores fueron 2,95 y 2,95 respectivamente (cuadro 9). Por lo tanto no existe la presencia de multicolinealidad en las variables independientes.

Considerando que los valores de FIV son menores a 10 y están más cercanos a 1, se observa que no habrá problemas de multicolinealidad, lo que hace más estable el modelo dado que las varianzas de los coeficientes de regresión serán mínimas.

CUADRO 9. Resultados del FIV para las variables predictoras del modelo evaluado.

Término	Coef	EE del coef.	IC de 95%	Valor T	Valor p	FIV
Dp	0,000134	0,000032	(0,000071. 0,000197)	4,16	0,000	2,95
Dp ² L	0,000076	0,000000	(0,000075. 0,000077)	157,30	0,000	2,95

4.5. Homocedasticidad

Para determinar si la hipótesis de varianzas homogéneas se cumple se aplicó el test de Levene y en el cuadro 10 se muestran los resultados de este test. El resultado del test produjo un valor $P = 0,22 > \alpha = 0,05$ permitiendo la aceptación de la hipótesis nula de igualdad de varianzas.

CUADRO 10. Resultados de la prueba de Levene.

Estadístico de Levene	n	Valor P
1,509	396	0,220

4.6. Normalidad

Por último se probó el supuesto de normalidad, a continuación se presentan dos gráficos y el test de Kolmogorv-Smirnov para analizar la normalidad de los datos. Se observa que no se cumple con el supuesto de normalidad en el modelo seleccionado.

Sin embargo no es un problema tal como lo señala Green (1998), “el supuesto de normalidad generalmente es considerado como innecesario y posiblemente inapropiado para ser añadido al modelo de regresión”.

Las figuras 12 y 13 permiten observar la asimetría de los datos del volumen en ramas.

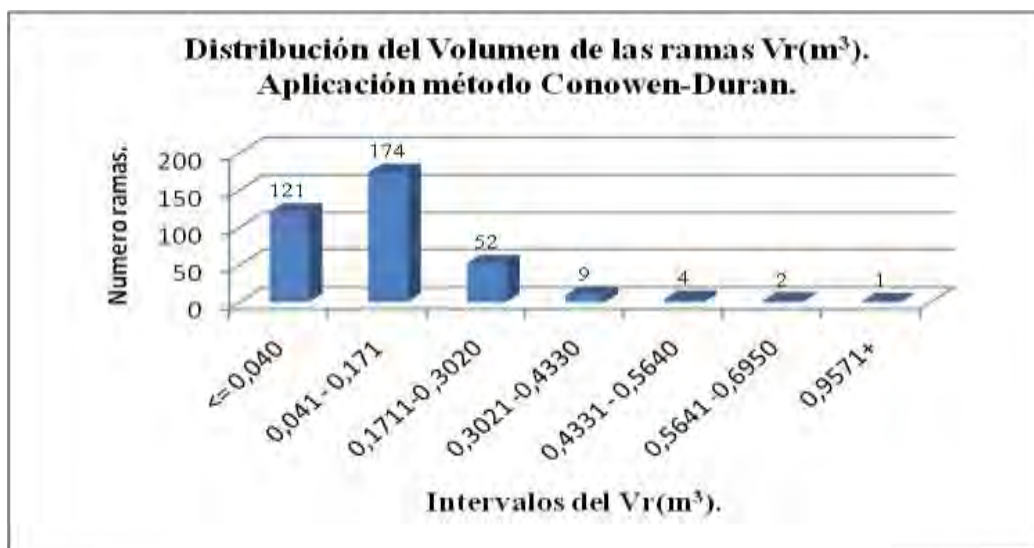


FIGURA 12. Histograma del Volumen ramas con su asimetría. Fuente: Elaboración propia.

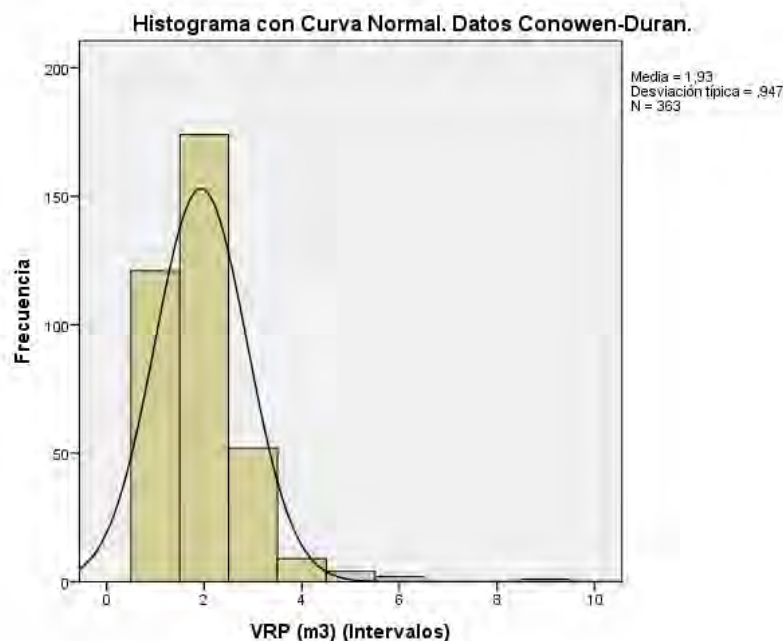


FIGURA 13. Histograma del Volumen en ramas y ajuste normal. Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11 se muestran los resultados del test de Kolmogorv-Smirnov, en el cual se rechaza la hipótesis nula de normalidad, dado que $p \text{ valor} = 0,000 < \alpha = 0,01$ (1 %).

CUADRO 11. Test de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

Variable	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	P valor
Vr(m ³)	0,187	363	0,000

El modelo seleccionado, obtenido mediante el Método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios, cumple con el teorema de Gauss Markov que dice “los estimadores mínimos cuadrados son insesgados y con varianza mínima entre todos los estimadores insesgados lineales” (Neter *et al.* 1990).

Considerando que el modelo seleccionado $Vr = 0,00134 Dp + 0,000076 Dp2L$ mostró los mejores resultados en los indicadores de los cuatro criterios utilizados: a) Cuadrado Medio

de Error (CME), b) Coeficiente de Determinación Ajustado (r^2_{ajustado}), c) Akaike Information Criterion (AIC), d) Criterio de Información de Bayes (BIC) y, cumplió con los supuestos de linealidad, independencia de los errores, multicolinealidad y varianzas homogéneas, se demuestra que el modelo puede servir para la estimación del volumen en ramas de la Reserva Forestal de Imataca.

5. VALIDACIÓN DE LA FÓRMULA CONOWEN+DURÁN CON DATOS DE CAMPO OBTENIDOS DEL APROVECHAMIENTO EN LA RESERVA FORESTAL IMATACA

Para validar el modelo se utilizaron los datos del inventario realizado el Compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca del año 2018 (Cuadro 12) para los cálculos de volumen de ramas según la descripción de cada especie descrita en las fichas de acuerdo a lo planteado en el modelo Conowen+Durán.

La ecuación Conowen+Durán [$V_r = 0,00134 D_p + 0,000076 D_p 2L$], se utilizó para realizar cálculos adicionales con datos provenientes del inventario hecho en la Compartimiento 9 de la Unidad Santa María III.

Donde:

- V_r (m^3): Volumen de ramas aprovechables.
- D1 (cm): diámetro menor de la rama sin corteza.
- D2 (cm): diámetro mayor de la rama sin corteza.
- L (m): longitud de la rama
- D_p : Este es el promedio de D1 (cm) y D2 (cm).

CUADRO 12. Número de árboles y volumen m³ de madera de fustes de árboles de las especies inventariadas en el compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca. Fuente: Empresa Nacional Forestal.

INVENTARIO DE UNA SUPERFICIE DE 2898 HECTÁREAS		
ESPECIES	ÁRBOLES	VOLUMEN m ³
ZAPATERO <i>Peltogyne paniculata</i>	828	1264
CHARO <i>Brosimum alicastrum Sw.</i>	697	1411
ALGARROBO <i>Hymenaea courbaril L.</i>	604	1591
PURGUO <i>Manilkara bidentata (A.DC.) A.Chev</i>	490	776
CAPURE <i>Pouteria caimito (Ruiz & Pav.) Radlk.</i>	327	746
PUY <i>Tabebuia serratifolia</i>	283	963
MAHOMO <i>Lonchocarpus sp</i>	150	210
HIELILLO <i>Aspidosperma megalocarpum</i>	140	360
CARAMACATE <i>Piranhea longepedunculata Jabl.</i>	123	198
PARDILLO <i>Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken</i>	59	176
OTRAS	441	1126
TOTAL	4142	8821

La información del cuadro anterior se utilizó para realizar la estimación del cálculo del Volumen Total de las Ramas para el compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, y así poner a prueba la precisión de los cálculos obtenidos con la ecuación de volumen generada con el método Conowen+Durán.

La estimación del Volumen total en ramas permitirá determinar el volumen de ramas que se generaría en el aprovechamiento forestal de este compartimiento de la Reserva Forestal de Imataca y permitirá establecer acciones para el aprovechamiento de este producto secundario del bosque. A continuación se presentan en el cuadro 13, los resultados de los cálculos de volumen de ramas (Vr), realizados tanto a partir de la

Ecuación de Smalian usada tradicionalmente para cálculo de volumen en rolas, como los resultados obtenidos al aplicar la Ecuación de Vr del Método Conowen+Durán, con el objeto de realizar la comparación de resultados para su validación.

CUADRO 13. Datos del aprovechamiento autorizado y resultados de cálculos de Volumen de ramas (Vr) realizados en el compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca. Fuente: Empresa Nacional Forestal. Cálculos realizados por los autores.

Espece Nombre común/científico	Árbol por especie	Nro. Ramas	Volumen (m ³)/ramas/Árbol Smalian	Volumen (m ³)/ramas/árbol. Conowen+Durán
ALGARROBO <i>Hymenaea courbaril L.</i>	1	5	0,438	0,471
	2	2	0,886	0,915
	3	9	0,650	0,699
	4	5	0,390	0,425
	5	3	0,997	1,030
	6	2	0,666	0,682
	7	6	0,275	0,307
	8	6	0,338	0,377
	9	4	0,302	0,330
	10	7	0,826	0,886
CAPURE <i>Pouteria caimito (Ruiz & Pav.) Radlk.</i>	1	3	0,287	0,305
	2	6	0,568	0,605
	3	7	0,317	0,355
	4	1	0,529	0,539
	5	2	0,173	0,184
	6	5	0,315	0,341
	7	8	0,712	0,755
	8	2	0,478	0,496
	9	5	0,371	0,403
CARAMACATE <i>Piranhea longepedunculata Jabl.</i>	1	3	0,319	0,336
	2	2	0,444	0,462
CARAÑO <i>Tetragastris (Engl.) Kuntze panamensis</i>	1	4	0,857	0,883
	2	2	0,109	0,121
	3	10	0,697	0,759
CHARO <i>Brosimum alicastrum Sw.</i>	1	4	0,811	0,834
	2	4	0,588	0,625
	3	10	1,518	1,584
	4	2	0,103	0,117
	5	4	0,574	0,600
	6	11	1,312	1,390
	7	4	0,809	0,847
DIVIDIVE <i>Enterolobium shomburgkii</i>	1	4	0,581	0,608

Continuación Cuadro 13...

Especie Nombre común/científico	Árbol por especie	Nro. Ramas	Volumen (m ³)/ramas/Árbol Smalian	Volumen (m ³)/ramas/árbol Conowen+Durán
HIELILLO <i>Aspidosperma megalocarpum</i>	1	3	0,457	0,481
	2	11	0,911	0,990
	3	6	0,297	0,325
	4	4	0,316	0,343
JEBE <i>Lonchocarpus sp</i>	1	2	0,313	0,329
MAHOMO <i>Lonchocarpus sp</i>	1	18	1,254	1,334
	2	8	0,819	0,877
	3	6	0,496	0,533
	4	11	0,633	0,694
PARDILLO BLANCO <i>Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken</i>	1	3	0,398	0,418
	2	4	0,228	0,252
	3	2	0,282	0,301
	4	4	0,174	0,191
	5	7	0,581	0,618
PATA ZAMURO <i>Astronium obliquum Griseb</i>	1	7	1,089	1,131
PICATON <i>Loxopterygium sagotii Hook.f.</i>	1	4	0,439	0,461
PURGUO <i>Manilkara bidentata (A.DC.) A.Chev.</i>	1	7	0,569	0,608
	2	6	0,475	0,509
	3	2	0,367	0,381
	4	6	0,474	0,512
	5	2	0,351	0,367
	6	3	0,637	0,663
	7	3	0,362	0,392
	8	4	0,662	0,688
	9	4	0,539	0,564
PUY <i>Tabebuia serratifolia</i>	1	3	0,236	0,255
	2	16	2,490	2,614
	3	3	0,264	0,286
	4	5	0,620	0,654
	5	4	0,952	1,182
	6	6	0,537	0,573
	7	5	1,119	1,168
	8	5	1,210	1,348
	9	5	0,622	0,656

Continuación Cuadro 13...

Especie Nombre común/científico	Árbol por especie	Nro. Ramas	Volumen (m ³)/ramas/árbol Smalian	Volumen (m ³)/ramas/árbol Conowen+Durán
ZAPATERO BLANCO <i>Peltogyne paniculata</i>	1	11	0,673	0,731
	2	5	0,375	0,404
	3	7	0,690	0,733
	4	7	0,895	0,949
	5	3	0,330	0,353
	6	5	0,319	0,346
ZAPATERO ROJO <i>Peltogyne paniculata</i>	1	3	0,598	0,619
	2	11	1,032	1,103
	3	3	0,333	0,353
Total	75	396		

273

La información del cuadro 13 se utilizó para realizar la estimación del cálculo del Volumen Total de las Ramas para el compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca. La estimación de este parámetro permitirá determinar el volumen de ramas que se generaría en el aprovechamiento forestal de este compartimiento de la Reserva Forestal de Imataca, y permitirá establecer acciones para el aprovechamiento de este producto secundario del bosque.

5.1 Información sobre el muestreo

El tipo de muestreo realizado fue: Muestreo Completamente Aleatorizado (MCA).

La Intensidad del Muestreo fue $i \% = (n/N) \cdot 100 = (75/4142) \cdot 100 = 1,81 \%$.

Unidades de muestreo: a) Unidad de muestreo primaria = árbol.

b) Unidad de muestreo secundaria= ramas pertenecientes al árbol.

Los datos de la población fueron:

N = 4142. Tamaño de la población de árboles a ser aprovechados.

Volumen Total de madera aprovechable = 8821 m³

Los datos presentados fueron extraídos del cuadro 12 y los datos utilizados para realizar la estimación de los parámetros poblacionales fueron obtenidos del cuadro 13.

Las fórmulas de cálculo que fueron utilizadas para los estadísticos (características de la muestra) y el volumen total de las ramas se presentan a continuación:

$n = 75$ árboles con la medición del volumen en ramas (Cuadro 13).
 $N = 4142$ (Cuadro 12).

1. $t_{vr} = \sum_1^n y_i$ t_{vr} : volumen total de las ramas en la muestra
 y_i : Valores del volumen de las ramas para cada árbol.
2. $\bar{y} = t_{vr}/n$: Volumen promedio de las ramas por árbol.
3. $s_y^2 = \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)$: Varianza del estimador.
4. $\hat{T}_{vr} = N\bar{y}$: Volumen total estimado de ramas para la población.

5.2 Cálculos

En el cuadro 14 se resume los resultados de la comparación de los datos con el volumen medido utilizando la Fórmula de Smalian y los mismos datos medidos con la ecuación de volumen Conowen+Durán. Los resultados corresponden a la medición de 75 árboles aprovechados y 365 ramas principales y secundarias (Cuadro 13).

El volumen total ramas de la muestra calculado con la Fórmula de Smalian fue de 44,658 m³ mientras que el volumen total ramas de la muestra estimado con la ecuación de volumen Conowen+Durán fue de 47,560 m³. Se puede observar una diferencia de 2,92 m³.

Esta diferencia incide en los valores del total en ramas estimados. Al comparar los volúmenes total estimado (m³) para las ramas los resultados fueron de 2466,46 m³ con Smalian y 2628,58 m³ con el método Conowen+Durán.

CUADRO 14. Resultado de la comparación de los datos de campo Smalian Vs Conowen+Durán. Fuente: Elaboración propia.

Volumen Ramas	Total Volumen muestra (m ³)	Volumen Promedio (m ³) /árbol/muestra	Varianza de la muestra	Total Volumen estimado (m ³) ramas	Relación Vol Ramas/Vol Rolas (%)
Fórmula Smalian	44,658	0,5955	0,1383	2466,46	27,96 %
F-Conowen+Durán	47,560	0,6341	0,1543	2628,58	29,77 %
Diferencias	2,92 m ³	-	-	162.12 m ³	1,81 %

Una interpretación de la diferencia entre el valor del volumen en ramas de 2,92 m³ y el volumen total de las ramas estimado de 162,12 m³ entre Smalian y la Fórmula Conowen+Durán en la medición de los 75 árboles y 396 ramas, se puede explicar debido a que con el *Método de Arquitectura Arbórea Conowen-Durán* utilizado en la cuantificación estimada de ramas aprovechables se miden todas las ramas que pueden ser utilizadas en un aprovechamiento secundario de la madera y en la captura de carbono; mientras que en los datos medidos en campo donde el árbol fue cortado, y cuando éste cae hay ramas que sufren rupturas que las hacen no aprovechables, por lo que no fueron contabilizadas, según lo manifestó el equipo de campo que realizó las mediciones.

Sin embargo al calcular los intervalos de confianza al 95 % para el volumen total estimado en ramas los límites inferior y superior de ambas estimaciones son muy similares, siendo para la Fórmula de Smalian de [2121,35; 2811,57] y para Conowen+Durán [2101,58; 2811,34].

La interpretación del intervalo es que existe un 95 % de probabilidad de que el Volumen total estimado de las ramas en el compartimiento 9 en la Unidad Santa María III de la Unidad V de la Reserva Forestal de Imataca, del aprovechamiento autorizado para el año 2019, se encuentre en el intervalo [2121,35; 2811,57] para los datos estimados aplicando la Fórmula de Smalian y en el intervalo [2101,58 y 2813,34] con los datos estimados utilizando la ecuación Conowen+Durán; los cuales son resultados muy similares.

Finalmente se realizó la prueba de hipótesis para determinar si la media de los volúmenes de las ramas por árbol son iguales o no al comparar la Fórmula de Smalian versus Conowen+Durán.

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

$$H_0 : \mu_{VrSmalian} = \mu_{VrConowen-Duran}$$

$$H_1 : \mu_{VrSmalian} \neq \mu_{VrConowen-Duran}$$

La significancia de la prueba fue de $0,536 > \alpha=0,05$ por lo tanto se acepta la hipótesis nula (H_0) y se concluye que desde el punto de vista estadístico no hay diferencias estadísticamente significativas entre el Volumen promedio en ramas entre la Fórmula de Smalian y la Fórmula Conowen+Durán. La validación al someter a prueba la Fórmula Conowen+Durán al compararla con datos obtenidos de campo dio resultados que permiten conocer su desempeño indicando que las estimaciones son bastante precisas y confirmando que el nuevo método de Arquitectura Arbórea Conowen-Durán puede ser utilizado para calcular el volumen de ramas de las especies de árboles de la Reserva Forestal de Imataca.

276

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación del *Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán*, es factible para la estimación de los volúmenes de ramas principales y secundarias de algunas especies forestales maderables de la Unidad V de la Reserva Forestal Imataca, Venezuela, y que al ser aplicado, permitió determinar que existe un promedio del *volumen aproximado de ramas estimado* en $2434,77 \text{ m}^3$ que representa un 12,72% respecto al volumen de $19.143,93 \text{ m}^3$ de madera en pie del fuste de especies forestales maderables estudiadas en el compartimiento C9 de la Unidad Santa María III de la Unidad V, y con proyección a ser inferido al resto de la Reserva Forestal Imataca.

De igual manera, a modo de proyección del Método, se determinó que existe un *volumen aproximado de ramas* de $1343,84 \text{ m}^3$ que representa el 15,22% respecto al volumen de $8830,33 \text{ m}^3$ de madera en pie del fuste de árboles a ser aprovechados en la unidad de manejo Forestal El Dorado-Tumeremo bajo administración de la empresa Elaboración de Maderas Bosco C.A., localizada en Guasipati, estado Bolívar.

Las fichas diseñadas para plasmar las características de la estructura morfológica de cada árbol, son un instrumento de campo de gran importancia técnica y que propicia la mayor comprensión de las dimensiones espaciales; y con ello, una mayor precisión en el inferimiento del análisis dimensional elaborado en la visita de campo para la medición del

DAP de la especie arbórea que se esté evaluando, determinación aproximada de la altura del fuste y diámetro en el ápice, dimensión y representación en 2D y 3D de cada uno de los perfiles horizontales y verticales de la arquitectura arbórea del árbol en estudio; selección exhaustiva de fotografías que reporten en la medida de las posibilidades, los perfiles horizontales y verticales, ya que en el bosque de la Reserva Forestal Imataca, la cobertura del follaje, en ocasiones dificulta esta toma de fotografías. No se incorporan al documento en las fichas C, la representación de los modelos en 3D realizados en Auto Cad y sus cálculos de volúmenes, en virtud de que no aportó información significativa al presente estudio, encontrándose que la diferencia entre el cálculo manual y del software eran muy próximas.

La implementación de este modelo, exige de parte del profesional que haga el análisis morfológico, preferiblemente de arquitectura o diseño industrial, tener la capacidad visual de contextualizar el espacio real para la representación del fuste y ramas en las dimensiones 2D y 3D. De esa forma, tiene una mayor aproximación virtual a la escala real de medición, siendo importante señalar, que en la visita de campo, baquiano y técnicos de la Empresa Nacional Forestal, pudieron constatar en varias oportunidades, el alto nivel de aproximación entre la escala virtual del experto y el valor que arrojaba la cinta métrica directamente implementada en el árbol.

El *Método de Arquitectura Arbórea Conowen+Durán*, al no ser destructivo es respetuoso con el ambiente; y que a modo de chequeo, en los casos donde exista dificultad técnica para la medición de ramas principales y secundarias de una especie forestal maderable por causa del intenso follaje en un determinado sitio, se puede recurrir a la contratación de ciudadanos pertenecientes a la comunidad indígena Kariña quienes habitan en la Reserva Forestal Imataca y han demostrado experticia en subir los imponentes árboles, llegando con facilidad hasta sus copas, se tomaría un registro más preciso de datos.

Al ser una método no destructivo, es una alternativa técnica viable de aproximación a la determinación de volúmenes de ramas principales y secundarias de una especie arbórea localizados en bosques naturales y plantaciones forestales; que para lograr un nivel de registro cercano a la realidad, depende del grado de experticia del arquitecto o ingeniero forestal en materia de medición mediante escala visual-gráfica de la estructura morfológica de una determinada especie forestal; que es un método alternativo en el cual se puede hacer uso de alta tecnología de drones para aumentar el nivel de calidad, pero su uso dependerá de la capacidad presupuestaria del proyecto; es un método de cuantificación alternativo al procedimiento técnico destructivo de arboles ante las

limitaciones que tiene este tipo de investigación en el área de dasometría, alometría y arquitectura arbórea en un territorio boscoso distante y de grandes dificultades ambientales, lo cual genera altos costos de logística, equipos, personal de campo y tiempos de trabajo; facilita la toma de decisión oportuna y a corto plazo en el desarrollo del inventario y su posterior aprovechamiento; entre otros aspectos.

Uno de los aportes de contar con una estimación del Volumen Total en ramas que se generaría en el aprovechamiento forestal, mediante la aplicación del método Conowen+Durán, es que con procedimientos no destructivos y con una muestra representativa se podrá determinar en tiempos cortos, con un mínimo de recursos humanos y económicos el volumen de ramas disponibles en un determinado aprovechamiento forestal, lo cual permitirá establecer acciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de este producto secundario del bosque.

Con la suma de datos obtenidos se propicia como línea futura de trabajo, la cuantificación de la biomasa vegetal, la cual es clave para conocer el carbono almacenado por los ecosistemas forestales y, por ende, la capacidad de definir la mitigación del cambio climático en esta región boscosa del país, extrapolable a Sur América.

El presente estudio viene a ser uno de los pocos trabajos de investigación desarrollados en Venezuela en materia de cuantificación de la biomasa de los bosques existentes en el país.

7. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jesús Alexander Cegarra Rodríguez, Dr. Leonardo Lugo Salinas, Dra. Yveth Cabello Requena y MSc. Julio Serrano por sus valiosas recomendaciones para el desarrollo del presente trabajo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERROTERÁN J. L. 2004. *Reserva Forestal Imataca. Ecología y bases técnicas para el ordenamiento territorial*. Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 207 p.
- BROWN, S. y A. LUGO. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1): 8-18.

- BRUENIG, LUGO. E.F. 1996. *Conservation and Management of Tropical Rainforests, An integrated approach to sustainability*. CAB International. Wallingford, UK. 360 p.
- CABELLO REQUENA, Y. 2019. *Proyecto Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial*. Taller Visión prospectiva del aprovechamiento y transformación de las ramas de especies forestales maderables de la Reserva Forestal Imataca. 20-22 Noviembre. UNEG. Uputa, estado Bolívar, Venezuela.
- CANNEL, M. 1982. *World Forest Biomass and Primary Production Data*. Compiled by. M.G.R., Canell. Academic Press. London, England.
- CEGARRA RODRÍGUEZ, J.A. 2017. *Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial*. Taller de trabajo. 15 – 20 Agosto. Caracas, Venezuela.
- CHAVE, J., C., ANDALO, S., BROWN, M., CAIRNS, J., CHAMBERS, D., EAMUS y F. FROMARD. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecología* 145: 87-99.
- FAO. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Montes No. 22. Vol. 1. Roma.
- FAO. 2020. *Revisión de medio término del proyecto: "Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial" GCP/VEN/011/GFF. GEF ID 5410*. Representación en Venezuela de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. Caracas, Venezuela. 46 p.
- FCF. s/f. *Determinación de la biomasa de las especies arbóreas por el método destructivo para las principales especies de árboles localizadas en el vaso hidrográfico de la Represa El Guri, estado Bolívar*. Documento inédito. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 189 p.
- FONSECA GONZÁLEZ, W. 2017. Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)* 51(2): 91-109.
- FREUND, R. J. and Littell R. 1991. SAS System for Regression. Second Edition. SAS. Institute Inc. Cary. NC. USA.

- GREENE W. H. 1999. Análisis Económico. Tercera edición. Prentice Hall Iberia. Madrid.
- HALLÉ, F. 2010. Arquitectura de los árboles. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 45 (3-4): 405-418.
- HENRICUS FRANCISCUS, M. V. 2002. Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán. *Bol. Soc. Bot. México* 71: 45-57.
- HERNÁNDEZ, L. 2006. Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del Neotrópico húmedo. Caso de la Cuenca del Río Caura, Venezuela. En línea: <https://studylib.es/doc/5635274/densidad-de-biomasa-a-a%C3%A9rea-en-bosques-extensos-del-geotr%C3%B3pico> [Consultado: 03/03/2019].
- HOEGER, R. 1994. Serie Maderas Comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano IFLA. Ficha Técnica N° 41. Purguo Balata. *Manilkara bidentata*. Mérida, Venezuela. 28 pp.
- HONORIO, E., y T. BAKER. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Lima, Perú.
- HOYOS, J. 1994. *Guía de Árboles Comunes de Venezuela. Autóctonos y Exóticos*. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía N° 32. Caracas, Venezuela. 430 p.
- INIA-OIMT. 1996. Manual de Identificación de Especies Forestales de la Sub-región Andina. Proyecto PD 150/91 Rev. 1(1). Lima, Perú. 489 p.
- ITTO. 2019. The International Tropical Timber Organization, ITTO. En línea: www.tropicaltimber.info/es/specie/ [Consultado: 20/05/2019].
- JUNAC. 1981. *Descripción General y Anatómica de 105 Maderas del Grupo Andino*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Proyecto PADT-REFORT. Lima, Perú. 441 p.
- LEÓN, W. 2008. Estudio anatómico de la madera en 17 especies de la familia Lecythidaceae de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 52(2): 213-225.
- LITTELL R. C., Milliken G. A., Stroup W. W. and Wolfinger R. D. 1996. SAS System for Mixed Models. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.
- MINEC. 2016. *Proyecto ordenación forestal sustentable y conservación de bosques en la perspectiva Ecosocial*. Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC). Caracas, Venezuela. 57 p.

- MORET, A.Y. y P. RUÍZ. 1998. Determinación de ecuaciones de volumen para Mureillo (*Erisma uncinatum*) en la unidad C4 de las iniciales para esta Reserva Forestal Imataca, Bolívar, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 42 (2): 23-37.
- MPPA. 2004. *Plan de ordenamiento y reglamento de uso de la Reserva Forestal de Imataca, Estados Bolívar y Delta Amacuro*. Decreto No. 3.110 del 7 de septiembre de 2004, Gaceta Oficial de la República No. 38.028, el 22 de Septiembre de 2004. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA). Caracas, Venezuela.
- NETER J, KUTNER M. H. NACHTSHEIM AND WASSERMAN W. (1990). *Applied Linear Regression Models*. Third Edition. Homewood, IL. Richard D. Irwing Inc.
- NIETO, L., Y W. MARQUINA. 2013. *Aptitud de uso de madera de ramas y diagnóstico participativo de necesidades del sector carpintero, para la producción de muebles. Reserva Forestal Imataca V, Unidad de Manejo Santa María I, del Estado Bolívar*. Trabajo de Grado Ingeniero Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- NININ, P. 2013. *Guía Ilustrada para la Medición de Defectos Geométricos de Trozas – Ramas*. Documento inédito. Universidad de Los Andes. Facultad de ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. 33 p.
- OWEN DE CONTRERAS, M.E. 2019. *Estrategias para el Manejo integral de productos forestales maderables, provenientes de la Reserva Forestal Imataca (RFI)*. Consultoría. FAO. Caracas, Venezuela.
- PENNINGTON, T., y K. EDWARDS. 2005. Sapotaceae in flora of the Venezuelan Guayana Vol. 9. Rutaceae-Zygophyllaceae (Berry, P.E., B.K. Holst & K. Yatskievych, eds.). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. pp: 89-137.