

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



ROBINSON FABRICIO MORETA VILLACRES

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**“APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA
CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN
CHILCA (*Baccharis latifolia*)”**

AMBATO - ECUADOR

2014

El suscrito ROBINSON FABRICIO MORETA VILLACRES, portador de cédula de identidad número: 1804588638, libre y voluntariamente declaro que el trabajo de investigación titulado “**APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN CHILCA (*Baccharis latifolia*)**” es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.

Robinson Fabricio Moreta Villacres

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este trabajo de investigación como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, autorizo a la Biblioteca para que haga de éste trabajo un documento disponible para consulta, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este trabajo, o de parte de él.

Robinson Fabricio Moreta Villacres

Fecha:

**“APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA
CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN
CHILCA (*Baccharis latifolia*)”**

APROVADO POR:

Ing. Agr. Mg. Segundo Curay.

TUTOR

Ing. Agr. Mg. PhD. Pablo Pombosa

ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

FECHA:

Ing. Agr. Mg. Giovanni Velástegui E.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Mg. Marilú Gonzáles Parra

Ing. Agr. Mg. Ángel Yáñez Yáñez

DEDICATORIA

*A Dios. A mis maravillosos padres,
Carmen y Octavio a mis queridos
hermanos Anita Y Mario. A mis
queridos abuelitos, a mis tíos, a mis
primos, a mis amigos del alma Deisy
Ch. y Alex Z. Por su apoyo y su
incondicional amor*

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por acogerme en sus aulas y darme los conocimientos para poder desempeñarme en el campo profesional.

A mis amigos y compañeros de aula, por haber compartido conmigo cinco años de su vida junto a mí en las aulas, ya que ellos siempre estuvieron en las buenas y malas.

Un agradecimiento a todos los ingenieros que me dieron clases ya que a ellos debo todas las enseñanzas emprendidas hacia mí, un agradecimiento muy especial a los ingenieros Segundo Curay y Pablo Pombosa por guiarme en todo el transcurso de mi vida universitaria y más aún al culminarla en calidad de tutor y Biometrista de mi tesis de grado.

Un agradecimiento muy especial para PhD. Borja Velásquez, Ing. Marilú González y al Ing. Ángel Yáñez por guiarme y colaborar con la realización de la presente tesis.

Índice de Contenido

Contenido

| | |
|--|----|
| CAPITULO I | 1 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA (ARBOL DE PROBLEMAS): | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 6 |
| CAPITULO II | 7 |
| MARCO TEORICO E HIPOTESIS | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 7 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL O CATEGORÍAS FUNDAMENTALES | 8 |
| 2.2.1 Descripción de la chilca (<i>Baccharis Latifolia</i>)..... | 9 |
| 2.2.1.1 Clasificación Sistemática..... | 10 |
| 2.2.1.2 Especies..... | 10 |
| 2.2.1.3 Características botánicas..... | 10 |
| 2.2.1.3.1 Raíz | 10 |
| 2.2.1.3.2 Tallo | 11 |
| 2.2.1.3.3 Hojas | 11 |
| 2.2.1.3.4 Flores..... | 11 |
| 2.2.1.3.5 Frutos..... | 11 |
| 2.3. HIPÓTESIS..... | 12 |
| 2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS | 12 |
| 2.4.1. Variables dependientes | 12 |
| 2.4.2. Variables independientes | 12 |
| 2.5. OPERACIONES DE LAS VARIABLES..... | 13 |
| CAPITULO III..... | 14 |
| METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION | 14 |
| 3.1. Enfoque, Modalidad y Tipo de investigación | 14 |
| 3.2. Cuantificación de biomasa..... | 14 |

| | |
|---|----|
| 3.3. Ubicación del ensayo..... | 18 |
| 3.4. Esquema del Proyecto | 18 |
| 3.4.1. Ramas..... | 18 |
| 3.4.2. Rodal | 18 |
| 3.5 Análisis | 20 |
| 3.7. Proceso de medición..... | 21 |
| 3.7.1. Datos de las ramas | 21 |
| 3.7.2. Datos de Rodales | 21 |
| 3.8. Procesamiento de la información recolectada..... | 22 |
| 3.9. Manejo de la investigación | 22 |
| CAPITULO IV | 24 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 24 |
| 4.1.- Análisis dendrométrico de las ramas | 24 |
| 4.2. Biomasa y su distribución en la planta | 28 |
| 4.3.- Caracterización física de la biomasa | 31 |
| 4.4 Logística..... | 32 |
| 4.5 Verificación de la hipótesis | 34 |
| CAPITULO V | 35 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 35 |
| a. Conclusiones | 35 |
| b. Recomendaciones | 35 |
| CAPITULO VI..... | 36 |
| PROPUESTA..... | 36 |
| 6.1 Título..... | 37 |
| 6.2 Fundamentación | 37 |
| 6.3 Metodología | 37 |
| 6.5. Objetivos | 37 |
| 6.6. Justificación e importancia | 38 |
| 6.7. Implementación / plan de acción | 39 |
| BIBLIOGRAFÍA | 40 |
| ANEXOS | 43 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Operaciones de las variables de las ramas..... | 13 |
| Tabla 2. Operaciones de las variables del rodal..... | 13 |
| Tabla 3. Tipo de muestreo para el análisis dendrométrico de las ramas de la especie..... | 19 |
| Tabla 4. Tipo de muestreo para el análisis dendrométrico del rodal de la especie..... | 20 |
| Tabla 5. Descripción estadística de los parámetros medidos en las ramas de chilca..... | 24 |
| Tabla 6. Modelo de regresión para las ramas principales..... | 26 |
| Tabla 7. Cálculo de factores de forma en cada uno de los, modelos geométricos estudiado..... | 27 |
| Tabla 8. Modelo de regresión para las ramas secundarias..... | 27 |
| Tabla 9. Cálculo de factores de forma en cada uno de los, modelos geométricos estudiados..... | 27 |
| Tabla 10. Modelo de regresión para las ramas terciarias..... | 28 |
| Tabla 11. Cálculo de factores de forma en cada uno de los, modelos geométricos estudiados..... | 28 |
| Tabla 12. Diámetro, longitud, y volumen medios de las ramas en cada estrato..... | 29 |
| Tabla 13. Modelo de regresión de la biomasa total de chilca..... | 30 |
| Tabla 14. Calculo de la media y desviación típica del factor de ocupación..... | 31 |
| Tabla 15. Media y desviación típica de los parámetros físicos del material lignocelulosico de la chilca..... | 31 |
| Tabla 16. Análisis estadístico del peso y volumen de la especie..... | 32 |
| Tabla 17. Análisis estadístico en tiempos de corte de la chilca..... | 33 |
| Tabla 18. Análisis estadístico en tiempos de apilado..... | 33 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Árbol de Problemas..... | 3 |
| Figura 2. Formula del Factor de forma..... | 15 |
| Figura 3. Mediciones de diámetros cada cierto intervalo..... | 15 |
| Figura 4. Sección de un tronco de cono, donde R = radio mayor; r = radio menor; h = longitud del intervalo..... | 15 |
| Figura 5. Modelos de crecimiento de copas arbóreas en una superficie determinada: (a) semielipse, (b) paraboloides, (c) crecimiento cónico, (d) crecimiento cilíndrico..... | 17 |
| Figura 6. Diseño de las platas analizadas..... | 21 |
| Figura 7. Tipos de distribución según la asimetría..... | 25 |
| Figura 8. Clasificación de las distribuciones de acuerdo a su grado de apuntamiento..... | 25 |
| Figura 9. Distribución de la biomasa en los diferentes estratos de la planta..... | 29 |
| Figura 10. Variación de humedad tras los primeros días transcurridos después del corte del arbusto..... | 32 |

Índice de anexos

| | |
|--|-------|
| ANEXO 1.- Diámetro de ramas grandes..... | 44 |
| ANEXO 2.- Volumen ramas grandes..... | 45 |
| ANEXO 3.- Función ramas principales..... | 46-47 |
| ANEXO 4.- Diámetros ramas secundarias..... | 48 |
| ANEXO 5.- Volumen ramas secundarias..... | 49 |
| ANEXO 6.- Función ramas secundarias..... | 50-51 |
| ANEXO 7.- Diámetro de las ramas terciarias..... | 52 |
| ANEXO 8.- Volumen de las ramas terciarias..... | 53 |
| ANEXO 9.- Función de las ramas terciarias..... | 54-55 |
| ANEXO 10.- Volumen real (ejemplo de la toma de datos para el volumen real en los tres estratos)..... | 56 |
| ANEXO 11.- Volumen real total..... | 57 |
| ANEXO 12.- Volumen real total..... | 58-59 |
| ANEXO 13.- Humedad..... | 60-61 |
| ANEXO 14.- Densidad..... | 62 |
| ANEXO 15.- Porcentaje de cenizas..... | 63 |
| ANEXO 16.- Peso de los rodales..... | 64 |
| ANEXO 17.- Tiempos de corte y recolección..... | 65 |

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este trabajo fue aplicar modelos matemáticos para determinar la biomasa existente en un arbusto de Chilca (*Baccharis latifolia*) a partir de medidas sencillas tales como diámetro y altura tanto de las ramas como del rodal (todo el arbusto). La cuantificación de la biomasa contenida en el arbusto resulto complicada, pues su estructura es latifoliada, en la que no existen métodos plenamente desarrollados. El proceso de medida fue el siguiente:

Se realizó un análisis de forma, para ello se obtuvo el volumen de 30 ramas primarias de grosor elevado, midiendo su diámetro cada 10 cm, las secundarias de grosor mediano, y por último se midió el diámetro cada 5cm de 30 ramas terciarios de tamaño más pequeño. Para el factor de forma se calculó del volumen real del rodal, además se obtuvo funciones de volumen en base al diámetro y longitud. Para el análisis del volumen de la planta entera se tomaron 30 arbustos de los cuales fueron separadas las ramas primarias, secundarias y terciarias, luego de cada una de las ramas se midió el diámetro y longitud, y se aplicó las funciones matemáticas obtenidas aplicando la fórmula del cono de tronco, obteniendo el volumen de las ramas. El volumen de biomasa tuvo la siguiente distribución un 89.59% en las ramas primarias, un 8.02% en las ramas secundarias y 2.38%.de las terciarias. El estudio de la biomasa en las ramas principales tiene mayor cantidad de las otras ramas posteriores.

Seguidamente se seleccionaron 30 rodales en los cuales se midió el diámetro y longitud, en los datos obtenidos se aplicó la fórmula del volumen del cilindro para obtener el volumen aparente de cada uno de los rodales.

Posteriormente se tomó el peso de cada rodal, obteniendo la cantidad de biomasa existente en este arbusto.

Finalmente se midieron los tiempos de corte y apilado de cada uno de los rodales

EXECUTIVE SUMMARY

The goal of this project work was to apply mathematical models to determine the biomass existent in a Chilca Bush (*Baccharis Latifolia*) as from simple measures such as diameter and height not only of the branches but also of the stem (the entire bush). The quantification of the biomass contained in the bush proved to be complicated, because of its broadleaf structure, in which there are not fully developed methods. The measuring process was the following:

First, in order to perform a shape analysis, the volume of 30 primary high thickness branches was obtained, measuring its diameter every 10cm; the secondary branches obtained were of medium thickness, and finally the diameter every 5cm of 30 tertiary branches of smaller size was measured too. The shape factor was calculated out of the real volume of the stem, and other volume functions based on the diameter and the length were obtained too. For the analysis of the volume of the entire plant, 30 bushes were used, of which the primary, secondary and tertiary branches were separated, measured its diameter and length individually, and applied mathematical functions obtained implementing the stem cone formula to derive the volume of the branches. The biomass volume had the following distribution, an 85.59% in the primary branches; an 8.02% in the secondary branches; and a 2.38% in the tertiary branches. The biomass study on the main branches has more volume than in the subsequent branches.

Shortly after this, 30 stems, in which the diameter and the length had been measured, were selected. To the resulting data, the cylinder volume formula was applied to get the apparent volume of each one of them. Next, the body weight of each stem was taken into consideration to obtain the amount of biomass existent in this bush.

Finally, the cutting and stacking time of the stems was measured as well.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una gran cantidad de biomasa puede ser extraída de la Chilca (*Baccharis latifolia*). La biomasa de esta especie se podría utilizar para la producción de biocombustibles. El proyecto de investigación propuesto pretende encaminar al estudio de la posible utilización de la biomasa de esta especie en la provincia del Tungurahua como fuente de energía. Antiguamente esta especie era utilizada para el calentamiento de hornos, alimentación de animales menores, pero debido a la modernización y utilización de cocinas a gas, estas costumbres se fueron perdiendo. Además esta especie podría ser una oportunidad para los agricultores, los cuales podrían conseguir ingresos económicos. La elevada diversidad de los sistemas naturales de Ecuador, al igual que las distintas tecnologías aplicables para transformar esa biomasa en biocombustibles es propicia para el desarrollo del presente proyecto de investigación, considerando cada ecosistema o tecnología.

El objetivo de este proyecto es aplicar funciones matemáticas para la cuantificación de biomasa de esta especie que posteriormente pueden ser aplicados a los inventarios de biomasa.

Esto permitirá orientar mejor las políticas de promoción del uso de la biomasa; evaluar cuáles son los potenciales de biomasa procedente de la Chilca en la provincia del Tungurahua y definir la tecnología apropiada para la utilización de biomasa potencial que todavía no ha sido utilizada.

Estudios semejantes han sido emprendidos en todos los países del mundo, por ser la biomasa uno de los recursos renovables que podría paliar la dependencia del petróleo y demás combustibles fósiles. Además la utilización de biomasa puede reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera evitando el agravamiento del efecto invernadero, responsable del cambio climático. La oportunidad que supone el proyecto de investigación de la cuantificación de biomasa de los arbustos, es que las características de los sistemas agroforestales y los materiales susceptibles de ser aprovechados en los

mismos para la producción de bioenergía, son específicos en cada zona, debido a las condiciones climáticas, edáficas y biodiversidad. Los sistemas andinos y tropicales del Ecuador han sido poco estudiados, los modelos de cuantificación y caracterización elaborados en Europa o Estados Unidos no son aplicables. Esto significa una oportunidad de ser pioneros en el análisis de estos ecosistemas para la obtención de bioenergía. (Andersen RS, Towers W, Smith P. 2005.)

1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA (ÁRBOL DE PROBLEMAS):

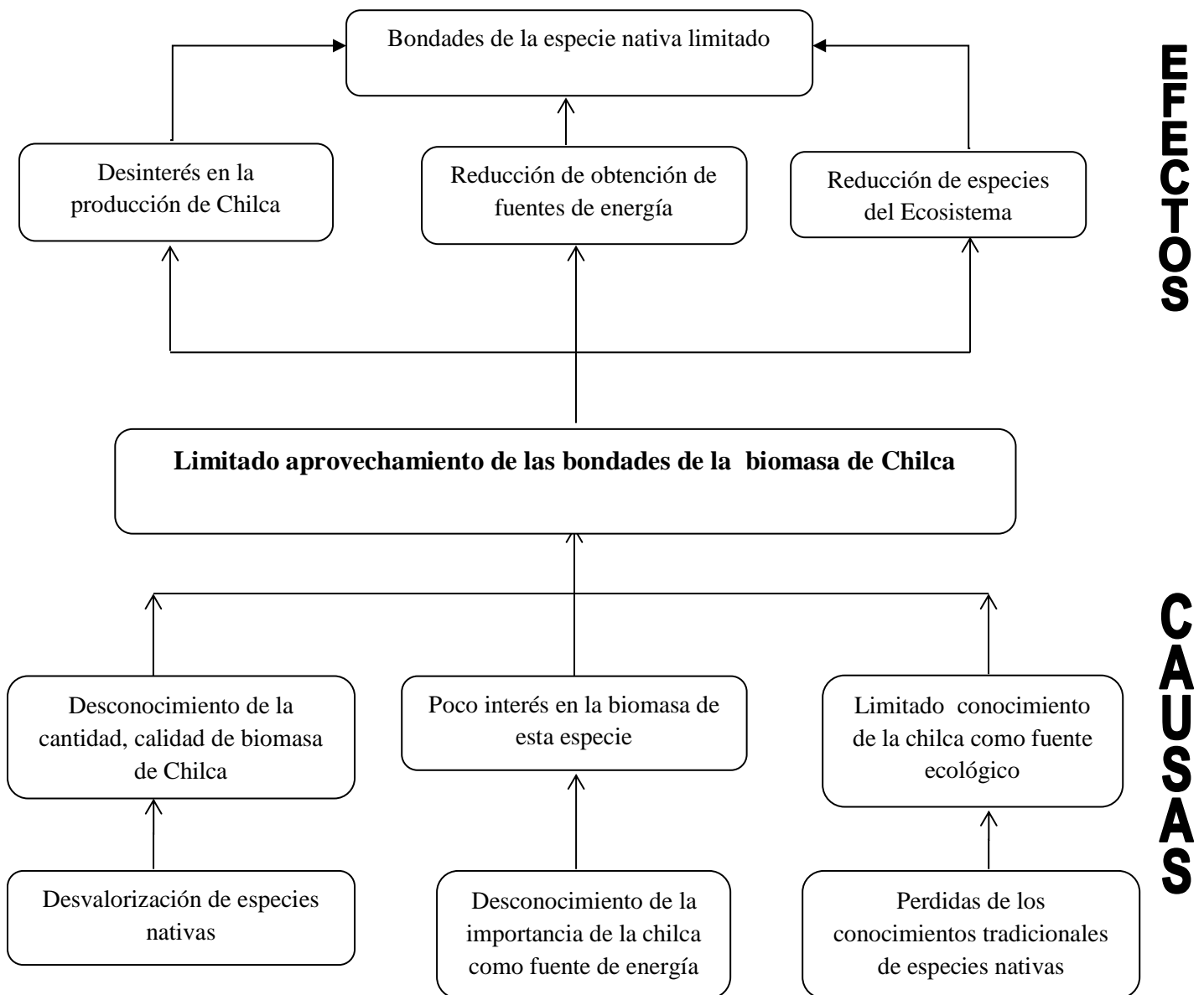


Figura 1: Árbol de Problemas

1.3.JUSTIFICACIÓN

La chilca es un arbusto potencialmente importante ya que posee una gran cantidad de biomasa que puede ser aprovechada para protección de la flora pero es susceptible también para transformaciones químicas y energéticas (Pereira, M. 2008)

Se ha detectado un interés creciente para estudiar los arbustos nativos que crecen en terrenos abandonados y su utilidad para el ecosistema y el campesinado. Sin embargo, son escasas las experiencias reales que persiguen la modernización y optimización de estas operaciones.

La utilización de este arbusto para destino energético supone una oportunidad de rentabilizar su gestión, dado que ahora no proporcionan ningún beneficio directo. Diversas empresas presentan interés en estos estudios de cuantificación. No obstante, por ser de interés general, con un conjunto de actuaciones muy diverso y una amplia zona de trabajo, este tipo de investigación debe ser promovidas por las administraciones públicas.

- a) **Sector agroforestal:** Se estudiaron sistemas de recogida de esta especie, analizando el coste, organización del trabajo etc.
- b) **Sector energético:** Se realizó un análisis de la logística para el abastecimiento; definición de la tecnología que permite mejorar la calidad energética o industrial de este arbusto. Esto permitirá orientar las políticas de promoción del uso energético de la biomasa; evaluar cuáles son los potenciales de biomasa residual procedente de los sistemas agrícolas ecuatorianos y definir la tecnología apropiada para la extracción de biomasa potencial que todavía no ha sido utilizada.

Por tal razón lo que se plantea con esta investigación es determinar la cantidad de biomasa existente en chilca, aplicando los modelos matemáticos obtenidos.

Efectos Multiplicadores

Mediante esta investigación se obtuvo parámetros de predicción de la biomasa potencial que se puede extraer de los sistemas agroforestales. Posteriormente estos parámetros pueden ser aplicados a los inventarios agroforestales que posibiliten gestionar políticas de promoción de uso de esta biomasa.

Se van a obtener conocimientos sobre la tecnología apropiada para extraer los residuos energéticos de los sistemas agroforestales, carencias o necesidades de infraestructuras para realizar estas operaciones.

Se caracterizará la biomasa producida por los arbustos en base a su potencial energético.

Los estudios de logística permitirán optimizar la gestión para el abastecimiento a los consumidores finales y su forma de integrarse en los sistemas energéticos convencionales.

Los resultados en las determinaciones de la fracción de biomasa potencial obtenida en los diferentes sistemas productivos son extrapolables a diferentes ámbitos de carácter local, regional e incluso de diferentes países de sistemas agrícolas similares (Attwill PM, Ovington JD. 1968).

1.4.OBJETIVOS

General:

Aplicar modelos matemáticos para cuantificar y evaluar la biomasa disponible en la especie de chilca (*Baccharis latifolia*)

Específicos:

- Obtener factores de forma para conocer la biomasa contenida en el arbusto de chilca.
- Obtener funciones de volumen para el conocimiento de la cantidad de biomasa de esta especie.
- Obtener funciones alométricas de medición de biomasa en planta entera.

CAPITULO II

MARCO TEORICO E HIPOTESIS

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En los últimos años, el estudio de fuentes de energía renovables tiene mayor importancia dado que las fuentes de energía fósiles (carbón, petróleo, gas natural, etc.) no cumplen con los criterios de sostenibilidad y respeto al medio ambiente deseados en la actualidad. La biomasa cumple con estos criterios, además posee un gran potencial de generación de empleo directo e indirecto derivado de su aprovechamiento. La biomasa procedente de residuos de poda es susceptible de ser aprovechada como fuente de energía (Velázquez *et al*, 2010).

Últimamente los gobiernos de los países de la Unión Europeo han promocionado el uso de energías renovables. Se denominan energías renovables a fuentes de energía inagotables, sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Este tipo de energía podría solucionar muchos de los problemas ambientales y económicos que supone el actual uso del resto de las fuentes de energía, como la contaminación atmosférica (Asikainen A, 1998).

La utilización de la biomasa es tan antigua como el descubrimiento y el empleo del fuego para calentarse y preparar alimentos, utilizando la leña. Aún hoy, la biomasa es la principal fuente de energía para usos domésticos empleada por más de 2.000 millones de personas en el Tercer Mundo (Monografías. 2006).

Estos estudios deben realizarse de forma particularizada en cada ecosistema específico y además complementados con la valoración de sus propiedades energéticas.

El presente trabajo se centra en el desarrollo de modelos indirectos de predicción de la biomasa disponible y la determinación del poder calorífico a partir del análisis elemental de biomasa de Chilca (*Baccharis latifolia*).

De esta especie se realizarán los siguientes tipos de análisis:

- Un análisis dendromérico de las ramas cuyo objetivo es determinar el volumen de la misma a partir de su diámetro en la base y su longitud, ya sea a través de un factor de forma o una función de volumen

- Un análisis de la biomasa del arbusto mediante muestreo de ramas, factores de ocupación.
- Un análisis sobre la cantidad existente de biomasa en estos arbustos.

2.2. MARCO CONCEPTUAL O CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Martinez, L (2009), manifiesta que la biomasa es toda aquella fracción biodegradable de los productos, los desechos y los residuos procedentes de la agricultura, silvicultura y de la industrias conexas (incluidas sustancias de origen animal), así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. Por sus características físico-químicas y caloríficas, la biomasa puede ser una materia prima para la producción a los productos de energía (calor y electricidad), de biocombustibles y de productos químicos alternativos a los productos a partir de recursos no-renovables (petróleo, gas y carbón).

La biomasa es toda aquella fracción biodegradable de los productos, los desechos y los residuos procedentes de la agricultura, silvicultura y de las industrias conexas (incluidas las sustancias de origen animal), así como la fracción biodegradable de los residuos industriales. Por sus características físico-químicas y calorías, la biomasa puede ser una materia prima para la producción de energía (calor y electricidad), de biocombustibles e de productos químicos alternativos a los producidos a partir de recursos no-renovables (petróleo, gas y carbón) (Naciones Unidas, 1998).

La biomasa forestal y los residuos de los cultivos agrícolas, han sido extensamente utilizados para la producción de calor (como combustible para hogares residenciales, panaderos, herreros, etc.). Más recientemente durante el siglo XX, ha sido fuente de materias primas para la industria química a partir de la destilación de la madera. (Comisión Europea, 2008).

Los proyectos de cuantificación de biomasa agrícola están basados en la hipótesis de proporcionalidad entre los distintos elementos de los sistemas naturales. Las especies vegetales están formadas por estructuras materiales que las podemos clasificar de forma simplificada en biomasa leñosa, hojas, flores y frutos. Estos materiales constituyen la biomasa del vegetal, pues se denomina, de forma genérica, como biomasa a toda materia orgánica no fosilizada originada en un proceso biológico espontáneo o provocado. Los distintos tipos de biomasa del arbusto desempeñan distintas funciones y es razonable pensar que la cantidad de materia en cada una de las estructuras está

relacionada, conservando una proporcionalidad equilibrada característica de la especie y de las prácticas de cultivo (Velázquez, B. et al., 2012).

Para la elaboración de estudios e inventarios espaciales de biomasa es necesario realizar muestreos de arbustos, y después hacer inferencias a la población de individuos existentes (Velázquez, B. 2009).

2.2.1 Descripción de la chilca (*Baccharis Latifolia*)

La Chilca (*Baccharis latifolia*) es un arbusto de abundante follaje que alcanza de 3 a 4 metros de altura en altitudes de hasta 3700 m.s.n.m. provee de alimento para cuyes, conejos, ovejas. Además sirve para obtener leña en lugares cercanos a las viviendas y para usos medicinales. El manejo de la especie se hace de acuerdo a los objetivos, el campesinado cortan las ramas para utilizarlas como leña, o para hornos y las hojas y ramas tiernas para alimentar a los animales menores. La chilca es utilizada en sistemas agroforestales, para formar hileras junto a zanjas de infiltración en linderos, cercos vivos, cortinas rompevientos, manejo silvopastoril, formación de bosquetes, también se utiliza para estabilizar taludes, formando barreras para las repentinas corrientes fluviales. En el Ecuador la chilca es una de las especies importantes para Agroforestería por reunir las siguientes características: Tolerante a las heladas y sequías, rápido ritmo de crecimiento, susceptible al ramoneo, fácil de propagar por semillas, buena capacidad de rebrote, productora de leña y forraje y buena aportadora de materia orgánica al suelo (Paredes, B. 2002).

La especie *Baccharis latifolia* es un arbusto que alcanza una altura de 1.5 a 3 metros, ramosos, con ramas delgadas, y resinoso. Hojas simples alternas, herbáceas, pecioladas, con peciolo de 10-30mm de longitud y lámina laceolada, atenuada y aguda en el ápice, cortantemente cuneiforme en la base, uniformemente aserrada en el margen, glabra en ambas caras, de 60 a 15 mm de largo por 20 a 60 mm de ancho. Las hojas alternas, sésiles (sin peciolo diferenciado) y lineal lanceoladas (las hojas sirven como una de las características diferenciales por su tamaño y diámetro). Hojas punteado glandulosas. Capítulos numerosos dispuestos en los ápices de las ramas (Aliaga, L. 2007).

2.2.1.1 Clasificación Sistemática

Reino: Vegetal

Subreino: Fanerógamas

Clase: Metaclamides o simpétalas

Orden: Campanuladas

Familia: Asteráceas o compuestas.

Nombre científico: *Baccharis latifolia*

➤ Nombre comun:

- Chilca en Ecuador.

La familia de las compuestas es la última de las metaclamídeas y del reino vegetal, según el cuadro de clasificación sistemática de Engler. Esta sola familia constituye un complejo morfológico y de utilidades ornamentales, medicinales, alimenticias y hasta madereras (Paredes, B. 2002).

2.2.1.2 Especies

Hay diferentes especies de género *Baccharis* conocidas con el nombre de chilcas. La especie que se estudió en este trabajo es la *Baccharis latifolia*. Esta variedad es un arbusto nativo, común en muchas partes de la sierra del Ecuador, que crece a lo largo de las acequias, los tapias y terrenos baldíos (Paredes, B. 2002).

2.2.1.3 Características botánicas

2.2.1.3.1 Raíz

Tienen raíces profundas que les permite tener húmedas y mantener el follaje en época seca. (Paredes, B. 2002).

2.2.1.3.2 Tallo

Los arbustos tienen varios tallos, ramifican desde abajo y rebrotan fácilmente formando una copa densa. El tallo es de color café y gruesamente enramado. Tiene entrenudos de 10 a 30 cm. de longitud (Paredes, B. 2002).

2.2.1.3.3 Hojas

Las hojas son simples, alternas, dentadas, pecioladas, oblongo – lanceoladas, ápice, acuminado, base decidua o atenuada, de 6 a 12 cm de largo y de 2 a 3,5 cm de ancho, glabras, de color verde brillante por el haz y verde por el envés. Son pegajosas con 3 nervios que salen desde la base pronunciados, pecíolo de 1.5 a 2 cm de largo (Paredes, B. 2002).

2.2.1.3.4 Flores

La especie tiene inflorescencia en panícula compuesta, corola blanca pequeña, difícil de distinguir a simple vista; cáliz de color crema y escamoso de 1 cm de diámetro. Capítulos muy numerosos, pedicelados, formando cimas corimbiformes densas. Pedicelos angulosos, glandulosos, bracteolados. Además tiene capítulos femeninos acampanados, con involucre de 3.5 a 4 mm de altura por 4 mm de diámetro filiarías en 3-4 series las externas ovadas. Las internas lanceoladas, con nervadura central oscura, flores muy numerosas, con corola filiforme. Aquenios oblongos, costados, glabros, de 1.2 mm de largo, papus blancuzco. Capítulos masculinos con involucre semejante al de los femeninos. Flores muy numerosas con corola pentalobada, ramas del estilo bien separado (Paredes, B. 2002).

2.2.1.3.5 Frutos

Los frutos reducidos en grupos vellosos muy pequeños, se pueden distinguir por los filamentos que coronan el fruto, las semillas son diminutas (Paredes, B. 2002)

2.3. HIPÓTESIS

- a) El volumen de las ramas de las especies vegetales guardan una proporcionalidad con volúmenes de figuras geométricas de revolución. La constante de proporcionalidad se denomina factor de forma.
- b) El volumen que ocupa las ramas o cualquier estructura guarda una relación matemática con su diámetro basal y su longitud. Esa relación se va a definir en este trabajo a través de una ecuación.
- c) La biomasa contenida en las plantas estudiadas es proporcional al espacio aparente que ocupa. La constante de proporcionalidad se denomina factor de ocupación

2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Las variables a medir para verificar las hipótesis fueron las siguientes:

2.4.1. Variables dependientes

- Volumen total de la rama
- Volumen de la planta
- Peso del arbusto

2.4.2. Variables independientes

- Diámetro de la rama
- Longitud de las ramas
- Diámetro del rodal arbustivo
- Altura dominante del rodal

2.5. OPERACIONES DE LAS VARIABLES

Tabla 1. Operaciones de las variables de las ramas

| Tipo de variable | Dimensiones | Concepto | Unidad de medida | Índice |
|--------------------------|--------------------|---|-------------------------|------------------|
| Variables independientes | Volumen | Las ramas de la chilca tienen un volumen | m ³ | Volumen/ramas |
| | Peso | Cantidad en kg debido a las alturas diferentes de las ramas | kg | Número de ramas |
| Variables independientes | Diámetro | Grosor de las ramas | cm | Diámetro de rama |
| | Longitud | Distancia de rama desde la base hasta la parte final | cm | Longitud de rama |

Tabla 2. Operaciones de las variables del rodal

| Tipo de variable | Dimensiones | Concepto | Unidad de medida | Índice |
|--------------------------|--------------------|--|-------------------------|----------------|
| Variables independientes | Volumen | Los rodales de chilca tienen un volumen | m ³ | Volumen/rodal |
| | Peso | Cantidad en kilogramos debido a las alturas y diámetros diferentes del rodal | kg | Rodal completo |
| Variables independientes | Diámetro | Ancho que ocupa el rodal | cm | Diámetro |
| | Longitud | Altura del rodal | cm | Longitud |

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Enfoque, Modalidad y Tipo de investigación

- Esta investigación es de tipo correlacional ya que se basa en determinar la relación matemática entre las variables dependientes y las independiente.
- En la presente investigación predomina el enfoque cuantitativo debido a que los datos obtenidos podrán ser analizados estadísticamente para establecer patrones de comportamiento que a su vez estos podrán ser generalizados.
- La modalidad de la investigación es de campo ya que centra en buscar los procedimientos que permiten la obtención de la biomasa disponible en chilca.

3.2. Cuantificación de biomasa

El objetivo fue aplicar modelos matemáticos para determinar la biomasa que contiene un arbusto entero.

Según Bork, E. (2007), manifiesta que atendiendo a este concepto el proceso de medida fue el siguiente:

1. Para la determinación de los volúmenes de ramas fue necesario analizar los patrones de forma propios de cada especie y clase diamétrica, por lo que fue necesario un estudio dendrométrico de las ramas. Cuando se tuvo el conocimiento de los patrones de forma de las ramas se aplicó los métodos dasométricos para una valoración de la biomasa total en el conjunto. Para el análisis dendrométrico de ramas se realizó la medición de factores de forma y funciones matemáticas aplicando métodos dendrométricos tradicionales, con los que se obtuvo el volumen del mismo.
2. Medición de la biomasa del arbusto, para lo cual se realizó un muestreo de un número de ramas en cada estrato de formación (ramas principales, ramas secundarias y

terciarias). A las ramas muestreadas se les aplicaron los métodos de cálculo de volumen desarrollados en el aparente y se multiplico la media por el número de las ramas existentes en cada estrato.

a) Análisis dendrométrico de ramas

Los análisis dendrométricos para la cubicación de ramas se realizó del siguiente modo:

Se seleccionaron 30 ramas se determinó el factor de forma (f), definido como el cociente entre el volumen real y un geométrico modelo tomado como referencia para cada rama (ecuación 1).

$$f = \frac{\text{Volumen real de la estructura analizada}}{\text{Volumen del modelo}} \quad (1)$$

Figura 2. Formula del Factor de forma (Bork, E. 2007)

Para el cálculo del volumen real de una rama se dividió en partes iguales, tal como indica la Figura 3, midiendo el diámetro ecuatorial de la sección de forma para obtener un diámetro inicial y final para cada intervalo.

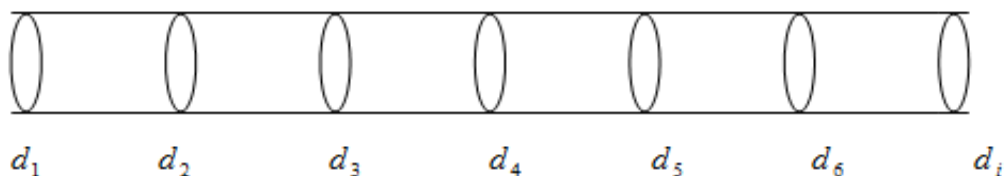


Figura 3. Mediciones de diámetros cada cierto intervalo

Cada sección puede ser considerada como un tronco de cono, cuyo volumen fue calculado por la ecuación 2 (volumen de cono truncado) o por la ecuación 3 (Ecuación de Smailan). La suma de todos los volúmenes de cada una de las porciones tomadas resultó el volumen real de la rama (Ecuación 4).

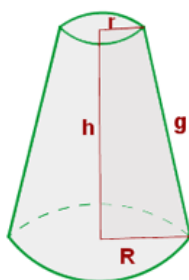


Figura 4. Sección de un tronco de cono, donde R = radio mayor; r = radio menor; h= longitud del intervalo

$$V_i = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + Rr + r^2) \quad (2)$$

$$V_i = \pi \cdot h \cdot R_a^2 \quad \text{Donde} \quad R_a = \frac{R+r}{2} \quad (3)$$

$$V_{real} = \sum_1^i V_i \quad (4)$$

(Bork, E. 2007)

El cálculo del volumen modelo se realizó aplicando la fórmula del cilindro a partir del diámetro de la base (d) y la longitud (L) de la rama.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \quad (5)$$

(Bork, E. 2007)

En principio el coeficiente mórfico debe ser un parámetro característico de la especie y clase diamétrica. No obstante, para cada una de las determinaciones realizadas existe una variabilidad estadística, donde se determinó la media y la dispersión para cada uno de los casos. Como puede observarse la obtención del coeficiente mórfico f permitió determinar el volumen de cualquier estructura midiendo su diámetro basal y longitud.

Junto con el volumen y los distintos coeficientes de forma se determinó la humedad de algunas ramas recién cortadas, obteniendo la evolución de la misma secándose al aire y en estufa. Una vez secos los materiales, se determinó la densidad y biomasa seca. Por otra parte se analizó modelos de regresión que definen funciones de volumen, considerando como variable dependiente el volumen total de la estructura (V) en cm³ y como variables independientes el diámetro (D), en cm y longitud (H) en cm.

b) Análisis de la cantidad de biomasa en arbusto

En cada arbusto muestreado se midió su diámetro y altura. Posteriormente se contaron las ramas existente en cada estrato, para así determinar el volumen de biomasa existente en el mismo. De cada estrato se extrajo una rama central, otra externa y otra superior determinando su volumen medio del estrato por el número de ramas correspondiente al mismo, obteniendo su volumen total del arbusto.

Se confeccionó gráficos y tablas que ayuden a la visualización de la distribución de biomasa en la planta.

Davenport, I.J., 2001. Manifiesta que cada rodal arbustivo se determinó el volumen aparente (materiales y huecos), a partir de su diámetro y la altura dominante aplicando modelos geométricos de volumen (Figura 5). Posteriormente se relacionó el volumen aparente con el volumen real de material contenido en el arbusto (madera). El diámetro del arbusto se midió como un promedio de dos segmentos que se intersectan en el centro de la proyección de la especie formando un ángulo de 90°.

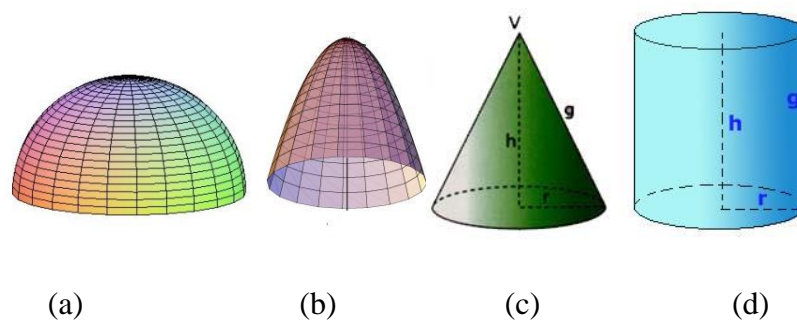


Figura 5. Modelos de crecimiento de copas arbóreas en una superficie determinada: (a) semielipse, (b) paraboloides, (c) crecimiento cónico, (d) crecimiento cilíndrico

Según Reutebuch, S. (2005), manifiesta la relación entre el volumen aparente de la copa y el volumen real de las ramas que habitan en ella lo denominamos factor de ocupación, FO que fue expresado por la ecuación 6:

$$FO = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Volumen aparente}}$$

Conociendo el factor de ocupación, la altura del arbusto junto con la superficie ocupada se puede determinar el volumen y la biomasa de todas las ramas que forman el arbusto analizado.

3.3. Ubicación del ensayo

El lugar donde se realizó el ensayo está ubicado en los caseríos, El Empalme, EL Placer, El Rosario, pertenecientes al Cantón Quero, Provincia de Tungurahua.

El cantón Quero se localiza en la provincia del Tungurahua a 18.5 km al suroeste de Ambato, se encuentra a una altitud de 2600-4000 msnm. Tiene un clima mesotérmico semihúmedo. El periodo de precipitaciones más importante, está comprendido entre los meses de Febrero y Julio (59 a 69 mm/mes) y temperaturas que fluctúan entre los 13 y 16°C. Los meses con menos precipitación comprenden entre Agosto y Enero (en promedio 35 mm/mes) y con temperaturas entre 11 y 13°C. La precipitación media anual es de 606 mm. Los diferentes caseríos están sobre los 3000msnm y las temperaturas fluctúan entre 10 y 17°C. En los cuales se desarrolla la Chilca de muy buena manera (Cubillo, P. 2009).

3.4. Esquema del Proyecto

3.4.1. Ramas

En esta especie se analizaron distintos modelos de regresión, y un conjunto de variables de tipo carácter llamadas factores. Las variables de tipo continuo fueron las siguientes:

- ✓ Variables dependientes
 - Volumen de la rama
 - Peso de la rama
- ✓ Variables independientes
 - Diámetro de la rama
 - Longitud de la rama

3.4.2. Rodal

Se analizó un conjunto de modelos de regresión, y un conjunto de variables de tipo carácter llamadas factores. Las variables de tipo continuo fueron las siguientes:

- ✓ Variables dependientes

- Volumen total del rodal
- Peso total del rodal
- ✓ Variables independientes
 - Diámetro del rodal
 - Longitud del rodal

Las variables respuestas son:

- a) El volumen que ocupa las ramas o cualquier estructura guarda una relación matemática con su diámetro basal y su longitud.
- b) La biomasa contenida en las plantas estudiadas es proporcional al espacio aparente que ocupa.

Tabla 3. Tipo de muestreo para el análisis dendrométrico de las ramas de la especie.

| Número de ramas muestreadas | Mediciones realizadas | Variable respuesta |
|------------------------------------|---|--|
| 30 | <ul style="list-style-type: none"> - Diámetro base - Longitud - Diámetros a distintas longitudes - Volumen real de la rama - Factor de forma | <ul style="list-style-type: none"> - Función de volumen - Factor de forma - Biomasa residual por rama |

Tabla 4. Tipo de muestreo para el análisis dendrométrico del rodal de la especie.

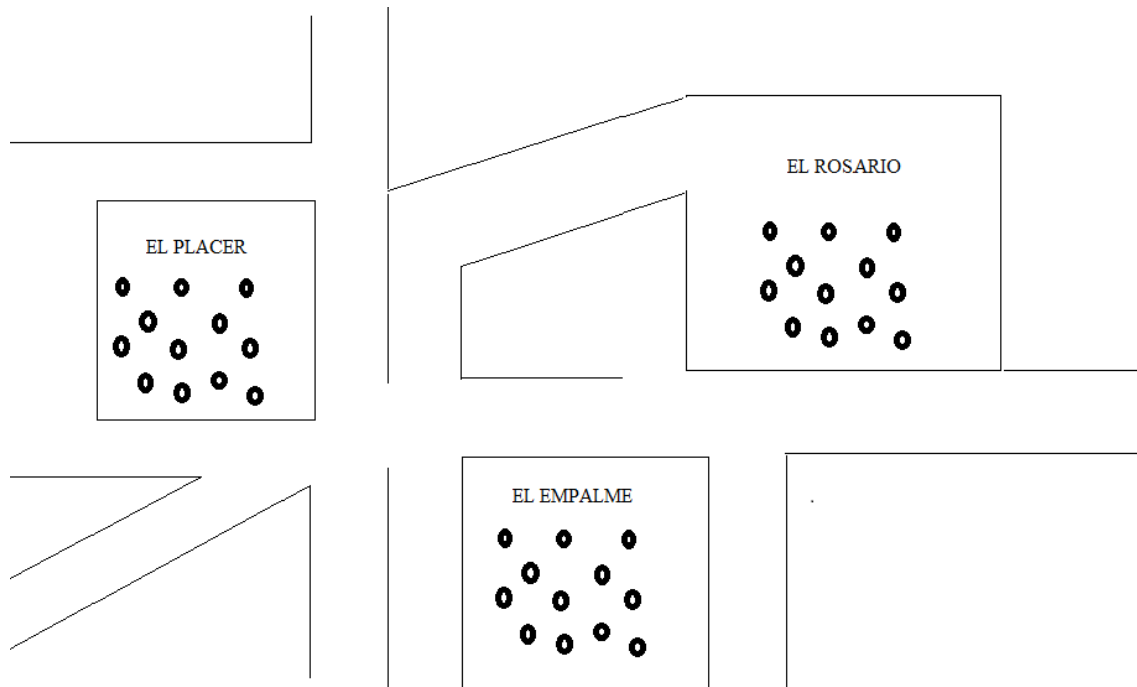
| Número de rodales muestreados | Mediciones realizadas | Variable respuesta |
|--------------------------------------|---|---|
| 30 | <ul style="list-style-type: none"> - Diámetro del rodal - Longitud - Volumen real del rodal - Volumen total - Altura arbusto - Peso del arbusto | <ul style="list-style-type: none"> - Biomasa total por arbusto - Factor de ocupación - Biomasa en kilogramos |

3.5 Análisis

Análisis estadísticos de los datos

Se realizó un análisis estadístico para la especie basado en dos interpretaciones:

1. Análisis unidimensional de las variables cuantitativas: medias, coeficientes de curtosis, a partir de los cuales se analizó la normalidad de los datos.
2. Se aplicó modelos de regresión para predecir las variables respuestas en base a las mediciones realizadas.



NOTA: En cada caserío se seleccionaron 10 rodales de chilca escogidas al azar, en los 3 caseríos se analizaron 30 rodales.

Figura 6. Esquema de las platitas analizadas

3.7. Proceso de medición

3.7.1. Datos de las ramas

➤ Diámetro de ramas

El diámetro de las ramas se determinó con calibrador pie de rey, se tomó 30 ramas elegidas al azar, en todos los casos que fueron analizadas.

➤ Longitudes de ramas

La longitud de las ramas se determinó con una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta la parte terminal de la rama, en todas las 30 ramas elegidas.

3.7.2. Datos de Rodales

➤ Diámetro del rodal

El diámetro del rodal fue medido con una cinta métrica, se tomó dos medidas y se sacó el promedio.

➤ **Altura del rodal**

La altura del rodal se determinó con una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta la parte terminal de la rama más larga.

➤ **Volumen total**

El volumen total se determinó en base al diámetro y longitud del rodal aplicando la fórmula del cilindro.

➤ **Peso de la planta entera**

El peso de la planta entera se determinó con dinamómetro, estos datos se obtuvieron luego de haber cortado todas las ramas del arbusto.

3.8. Procesamiento de la información recolectada

La información recolectada en el campo se procesó mediante el programa STATGRAPHICS, previamente se ordenaron en cuadros de Excel para poder llevarlos al programa y realizar los estudios correspondientes.

En STATGRAPHICS se realizaron los análisis de varianza (ADEVA). Además de los resultados dados por el programa se efectuaron cuadros estadísticos con la ayuda del mismo programa, y así poder complementar los resultados obtenidos para posteriormente valorar las conclusiones del estudio propuesto.

3.9. Manejo de la investigación

Se escogió al azar 30 ramas de chilca, las cuales se encontraban situadas en los cercos de los terrenos ubicados en la siguiente posición geográfica latitud 766659 y 9844108 en una altura de 2955 msnm, las cuales se cortaron y fueron llevados al laboratorio para realizar las mediciones respectivas.

Se trasladaron las ramas muestreadas al laboratorio para proceder a realizar las prácticas de dendrometría, volúmen de las ramas, humedad, contenido de agua, cenizas, etc.

Se escogieron 30 plantas de chilca a las cuales se les midió el diámetro y la longitud, para obtener un volumen aparente, además estos arbustos fueron cortados para obtener el peso en kg, y poder determinar la biomasa.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Análisis dendrométrico de las ramas

Se realizó una caracterización de la forma y el volumen de las ramas de Chilca, uno de los objetivos fue la determinación del volumen a partir de datos fácilmente medibles como son el diámetro de la base y la longitud. En la tabla 5 se muestra un análisis estadístico de las variables medidas.

Tabla 5. Descripción estadística de los parámetros medidos en las ramas de chilca

| | Volumen cm ³ | Diámetro cm | Longitud cm |
|---------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Frecuencia | 30 | 30 | 30 |
| Media | 274.9 | 1.978 | 133.0 |
| Varianza | 57592.6 | 0.57 | 2090.69 |
| Desviación típica | 239.985 | 0.75 | 45.7 |
| Mínimo | 67.08 | 0.96 | 50.0 |
| Máximo | 960.04 | 4.18 | 220.0 |
| Rango | 892.96 | 3.22 | 170.0 |
| Asimetría tipi. | 3.9 | 3.01 | 0.72 |
| Curvosis tipificada | 2.95 | 1.97 | -0.52 |

Como se puede observar en la tabla 5 los coeficientes de asimetría están dentro del intervalo entre -4 y +4 tanto en el diámetro, longitud y volumen de la rama, por ello consideramos que las mediciones tomadas en los respectivos parámetros se asemejan lo suficiente a una distribución normal.

Según Zeide, B. (2002), manifiesta que los coeficientes de asimetría tendrán que estar en un rango entre -4 y +4, lo cual dará una seguridad de los resultados obtenidos.

El coeficiente de asimetría es un indicador del grado de simetría o asimetría de una distribución de probabilidad de una variable aleatoria. Valores muy altos significarían un desplazamiento de la curva de distribución hacia la derecha y valores muy bajos

(negativos) significarían un desplazamiento de la curva hacia la izquierda, de acuerdo a la figura 7.

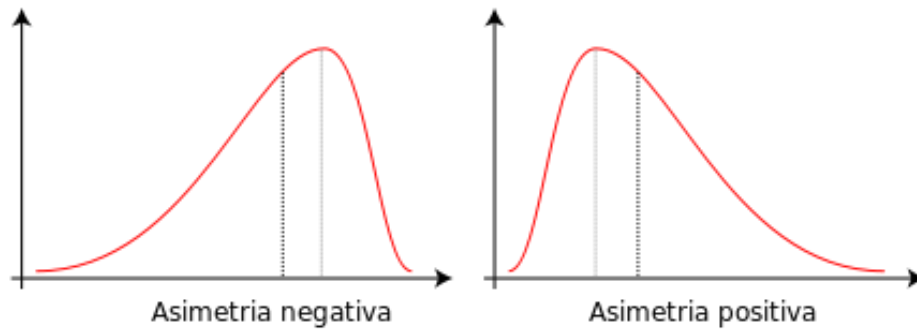


Figura7. Tipos de distribución según la asimetría

El Coeficiente de Curtosis de la Tabla 5 muestra es 2.95, lo que quiere decir que se trata de una distribución **platicúrtica**, es decir, con una reducida concentración alrededor de los valores centrales de la distribución, aunque tampoco en este caso esta desviación de la simetría está suficientemente alejada del 0 para ser considerada significativa.

El siguiente párrafo justifica el resultado obtenido en las tablas: 16, 17, 18

Nutriserver, 2007. Manifiesta que el coeficiente de asimetría en los datos tomados está dentro del intervalo -4 y +4 por lo que también se ajustan a una distribución normal. El coeficiente de Curtosis informa sobre la dirección de apuntamiento de la distribución. Valores muy altos significan una distribución **Leptocúrtica**: donde la mayoría de los datos están muy próximos a la media, valores muy bajos (negativos) indicaría una distribución. **Mesocúrtica**: presenta un grado de concentración medio alrededor de los valores centrales de la variable (el mismo que presenta una distribución normal). **Platicúrtica**: en que los datos se distribuyen alejándose de la media, central.

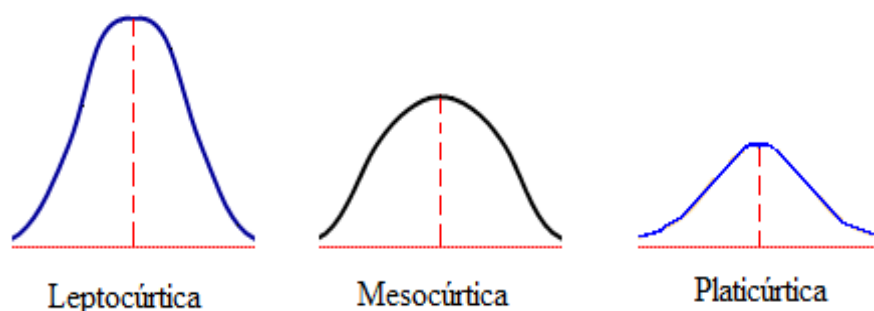


Figura 8. Clasificación de las distribuciones de acuerdo a su grado de apuntamiento

La siguiente literatura sustenta los resultados de las tablas: 6, 8, 10

Maltamo, M. *et al.* 2004. Manifiesta que el coeficiente de determinación (r^2), debe estar en un promedio superior al 75%, lo cual indica, mientras más alto es el valor, menor es el error al momento de la toma de datos.

La relación entre el volumen, diámetro y longitud de las ramas principales se muestran en la tabla 6. En ésta se observa que el coeficiente r^2 es alto, de 98%, esto es el porcentaje de variabilidad que explica la función obtenida. Por otra parte el error medio obtenido es de 26.98 cm³ siendo su desviación típica de 35.05 cm³

Tabla 6. Modelo de regresión para las ramas principales.

| Ecuación | EMA | DTE | r^2 | p-Valor |
|---|-------|-------|-------|---------|
| $V = 5.54456 - 1.34427 * L + 1.63383 * D * L$ | 26.98 | 35.05 | 98.01 | <0.05 |

EMA: error medio absoluto
DTE: desviación típica de los errores
 r^2 : coeficiente de determinación
V: volumen (cm³)
L: longitud (cm)
D: diámetro (cm)

La siguiente literatura que se muestra a continuación justifica los resultados obtenidos en las tablas: 7, 9, 11.

Según Popescu, S. (2007), manifiesta que para el análisis de la forma de la rama se ha evaluado el factor de forma que es la relación entre el volumen real y diferentes volúmenes modelo tales como el cilindro, el paraboloides, el cono y el neiloide, obtenidos a partir del diámetro de la base y la longitud de la rama. El factor de forma más cercano a uno es el que mejor representa su forma.

El factor de forma que fue calculado en esta especie y el más cercano a 1 fue el paraboloides, la cual podemos observar en la tabla 7.

Tabla7. Cálculo de factores de forma en cada uno de los modelos geométricos estudiados

| | F cilindro | F paraboloides | F cono | F neiloide |
|-----------------|------------|----------------|--------|------------|
| Media | 0.614 | 1.228 | 1.841 | 2.455 |
| Desviación tip. | 0.132 | 0.263 | 0.395 | 0.526 |

En la Tabla 8 se muestra el análisis para ramas secundarias, volviendo a obtener una ecuación de volumen específica para éstas, y el análisis del factor de forma. El coeficiente de determinación obtenido para las ramas secundarias es de 86.92%

Tabla 8. Modelo de regresión para las ramas secundarias.

| Ecuación | EMA | DTE | r ² | p-Valor |
|---|------|------|----------------|---------|
| $V = -5,78045 + 20.8682 * D^2 + 0.212332 * L$ | 1.01 | 1.40 | 86.92 | <0.05 |

EMA: error medio absoluto

DTE: desviación típica de los errores

r²: coeficiente de determinación

V: volumen (cm³)

L: longitud (cm)

D: diámetro (cm)

El factor de forma que más se acerca a uno en las ramas secundarias es el cilindro. Por lo cual, esta forma geométrica es la que mejor se aproxima a la forma real de las ramas en las ramas secundarias.

Tabla 9. Cálculo de factores de forma en cada uno de los, modelos geométricos estudiados

| | F cilindro | F paraboloides | F cono | F neiloide |
|-----------------|------------|----------------|--------|------------|
| Media | 0.988 | 1.96 | 2.96 | 3.95 |
| Desviación tip. | 0.218 | 0.44 | 0.66 | 0.873 |

En la Tabla 10 se muestra el análisis para ramas terciarias, volviendo a obtener una ecuación de volumen específica para éstas, y el análisis del factor de forma. El coeficiente de determinación obtenido para las ramas secundarias es de 87.19%

Tabla 10. Modelo de regresión para las ramas terciarias.

| Ecuación | EMA | DTE | r ² | p-Valor |
|---|------|------|----------------|---------|
| $V = -0.960541 + 4.89823 * D + 0.0431885 * L$ | 0.13 | 0.17 | 87.19 | <0.05 |

EMA: error medio absoluto

DTE: desviación típica de los errores

r²: coeficiente de determinación

V: volumen (cm³)

L: longitud (cm)

D: diámetro (cm)

El factor de forma que más se acerca a uno en las ramas terciarias es el cilindro. Por lo cual, esta forma geométrica es la que mejor se aproxima a la forma real de las ramas en las ramas terciarias.

Tabla 11. Cálculo de factores de forma en cada uno de los, modelos geométricos estudiados

| | F cilindro | F paraboloides | F cono | F neiloide |
|-----------------|------------|----------------|--------|------------|
| Media | 1.13 | 2.261 | 3.39 | 4.52 |
| Desviación tip. | 0.42 | 0.83 | 1.23 | 1.66 |

4.2. Biomasa y su distribución en la planta

En la mayor parte de las especies arbustivas las ramas principales van a ser más gruesas que las siguientes, de tal forma el mayor volumen de biomasa será obtenida de las ramas primarias o principales (Alder, D. 1980).

Para el cálculo del volumen de la parte leñosa de la planta entera se estudió el volumen de las estructuras en cada uno de los estratos. En la Tabla 12 se muestran el diámetro medio, longitud media y volumen medio de las ramas que ocupan cada estrato. El volumen ocupado por cada una de las ramas en los diferentes estratos fue calculado a partir de la aplicación de las funciones de volumen anteriormente obtenidas. Se puede observar que lógicamente el volumen de las ramas de cada estrato disminuye. En la figura 9 se muestra la distribución de la biomasa dentro de la planta. Como se puede observar la mayor parte de biomasa se encuentra en las ramas primarias con un 89.59% ya que en las ramas secundarias y terciarias tienen un porcentaje menor.

Tabla 12. Diámetro, longitud, y volúmen medio de las ramas en cada estrato.

| | Diámetro (cm) | | Longitud (cm) | | Volumen de una rama (cm ³) | |
|-----------|------------------|----------|------------------|----------|---|----------|
| | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ |
| Estrato 1 | 1.978 | 0.757 | 133.000 | 45.724 | 274.903 | 239.984 |
| Estrato 2 | 0.554 | 0.107 | 36.000 | 10.700 | 8.486 | 3.757 |
| Estrato 3 | 0.269 | 0.070 | 12.333 | 4.686 | 0.772 | 0.476 |

Histograma de distribución de biomasa en chilca

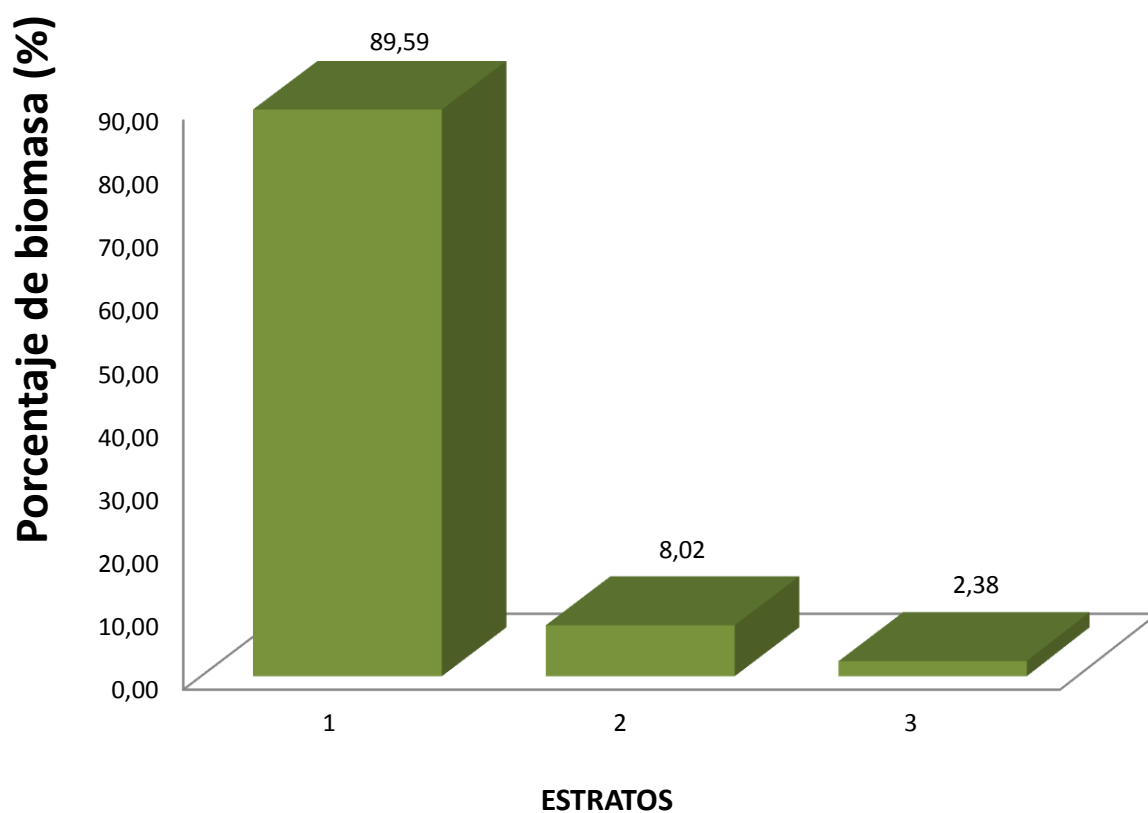


Figura 9. Se muestra la distribución de biomasa dentro de la planta.

En la Tabla 13 se muestra la ecuación de predicción de volumen de biomasa real de la planta entera a partir de altura total y diámetro de cada estrato. Esta función es de enorme utilidad práctica dado que a través de su aplicación los técnicos pueden predecir la biomasa lignocelulósica residual obtenida de la chilca, existente en los linderos y lotes baldíos. Esta biomasa actualmente no es aprovechada y podría ser un recurso energético. El coeficiente de determinación obtenido es relativamente bajo, del 56.61%. El error medio obtenido en la ecuación es de 2369.93 cm³.

Como podemos observar en la tabla 13 el coeficiente de determinación es 56.61%, lo que indica que este dato está por debajo del rango de aceptación, lo cual se puede decir que al momento de relacionar el volumen real con el volumen aparente (se debe tener en cuenta que en el volumen aparente existen partes huecas que no contienen biomasa) nos da dicho resultado.

Tabla 13. Modelo de regresión de la biomasa total de chilca

| Ecuación | EMA (cm ³) | DTE (cm ³) | r ² | p-Valor |
|--|---------------------------|---------------------------|----------------|---------|
| $VRT = -31244.6 + 474.407 * D - 1.22971 * D^2$ | 2369.93 | 3437.35 | 56.61 | <0.05 |

EMA: error medio absoluto
DTE: desviación típica de los errores
r²: coeficiente de determinación
VT: Volumen de la biomasa residual (cm³)
L: Longitud (cm)
D: Diámetro

Según Vakati, J. (2009), manifiesta que el volumen aparente es el de un modelo geométrico calculado a partir de su diámetro y su altura total, generalmente el cilindro. Este cilindro teórico está formado por las ramas y los huecos existentes entre ellas. Los valores de FO es un factor de conversión para obtener el volumen real a partir del cálculo del volumen modelo del cilindro.

En la Tabla 14 se muestra la ecuación del factor de ocupación (FO) de la biomasa de la planta entera a partir del volumen aparente y volumen real. Esta función es de enorme utilidad práctica ya que mediante esta ecuación se puede conocer el factor de ocupación (FO) de esta especie.

Tabla 14. Cálculo de la media y desviación típica del factor de ocupación

| | \bar{x} | σ |
|---------------------|-----------|----------|
| Factor de ocupación | 0.00185 | 0.00142 |

4.3.- Caracterización física de la biomasa

En este apartado se muestra los parámetros físicos de humedad, densidad, porcentaje de volátiles, porcentaje de cenizas, porcentaje de corteza. Los datos medios y desviaciones típicas se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Media y desviación típica de los parámetros físicos del material lignocelulósica de la chilca.

| Parámetros físicos | \bar{x} | σ |
|-----------------------------------|-----------|----------|
| Humedad | 34.86 | 1.912 |
| Cenizas | 2.248 | 0.149 |
| Volátiles | 97.75 | 0,149 |
| Densidad Húmeda g/cm ³ | 0.857 | 0.148 |
| Densidad Seco g/cm ³ | 0.985 | 0.236 |

\bar{x} : Media

σ : Desviación típica.

Se puede observar el contenido de volátiles del material leñoso es alto del 97%. Esto significa que este material sería adecuado para el proceso de gasificación en la obtención de gas sintético, es decir un proceso de calentamiento en ausencia de oxígeno para la obtención de un gas volátil combustible. Los valores de densidad nos permiten determinar la cantidad de biomasa (kg) a partir de las funciones de volumen anteriormente calculadas. Por ejemplo, si tal como se ha indicado el volumen medio de las plantas analizadas fue de 377160.40cm³, el contenido de materia seca de los 30 arbustos es de $377\ 160.40 \times 0.9 = 339444.36\text{g}$, es decir aproximadamente 339.44 kg, lo que dio a conocer que cada arbusto tiene un peso promedio de 11.31 Kg.

Según (FAO. 1997) asegura que los requerimientos para la combustión directa exigen que ésta tenga una humedad máxima del 10%.

Se observa que en el contenido de humedad existe una gran diferencia entre la densidad seca y la densidad húmeda. La humedad media de las muestras recién cortadas es del 35%. Esta humedad resulta elevada para los procesos de combustión directa en caldera, lo que obliga a realizar un proceso de secado para el aprovechamiento energético de esta biomasa. En la Figura 10 se muestra la disminución de humedad durante los primeros días de secado de los materiales leñosos tras el corte del arbusto.

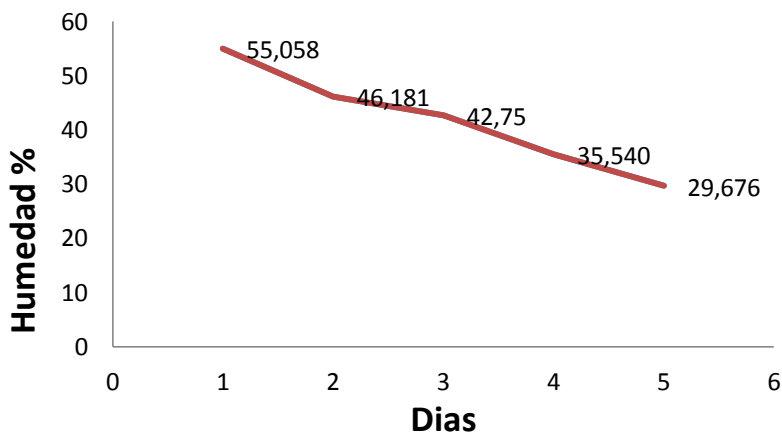


Figura 10. Variación de humedad tras los primeros días transcurridos después del corte del arbusto

4.4 Logística

La tabla 16 muestra el resumen estadístico para el peso en kg, incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma, en este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado es de -0.64 y está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

El coeficiente de asimetría del volumen es de 1.22 y está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

Tabla 16. Análisis estadístico del peso y volumen de la especie

| Frecuencia | Peso planta (kg) | Volumen planta/(cm ³) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Media | 10.22 | 12572 |
| Varianza | 9.93 | 3.43 |
| Desviación típica | 3.15 | 5860.78 |
| Mínimo | 3.7 | 2488.28 |
| Máximo | 14.77 | 27143.8 |
| Rango | 11.07 | 24655.5 |
| Coeficiente de Asimetría | -0.64 | 1.22 |
| Coeficiente de Curtosis | -1.35 | 0.21 |

La tabla 17 muestra el resumen estadístico para el tiempo de corte en minutos, incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma, en este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado es de 0.89 y está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

Tabla 17. Análisis estadístico en tiempos de corte de la chilca

| Frecuencia | (min/planta) |
|---------------------------|---------------------|
| Media | 10.70 |
| Varianza | 6.83 |
| Desviación típica | 2.61 |
| Mínimo | 7.01 |
| Máximo | 15.54 |
| Rango | 8.53 |
| Coefficiente de Asimetría | 0,89 |
| Coefficiente de Curtosis | -1.40 |

La tabla 18 muestra el resumen estadístico para el tiempo de apilado en minutos, incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma, en este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado es de 0.0063 y está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

Tabla 18. Análisis estadísticos en tiempos de apilado

| Frecuencia | (min/planta) |
|---------------------------|---------------------|
| Media | 5.06 |
| Varianza | 1.04 |
| Desviación típica | 1.02 |
| Mínimo | 3.01 |
| Máximo | 7.12 |
| Rango | 4.11 |
| Coefficiente de Asimetría | 0.0063 |
| Coefficiente de Curtosis | -0.81 |

4.5 Verificación de la hipótesis

- a) El volumen de una estructura de las ramas de la chilca guarda una proporcionalidad con volúmenes de figuras geométricas de revolución. La constante de proporcionalidad se denomina factor de forma, en esta hipótesis se demostró que el cilindro es la figura geométrica de revolución para el factor de forma.
- b) El volumen que ocupa las ramas o cualquier estructura guarda una relación matemática con su diámetro basal y su longitud. Esa relación se va a definir en este trabajo a través de una ecuación, luego de haber realizados los cálculos correspondientes se determinó la ecuación.
- c) La biomasa contenida en las plantas estudiadas es proporcional al espacio aparente que ocupa. La constante de proporcionalidad se denomina factor de ocupación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

- La aplicación de modelos matemáticos para la obtención del volumen de las ramas primarias, secundarias y terciarias, fueron las adecuadas ya que el coeficiente de determinación son altas y están dentro de un rango establecido del coeficiente de asimetría que es sobre el 75% hasta 100%.
- El modelo matemático utilizado para la determinación del volumen real del arbusto no fue el correcto ya que el coeficiente de determinación está por debajo del rango deseado que tiene que superar un coeficiente de asimetría de 75% hasta 100%.
- El contenido de humedad para la combustión directa exige que tenga máximo el 10%, pero la especie analizada en este proyecto tiene una humedad de 35%, lo que es necesario realizar un proceso de secado para tener un mejor aprovechamiento energético de esta biomasa.

b. Recomendaciones

- Aplicar diferentes modelos matemáticos para obtener el volumen real, para comparar y utilizar el mejor.
- Primero analizar el contenido de humedad de las especies que sean inferiores al 10%, para evitar el proceso de secado.
- Utilizar herramientas de mediciones adecuadas para evitar errores y no obtener modelos matemáticos erróneos.

CAPITULO VI

PROPUESTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

REALIZAR INVENTARIOS DE LA CANTIDAD DE BIOMASA DE CHILCA
(Baccharis lalifolia) EXISTENTE EN EL CASERIO JALOA EL ROSARIO DEL
CANTÓN QUERO

ROBINSON FABRICIO MORETA VILLACRES

2014

6.1 Título

Realizar Inventarios De La Cantidad De Biomasa De Chilca (*Baccharis Lalifolia*)
Disponibles En El Caserío Jaloa El Rosario del Cantón Quero

6.2 Fundamentación

La presente propuesta de la investigación está encaminada en recolectar datos de diámetro y longitud de todos los rodales existentes en el Caserío Jaloa El Rosario del Cantón, estos datos se pueden tomar por caseríos o por zonas según se vea la facilidad para realizar dicha investigación y almacenarlos en hoja Excel, y se aplicarán las funciones matemáticas obtenidas en este proyecto para conocer la cantidad total de biomasa de chilca existente en el Cantón.

6.3 Metodología

Los análisis de biomasa existente se realizarán de la siguiente manera:

1. Contabilizar los arbustos existentes y medir su diámetro y altura dominante en cada uno de ellos.
2. Aplicar los modelos matemáticos de volumen y determinar la biomasa de la planta entera.
3. Determinar el tiempo de medición al momento de tomar los datos de cada arbusto.

6.5. Objetivos

- Conocer la cantidad de biomasa existente en la especie de Chilca en el Caserío Jaloa el Rosario del Cantón Quero.

6.6. Justificación e importancia

Según (Attwill PM, Ovington JD. 1968) manifiestan que la utilización de biomasa para generar energía térmica no es algo nuevo. Desde hace miles de años, con el descubrimiento del fuego, la biomasa ha sido una fuente energética esencial para el hombre y para el desarrollo de la sociedad, siendo la principal fuente de energía hasta finales del siglo XVIII.

En la actualidad sigue siendo una fuente de energía importante para gran parte de la humanidad, pero con la llegada de los combustibles fósiles este recurso energético ha perdido importancia en las sociedades industrializadas. La biomasa es sustancia orgánica renovable de origen animal o vegetal, era la fuente energética más importante para la humanidad y en ella se basaba la actividad manufacturera hasta el inicio de la revolución industrial. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria. Mientras que en los países desarrollados, es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria lo que provoca, en muchos casos, problemas medioambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc. No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado costo de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, han causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las industrias como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles. Por ende el conocimiento de la cantidad de biomasa existente en esta especie es muy importante, ya que esta podríamos utilizar como fuentes de energía térmica, además sería un ingreso muy importante para los agricultores tanto como en la utilización de esta energía, como en la venta de esta especie para dicho propósito (Camps M, Marcos F. 2002)

6.7. Presupuesto

| Detalle | Cantidad en dólares |
|--------------------------|---------------------|
| Recursos Humanos | 518 |
| Infraestructura | 75 |
| Equipos y Materiales | 365 |
| Estudios Complementarios | 200 |
| Servicios Básicos | 65 |
| Otros | 325 |
| Total | 1548 |

6.7. Implementación / plan de acción

- Transferencia de conocimientos hacía nuevos investigadores.
- Conocimiento de la cantidad de biomasa existente en esta especie.
- Presentar resultados a estudiantes, docentes, colaboradores relacionados con la investigación para fomentar el interés sobre estudios posteriores de biomasa y su utilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Andersen RS, Towers W, Smith P. 2005. Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. 29(2): 73-82

Aliaga, L. 2007. Chilca. Bolivia. Investigación sobre medicina tradicional de arbustos nativos.

Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Volumen 2: Predicción del rendimiento. Roma (Italia): F.A.O.

Velázquez, B. 2012. Biomasa. España. Investigaciones sobre Biomasa para Transformación a Biocombustibles.

Asikainen A, 1998. Comminution of logging with Evolution 910R chipper, MOHA chipper Truck and Morbark 1200 tub grinder. International Journal of Forest Enginnering 9(1), 87-95

Attwill PM, Ovington JD. 1968. Determination of forest biomass. Forest Science 14: 13-15

Bork, E.W., Su, J.G., 2007. Integrating LIDAR data and multispectral imagery for enhanced classification of rangeland vegetation: a meta analysis. Remote Sensing of Environment 111 (1), 11–24.

Camps M, Marcos F. 2002. Los Biocombustibles. Ed. Mundi-Prensa: 348 pp.

Comisión Europea. 2008. Europea Eurostat. En línea. Disponible en: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/> (Consultado Junio 2014

Carrere, R. 2009. Cultivo de Chilca (en línea). Ecuador. Consultado 04 abril 2013. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Baccharis>

Cubillo, P. 2009. Característica Cantón Quero. Ecuador. Consultado 08 de Abril de 2013. disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/722/3/T-ESPE-025114-3.pdf>

Davenport, I.J., 2001. Image processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood modelling. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 56 (2), 121–138.

FAO. The role of wood energy in Europe and OECD, WETT e wood energy today for tomorrow. Rome: FOPW, Forestry Department; 1997.

Martínez Lozano, S. 2009. Evaluación De La Biomasa Como Recurso Energético Renovable. Girona España: Tesis.

Maltamo, M., Eerika ĩnen, K., Pitka ĩnen, J., Hyyppa, J., Vehmas, M., 2004. Estimation of timber volume and stem density based on scanning laser altimetry and expected tree size distribution functions. *Remote Sensing of Environment* 90 (3), 319–330.
Næsset, E., 2002. Pre

Monografía. 2006. Antecedentes Investigativos de Biomasa. Consultado el: 05/06/2014. En línea. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos82/biomasa-biodiesel/biomasa-biodiesel.shtml#ixzz33oVWpCEP>

Naciones Unidas, 1998. Convención del Cambio Climático del Protocolo de Kioto. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>. (Consultado Junio 2014)

Paredes, B. 2002. Analisis de la Chilca. Ibarra-Ecuador: s/ed.

Pereira, M. 2008. AGROPECUARIA (en línea). Consultado 08 abril 2013. Disponible en: <http://www.planagropecuario.org.ar/archivos/web/PBVYAP/File/A3/Ipdf>

Popescu, S. 2007. Estimación del Factor de Forma. *Biomass & Bioenergy* 31 (9), 646–655.

Reutebuch, S. 2005. Análisis del Factor de Ocupación. Light detection and ranging (lidar): an emerging tool for multiple resource inventory. *Journal of Forestry* 103 (6), 286–292.

Velázquez-Martí B., Fernandez-Gonzalez E. 2010. The influence of mechanical pruning in cost reduction, production of fruit and biomass waste in citrus orchards. *Applied Engineering in Agriculture* 26(4) 531-540

Vakat, J. 2009. Análisis de Factor de Ocupación. Usa using small-footprint factor J., Biomasa

Velázquez, Martí, B; Annevelink, E; 2009. GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks. Transactions of ASABE 52(4): 1069-1078

Velázquez, Martí, B; Fernández, González, E; López, Cortes, I; Salazar, Hernández, DM; 2011a. Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean area. Biomass and Bioenergy 35(3): 3453-3464

Velázquez, Martí, B; Fernández, González, E; López, Cortes, I; Salazar, Hernández,

Zeide, B. 2002. Análisis asimétrico. Stand density. Journal of Sustainable Forestry 14(4):51-62. En línea consultado el 06-06-2014. Disponible en: http://igesam.cl/wp-content/uploads/2012/10/Compendio_Funciones_Volumen.pdf

ANEXOS

ANEXO 1.- Diámetro de ramas grandes (cm)

| Longitud cm | rama 1 | rama 2 | rama 3 | rama 4 | rama 5 | rama 6 | rama 7 | rama 8 | rama 9 | rama 10 | rama 11 | rama 12 | rama 13 | rama 14 | rama 15 | rama 16 | rama 17 | rama 18 | rama 19 | rama 20 | rama 21 | rama 22 | rama 23 | rama 24 | rama 25 | rama 26 | rama 27 | rama 28 | rama 29 | rama 30 | |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| 0 | 1,639 | 2,330 | 1,94 | 1,762 | 1,071 | 1,850 | 1,919 | 0,964 | 1,131 | 2,490 | 1,771 | 1,963 | 1,544 | 1,363 | 1,300 | 2,1 | 1,327 | 3,432 | 1,443 | 2,010 | 3,615 | 1,89 | 2,99 | 1,529 | 1,95 | 4,181 | 1,869 | 1,947 | 2,654 | 1,4 | |
| 10 | 1,602 | 2,000 | 1,4 | 1,670 | 1,025 | 1,764 | 1,794 | 0,838 | 0,957 | 2,489 | 1,480 | 1,750 | 1,501 | 1,266 | 1,210 | 1,95 | 1,245 | 3,245 | 1,300 | 1,942 | 3,287 | 1,78 | 2,69 | 1,458 | 1,86 | 3,205 | 1,733 | 1,988 | 2,697 | 1,37 | |
| 20 | 1,628 | 1,905 | 1,29 | 1,723 | 0,974 | 1,694 | 1,479 | 0,887 | 0,943 | 2,372 | 1,320 | 1,853 | 1,438 | 1,196 | 1,178 | 1,9 | 1,250 | 3,106 | 1,241 | 1,85 | 3,114 | 1,63 | 2,63 | 1,414 | 1,81 | 3,040 | 1,692 | 1,846 | 2,490 | 1,324 | |
| 30 | 1,694 | 1,897 | 1,23 | 1,566 | 1,002 | 1,763 | 1,171 | 0,886 | 0,934 | 2,001 | 1,282 | 1,938 | 1,420 | 1,256 | 1,176 | 1,78 | 1,273 | 3,188 | 1,230 | 1,848 | 3,000 | 1,56 | 2,56 | 1,404 | 1,72 | 2,293 | 1,975 | 1,820 | 2,570 | 1,300 | |
| 40 | 1,714 | 1,851 | 1,22 | 1,411 | 1,031 | 1,637 | 1,123 | 0,918 | 0,934 | 1,921 | 1,199 | 1,787 | 1,384 | 1,242 | 1,175 | 1,73 | 1,287 | 2,921 | 1,255 | 1,80 | 2,822 | 1,53 | 2,53 | 1,382 | 1,740 | 2,784 | 1,471 | 1,889 | 2,257 | 1,33 | |
| 50 | 1,341 | 1,850 | 1,19 | 1,397 | 0,941 | 1,635 | 0,928 | 0,917 | 0,974 | 1,753 | 1,266 | 1,735 | 1,323 | 1,290 | 1,244 | 1,68 | 1,252 | 2,895 | 1,320 | 1,677 | 2,702 | 1,47 | 2,37 | 1,304 | 2,100 | 2,678 | 1,439 | 1,882 | 2,243 | 1,29 | |
| 60 | 1,405 | 1,882 | 0,99 | | 0,949 | 1,367 | 0,791 | 0,912 | 0,933 | 1,751 | 1,249 | 1,829 | 1,375 | 1,056 | 1,200 | 1,78 | 1,228 | 2,878 | 1,018 | 1,791 | 2,531 | 1,69 | 2,48 | 1,266 | 1,64 | 2,742 | 1,324 | 1,925 | 2,416 | 1,28 | |
| 70 | 1,239 | 1,849 | | | 0,952 | 1,341 | 0,741 | 0,924 | 0,922 | 1,712 | 1,248 | 1,862 | 1,289 | 0,821 | 0,965 | 1,76 | 1,270 | 2,558 | 1,028 | 1,483 | 2,390 | 1,35 | 2,18 | 1,303 | 1,59 | 2,690 | 1,266 | 1,933 | 1,880 | 1,3 | |
| 80 | 0,889 | 1,904 | | | 0,984 | 1,069 | 0,489 | 0,905 | 0,799 | 1,633 | 1,132 | 1,667 | 1,143 | | 0,961 | 1,73 | 1,202 | 2,243 | 0,933 | 1,425 | 2,410 | 1,3 | 2,18 | 1,178 | 1,57 | 2,763 | 1,225 | 1,724 | 1,160 | 1,25 | |
| 90 | 0,848 | 2,043 | | | 0,825 | 0,608 | 0,401 | 0,855 | 0,661 | 1,640 | 1,224 | 1,480 | 1,006 | | 0,545 | 1,710 | 1,287 | 2,296 | 0,833 | 1,437 | 2,311 | 1,31 | 2,05 | 1,155 | 1,56 | 2,900 | 1,191 | 1,296 | 1,178 | 0,92 | |
| 100 | 0,704 | 1,788 | | | 0,872 | 0,338 | | 0,847 | 0,581 | 1,842 | 1,143 | 1,049 | 0,885 | | | 1,68 | 1,174 | 2,097 | | 1,132 | 1,928 | 1,22 | 2,000 | 1,124 | 1,620 | 2,890 | 0,895 | 1,272 | 0,825 | | |
| 110 | | 1,716 | | | 0,522 | 0,266 | | 0,812 | 0,400 | 1,228 | 0,743 | 0,965 | 0,698 | | | 1,8 | 1,176 | 2,085 | | 1,095 | 1,863 | 1,06 | 1,61 | 1,008 | 1,73 | 2,572 | 0,903 | 1,251 | 0,798 | | |
| 120 | | 1,738 | | | 0,459 | | | 0,763 | 0,391 | 1,118 | | 0,599 | | | | 1,57 | 1,129 | 2,096 | | 0,81 | 1,969 | 1,01 | 1,56 | 0,966 | 1,640 | 2,529 | 0,782 | 1,270 | 0,591 | | |
| 130 | | 1,533 | | | 0,467 | | | 0,760 | | | | 0,491 | | | | 1,43 | 1,185 | 2,145 | | 0,681 | 1,904 | 1,07 | 1,45 | 0,941 | 1,64 | 2,177 | | 0,807 | 0,547 | | |
| 140 | | 1,386 | | | 0,467 | | | 0,735 | | | | | | | | 1,45 | 1,098 | 2,105 | | | 1,561 | 1,04 | 1,07 | 0,867 | 1,56 | 2,123 | | 0,702 | | | |
| 150 | | 1,308 | | | | | | 0,443 | | | | | | | | 1,34 | 1,070 | 2,090 | | | | 0,84 | 1,05 | 0,755 | 1,55 | 2,037 | | | | | |
| 160 | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,44 | 1,042 | 2,073 | | | | | 1,090 | 0,706 | 1,580 | 1,919 | | | | | |
| 170 | | 0,948 | | | | | | | | | | | | | | 1,190 | 0,972 | 2,139 | | | | | | 0,636 | 1,48 | 1,411 | | | | | |
| 180 | | 0,938 | | | | | | | | | | | | | | 0,85 | 0,923 | 1,857 | | | | | | 0,522 | 1,22 | | | | | | |
| 190 | | 0,656 | | | | | | | | | | | | | | 0,84 | 0,907 | 1,529 | | | | | | 0,427 | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,830 | 0,809 | 1,247 | | | | | | 0,218 | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,83 | 0,748 | 0,870 | | | | | | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,607 | 0,840 | | | | | | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,401 | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 2.- Volumen ramas grandes (cm³)

| Long cm | rama 1 | rama 2 | rama 3 | rama 4 | rama 5 | rama 6 | rama 7 | rama 8 | rama 9 | rama 10 | rama 11 | rama 12 | rama 13 | rama 14 | rama 15 | rama 16 | rama 17 | rama 18 | rama 19 | rama 20 | rama 21 | rama 22 | rama 23 | rama 24 | rama 25 | rama 26 | rama 27 | rama 28 | rama 29 | rama 30 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10 | 20,63 | 36,88 | 22,05 | 23,13 | 8,63 | 25,65 | 27,08 | 6,39 | 8,58 | 48,68 | 20,81 | 27,10 | 18,21 | 13,58 | 12,38 | 32,20 | 12,99 | 87,56 | 14,79 | 30,67 | 93,61 | 26,38 | 63,40 | 17,52 | 28,60 | 107,74 | 25,49 | 30,40 | 56,22 | 15,03 |
| 20 | 20,49 | 29,95 | 14,28 | 22,61 | 7,85 | 23,48 | 21,10 | 5,84 | 7,09 | 46,41 | 15,41 | 25,50 | 16,96 | 11,90 | 11,20 | 29,21 | 12,22 | 79,21 | 12,68 | 28,24 | 80,47 | 22,89 | 55,57 | 16,20 | 26,55 | 76,59 | 23,03 | 28,88 | 52,86 | 14,27 |
| 30 | 21,67 | 28,38 | 12,55 | 21,26 | 7,67 | 23,47 | 13,85 | 6,17 | 6,92 | 37,64 | 13,29 | 28,22 | 16,04 | 11,81 | 10,88 | 26,72 | 12,50 | 77,79 | 11,99 | 26,85 | 73,41 | 20,08 | 52,71 | 15,59 | 24,46 | 56,21 | 26,46 | 26,39 | 50,28 | 13,52 |
| 40 | 22,81 | 27,58 | 11,80 | 17,42 | 8,12 | 22,71 | 10,33 | 6,39 | 6,85 | 30,21 | 12,09 | 27,26 | 15,44 | 12,25 | 10,85 | 24,26 | 12,87 | 73,32 | 12,13 | 26,13 | 66,57 | 18,80 | 50,79 | 15,24 | 23,45 | 50,77 | 23,48 | 27,01 | 45,81 | 13,57 |
| 50 | 18,42 | 26,89 | 11,40 | 15,48 | 7,64 | 21,02 | 8,28 | 6,61 | 7,15 | 26,52 | 11,93 | 24,36 | 14,39 | 12,59 | 11,49 | 22,89 | 12,66 | 66,42 | 13,02 | 23,75 | 59,92 | 17,62 | 47,22 | 14,17 | 29,04 | 58,59 | 16,63 | 27,92 | 39,76 | 13,43 |
| 60 | 14,81 | 27,35 | 9,37 | 5,11 | 7,01 | 17,74 | 5,81 | 6,57 | 7,14 | 24,11 | 12,42 | 24,95 | 14,29 | 10,84 | 11,73 | 23,59 | 12,08 | 65,44 | 10,79 | 23,62 | 53,79 | 19,63 | 46,25 | 12,97 | 27,59 | 57,68 | 15,00 | 28,46 | 42,64 | 12,96 |
| 70 | 13,74 | 27,33 | 2,56 | 0,00 | 7,10 | 14,40 | 4,61 | 6,62 | 6,76 | 23,55 | 12,24 | 26,75 | 13,94 | 6,95 | 9,24 | 24,62 | 12,25 | 58,09 | 8,22 | 21,11 | 47,56 | 18,31 | 42,73 | 12,96 | 20,46 | 57,94 | 13,17 | 29,23 | 36,43 | 13,05 |
| 80 | 8,97 | 27,66 | 0,00 | 0,00 | 7,36 | 11,45 | 3,01 | 6,57 | 5,83 | 21,97 | 11,13 | 24,48 | 11,63 | 1,76 | 7,28 | 23,85 | 12,00 | 45,32 | 7,56 | 16,61 | 45,24 | 13,80 | 37,27 | 12,10 | 19,61 | 58,39 | 12,18 | 26,29 | 18,49 | 12,71 |
| 90 | 5,93 | 30,60 | 0,00 | 0,00 | 6,44 | 5,66 | 1,56 | 6,08 | 4,20 | 21,03 | 10,90 | 19,47 | 9,08 | 0,00 | 4,57 | 23,19 | 12,17 | 40,45 | 6,13 | 16,08 | 43,77 | 13,33 | 35,09 | 10,69 | 19,26 | 62,98 | 11,46 | 18,03 | 10,73 | 9,34 |
| 100 | 4,74 | 28,86 | 0,00 | 0,00 | 5,66 | 1,80 | 0,42 | 5,69 | 3,03 | 23,83 | 11,01 | 12,68 | 7,03 | 0,00 | 0,78 | 22,55 | 11,90 | 37,92 | 1,82 | 13,02 | 35,38 | 12,53 | 32,22 | 10,20 | 19,87 | 65,82 | 8,60 | 12,95 | 7,96 | 2,24 |
| 110 | 1,30 | 24,11 | 0,00 | 0,00 | 3,90 | 0,72 | 0,00 | 5,40 | 1,91 | 18,75 | 7,09 | 7,97 | 4,94 | 0,00 | 0,00 | 23,82 | 10,84 | 34,34 | 0,00 | 9,74 | 28,22 | 10,18 | 25,66 | 8,93 | 22,03 | 58,64 | 6,35 | 12,50 | 5,17 | 0,00 |
| 120 | 0,00 | 23,43 | 0,00 | 0,00 | 1,89 | 0,19 | 0,00 | 4,87 | 1,23 | 10,81 | 1,45 | 4,89 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 22,34 | 10,43 | 34,32 | 0,00 | 7,18 | 28,84 | 8,38 | 19,74 | 7,65 | 22,29 | 51,09 | 5,58 | 12,48 | 3,82 | 0,00 |
| 130 | 0,00 | 21,04 | 0,00 | 0,00 | 1,68 | 0,00 | 0,00 | 4,55 | 0,40 | 3,27 | 0,00 | 2,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,64 | 10,52 | 35,32 | 0,00 | 4,38 | 29,46 | 8,50 | 17,87 | 7,14 | 21,10 | 43,57 | 1,60 | 8,61 | 2,54 | 0,00 |
| 140 | 0,00 | 16,74 | 0,00 | 0,00 | 1,71 | 0,00 | 0,00 | 4,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,25 | 10,24 | 35,47 | 0,00 | 1,21 | 23,65 | 8,71 | 12,57 | 6,42 | 20,02 | 36,31 | 0,00 | 4,48 | 0,78 | 0,00 |
| 150 | 0,00 | 14,25 | 0,00 | 0,00 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,24 | 9,23 | 34,55 | 0,00 | 0,00 | 6,38 | 6,91 | 8,78 | 5,17 | 18,91 | 33,98 | 0,00 | 1,29 | 0,00 | 0,00 |
| 160 | 0,00 | 10,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,16 | 8,76 | 34,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,83 | 8,97 | 4,19 | 19,21 | 30,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 170 | 0,00 | 7,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,63 | 7,97 | 34,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,11 | 3,54 | 18,44 | 21,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 180 | 0,00 | 6,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,22 | 7,05 | 31,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,64 | 14,35 | 5,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 190 | 0,00 | 5,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,57 | 6,58 | 22,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,77 | 3,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 200 | 0,00 | 1,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,46 | 5,79 | 15,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 210 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,38 | 4,76 | 8,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 220 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,78 | 3,62 | 5,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 230 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,02 | 1,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| V.T. | 153 | 422 | 84 | 105 | 83,22 | 168,3 | 96,07 | 85,4 | 67,1 | 337 | 140 | 257 | 143 | 81,7 | 90,4 | 404 | 221 | 960 | 99,1 | 248,6 | 716,3 | 227,9 | 560 | 186 | 399 | 934,2 | 189 | 294,9 | 373,5 | 120,1 |

ANEXO 3.- Función ramas principales (cm³)

| RAMA | VOLUMEN | DIAMETRO | LONGITUD | D*L | D ^ 2 | L^2 | L * D^2 | cilindro | paraboloide | cono | neiloide | f cilindro | f paraboloide | f cono | f neiloide |
|---------|---------|----------|----------|--------|-------|-------|---------|----------|-------------|---------|----------|------------|---------------|--------|------------|
| RAMA 1 | 153,49 | 1,64 | 100 | 163,9 | 2,69 | 10000 | 268,63 | 210,984 | 105,492 | 70,328 | 52,746 | 0,728 | 1,455 | 2,183 | 2,910 |
| RAMA 2 | 422,19 | 2,33 | 190 | 442,7 | 5,43 | 36100 | 1031,49 | 810,133 | 405,067 | 270,044 | 202,533 | 0,521 | 1,042 | 1,563 | 2,085 |
| RAMA 3 | 84,00 | 1,94 | 60 | 116,1 | 3,74 | 3600 | 224,65 | 176,443 | 88,221 | 58,814 | 44,111 | 0,476 | 0,952 | 1,428 | 1,904 |
| RAMA 4 | 105,00 | 1,76 | 50 | 88,1 | 3,10 | 2500 | 155,23 | 121,919 | 60,960 | 40,640 | 30,480 | 0,861 | 1,723 | 2,584 | 3,445 |
| RAMA 5 | 83,22 | 1,07 | 140 | 149,94 | 1,15 | 19600 | 160,59 | 126,124 | 63,062 | 42,041 | 31,531 | 0,660 | 1,320 | 1,980 | 2,639 |
| RAMA 6 | 168,30 | 1,85 | 110 | 203,5 | 3,42 | 12100 | 376,48 | 295,683 | 147,842 | 98,561 | 73,921 | 0,569 | 1,138 | 1,708 | 2,277 |
| RAMA 7 | 96,07 | 1,92 | 90 | 172,71 | 3,68 | 8100 | 331,43 | 260,306 | 130,153 | 86,769 | 65,076 | 0,369 | 0,738 | 1,107 | 1,476 |
| RAMA 8 | 85,45 | 0,96 | 150 | 144,6 | 0,93 | 22500 | 139,39 | 109,480 | 54,740 | 36,493 | 27,370 | 0,780 | 1,561 | 2,341 | 3,122 |
| RAMA 9 | 67,08 | 1,13 | 120 | 135,72 | 1,28 | 14400 | 153,50 | 120,558 | 60,279 | 40,186 | 30,140 | 0,556 | 1,113 | 1,669 | 2,226 |
| RAMA 10 | 336,78 | 2,49 | 120 | 298,8 | 6,20 | 14400 | 744,01 | 584,347 | 292,174 | 194,782 | 146,087 | 0,576 | 1,153 | 1,729 | 2,305 |
| RAMA 11 | 139,77 | 1,77 | 110 | 194,81 | 3,14 | 12100 | 345,01 | 270,970 | 135,485 | 90,323 | 67,742 | 0,516 | 1,032 | 1,547 | 2,063 |
| RAMA 12 | 256,59 | 1,96 | 130 | 255,19 | 3,85 | 16900 | 500,94 | 393,437 | 196,718 | 131,146 | 98,359 | 0,652 | 1,304 | 1,957 | 2,609 |
| RAMA 13 | 143,23 | 1,54 | 110 | 169,84 | 2,38 | 12100 | 262,23 | 205,958 | 102,979 | 68,653 | 51,489 | 0,695 | 1,391 | 2,086 | 2,782 |
| RAMA 14 | 81,69 | 1,36 | 70 | 95,41 | 1,86 | 4900 | 130,04 | 102,136 | 51,068 | 34,045 | 25,534 | 0,800 | 1,600 | 2,400 | 3,199 |
| RAMA 15 | 90,40 | 1,30 | 90 | 117 | 1,69 | 8100 | 152,10 | 119,459 | 59,730 | 39,820 | 29,865 | 0,757 | 1,513 | 2,270 | 3,027 |
| RAMA 16 | 403,57 | 2,10 | 210 | 440,16 | 4,39 | 44100 | 922,58 | 724,591 | 362,295 | 241,530 | 181,148 | 0,557 | 1,114 | 1,671 | 2,228 |
| RAMA 17 | 221,45 | 1,33 | 220 | 291,94 | 1,76 | 48400 | 387,40 | 304,267 | 152,134 | 101,422 | 76,067 | 0,728 | 1,456 | 2,183 | 2,911 |
| RAMA 18 | 960,04 | 3,43 | 220 | 755,04 | 11,78 | 48400 | 2591,30 | 2035,205 | 1017,602 | 678,402 | 508,801 | 0,472 | 0,943 | 1,415 | 1,887 |
| RAMA 19 | 99,12 | 1,44 | 90 | 129,87 | 2,08 | 8100 | 187,40 | 147,186 | 73,593 | 49,062 | 36,796 | 0,673 | 1,347 | 2,020 | 2,694 |
| RAMA 20 | 248,59 | 2,01 | 130 | 261,3 | 4,04 | 16900 | 525,21 | 412,502 | 206,251 | 137,501 | 103,126 | 0,603 | 1,205 | 1,808 | 2,411 |
| RAMA 21 | 716,27 | 3,62 | 140 | 506,1 | 13,07 | 19600 | 1829,55 | 1436,930 | 718,465 | 478,977 | 359,232 | 0,498 | 0,997 | 1,495 | 1,994 |
| RAMA 22 | 227,88 | 1,89 | 150 | 282,9 | 3,56 | 22500 | 533,55 | 419,050 | 209,525 | 139,683 | 104,762 | 0,544 | 1,088 | 1,631 | 2,175 |
| RAMA 23 | 559,97 | 2,99 | 160 | 477,76 | 8,92 | 25600 | 1426,59 | 1120,445 | 560,222 | 373,482 | 280,111 | 0,500 | 1,000 | 1,499 | 1,999 |
| RAMA 24 | 186,07 | 1,53 | 200 | 305,8 | 2,34 | 40000 | 467,57 | 367,228 | 183,614 | 122,409 | 91,807 | 0,507 | 1,013 | 1,520 | 2,027 |
| RAMA 25 | 399,10 | 1,95 | 180 | 351,36 | 3,81 | 32400 | 685,85 | 538,670 | 269,335 | 179,557 | 134,668 | 0,741 | 1,482 | 2,223 | 2,964 |
| RAMA 26 | 934,20 | 4,18 | 170 | 710,77 | 17,48 | 28900 | 2971,73 | 2333,996 | 1166,998 | 777,999 | 583,499 | 0,400 | 0,801 | 1,201 | 1,601 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|---------|--------|------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RAMA 27 | 189,04 | 1,87 | 120 | 224,28 | 3,49 | 14400 | 419,18 | 329,223 | 164,612 | 109,741 | 82,306 | 0,574 | 1,148 | 1,723 | 2,297 | |
| RAMA 28 | 294,91 | 1,95 | 140 | 272,58 | 3,79 | 19600 | 530,71 | 416,822 | 208,411 | 138,941 | 104,206 | 0,708 | 1,415 | 2,123 | 2,830 | |
| RAMA 29 | 373,49 | 2,65 | 130 | 345,02 | 7,04 | 16900 | 915,68 | 719,177 | 359,589 | 239,726 | 179,794 | 0,519 | 1,039 | 1,558 | 2,077 | |
| RAMA 30 | 120,12 | 1,40 | 90 | 125,55 | 1,95 | 8100 | 175,14 | 137,557 | 68,778 | 45,852 | 34,389 | 0,873 | 1,746 | 2,620 | 3,493 | |
| Mediana | 274,903 | 1,978 | 133,000 | | | | | | | | | MEDIA | 0,614 | 1,228 | 1,841 | 2,455 |
| desvt. | 239,984 | 0,757 | 45,724 | | | | | | | | | DEST | 0,132 | 0,263 | 0,395 | 0,526 |

ANEXO 4.- Diámetros ramas secundarias (cm)

| Long cm | Rama 1 | Rama 2 | Rama 3 | Rama 4 | Rama 5 | Rama 6 | Rama 7 | Rama 8 | Rama 9 | Rama 10 | Rama 11 | Rama 12 | Rama 13 | Rama 14 | Rama 15 | Rama 16 | Rama 17 | Rama 18 | Rama 19 | Rama 20 | Rama 21 | Rama 22 | Rama 23 | Rama 24 | Rama 25 | Rama 26 | Rama 27 | Rama 28 | Rama 29 | Rama 30 | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 0 | 0,434 | 0,51 | 0,679 | 0,467 | 0,504 | 0,703 | 0,576 | 0,536 | 0,54 | 0,535 | 0,516 | 0,5 | 0,523 | 0,724 | 0,505 | 0,556 | 0,572 | 0,454 | 0,55 | 0,437 | 0,863 | 0,53 | 0,56 | 0,708 | 0,484 | 0,71 | 0,522 | 0,5 | 0,545 | 0,62 | |
| 10 | 0,413 | 0,41 | 0,655 | 0,438 | 0,407 | 0,666 | 0,537 | 0,544 | 0,664 | 0,482 | 0,509 | 0,460 | 0,494 | 0,667 | 0,468 | 0,509 | 0,556 | 0,466 | 0,593 | 0,431 | 0,841 | 0,56 | 0,496 | 0,716 | 0,481 | 0,56 | 0,52 | 0,487 | 0,555 | 0,587 | |
| 20 | 0,409 | 0,48 | 0,536 | 0,411 | 0,404 | 0,664 | 0,504 | 0,425 | 0,63 | 0,348 | 0,490 | 0,453 | 0,483 | 0,663 | 0,468 | 0,525 | 0,546 | 0,464 | 0,572 | 0,479 | 0,769 | 0,465 | 0,424 | 0,683 | 0,498 | 0,54 | 0,518 | 0,479 | 0,572 | 0,597 | |
| 30 | 0,403 | 0,41 | 0,655 | 0,383 | 0,307 | 0,55 | 0,487 | 0,328 | 0,609 | 0,433 | 0,404 | 0,483 | 0,406 | 0,627 | 0,36 | 0,433 | 0,548 | 0,495 | 0,412 | 0,469 | 0,768 | 0,458 | 0,363 | | 0,47 | 0,55 | 0,515 | 0,502 | 0,494 | 0,496 | |
| 40 | | | 0,607 | | | | | | 0,435 | | | | | | | | | 0,48 | | 0,43 | | 0,494 | 0,3 | | 0,465 | 0,57 | 0,513 | 0,425 | | 0,483 | |
| 50 | | | 0,582 | | | | | | | | | | | | | | | 0,455 | | | | | | | | 0,56 | | | | | 0,480 |
| 60 | | | 0,555 | | | | | | | | | | | | | | | 0,435 | | | | | | | | 0,46 | | | | | 0,491 |

ANEXO 5.- Volumen ramas secundarias (cm³)

| L cm | rama 1 | rama2 | rama 3 | rama 4 | rama 5 | rama 6 | rama 7 | rama 8 | rama 9 | rama 10 | rama 11 | rama 12 | rama 13 | rama 14 | rama 15 | rama 16 | rama 17 | rama 18 | rama 19 | rama 20 | rama 21 | rama 22 | rama 23 | rama 24 | rama 25 | rama 26 | rama 27 | rama 28 | rama 29 | rama 30 |
|---------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1,41 | 1,647 | 3,495 | 1,609 | 1,636 | 3,681 | 2,433 | 2,290 | 2,856 | 2,033 | 2,063 | 1,811 | 2,031 | 3,801 | 1,860 | 2,228 | 2,498 | 1,662 | 2,566 | 1,479 | 5,702 | 2,333 | 2,192 | 3,982 | 1,828 | 3,156 | 2,132 | 1,913 | 2,376 | 2,861 |
| 20 | 1,33 | 1,548 | 2,794 | 1,416 | 1,291 | 3,473 | 2,129 | 1,853 | 3,289 | 1,364 | 1,960 | 1,637 | 1,874 | 3,473 | 1,720 | 2,099 | 2,385 | 1,698 | 2,665 | 1,627 | 5,093 | 2,069 | 1,665 | 3,844 | 1,882 | 2,385 | 2,116 | 1,832 | 2,494 | 2,753 |
| 30 | 1,29 | 1,558 | 2,794 | 1,238 | 0,999 | 2,902 | 1,929 | 1,119 | 3,014 | 1,202 | 1,574 | 1,721 | 1,556 | 3,268 | 1,354 | 1,808 | 2,350 | 1,806 | 1,918 | 1,765 | 4,639 | 1,673 | 1,219 | 1,221 | 1,840 | 2,346 | 2,095 | 1,890 | 2,235 | 2,352 |
| 40 | 0,43 | 0,442 | 3,129 | 0,384 | 0,247 | 0,792 | 0,621 | 0,282 | 2,160 | 0,491 | 0,427 | 0,611 | 0,432 | 1,029 | 0,339 | 0,491 | 0,786 | 1,867 | 0,444 | 1,588 | 1,544 | 1,780 | 0,866 | 0,000 | 1,717 | 2,477 | 2,075 | 1,691 | 0,639 | 1,882 |
| 50 | 0,00 | 0,000 | 2,776 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,495 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,717 | 0,000 | 0,484 | 0,000 | 0,639 | 0,236 | 0,000 | 0,566 | 2,529 | 0,689 | 0,473 | 0,000 | 1,821 |
| 60 | 0,00 | 0,000 | 2,539 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,556 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,062 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,851 |
| 70 | 0,00 | 0,000 | 0,806 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,495 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,554 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,631 |
| 80 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 90 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| V.T. | 4,46 | 5,20 | 18,33 | 4,65 | 4,17 | 10,85 | 7,11 | 5,54 | 11,81 | 5,09 | 6,02 | 5,78 | 5,89 | 11,57 | 5,27 | 6,63 | 8,02 | 10,80 | 7,59 | 6,94 | 16,98 | 8,49 | 6,18 | 9,05 | 7,83 | 15,51 | 9,11 | 7,80 | 7,74 | 14,15 |

ANEXO 6.- Función ramas secundarias (cm³)

| RAMA | VOLUMEN | DIAMETRO | LONGITUD | D*L | D ^ 2 | L^2 | L * D^2 | cilindro | paraboloide | cono | neiloide | f cilindro | f paraboloide | f cono | f neiloide |
|---------|---------|----------|----------|-------|-------|------|---------|----------|-------------|-------|----------|------------|---------------|--------|------------|
| RAMA 1 | 4,46 | 0,43 | 30 | 13,02 | 0,19 | 900 | 5,65 | 4,438 | 2,219 | 1,479 | 1,110 | 1,004 | 2,008 | 3,011 | 4,015 |
| RAMA 2 | 5,20 | 0,51 | 30 | 15,18 | 0,26 | 900 | 7,68 | 6,033 | 3,016 | 2,011 | 1,508 | 0,861 | 1,722 | 2,583 | 3,445 |
| RAMA 3 | 18,33 | 0,68 | 60 | 40,74 | 0,46 | 3600 | 27,66 | 21,726 | 10,863 | 7,242 | 5,432 | 0,844 | 1,688 | 2,532 | 3,375 |
| RAMA 4 | 4,65 | 0,47 | 30 | 14,01 | 0,22 | 900 | 6,54 | 5,139 | 2,569 | 1,713 | 1,285 | 0,904 | 1,809 | 2,713 | 3,617 |
| RAMA 5 | 4,17 | 0,50 | 30 | 15,12 | 0,25 | 900 | 7,62 | 5,985 | 2,993 | 1,995 | 1,496 | 0,697 | 1,394 | 2,092 | 2,789 |
| RAMA 6 | 10,85 | 0,70 | 30 | 21,09 | 0,49 | 900 | 14,83 | 11,645 | 5,822 | 3,882 | 2,911 | 0,932 | 1,863 | 2,795 | 3,726 |
| RAMA 7 | 7,11 | 0,58 | 30 | 17,28 | 0,33 | 900 | 9,95 | 7,817 | 3,909 | 2,606 | 1,954 | 0,910 | 1,819 | 2,729 | 3,639 |
| RAMA 8 | 5,54 | 0,54 | 30 | 16,08 | 0,29 | 900 | 8,62 | 6,769 | 3,385 | 2,256 | 1,692 | 0,819 | 1,638 | 2,457 | 3,276 |
| RAMA 9 | 11,82 | 0,54 | 40 | 21,6 | 0,29 | 1600 | 11,66 | 9,161 | 4,580 | 3,054 | 2,290 | 1,290 | 2,579 | 3,869 | 5,159 |
| RAMA 10 | 5,09 | 0,35 | 30 | 10,59 | 0,12 | 900 | 3,74 | 2,936 | 1,468 | 0,979 | 0,734 | 1,734 | 3,467 | 5,201 | 6,935 |
| RAMA 11 | 6,02 | 0,52 | 30 | 15,48 | 0,27 | 900 | 7,99 | 6,274 | 3,137 | 2,091 | 1,568 | 0,960 | 1,920 | 2,881 | 3,841 |
| RAMA 12 | 5,78 | 0,50 | 30 | 15 | 0,25 | 900 | 7,50 | 5,891 | 2,945 | 1,964 | 1,473 | 0,981 | 1,962 | 2,943 | 3,924 |
| RAMA 13 | 5,89 | 0,52 | 30 | 15,69 | 0,27 | 900 | 8,21 | 6,445 | 3,222 | 2,148 | 1,611 | 0,914 | 1,829 | 2,743 | 3,657 |
| RAMA 14 | 11,57 | 0,72 | 30 | 21,6 | 0,52 | 900 | 15,55 | 12,215 | 6,107 | 4,072 | 3,054 | 0,947 | 1,895 | 2,842 | 3,790 |
| RAMA 15 | 5,27 | 0,51 | 30 | 15,15 | 0,26 | 900 | 7,65 | 6,009 | 3,004 | 2,003 | 1,502 | 0,878 | 1,755 | 2,633 | 3,510 |
| RAMA 16 | 6,63 | 0,56 | 30 | 16,68 | 0,31 | 900 | 9,27 | 7,284 | 3,642 | 2,428 | 1,821 | 0,910 | 1,819 | 2,729 | 3,639 |
| RAMA 17 | 8,02 | 0,57 | 30 | 17,16 | 0,33 | 900 | 9,82 | 7,709 | 3,855 | 2,570 | 1,927 | 1,040 | 2,080 | 3,121 | 4,161 |
| RAMA 18 | 10,80 | 0,40 | 60 | 24,24 | 0,16 | 3600 | 9,79 | 7,691 | 3,846 | 2,564 | 1,923 | 1,404 | 2,809 | 4,213 | 5,617 |
| RAMA 19 | 7,59 | 0,55 | 30 | 16,5 | 0,30 | 900 | 9,08 | 7,128 | 3,564 | 2,376 | 1,782 | 1,065 | 2,131 | 3,196 | 4,262 |
| RAMA 20 | 6,94 | 0,44 | 40 | 17,48 | 0,19 | 1600 | 7,64 | 5,999 | 3,000 | 2,000 | 1,500 | 1,157 | 2,315 | 3,472 | 4,629 |
| RAMA 21 | 16,98 | 0,86 | 30 | 25,89 | 0,74 | 900 | 22,34 | 17,548 | 8,774 | 5,849 | 4,387 | 0,967 | 1,935 | 2,902 | 3,870 |
| RAMA 22 | 8,49 | 0,53 | 40 | 21,2 | 0,28 | 1600 | 11,24 | 8,825 | 4,412 | 2,942 | 2,206 | 0,963 | 1,925 | 2,888 | 3,850 |
| RAMA 23 | 6,18 | 0,56 | 40 | 22,4 | 0,31 | 1600 | 12,54 | 9,852 | 4,926 | 3,284 | 2,463 | 0,627 | 1,254 | 1,881 | 2,508 |
| RAMA 24 | 9,05 | 0,71 | 20 | 14,16 | 0,50 | 400 | 10,03 | 7,874 | 3,937 | 2,625 | 1,968 | 1,149 | 2,298 | 3,447 | 4,596 |
| RAMA 25 | 7,83 | 0,48 | 40 | 19,36 | 0,23 | 1600 | 9,37 | 7,359 | 3,680 | 2,453 | 1,840 | 1,064 | 2,129 | 3,193 | 4,258 |

ANEXO 7.- Diámetro de las ramas terciarias (cm)

| L cm | rama 1 | rama 2 | rama 3 | rama 4 | rama 5 | rama 6 | rama 7 | rama 8 | rama 9 | rama 10 | rama 11 | rama 12 | rama 13 | rama 14 | rama 15 | rama 16 | rama 17 | rama 18 | rama 19 | rama 20 | rama 21 | rama 22 | rama 23 | rama 24 | rama 25 | rama 26 | rama 27 | rama 28 | rama 29 | rama 30 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0,26 | 0,284 | 0,284 | 0,3 | 0,382 | 0,22 | 0,39 | 0,2 | 0,27 | 0,327 | 0,25 | 0,33 | 0,28 | 0,27 | 0,174 | 0,16 | 0,28 | 0,27 | 0,32 | 0,17 | 0,35 | 0,274 | 0,371 | 0,15 | 0,381 | 0,271 | 0,271 | 0,13 | 0,263 | 0,162 |
| 5 | 0,25 | 0,185 | 0,181 | 0,18 | 0,284 | 0,2 | 0,28 | 0,2 | 0,18 | 0,27 | 0,168 | 0,28 | 0,17 | 0,21 | 0,152 | 0,1 | 0,18 | 0,16 | 0,278 | 0,12 | 0,28 | 0,231 | 0,254 | 0,94 | 0,294 | 0,231 | 0,241 | 0,07 | 0,215 | 0,136 |
| 10 | 0,18 | 0,151 | 0,172 | | 0,138 | 0,16 | 0,18 | 0,1 | 0,09 | 0,18 | | 0,23 | 0,09 | 0,17 | 0,074 | | 0,09 | 0,06 | 0,16 | 0,07 | 0,18 | 0,165 | 0,22 | | 0,183 | 0,198 | 0,192 | | 0,183 | 0,073 |
| 15 | 0,17 | | | | | 0,09 | | 0,1 | | 0,142 | | 0,17 | 0,406 | | 0,064 | | 0,07 | | 0,102 | 0,05 | 0,081 | 0,142 | | | | | 0,152 | 0,132 | | 0,032 |
| 20 | | | | | | | | | | 0,08 | | | | | | | | | | 0,03 | | 0,073 | | | | 0,131 | | | | |

ANEXO 8.- Volumen de las ramas terciarias (cm³)

| L cm | rama 1 | Rama 2 | rama 3 | rama 4 | rama 5 | rama 6 | rama 7 | rama 8 | rama 9 | rama 10 | rama 11 | rama 12 | rama 13 | rama 14 | rama 15 | rama 16 | rama 17 | rama 18 | rama 19 | rama 20 | rama 21 | rama 22 | rama 23 | rama 24 | rama 25 | rama 26 | rama 27 | rama 28 | rama 29 | rama 30 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0,527 | 0,438 | 0,432 | 0,439 | 0,877 | 0,335 | 0,873 | 0,364 | 0,409 | 0,700 | 0,341 | 0,725 | 0,418 | 0,463 | 0,209 | 0,139 | 0,431 | 0,372 | 0,706 | 0,171 | 0,788 | 0,502 | 0,776 | 2,758 | 0,900 | 0,496 | 0,515 | 0,085 | 0,450 | 0,175 |
| 10 | 0,380 | 0,222 | 0,245 | 0,089 | 0,364 | 0,258 | 0,417 | 0,210 | 0,143 | 0,408 | 0,074 | 0,512 | 0,141 | 0,289 | 0,104 | 0,027 | 0,154 | 0,109 | 0,391 | 0,076 | 0,415 | 0,311 | 0,442 | 2,323 | 0,455 | 0,362 | 0,370 | 0,014 | 0,312 | 0,088 |
| 15 | 0,252 | 0,060 | 0,077 | 0,000 | 0,050 | 0,132 | 0,083 | 0,107 | 0,019 | 0,210 | 0,000 | 0,314 | 0,547 | 0,078 | 0,037 | 0,000 | 0,052 | 0,011 | 0,140 | 0,031 | 0,138 | 0,185 | 0,127 | 0,000 | 0,088 | 0,242 | 0,208 | 0,000 | 0,088 | 0,023 |
| 20 | 0,079 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 0,000 | 0,021 | 0,000 | 0,098 | 0,000 | 0,073 | 0,432 | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,013 | 0,000 | 0,027 | 0,014 | 0,017 | 0,094 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,158 | 0,046 | 0,000 | 0,000 | 0,003 |
| 25 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,014 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| D.T | 1,238 | 0,720 | 0,754 | 0,527 | 1,291 | 0,747 | 1,373 | 0,701 | 0,570 | 1,431 | 0,414 | 1,624 | 1,537 | 0,830 | 0,361 | 0,166 | 0,650 | 0,491 | 1,264 | 0,296 | 1,358 | 1,106 | 1,345 | 5,082 | 1,442 | 1,302 | 1,139 | 0,099 | 0,850 | 0,289 |

ANEXO 9.- Función de las ramas terciarias (cm³)

| RAMA | VOLUMEN | DIAMETRO | LONGITUD | D*L | D ^ 2 | L^2 | L * D^2 | cilindro | paraboloide | cono | neiloide | f cilindro | f paraboloide | f cono | f neiloide |
|---------|---------|----------|----------|-------|-------|-----|---------|----------|-------------|-------|----------|------------|---------------|--------|------------|
| RAMA 1 | 1,24 | 0,26 | 15 | 3,9 | 0,07 | 225 | 1,01 | 0,796 | 0,398 | 0,265 | 0,199 | 1,555 | 3,109 | 4,664 | 6,218 |
| RAMA 2 | 0,72 | 0,28 | 10 | 2,8 | 0,08 | 100 | 0,78 | 0,616 | 0,308 | 0,205 | 0,154 | 1,169 | 2,339 | 3,508 | 4,677 |
| RAMA 3 | 0,75 | 0,28 | 10 | 2,8 | 0,08 | 100 | 0,78 | 0,616 | 0,308 | 0,205 | 0,154 | 1,225 | 2,449 | 3,674 | 4,898 |
| RAMA 4 | 0,53 | 0,28 | 5 | 1,4 | 0,08 | 25 | 0,39 | 0,308 | 0,154 | 0,103 | 0,077 | 1,712 | 3,423 | 5,135 | 6,847 |
| RAMA 5 | 1,29 | 0,38 | 10 | 3,8 | 0,14 | 100 | 1,44 | 1,134 | 0,567 | 0,378 | 0,284 | 1,138 | 2,277 | 3,415 | 4,553 |
| RAMA 6 | 0,75 | 0,22 | 15 | 3,225 | 0,05 | 225 | 0,69 | 0,545 | 0,272 | 0,182 | 0,136 | 1,372 | 2,743 | 4,115 | 5,487 |
| RAMA 7 | 1,37 | 0,39 | 10 | 3,85 | 0,15 | 100 | 1,48 | 1,164 | 0,582 | 0,388 | 0,291 | 1,179 | 2,359 | 3,538 | 4,718 |
| RAMA 8 | 0,70 | 0,25 | 15 | 3,675 | 0,06 | 225 | 0,90 | 0,707 | 0,354 | 0,236 | 0,177 | 0,991 | 1,983 | 2,974 | 3,965 |
| RAMA 9 | 0,57 | 0,27 | 10 | 2,74 | 0,08 | 100 | 0,75 | 0,590 | 0,295 | 0,197 | 0,147 | 0,967 | 1,933 | 2,900 | 3,867 |
| RAMA 10 | 1,43 | 0,33 | 20 | 6,54 | 0,11 | 400 | 2,14 | 1,680 | 0,840 | 0,560 | 0,420 | 0,852 | 1,704 | 2,556 | 3,408 |
| RAMA 11 | 0,41 | 0,25 | 5 | 1,23 | 0,06 | 25 | 0,30 | 0,238 | 0,119 | 0,079 | 0,059 | 1,742 | 3,484 | 5,226 | 6,968 |
| RAMA 12 | 1,62 | 0,33 | 15 | 4,92 | 0,11 | 225 | 1,61 | 1,267 | 0,634 | 0,422 | 0,317 | 1,281 | 2,563 | 3,844 | 5,125 |
| RAMA 13 | 1,54 | 0,28 | 15 | 4,245 | 0,08 | 225 | 1,20 | 0,944 | 0,472 | 0,315 | 0,236 | 1,629 | 3,258 | 4,887 | 6,516 |
| RAMA 14 | 0,83 | 0,27 | 10 | 2,74 | 0,08 | 100 | 0,75 | 0,590 | 0,295 | 0,197 | 0,147 | 1,408 | 2,815 | 4,223 | 5,630 |
| RAMA 15 | 0,36 | 0,17 | 15 | 2,61 | 0,03 | 225 | 0,45 | 0,357 | 0,178 | 0,119 | 0,089 | 1,012 | 2,024 | 3,036 | 4,048 |
| RAMA 16 | 0,17 | 0,16 | 5 | 0,81 | 0,03 | 25 | 0,13 | 0,103 | 0,052 | 0,034 | 0,026 | 1,611 | 3,221 | 4,832 | 6,443 |
| RAMA 17 | 0,65 | 0,28 | 15 | 4,215 | 0,08 | 225 | 1,18 | 0,930 | 0,465 | 0,310 | 0,233 | 0,699 | 1,397 | 2,096 | 2,795 |
| RAMA 18 | 0,49 | 0,27 | 10 | 2,67 | 0,07 | 100 | 0,71 | 0,560 | 0,280 | 0,187 | 0,140 | 0,877 | 1,754 | 2,631 | 3,508 |
| RAMA 19 | 1,26 | 0,32 | 15 | 4,815 | 0,10 | 225 | 1,55 | 1,214 | 0,607 | 0,405 | 0,303 | 1,041 | 2,082 | 3,124 | 4,165 |
| RAMA 20 | 0,30 | 0,17 | 20 | 3,46 | 0,03 | 400 | 0,60 | 0,470 | 0,235 | 0,157 | 0,118 | 0,630 | 1,259 | 1,889 | 2,518 |
| RAMA 21 | 0,38 | 0,35 | 15 | 5,31 | 0,13 | 225 | 1,88 | 1,476 | 0,738 | 0,492 | 0,369 | 0,257 | 0,515 | 0,772 | 1,030 |
| RAMA 22 | 0,27 | 0,27 | 20 | 5,48 | 0,08 | 400 | 1,50 | 1,179 | 0,590 | 0,393 | 0,295 | 0,229 | 0,458 | 0,687 | 0,916 |
| RAMA 23 | 0,27 | 0,37 | 10 | 3,71 | 0,14 | 100 | 1,38 | 1,081 | 0,541 | 0,360 | 0,270 | 0,250 | 0,500 | 0,749 | 0,999 |
| RAMA 24 | 0,13 | 0,15 | 5 | 0,76 | 0,02 | 25 | 0,12 | 0,091 | 0,045 | 0,030 | 0,023 | 1,433 | 2,866 | 4,298 | 5,731 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|--------|-------|------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RAMA 25 | 1,44 | 0,38 | 10 | 3,81 | 0,15 | 100 | 1,45 | 1,140 | 0,570 | 0,380 | 0,285 | 1,265 | 2,530 | 3,794 | 5,059 | |
| RAMA 26 | 1,30 | 0,27 | 20 | 5,42 | 0,07 | 400 | 1,47 | 1,154 | 0,577 | 0,385 | 0,288 | 1,129 | 2,257 | 3,386 | 4,515 | |
| RAMA 27 | 1,14 | 0,27 | 15 | 4,065 | 0,07 | 225 | 1,10 | 0,865 | 0,433 | 0,288 | 0,216 | 1,316 | 2,633 | 3,949 | 5,266 | |
| RAMA 28 | 0,10 | 0,13 | 5 | 0,66 | 0,02 | 25 | 0,09 | 0,068 | 0,034 | 0,023 | 0,017 | 1,447 | 2,894 | 4,341 | 5,787 | |
| RAMA 29 | 0,85 | 0,26 | 10 | 2,63 | 0,07 | 100 | 0,69 | 0,543 | 0,272 | 0,181 | 0,136 | 1,565 | 3,129 | 4,694 | 6,259 | |
| RAMA 30 | 0,29 | 0,16 | 15 | 2,43 | 0,03 | 225 | 0,39 | 0,309 | 0,155 | 0,103 | 0,077 | 0,935 | 1,869 | 2,804 | 3,739 | |
| mediana | 0,772 | 0,269 | 12,333 | | | | | | | | | MEDIA | 1,130 | 2,261 | 3,391 | 4,522 |
| desvt. | 0,476 | 0,070 | 4,686 | | | | | | | | | DEST | 0,416 | 0,831 | 1,247 | 1,663 |

ANEXO 10.- Volumen real (ejemplo de la toma de datos para el volumen real en los tres estratos) (cm³)

| RODAL | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-----|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------|----------|------|----------------------|-------------------|-------|----|-------------------|
| RAMAS PRIMARIAS | | | | | | RAMAS SECUNDARIAS | | | | | RAMAS TERCIARIAS | | | |
| numero | D | L | V. ramas primarias | numero ramas secundarias | numero ramas terciarias | ramas muestra | D | D2 | L | V. ramas secundarias | ramas muestreadas | D | L | V. mas terciarias |
| 1 | 2,323 | 243 | 601,17 | 4 | 12 | 1 | 0,295 | 0,087025 | 26,7 | 1,705 | 1 | 0,243 | 15 | 0,878 |
| 2 | 2,432 | 154 | 410,44 | 6 | 24 | 2 | 0,608 | 0,369664 | 62,3 | 15,162 | 2 | 0,326 | 17 | 1,371 |
| 3 | 1,976 | 264 | 502,97 | 7 | 21 | 3 | 0,489 | 0,239121 | 57,4 | 11,397 | 3 | 0,198 | 16 | 0,700 |
| 4 | 1,765 | 198 | 310,35 | 5 | 10 | | | | | | | | | |
| 5 | 2,487 | 154 | 424,28 | 6 | 18 | | | | | | | | | |
| 6 | 1,954 | 190 | 356,71 | 8 | 16 | | | | | | | | | |
| 7 | 2,49 | 256 | 702,88 | 7 | 28 | | | | | | | | | |
| 8 | 2,853 | 216 | 722,03 | 5 | 10 | | | | | | | | | |
| 9 | 2,735 | 53 | 171,13 | 4 | 16 | | | | | | | | | |
| 10 | 1,3 | 130 | 106,91 | 6 | 24 | | | | | | | | | |
| 11 | 2,245 | 70 | 168,20 | 5 | 15 | | | | | | | | | |
| 12 | 3,129 | 120 | 457,70 | 9 | 27 | | | | | | | | | |
| 13 | 2,541 | 187 | 530,51 | 7 | 21 | | | | | | | | | |
| 14 | 3,543 | 254 | 1134,42 | 4 | 16 | | | | | | | | | |
| 15 | 2,463 | 154 | 418,24 | 5 | 15 | | | | | | | | | |
| 16 | 3,453 | 187 | 809,15 | 7 | 28 | | | | | | | | | |
| SUMA | | | 7827,08 | 95 | 301 | | | | | promedio volumen | 9,421 | | | 0,983 |
| PROMEDIO | | | 489,19 | | | | | | | V. Total | 895,04 | | | 295,918 |

ANEXO 11.- Volumen real total (cm³)

| VOLUMEN REAL | | | | |
|--------------|--------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| | V. ramas primarias | V. ramas secundarias | V. ramas terciarias | V. total |
| RODAL 1 | 7827,08 | 895,04 | 295,92 | 9018,04 |
| RODAL 2 | 12254,15 | 772,50 | 266,15 | 13292,80 |
| RODAL 3 | 11380,81 | 363,06 | 160,39 | 11904,26 |
| RODAL 4 | 11552,32 | 1405,28 | 333,17 | 13290,76 |
| RODAL 5 | 10183,42 | 904,23 | 206,97 | 11294,62 |
| RODAL 6 | 21755,93 | 1749,93 | 322,98 | 23828,84 |
| RODAL 7 | 18627,41 | 2254,02 | 334,76 | 21216,18 |
| RODAL 8 | 14165,01 | 483,83 | 244,87 | 14893,71 |
| RODAL 9 | 12895,20 | 1477,73 | 438,79 | 14811,73 |
| RODAL 10 | 15345,59 | 1044,05 | 348,59 | 16738,23 |
| RODAL 11 | 25840,71 | 924,14 | 410,84 | 27175,69 |
| RODAL 12 | 13293,12 | 905,15 | 213,81 | 14412,08 |
| RODAL 13 | 18310,73 | 2311,89 | 326,06 | 20948,68 |
| RODAL 14 | 17974,47 | 582,01 | 380,09 | 18936,56 |
| RODAL 15 | 12899,24 | 607,98 | 262,60 | 13769,82 |
| RODAL 16 | 10029,38 | 1241,97 | 372,14 | 11643,49 |
| RODAL 17 | 9740,67 | 874,57 | 240,78 | 10856,02 |
| RODAL 18 | 5717,57 | 609,14 | 223,77 | 6550,49 |
| RODAL 19 | 4558,69 | 657,32 | 147,67 | 5363,69 |
| RODAL 20 | 8033,85 | 1024,66 | 367,31 | 9425,82 |
| RODAL 21 | 16004,18 | 1228,33 | 359,60 | 17592,10 |
| RODAL 22 | 3703,86 | 737,93 | 132,53 | 4574,32 |
| RODAL 23 | 7908,81 | 1131,68 | 391,13 | 9431,62 |
| RODAL 24 | 6527,39 | 1031,25 | 397,65 | 7956,29 |
| RODAL 25 | 3302,50 | 778,99 | 220,85 | 4302,35 |
| RODAL 26 | 11345,53 | 1514,67 | 465,06 | 13325,26 |
| RODAL 27 | 9308,85 | 1510,85 | 398,90 | 11218,60 |
| RODAL 28 | 9663,11 | 1781,65 | 367,54 | 11812,30 |
| RODAL 29 | 1976,12 | 373,46 | 139,99 | 2489,57 |
| RODAL 30 | 5779,29 | 822,71 | 217,97 | 6819,97 |
| MEDIA | 11263,50 | 1066,67 | 299,63 | 12629,80 |
| DEST. TIP | 5600,18 | 501,66 | 94,12 | 5877,99 |
| TOTAL | 337905,00 | 32000,01 | 8988,88 | 378893,89 |
| PORCENTAJE | 89,18 | 8,45 | 2,37 | 100,00 |

ANEXO 12.- Volumen real total (cm³)

| FUNCION DE REGRESION MULTIPLE | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---------|-------|-------------|-------------------|----------|---------------------|
| RODAL | D1 | D2 | D | L | D2 | D*L | L2 | D2*L | V. Aparente Total | V. total | Factor de ocupación |
| RODAL 1 | 213 | 230 | 222 | 256,00 | 49062 | 56704 | 65536 | 12559936,00 | 9864573,73 | 9018,04 | 0,914 |
| RODAL 2 | 180 | 175 | 178 | 165,00 | 31506 | 29287,5 | 27225 | 5198531,25 | 4082926,44 | 13292,80 | 3,256 |
| RODAL 3 | 245 | 248 | 247 | 260,00 | 60762 | 64090 | 67600 | 15798185,00 | 12407894,50 | 11904,26 | 0,959 |
| RODAL 4 | 278 | 289 | 284 | 310,00 | 80372 | 87885 | 96100 | 24915397,50 | 19568553,20 | 13290,76 | 0,679 |
| RODAL 5 | 250 | 243 | 247 | 276,00 | 60762 | 68034 | 76176 | 16770381,00 | 13171457,24 | 11294,62 | 0,858 |
| RODAL 6 | 231 | 212 | 222 | 230,00 | 49062 | 50945 | 52900 | 11284317,50 | 8862702,96 | 23828,84 | 2,689 |
| RODAL 7 | 190 | 169 | 180 | 167,00 | 32220 | 29976,5 | 27889 | 5380781,75 | 4226065,99 | 21216,18 | 5,020 |
| RODAL 8 | 215 | 187 | 201 | 187,00 | 40401 | 37587 | 34969 | 7554987,00 | 5933686,79 | 14893,71 | 2,510 |
| RODAL 9 | 205 | 195 | 200 | 235,00 | 40000 | 47000 | 55225 | 9400000,00 | 7382760,00 | 14811,73 | 2,006 |
| RODAL 10 | 178 | 189 | 184 | 165,00 | 33672 | 30277,5 | 27225 | 5555921,25 | 4363620,55 | 16738,23 | 3,836 |
| RODAL 11 | 220 | 254 | 237 | 287,00 | 56169 | 68019 | 82369 | 16120503,00 | 12661043,06 | 27175,69 | 2,146 |
| RODAL 12 | 231 | 215 | 223 | 243,00 | 49729 | 54189 | 59049 | 12084147,00 | 9490889,05 | 14412,08 | 1,519 |
| RODAL 13 | 190 | 176 | 183 | 175,00 | 33489 | 32025 | 30625 | 5860575,00 | 4602895,61 | 20948,68 | 4,551 |
| RODAL 14 | 167 | 156 | 162 | 186,00 | 26082 | 30039 | 34596 | 4851298,50 | 3810209,84 | 18936,56 | 4,970 |
| RODAL 15 | 180 | 190 | 185 | 212,00 | 34225 | 39220 | 44944 | 7255700,00 | 5698626,78 | 13769,82 | 2,416 |
| RODAL 16 | 230 | 205 | 218 | 165,00 | 47306 | 35887,5 | 27225 | 7805531,25 | 6130464,24 | 11643,49 | 1,899 |
| RODAL 17 | 260 | 245 | 253 | 286,00 | 63756 | 72215 | 81796 | 18234287,50 | 14321209,40 | 10856,02 | 0,758 |
| RODAL 18 | 276 | 280 | 278 | 296,00 | 77284 | 82288 | 87616 | 22876064,00 | 17966860,67 | 6550,49 | 0,365 |
| RODAL 19 | 110 | 129 | 120 | 125,00 | 14280 | 14937,5 | 15625 | 1785031,25 | 1401963,54 | 5363,69 | 3,826 |
| RODAL 20 | 236 | 230 | 233 | 265,00 | 54289 | 61745 | 70225 | 14386585,00 | 11299223,86 | 9425,82 | 0,834 |
| RODAL 21 | 287 | 275 | 281 | 298,00 | 78961 | 83738 | 88804 | 23530378,00 | 18480758,88 | 17592,10 | 0,952 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|--------|-------|---------|--------|-------------------|--------------|-----------|-------|
| RODAL 22 | 290 | 3 | 147 | 324,00 | 21462 | 47466 | 104976 | 6953769,00 | 5461490,17 | 4574,32 | 0,838 |
| RODAL 23 | 236 | 217 | 227 | 242,00 | 51302 | 54813 | 58564 | 12415144,50 | 9750854,49 | 9431,62 | 0,967 |
| RODAL 24 | 253 | 254 | 254 | 243,00 | 64262 | 61600,5 | 59049 | 15615726,75 | 12264591,79 | 7956,29 | 0,649 |
| RODAL 25 | 287 | 286 | 287 | 308,00 | 82082 | 88242 | 94864 | 25281333,00 | 19855958,94 | 4302,35 | 0,217 |
| RODAL 26 | 278 | 3 | 141 | 315,00 | 19740 | 44257,5 | 99225 | 6218178,75 | 4883757,59 | 13325,26 | 2,728 |
| RODAL 27 | 212 | 243 | 228 | 203,00 | 51756 | 46182,5 | 41209 | 10506518,75 | 8251819,83 | 11218,60 | 1,360 |
| RODAL 28 | 197 | 254 | 226 | 212,00 | 50850 | 47806 | 44944 | 10780253,00 | 8466810,71 | 11812,30 | 1,395 |
| RODAL 29 | 315 | 287 | 301 | 342,00 | 90601 | 102942 | 116964 | 30985542,00 | 24336044,69 | 2489,57 | 0,102 |
| RODAL 30 | 212 | 243 | 228 | 256,00 | 51756 | 58240 | 65536 | 13249600,00 | 10406235,84 | 6819,97 | 0,655 |
| | | | | | | | | promedio | 9980198,35 | 12629,80 | 1,86 |
| | | | | | | | | desv.tip | 5664025,38 | 5877,99 | 1,43 |
| | | | | | | | | total v. aparente | 299405950,37 | 378893,89 | 55,87 |

ANEXO 13.- Humedad (%)

| 24-jun-13 | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %Humedad |
| Muestra 1 | 15,27 | 19,53 | 17,43 | 49,296 |
| Muestra 2 | 16,90 | 21,94 | 18,88 | 60,714 |
| Muestra 3 | 11,47 | 18,68 | 15,02 | 50,763 |
| Muestra 4 | 81,46 | 89,06 | 84,79 | 56,184 |
| Muestra 5 | 89,17 | 96,13 | 92,07 | 58,333 |
| | | Media | | 55,058 |
| | | D.T. | | 4,890 |

| 25-jun-13 | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %Humedad |
| Muestra 1 | 81,44 | 96,10 | 89,46 | 45,293 |
| Muestra 2 | 89,15 | 103,91 | 97,14 | 45,867 |
| Muestra 3 | 69,49 | 80,13 | 75,20 | 46,335 |
| Muestra 4 | 103,81 | 111,27 | 107,75 | 47,185 |
| Muestra 5 | 92,80 | 105,52 | 99,64 | 46,226 |
| | | Media | | 46,181 |
| | | D.T. | | 0,693 |

| 26-jun-13 | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %Humedad |
| Muestra 1 | 81,44 | 96,10 | 89,46 | 45,293 |
| Muestra 2 | 89,15 | 103,91 | 97,14 | 45,867 |
| Muestra 3 | 69,49 | 80,13 | 77,20 | 27,538 |
| Muestra 4 | 103,81 | 111,27 | 107,75 | 47,185 |
| Muestra 5 | 92,80 | 105,92 | 99,64 | 47,866 |
| | | Media | | 42,750 |
| | | D.T. | | 8,565 |

| 27-jun-13 | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %Humedad |
| Muestra 1 | 81,44 | 89,91 | 86,90 | 35,537 |
| Muestra 2 | 89,15 | 101,38 | 97,01 | 35,732 |
| Muestra 3 | 69,49 | 76,09 | 73,79 | 34,848 |
| Muestra 4 | 103,81 | 112,13 | 109,03 | 37,260 |
| Muestra 5 | 92,80 | 106,96 | 102,10 | 34,322 |
| | | Media | | 35,540 |
| | | D.T. | | 1,113 |

| 01-jul-13 | | | | |
|-----------|--------|--------|-------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %Humedad |
| Muestra 1 | 81,44 | 86,37 | 84,71 | 33,671 |
| Muestra 2 | 89,15 | 94,00 | 92,79 | 24,948 |
| Muestra 3 | 69,49 | 73,52 | 72,18 | 33,251 |
| Muestra 4 | 103,81 | 108,02 | 106,8 | 28,979 |
| Muestra 5 | 92,80 | 98,43 | 96,88 | 27,531 |
| | | Media | | 29,676 |
| | | D.T. | | 3,748 |

ANEXO 14.- Densidad (m/c³)

| ESTUDIO DE DENSIDAD HUMEDO | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------|------------------|
| | Peso muestra gr | V. Humedo | m/c ³ |
| Muestra 1 | 4,78 | 5 | 0,956 |
| Muestra 2 | 5,03 | 6 | 0,838 |
| Muestra 3 | 4,01 | 5 | 0,802 |
| Muestra 4 | 5,94 | 6 | 0,99 |
| Muestra 5 | 5,95 | 10 | 0,595 |
| Muestra 6 | 13,44 | 14 | 0,96 |
| | | Media | 0,857 |
| | | D.T. | 0,148 |

| ESTUDIO DE DENSIDAD SECO | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------|------------------|
| | Peso muestra gr | V. Humedo | m/c ³ |
| Muestra 1 | 4,57 | 5 | 0,914 |
| Muestra 2 | 4,75 | 7 | 0,679 |
| Muestra 3 | 3,93 | 4 | 0,9825 |
| Muestra 4 | 5,76 | 6 | 0,9600 |
| Muestra 5 | 5,63 | 4 | 1,4075 |
| Muestra 6 | 7,74 | 8 | 0,9675 |
| | | Media | 0,985 |
| | | D.T. | 0,236 |

ANEXO 15.- Porcentaje de cenizas (%)

| 25/06/2013 | | | | |
|------------|--------|-------|-------|----------|
| | m1 | m2 | m3 | %cenizas |
| Muestra 1 | 15,25 | 17,37 | 15,3 | 2,358 |
| Muestra 2 | 16,19 | 18,44 | 16,24 | 2,222 |
| Muestra 3 | 11,48 | 14,84 | 11,55 | 2,083 |
| Muestra 4 | 11,95 | 14,82 | 12,02 | 2,439 |
| Muestra 5 | 18,760 | 21,57 | 18,82 | 2,135 |
| | | | Media | 2,248 |
| | | | D.T. | 0,149 |

ANEXO 16.- Peso de los rodales (Kg)

| RODAL | V. Aparente | PESO húmedo Kg | PESO seco Kg | biomasa/v.ap)kg/m3 | V. Real Total | Factor de ocupación |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|
| RODAL 1 | 9864573,73 | 10,50 | 5,25 | 0,53 | 9018,04 | 0,91 |
| RODAL 2 | 4082926,44 | 7,40 | 3,70 | 0,91 | 13292,80 | 3,26 |
| RODAL 3 | 12407894,50 | 11,65 | 5,83 | 0,47 | 11904,26 | 0,96 |
| RODAL 4 | 19568553,20 | 13,54 | 6,77 | 0,35 | 13290,76 | 0,68 |
| RODAL 5 | 13171457,24 | 15,40 | 7,70 | 0,58 | 11294,62 | 0,86 |
| RODAL 6 | 8862702,96 | 15,67 | 7,84 | 0,88 | 23828,84 | 2,69 |
| RODAL 7 | 4226065,99 | 22,65 | 11,33 | 2,68 | 21216,18 | 5,02 |
| RODAL 8 | 5933686,79 | 14,32 | 7,16 | 1,21 | 14893,71 | 2,51 |
| RODAL 9 | 7382760,00 | 17,54 | 8,77 | 1,19 | 14811,73 | 2,01 |
| RODAL 10 | 4363620,55 | 21,43 | 10,72 | 2,46 | 16738,23 | 3,84 |
| RODAL 11 | 12661043,06 | 14,34 | 7,17 | 0,57 | 27175,69 | 2,15 |
| RODAL 12 | 9490889,05 | 26,12 | 13,06 | 1,38 | 14412,08 | 1,52 |
| RODAL 13 | 4602895,61 | 17,27 | 8,64 | 1,88 | 20948,68 | 4,55 |
| RODAL 14 | 3810209,84 | 14,18 | 7,09 | 1,86 | 18936,56 | 4,97 |
| RODAL 15 | 5698626,78 | 18,65 | 9,33 | 1,64 | 13769,82 | 2,42 |
| RODAL 16 | 6130464,24 | 21,24 | 10,62 | 1,73 | 11643,49 | 1,90 |
| RODAL 17 | 14321209,40 | 26,54 | 13,27 | 0,93 | 10856,02 | 0,76 |
| RODAL 18 | 17966860,67 | 26,41 | 13,21 | 0,73 | 6550,49 | 0,36 |
| RODAL 19 | 1401963,54 | 28,58 | 14,29 | 10,19 | 5363,69 | 3,83 |
| RODAL 20 | 11299223,86 | 14,24 | 7,12 | 0,63 | 9425,82 | 0,83 |
| RODAL 21 | 18480758,88 | 25,11 | 12,56 | 0,68 | 17592,10 | 0,95 |
| RODAL 22 | 5461490,17 | 27,51 | 13,76 | 2,52 | 4574,32 | 0,84 |
| RODAL 23 | 9750854,49 | 26,43 | 13,22 | 1,36 | 9431,62 | 0,97 |
| RODAL 24 | 12264591,79 | 17,32 | 8,66 | 0,71 | 7956,29 | 0,65 |
| RODAL 25 | 19855958,94 | 26,54 | 13,27 | 0,67 | 4302,35 | 0,22 |
| RODAL 26 | 4883757,59 | 25,65 | 12,83 | 2,63 | 13325,26 | 2,73 |
| RODAL 27 | 8251819,83 | 29,54 | 14,77 | 1,79 | 11218,60 | 1,36 |
| RODAL 28 | 8466810,71 | 27,62 | 13,81 | 1,63 | 11812,30 | 1,40 |
| RODAL 29 | 24336044,69 | 25,43 | 12,72 | 0,52 | 2489,57 | 0,10 |
| RODAL 30 | 10406235,84 | 24,54 | 12,27 | 1,18 | 6819,97 | 0,66 |
| promedio | 9980198,35 | 20,45 | 10,22 | 1,55 | 12629,80 | 1,86 |
| desv.tip | 5664025,38 | 6,30 | 3,15 | 1,77 | 5877,99 | 1,43 |
| total v. aparente | 299405950,37 | 613,36 | 306,68 | 46,46 | 378893,89 | 55,87 |

ANEXO 17.- Tiempos de corte y recolección (minutos)

| LOGISTICA | | |
|-----------|-----------------|--------------------|
| RODAL | TIEMPO DE CORTE | TIEMPO DE RECOGIDA |
| 1 | 12,35 | 4,53 |
| 2 | 9,35 | 5,25 |
| 3 | 10,12 | 6,41 |
| 4 | 7,45 | 7,12 |
| 5 | 8,07 | 3,76 |
| 6 | 7,51 | 3,01 |
| 7 | 9,28 | 4,08 |
| 8 | 13,11 | 4,35 |
| 9 | 9,24 | 4,64 |
| 10 | 15,54 | 6,04 |
| 11 | 8,05 | 4,37 |
| 12 | 13,41 | 3,56 |
| 13 | 13,2 | 5,25 |
| 14 | 8,46 | 3,54 |
| 15 | 14,25 | 5,27 |
| 16 | 13,47 | 4,23 |
| 17 | 8,21 | 6,16 |
| 18 | 8,16 | 6,42 |
| 19 | 10,47 | 5,10 |
| 20 | 15,01 | 5,32 |
| 21 | 9,36 | 4,32 |
| 22 | 11,17 | 5,37 |
| 23 | 10,56 | 4,45 |
| 24 | 14,35 | 5,35 |
| 25 | 9,47 | 6,21 |
| 26 | 8,39 | 4,2 |
| 27 | 7,01 | 5,38 |
| 28 | 14,52 | 6,29 |
| 29 | 12,32 | 5,54 |
| 30 | 9,27 | 6,31 |