

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA EN EL CULTIVO DE
MORA (*Rubus glaucus* Benth cv. De Castilla).

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE: ING.
AGRÓNOMO

AUTOR: ROBERTO SANTIAGO SORIA RAMÍREZ.

Cevallos, Ecuador

2014

AUDITORIA DE LA INVESTIGACIÓN

La Presente Tesis constituye requisito previo para la obtención del título de INGENIERO AGRÓNOMO, en la dirección general de grados de la Universidad Técnica de Ambato.

Yo, ROBERTO SANTIAGO SORIA RAMÍREZ, con cédula de identidad No. 1803372349 declaro: Que la investigación es absolutamente original, auténtica y personal. También que los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

Roberto Soria Ramírez

Autor: 1803372349

CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA EN EL
CULTIVO DE MORA (*Rubus glaucus* Benth cv. De Castilla).

REVISADO POR:

.....

Ing. Mg. Luciano Valle

TUTOR

.....

Ing. Mg. Giovanni Velástegui

ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

FECHA

.....

Ing. Mg. Hernán Zurita Vásquez

PRESIDENTE

.....

.....

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

.....

.....

Ing. Mg. Juan Carlos Aldás

.....

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermana, que son pilar fundamental para mi vida, ya que gracias a ellos, he tenido la oportunidad de estudiar y superarse cada día, también esta conquista que he alcanzado en mi vida, está dedicada a mis anhelados abuelitos, que están en el cielo que me apoyaron cuando era muy pequeño, incentivándome siempre a seguir adelante, venciendo las dificultades, y tropiezos que se me presenten en el trayecto de mi existencia con constancia y sabiduría.

Roberto Soria Ramírez

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento esta para todas y cada una de las personas que contribuyeron de una u otra forma en el estudio de mi Ingeniería, desde el principio, desarrollo y final de esta carrera para obtener mi título de tercer nivel, que alimentará con conocimientos adquiridos en las aulas de mi prestigiosa universidad, para así poder desenvolverme sin ningún problema en mi vida profesional.

Así, a las dignas autoridades de la Universidad Técnica de Ambato, a mis excelentes profesores académicos, al Dr. Borja Velázquez quien nos guió en la tabulación, redacción y comprensión de los datos obtenidos, así como también de la metodología empleada en la investigación, y a mis compañeros de aula que fueron parte importante de este logro alcanzado.

Roberto Soria Ramírez

Índice general de contenidos

Pág.

Contenido

AUTOR: ROBERTO SANTIAGO SORIA RAMÍREZ.....	I
AUDITORÍA DE LA TESIS.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	X
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
SUMMARY.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento de problema.....	2
1.2. Análisis crítico del problema.....	3
1.2.1. Prognosis.....	5
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. General.....	8
1.4.2. Específicos.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS.....	9
2.1. Antecedentes investigativos.....	9
2.2 Marco conceptual o categorías fundamentales.....	10
2.2.1. Biomasa.....	10
2.2.2 Nutrientes de las plantas.....	11
2.2.2.1 Macronutrientes.....	12
2.2.2.2.1 Nitrógeno.....	12

2.2.2.2.2 Fósforo.....	12
2.2.2.2.3 Potasio.....	13
2.2.2.3. Micronutrientes de las plantas.....	13
2.2.3. La mora de castilla.....	14
2.2.3.1. Origen.....	14
2.2.3.2. Clasificación taxonómica.....	14
2.2.3.3. Descripción botánica.....	15
2.2.3.4. Requerimientos para el cultivo.....	15
2.2.3.5. Variedades.....	15
2.2.3.6. Función nutricional de la mora de castilla.....	16
2.2.3.7. Preparación del terreno.....	16
2.2.3.8. Propagación.....	16
2.2.3.9. Plantación.....	17
2.2.3.10 Podas.....	17
2.2.3.11. Abonadura y fertilización.....	17
2.2.3.12. Coronamiento.....	17
2.2.3.13. Riegos.....	18
2.2.3.14. Manejo de cosecha y poscosecha.....	18
2.2.3.15. Control de malezas.....	18
2.2.3.16. Principales plagas y enfermedades.....	18
2.2.4. Calidad de los frutos.....	19
2.2.4.1. La calidad y el sabor de los frutos.....	19
2.3. Hipótesis.....	19
2.4. Variables de la hipótesis.....	20
2.4.1. Variables independientes.....	20
2.4.2. Variables dependientes.....	20
2.5. Operacionalización de variables.....	21
2.5.1. Variable dependiente.....	21
2.5.2. Variable independiente.....	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA.....	23
3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23

3.1.1. Enfoque.....	23
3.1.2. Modalidad.....	23
3.1.3. Tipo.....	23
3.2. Ubicación del ensayo.....	23
3.3. Caracterización del lugar.....	23
3.4. Factores de estudio.....	24
3.5. Diseño experimental.....	24
3.6. Análisis estadístico.....	25
3.7. Datos tomados.....	26
3.8. Procesamiento de la información recolectada.....	28
3.9. Manejo de la investigación.....	29
CAPÍTULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Modelos de regresión.....	30
4.1. Análisis dendrométrico de las ramas.....	31
4.2. Caracterización física de la biomasa.....	34
4.3. Logística.....	35
4.4. Interpretación de los resultados.....	36
4.5. Verificación de la hipótesis.....	37
CAPÍTULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
CAPÍTULO VI.....	40
6.1. Título.....	40
6.2. Fundamentación.....	40
6.2.1. Análisis dendrométrico de las ramas.....	40
6.2.2. Análisis de la cantidad de biomasa en la planta entera.....	42
6.2.3. Logística.....	43
6.3. Objetivo.....	43
6.4. Justificación e importancia.....	43
6.5. Manejo técnico.....	45

6.6. Implementación/ plan de acción.....	46
6.7. Costos.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	49

Índice de tablas y figuras

Pág.

Contenido

Tablas

Tabla No 1. Superficie ocupada de mora en la provincia.....	5
Tabla No 2. Factor nutricional de la mora de castilla.....	16
Tabla No3. Variables dependientes.....	21
Tabla No 4. Variables independientes.....	22
Tabla No 5. Diseño experimental.....	24
Tabla No 6. Descripción estadística de los parámetros medidos en las ramas de la mora de castilla.	31
Tabla No 7. Descripción estadística de los parámetros medidos en toda planta de la mora de castilla.....	32
Tabla No 8. Factor de forma de la mora de castilla.....	34
Tabla No 9. Media y desviación típica de los parámetros físicos del material lignocelulosico de la planta de mora de castilla.....	34
Tabla No 10. Análisis unidimensional de tiempos de poda.....	35
Tabla No 11. Análisis unidimensional de tiempos de recolección de residuos.....	36
Tabla No 12. Costos.....	43

FIGURAS

FIGURA No 1. Mediciones de diámetros cada cierto intervalo.....	26
FIGURA No 2. Sección de un tronco de cono, donde R = radio mayor; r = radio menor; h = longitud del intervalo.....	26
FIGURA No 3. Tipos de distribución según la asimetría.....	33
FIGURA No 4. Clasificación de las distribuciones de acuerdo a su grado de apuntamiento	33

Índice de ecuaciones

	Pág.
Contenido	
Ecuación 1.....	26
Ecuación 2.....	27
Ecuación 3.....	27
Ecuación 4.....	27
Ecuación 5.....	27

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de esta investigación es implementar el estudio de la cuantificación y logística de la biomasa existente en los cultivos, ya que aquí en el país este tema es desconocido por nuestros productores y agricultores.

Es necesario aclarar que en países como Alemania y España el aprovechamiento de la cuantificación y logística de la biomasa agrícola ya es una práctica común, ya que estos países son los pioneros en realizar estos estudios e investigaciones gracias a los cuales a nosotros se nos ha facilitado encontrar las ecuaciones que den como resultado el porcentaje total de biomasa que tiene la mora y su factor de forma, pues en el país como es de suponerse los resultados arrojados por este trabajo no varían mucho con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas en los países anteriormente mencionados.

Esta técnica es muy nueva y los primeros estudios reconocidos a nivel nacional fueron realizados por la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Gran parte de la superficie de la provincia de Tungurahua está destinada a la producción de mora de castilla, pese a esto no se aprovecha el recurso de la biomasa lo que no permite que el margen de ganancia de este cultivo pueda ser mayor.

Otro de los objetivos importantes de esta tesis es poder determinar la cantidad de biomasa que puede generar la mora de castilla lo que nos permitirá conocer el factor de forma que tienen las ramas aplicando la ecuación respectiva.

Finalmente lo que pretendo con este estudio es dar un aporte cognitivo a los agricultores de esta especie, con la finalidad de que llevando a la práctica este conocimiento se acarree como consecuencia un mayor beneficio económico y al mismo tiempo evitar el desperdicio en el que se ha constituido las podas cuando las ramas son desechadas sin el debido tratamiento.

Como recomendación considero que este conocimiento no debe limitarse hacer un estudio previo la obtención de mi título sino más bien se haga todo lo posible por llegar a los agricultores con charlas técnicas que le permita conocer y aprovechar este recurso para mejorar sus ingresos.

SUMMARY

The main objective of this research is to implement the study of the quantification and logistics existing biomass crops, as here at home this problem is unknown to our producers and farmers.

To be sure, in countries like Germany and Spain the use of quantification and logistics in the agricultural biomass is already a common practice, as these countries are the pioneers in these studies and research through which to we should find the equations that result in the total percentage of biomass that has the mulberry and its form factor, because the country is assumed as the results obtained from this study do not vary much with the results of research conducted in countries previous.

This technique is very new and the first nationally recognized studies were conducted by the Technical University of Ambato in the Faculty of Agricultural Sciences.

Much of the area of the province of Tungurahua is intended for the production of mulberry Castile, despite this biomass resource which does not allow the profit previous of this culture can't fail to be greater.

Another important objective of this thesis is to determine the amount of biomass that can generate castilla mulberry allowing us to meet the form factor with the branches using the respective equation.

Finally what I intend with this study is to provide a cognitive contribution to farmers in this species, with the objective that by implementing this knowledge entailing result in greater economic benefit while avoiding waste where it has been made when pruning branches are discarded without proper treatment.

As a recommendation consider this knowledge should not be limited to make a previous study obtaining my titles but rather make every effort to reach farmers with technical talks and prepared to learn and take advantage of this resource to improve your income.

INTRODUCCIÓN

El trabajo investigativo referente a la cuantificación y logística existentes en el cultivo de Mora (*Rubus glaucus* Benth cv. De Castilla), tiene como gran objetivo desarrollar modelos matemáticos que nos permita determinar la biomasa que contiene una planta de mora de castilla a partir de medidas sencillas, tales como son el diámetro y la altura del arbusto, por lo tanto la presente investigación se estructura de la siguiente manera:

El planteamiento del problema, que se fundamenta en la contextualización, el análisis crítico que toma las causas y efectos, se determina el objetivo general y los objetivos específicos, finalmente se detalla la justificación de la investigación.

El marco teórico sustentado en la bibliografía de la cuantificación y logística de biomasa, también enfoca la hipótesis de la investigación y el detalle de las variables en estudio.

El marco metodológico emplea la investigación, especificando las variables de estudio y se establecen las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la recolección de información.

Se realiza el análisis e interpretación de los resultados en las encuestas y la verificación de la hipótesis que avaliza la correlación de las variables de estudio.

Se elaboran las conclusiones y recomendaciones que se dan al tema en estudio.

Finalmente se encuentra la propuesta, la cual está conformada por el título, la justificación, los objetivos y las actividades realizadas las cuales se enfocan al modelo de logística de la administración.

CAPÍTULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Desconocimiento de la cantidad de la biomasa en mora de castilla resultante de las podas para estudios energéticos posteriores.

Una gran cantidad de biomasa residual con posible uso energético puede ser extraída de la gestión de las parcelas de arbustos frutales, especialmente en operaciones de poda, renovación de plantaciones y restos de cosecha, la biomasa residual en cultivos frutícolas es muy variable según las especies, variedades, densidad de plantación o sistemas de cultivo, actualmente estos residuos son amontonados o eliminados por quema en campo no consiguiendo ningún beneficio directo; el proyecto de investigación propuesto en esta convocatoria irá encaminado al estudio de la posible utilización de esta biomasa adicional de la fruticultura de la provincia de Tungurahua como fuente de energía, al tiempo de rentabilizar las operaciones de mantenimiento dentro de una gestión sostenible, esta fuente de biomasa no ha sido utilizada hasta ahora, debido a que presenta diferentes dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como por la carencia de suficiente información sobre la cantidad y calidad de estos residuos, esto imposibilita el desarrollo del sector bioenergético, el cual podría suponer una oportunidad para los agricultores, los cuales podrían conseguir diversificar sus ingresos, por un lado, el agricultor tendría un ingreso económico al comercializar sus productos alimentarios tradicionales, y por otro, existiría la posibilidad de recibir un ingreso por gestionar sus residuos orgánicos si el mercado bioenergético tuviera éxito. La elevada diversidad de los sistemas naturales de Ecuador, al igual que las distintas variantes tecnologías aplicables para transformar esa biomasa en biocombustibles propicia el desarrollo del presente proyecto de investigación, considerando cada ecosistema o tecnología.

El objetivo de este subproyecto será establecer parámetros de predicción, que posteriormente pueden ser aplicados a los inventarios de biomasa con destino energético o sistemas de información geográfica; caracterización de la biomasa obtenida en base a

su potencial energético o industrial; análisis de la logística para el abastecimiento; definición de la tecnología que permite mejorar la calidad energética de estos residuos.

Esto permitirá orientar mejor las políticas de promoción del uso energético de la biomasa; evaluar cuáles son los potenciales de biomasa residual procedente de los sistemas frutales de la provincia de Tungurahua; definir la tecnología apropiada para la extracción de biomasa potencial que todavía no ha sido utilizada. El proyecto pasa por dos fases:

1. Cuantificación de la biomasa residual producida en la poda, y de la existente en los arbustos enteros. Ésta dependerá de las características productivas del mismo.
2. Análisis técnico, económico de recogida de la biomasa para el transporte.

(Velázquez et al. 2010)

1.2. Análisis crítico del problema

La producción del cultivo de mora de Castilla es una actividad agrícola muy importante en nuestra provincia y se ha visto afectada en gran parte por el mal uso de los insumos agrícolas; los mismos que han ocasionado altos niveles de contaminación en el medio ambiente a la vez que han producido problemas de salud en la población, el empleo de tecnologías antiguas en los procesos productivos de la mora de castilla, han provocado además que este cultivo tenga bajos niveles de rentabilidad por lo que sus productores se han visto obligados a buscar nuevas fuentes de ingresos para sus familias, dejando parcial o totalmente de lado esta actividad agrícola; este problema se suscita a nivel nacional, porque las tecnologías para la obtención de una producción más limpia son escasamente difundidas, entre los agricultores que no encuentran el respaldo suficiente por parte de las instituciones del Estado, las universidades y otras instituciones inmersas en esta problemática de suma importancia para la Seguridad Alimentaria del país.

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 supone una reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera evitando el agravamiento del efecto invernadero, responsable del cambio climático, la oportunidad que supone un programa de

investigación como el que se plantea en este trabajo, 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 que se tiene la oportunidad de ser pioneros en el análisis de estos ecosistemas para la obtención de bioenergía, y ser referenciados en trabajos posteriores. (Velázquez, B. 2013)

1.2.1. Prognosis

Esta investigación se realiza en un cultivo de mora de castilla ubicado en San Miguelito de Píllaro, de la provincia de Tungurahua, y trata de generar una forma de aprovechamiento de la biomasa existente de los desechos en las podas y en general para saber la cantidad existente de esta en una planta entera.

Si la producción de mora en la provincia, así como la del país continúa sin que se aproveche la cuantificación y logística de la biomasa que posee dicha planta, ocasionará una rebaja en su rentabilidad, ya que por el desconocimiento que existe sobre el tema, el reducido margen de ganancia suele ocasionar que los productores de esta especie opten por reemplazar sus cultivos por otros, que ofrezcan una mayor rentabilidad, lo que causaría el fin del cultivo, perjudicando así a todos los pequeños y medianos productores de mora de castilla en la provincia y en el país entero.

1.3. Justificación

Según INEC, en la provincia de Tungurahua existe una superficie de 3369,4 km², la que es aprovechada en actividades eminentemente agrícolas, con el 34% de la PEA dedicada a la producción de frutales como se registra a continuación en la tabla 1

Tabla No. 1 Superficie ocupada de mora en la provincia

MORA	SUPERFICIE TOTAL ha	PRODUCCIÓN t/año	RENDIMIENTO t/ha
Asociado	648	483	5,42
Solo	671	2239	15,45

Se ha detectado un interés creciente por la tecnología destinada al tratamiento de los residuos agrícolas así como de su utilización con fines energéticos, sin embargo, son escasas las experiencias reales que persigan la modernización y optimización de estas operaciones, junto a una valoración global de la cadena producción-abastecimiento.

Las características productivas de los sistemas agrícolas ecuatorianos con estructuras de propiedad muy diseminada, reducida superficie de las explotaciones y estrechos marcos de plantación obligan a un análisis particularizado de las tecnologías a emplear, la

utilización de los residuos generados por tales sistemas para destino energético supone una oportunidad de rentabilizar su gestión, dado que ahora no proporcionan ningún beneficio directo, para esto es necesario realizar una valoración de los potenciales existentes en los diferentes cultivos y variedades, determinar la tecnología apropiada para extraer, transportar y obtener un producto energético de calidad, ello permitirá orientar mejor las políticas de promoción del uso energético de la biomasa. Diversas empresas muestran 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 promovida por las administraciones públicas. El desarrollo de esta tecnología revertirá beneficiosamente en dos sectores:

- a) **Sector agrario**, en el que se estudiarán sistemas de recogida de residuos de podas, analizando el coste, organización del trabajo etc.
- b) **Sector energético y maderero**. Se realizará un análisis de la logística para el abastecimiento; definición de la tecnología que permite mejorar la calidad energética o industrial de estos residuos, 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.

Mediante esta investigación se obtuvieron parámetros de predicción de la biomasa potencial que se puede extraer del cultivo de mora de castilla, posteriormente estos parámetros pueden ser aplicados a los inventarios agrícolas o sistemas de información geográfica, de forma que permita gestionar o hacer políticas de promoción de usos de esta biomasa.

Se obtuvieron conocimientos sobre la tecnología apropiada para extraer los residuos energéticos de los sistemas agrícolas, también sobre las carencias o necesidades de infraestructuras para realizar estas operaciones.

Se caracterizó la biomasa producida por el cultivo de mora de castilla en base a su potencial energético.

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

convencionales, se realizará un sistema de información geográfica que servirá de instrumento en la gestión de estos recursos.

Los resultados de las determinaciones de la fracción de biomasa potencial obtenida en los diferentes sistemas productivos son explotables a diferentes ámbitos de carácter local, regional e incluso diferentes países de sistemas agrícolas similares, mediante esta aplicación a sus inventarios.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Cuantificar, caracterizar y evaluar la logística de la biomasa en el cultivo de mora de castilla.

1.4.2. Específicos

- Determinar el factor de forma en las ramas y análisis de su variabilidad en mora de castilla, como instrumento para el cálculo de su volumen a partir de mediciones sencillas tales como: diámetro de la base y longitud de la rama.
- Determinar las funciones de volumen de ramas de mora de castilla, para el cálculo de su biomasa a partir de mediciones sencillas tales como diámetro de la base y longitud de la rama.
- Evaluar la biomasa existente en la mora de castilla.
- Obtener un factor de ocupación que relacione el volumen aparente del arbusto con la biomasa contenida en el mismo.
- Determinar la biomasa residual obtenida por arbusto de la mora a partir de la poda.
- Obtener ecuaciones predictivas de la biomasa residual procedente de la poda, a partir de variables explicativas de fácil medición: Diámetro de la copa (D_c), Altura de la planta (H_p), Altura de la copa (H_c) y Marco de plantación (M_p).

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

2.1. Antecedentes investigativos

En los últimos años, el estudio de fuentes de energía renovables está cobrando 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, diversos estudios están encaminados a la cuantificación de este recurso en sistemas mediterráneos (Velázquez et al. 2010a ; Velázquez et al. 2010b) o Schneider, (2001) en Brasil, pero estos residuos deben realizarse de forma particularizada en cada ecosistema específico y además complementados con la valoración de sus propiedades energéticas (Vargas et al., 2012). La presente investigación se centra en el desarrollo de modelos indirectos de predicción de la biomasa disponible de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), donde se realizaron estos tipos de análisis en la mencionada especie.

- Un análisis dendrométrico 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 en toda la planta de mora mediante el muestreo de las ramas, factores de ocupación o mediante funciones de regresión.
- Evaluación de la biomasa residual obtenida en los residuos de poda.
- Desarrollar modelos predictivos a partir de mediciones sencillas como diámetro de ramas, diámetro de toda la planta y altura de la misma.

2.2. Marco conceptual o categorías fundamentales

2.2.1. Biomasa

Los proyectos de cuantificación de biomasa agrícola están basados en la hipótesis de proporcionalidad entre los distintos elementos de los sistemas naturales, los sistemas naturales manifiestan una proporcionalidad, establecida por el equilibrio, si consideramos éstos sistemas en estado estacionario, 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 (Callejón-Ferre y López-Martínez, 2009). Los distintos tipos de biomasa del arbusto frutal 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 (Diéguez., et al., 2003; Velázquez et al., 2010).

La ciencia que se ocupa de la medición de las estructuras vegetales se denomina dendrometría, ésta se ha aplicado tradicionalmente a la ciencia forestal, donde se han desarrollado técnicas de medición o estimación de la biomasa leñosa en diferentes estructuras de los arbustos forestales, principalmente del fuste del árbol, por ser la fuente principal de madera para las industrias, la dendrometría para la medición de las estructuras leñosas de los arbustos frutales ha sido poco estudiada, sin embargo supone una oportunidad para la obtención de variables de podrían ser aplicadas a la gestión integral de la plantación (Velázquez et al., 2011), la dendrometría ofrece herramientas para la medición de la fracción leñosa de los arbustos frutales, tanto en el tallo como en la copa y ésta se podría correlacionar estadísticamente con la biomasa foliar, producción de frutos, necesidades nutricionales, necesidades de riego, residuos biomásicos generados en la poda, entre otros parámetros, basándonos en el principio de proporcionalidad (Velázquez et al. 2010).

La línea de investigación en la que se enmarca este subprograma se centra en la adaptación de las herramientas dendrométricas, a las plantaciones de árboles frutales con la finalidad de medir la parte leñosa, tanto en el fuste como en la copa, esto supone

determinar factores de forma, funciones de ahusamiento y funciones de volumen de las ramas, factores de ocupación y funciones de volumen de biomasa en la copa, a partir de estas determinaciones puede estimarse el volumen de biomasa en cada una de las estructuras y de la planta entera a partir de mediciones sencillas tal como el diámetro de la base del tallo, altura de la planta y diámetro de la copa. Ello permite la medición de la biomasa y de las dimensiones del arbusto individual, junto el estudio de su crecimiento.

Para la elaboración de estudios e inventarios espaciales de biomasa en parcelas, es necesario realizar muestreos de arbustos individuales, y después hacer inferencias a la población de individuos existentes (Velázquez and Annevelink, 2009), para ello pueden aplicarse técnicas de dasometría, la que se define como la ciencia que se ocupa de la determinación de volúmenes y crecimientos de las masas forestales, así como del estudio de las relaciones métricas y las que rigen su desarrollo (Diéguez., *et al.*, 2003).

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de técnicas de dendrometría adaptada, que permitirán la cuantificación rápida de la biomasa total que existe en especies vegetales a partir de variables de fácil medición: diámetro de copa, altura de la planta, diámetro del fuste, así también analizar su distribución de biomasa leñosa en la planta. La determinación de la biomasa de la planta nos permitirá calcular el CO₂ capturado por la planta en su crecimiento, determinar la biomasa residual generada cuando se arranca la plantación (al final de su ciclo productivo, por cambio varietal o cambio del uso del suelo), así como relacionar ésta con los residuos generados en la poda, la estimación de la biomasa de las parcelas de árboles frutales a partir de métodos dendrométricos y dasométricos nos permite establecer relaciones, entre sus características con variables obtenidas de la aplicación de técnicas de teledetección tales como la utilización de imágenes multiespectrales o escaneos con tecnología LiDAR (Estornell et al, 2011).

La biomasa total de la planta dependerá de las características agronómicas de la plantación, la especie, clima, altura de la planta, diámetro de copa, diámetro del tallo principal, tipo de poda que se le realiza, edad, marco de plantación, secano/regadío, etc.

2.2.2. Nutrientes de las plantas

Son los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, la cual los toma del suelo o del agua por irrigación, por inundación de las aguas subterráneas o en un medio

hidropónico. Los nutrientes primarios son el nitrógeno, el fósforo y el potasio los cuales son consumidos en cantidades relativamente grandes, tres nutrientes secundarios son tomados en menores cantidades, pero son esenciales para su crecimiento: el calcio, el magnesio y el azufre. Los micronutrientes o elementos trazas son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal, estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro, además, la presencia del sodio, cobalto y silicio parece ser favorable para algunas especies vegetales, pero no son considerados como nutrientes esenciales. (FAO. 1999)

2.2.2.1. Macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio)

2.2.2.1.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento necesario para cualquier célula viva, entra a formar parte de las proteínas y de las enzimas, es necesario para la síntesis y la transferencia de energía, el nitrógeno junto con el magnesio forma parte de la clorofila, por lo tanto es el responsable de que las plantas aparezcan de color verde, de que crezcan las hojas y de que produzcan los frutos y semillas adecuados, el nitrógeno se encuentra disuelto en la atmósfera y en el suelo en forma orgánica e inorgánica, la mayoría de nitrógeno que poseen las plantas procede de los fertilizantes o abonos, una proporción menor procede del aire y una mínima cantidad es la que incorpora el agua o la lluvia, el exceso de nitrógeno produce aumento de la parte verde en la planta pero puede ocasionar un retraso en la producción de frutos. (Botanical-online. 2012)

2.2.2.1.2. Fósforo

El fósforo, al igual que el nitrógeno también interviene en la fotosíntesis al ayudar a transformar la energía solar en energía química, la energía que las plantas consiguen de la fotosíntesis es almacenada en forma de fosfatados que posteriormente serán utilizados por la planta para crecer y reproducirse, el fósforo permite una correcta maduración de la planta, facilita el crecimiento y promueve la formación de las raíces y flores ya que interviene en la división y alargamiento celular, también incrementa la resistencia de las

plantas a las bajas temperaturas y las hace más resistentes a las enfermedades. (Botanical-online. 2012)

2.2.2.1.3. Potasio

Es el nutriente que las plantas absorben en mayor cantidad después del nitrógeno, aparece en forma de catión K^+ , ayuda a incrementar la fotosíntesis dado que, a mayores niveles de potasio, se incrementa la absorción de dióxido de carbono, interviene en la formación de azúcares (de ahí que muchas plantas reserva como las patatas, la vid o la remolacha consumen cantidades muy elevadas), igualmente es muy importante en el transporte de nutrientes; por ejemplo, un nivel adecuado de potasio permite el traspaso de almidón a los órganos de reserva, interviene en el crecimiento de las plantas por su poder para activar las enzimas, que son catalizadores de muchas reacciones químicas, es necesario para la absorción de agua por parte de las raíces y para la transpiración vegetal, este último aspecto lo efectúa al controlar la apertura de las estomas de las hojas, el potasio se encuentra muy relacionado con el nitrógeno, de manera que ambos resultan necesarios para la formación de las proteínas; un adecuado nivel de potasio determina que la planta sea más resistente a las enfermedades, incentiva la floración y aumenta su resistencia, los abonos potásicos consiguen enriquecer los frutos con proteínas; por lo tanto aumentan su densidad y mejoran su aspecto. (Botanical-online. 2012)

2.2.2.2. Micronutrientes de las plantas

El hecho de que las concentraciones de los micronutrientes son mucho más bajas, en comparación con los macronutrientes, en los tejidos de las plantas implicaría que cada uno de estos grupos de nutrientes tiene diferente papel en el crecimiento y metabolismo de las plantas y en la mayoría de los casos esto es verdad, las concentraciones más bajas de los micronutrientes se reflejan en su función como constituyentes de los grupos prostéticos en las metaloproteínas y como activadores de reacciones enzimáticas, su presencia en grupos prostéticos permite que éstos catalicen procesos redox por transferencia de electrones (principalmente los elementos de transición Fe, Mn, Cu y Mo). Los micronutrientes también forman complejos enzimáticos ligando una

enzima con un sustrato (Fe y Zn). Al momento se conoce también que varios micronutrientes (Mn, Zn y Cu) están presentes en las isoenzimas superóxido dismutasa (SD), las cuales actúan como sistemas de barrido para erradicar radicales de oxígeno tóxicos, protegiendo las biomembranas, ADN, clorofila y proteínas, para los no metales como B y Cl no existen enzimas u otros compuestos orgánicos esenciales bien definidos que contengan estos micronutrientes, sin embargo, se ha establecido que el B es un constituyente esencial de las paredes celulares. (Kyrkby, E. 2012)

2.2.3. La Mora de Castilla

2.2.3.1. Origen

La mora en general es una planta de origen silvestre, gran parte de las variedades son nativas de los climas fríos y fríos moderados de los andes ecuatorianos y de otros países de la región andina, esta planta es muy conocida en el Ecuador, Colombia, Panamá, Guatemala y México, su fruto es muy apetecido por su atractiva apariencia y su exquisito sabor y aroma. (Orellana y de la Cadena, 1985)

2.2.3.2. Clasificación taxonómica:

Jorge Isaac de la Cadena y Ángel Orellana

Reino:	Vegetal
División:	Antofita
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Arquiclamídea
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Rubus
Especie:	glaucus
Nombre científico:	Rubus sp
Nombre vulgar:	Mora

2.2.2.3. Descripción botánica

Planta sarmentosa, de tallos gruesos de hasta 4 m de altura, raíces nudosas y profundas y raicillas superficiales, las hojas son ovoides, trifoliadas, con espinas en las nervaduras, de 5 cm a 9 cm de longitud, sus flores se presentan en racimos terminales o dispuestas en las axilas de las hojas. (Ospina, J. 2007)

Además el mismo autor dice que los frutos, de 2 cm de largo y morados, tienen sabor agrídulce, la planta es de crecimiento rastrero y, a veces, erecto, se cultiva en América con buenos resultados; las variedades más frecuentes son la *Rubusforibundus* HBK, *R. uticaefolius* Poiret, la *R. trichomallus* Schlech, la *R. macrocarpus* Benth.

2.2.3.4. Requerimientos para el cultivo

Precipitación: de 600 mm a 800 mm requeridos en el año.

Temperatura media: 12°C a 13°C.

Altitud desde los 1500 hasta los 3500 msnm.

Zonas de producción en las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi.

Suelos franco arenosos y negros: pH 5,5 a 7,5. (INIAP. 2008)

2.2.3.5. Variedades

Mora de castilla (*Rubusglaucus.*), Mora roja (*Rubusulmifolius.*), Mora negra (*Rubusbogotensis.*), Silvestre (*Rubusspp.*), Brazos (*Rubuslaciniatus.*). (INIAP. 2008)

2.2.3.6. Función nutricional de la mora de castilla

Tabla No. 2 Factor nutricional de la mora de castilla

FACTOR NUTRICIONAL		
Agua	84,2	%
Antocianos	140	mg
Calcio	38	mg
Calorías	23	Kcal
Ácido ascórbico	17	mg
Carbohidratos	13,2	g
Fósforo	10	mg
Hierro	1,7	mg
Fibra	5,3	g
Proteína	1,4	g
Grasa	0,7	g
Niacina	0,58	mg
Cenizas	0,5	g
Riboflavina	0,30	mg
Tiamina	0,01	mg

(Amores, D. 2008)

2.2.3.7. Preparación del terreno

Arada, rastrada, nivelada, trazada del huerto, se debe hacer hoyos en suelos sueltos 20 cm x 20 cm x 20 cm y no debemos hacerlo en suelos compactos. (INIAP. 2008)

2.2.3.8. Propagación

Sexual: Semillas. La producción entra a los dos años y más.

Asexual: hijuelos, acodos, estacas, yema terminal. La producción inicia al año. (INIAP. 2008)

2.2.3.9. Plantación

Época: todo el año de preferencia en épocas lluviosas.

Densidad: 3 m x 1,5 m = 2222 plantas/ha en espaldera.

Densidad: 3 m x 2 m = 1666 plantas/ha en chiquero tradicional. (INIAP. 2008)

2.2.3.10. Podas

Poda al mes de la plantación, dejar brotes primarios nuevos y eliminar los viejos, poda de formación, a los 4 o 6 meses de plantación seleccionando ramas secundarias, poda de fructificación, cortar ramas que ya han producido a dos yemas, despunte de los chupones para inducir a ramas productoras. (INIAP. 2008)

2.2.3.11. Abonadura y fertilización

Plantación: en cada hoyo aplicar 2 Kg de abono orgánico descompuesto, 100 g de 18-46-00 y 100 g de sulpomag, mezclar con el suelo y plantar. Si se realiza subsolado del suelo, el abono orgánico (20 t/ha) y mineral recomendado se debe esparcir en franjas de 1,5 m de ancho por hileras de plantación. (INIAP. 2008)

Mantenimiento: se recomienda el nivel 360-60-300 Kg/ha/año de N, P y K, respectivamente, al suelo manualmente = Épocas = Pos cosecha 100 % P, 30 % N. luego de la poda = 40 % de N, 40 % de K, en desarrollo de frutos = 30 % de N, 30 % de K por dos veces, y si se realiza con fertirrigación es necesario cinco días seguidos con descansos de dos a tres días, con los nutrientes de acuerdo a sus necesidades. (INIAP. 2008)

2.2.3.12. Coronamiento

Es necesario mantener la labor de metro de cada planta, para realizar las actividades de fertilizaciones, incorporación de materia orgánica, riegos. Es necesario aplicar Quelatos

de Calcio, Zinc, Boro, Manganeso entre 200 a 400 ppm en su ciclo de cultivo, especialmente cuando estén en desarrollo de frutos, Y quelatos de Hierro entre 3000 a 3500 ppm en las mismas condiciones, con una dosis de 0,1 % de cada uno, preferible solos. (INIAP. 2008)

2.2.3.13. Riegos

Dependiendo de las condiciones medioambientales, se recomienda realizar el riego por inundación cada 42 días con una lámina de 50 litros por m^2 . (INIAP. 2008)

2.2.3.14. Manejo de cosecha y pos cosecha

Ospina, J. (2007) manifiesta que si se ha empleado el acodo como método de propagación, la cosecha empieza a los seis (6) u ocho (8) meses y entra en plena producción hasta los 18 meses, la mora debe cosecharse cuando ya empiece a volverse oscura (vino tinto, no negro), teniendo especial cuidado de no recoger moras húmedas ni maduras, pues no resisten el transporte, las moras recogidas se depositan en canastas o empaques de poca profundidad para que no se aplasten por exceso de peso. El rendimiento generalmente es de 6,5 t/ha, en el primer año, y hasta 12,3 t/ha, al tercer año, con dos (2) o tres (3) recogidas por semana, según la producción.

2.2.3.15. Control de malezas

Esta labor se puede realizar en forma química (con campana) o manual en el área de goteo con asadillas. (INIAP. 2008)

2.2.3.16. Principales plagas y enfermedades

Plagas: ácaros, pulgones, cutzo, gusano alambre.

Enfermedades: botrytis, oidio, verticillium, peronospora. (INIAP. 2008)

2.2.4. Calidad de los frutos

2.2.4.1 La calidad y el sabor de los frutos

La calidad, en su sentido más amplio, podemos considerarla como un compendio de calidades: calidad organoléptica, calidad microbiológica, calidad nutritiva, calidad comercial; al final, es el conjunto de propiedades de los frutos, que satisface las exigencias del consumidor. (Tecnicoagricola. 2011)

En las frutas depende de la relación de contenido en azúcares y ácidos, de la riqueza en taninos (astringentes) y de la presencia de numerosos compuestos más o menos volátiles, tales como los ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, terpenos, etc. El aroma de algunas frutas resulta de centenas de tales compuestos, de los que la cromatografía en fase gaseosa reveló su presencia, aunque por el momento no estén identificados todos; esta composición varía durante la maduración, del mismo modo que también ocurre durante los tratamientos tecnológicos. (Cheftel, H. 1976)

En frutas, el sabor se expresa normalmente en términos de la combinación de principios dulces y ácidos, la que es un indicador de la madurez y de la calidad gustativa, el contenido de sólidos solubles es una buena estimación del contenido de azúcares totales y muchos frutos deben contener un contenido mínimo de sólidos para ser cosechados, los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, tartárico) son el otro importante componente del sabor y tienden a disminuir a medida que el fruto madura por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar, la acidez titulable es la forma de expresar la acidez. (FAO. 2012)

2.3. Hipótesis

- a) El volumen de una estructura como el arbusto o 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 el arbusto 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

2.4.1. Variables independientes

Cultivo de mora de castilla.

2.4.2. Variables dependientes:

- Procesos logísticos:
 - ✓ Tiempos de recolección.
 - ✓ Tiempos de podas.

- Cuantificación de la biomasa:
 - ✓ Diámetros de ramas.
 - ✓ Peso de cada rama.
 - ✓ Diámetro de la planta entera.
 - ✓ Altura de la planta entera.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.

Tabla No 3. Variables dependientes, biomasa y logística

DEFINICIÓN	DIMENSIONES	CATEGORÍAS	INDICADOR	ÍNDICE
<p><i>Biomasa:</i> Se considera biomasa a cualquier tipo de residuo obtenido de materia orgánica. Estos residuos pueden tener diversas procedencias: agrícolas, forestales y ganaderos</p>	Cuantificación de biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> - Diámetro de ramas - Longitudes de ramas - Peso de cada rama 	<p>cm</p> <p>cm</p> <p>kg.</p>	<p>kg/ superficie</p> <p>Se medirá el diámetro cada 10 cm</p> <p>kg/planta</p>
<p><i>Procesos Logísticos.- es</i> el proceso de planificación, Implementación y control para la cuantificación correcta de biomasa aprovechable</p>	Procesos logísticos	<p>Tiempo de poda</p> <p>Costo de recolección</p>	<p>Tiempo: horas, minutos, segundos</p> <p>Económico</p>	<p>Tiempo de recogida/hect área</p> <p>Costo de recogida/hect área</p>

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla No 4 Variable independiente, mora de castilla.

DEFINICIÓN
La mora de castilla es una planta de porte arbustivo, semierecta y de naturaleza trepadora, perteneciente a la familia de las rosáceas, es una planta perenne los tallos son redondeados y espinosos y está formada por muchos de estos aproximadamente en un número de 6 – 9, las hojas son trifoliadas con bordes aserrados con presencia de espinas, de color verde oscuro el haz y blanquecino el envés.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

Por lo que se cuantifica la cantidad de la biomasa existente en la mora de catilla y se determina también las características físicas de la misma.

3.1.2. Modalidad

Su modalidad es de laboratorio y de campo.

Debido a que las primeras prácticas de la investigación las realizamos en el laboratorio para obtener las características físicas de la biomasa y luego se realizó el trabajo de campo con las mediciones de las variables para así poder determinar el porcentaje de biomasa existente en la planta.

3.1.3 Tipo

Esta investigación fue una adaptación metodológica propuesta por el Dr. Borja Velázquez Profesor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2. Ubicación del ensayo

El lugar del ensayo está ubicado en la provincia de Tungurahua, Cantón Pillaro, Parroquia de San Miguelito, Sector El Censo, es la propiedad de la Sra.: Maruja Carrillo.

3.3. Caracterización del lugar

Altitud de 2790 msnm

Latitud 1°12'47.1" S.

Longitud 78°32'22.2" O.

Temperatura mínima: 11°C

Temperatura máxima: 20°C

Temperatura media anual: 13.35°C

Precipitación media anual: 426.2 mm.

3.4. Factores de estudio

- Diámetro de la planta
- Altura de la planta
- Marco de plantación
- Cuantificación de la biomasa
- Peso de la ramas
- Peso de la planta

3.5. Diseño experimental

Tabla No 5. Diseño experimental para la determinación de la biomasa total y residual de la poda.

Número de ramas muestreadas	Mediciones a realizar	Variable respuesta
30	<ul style="list-style-type: none">- Longitud de las ramas- Longitud- Diámetros de la ramas- Diámetro de la planta- Altura de la planta- Marco de plantación	<ul style="list-style-type: none">- Tiempo de recogida de la biomasa residual (logística)- Biomasa total por planta- Biomasa residual por planta- Factor de ocupación

3.6. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis estadístico fundamentado en cuatro fases:

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 realizó un análisis multidimensional de las variables cuantitativas (factores) a partir de la comparación de cada par de las variables a partir del coeficiente de correlación de Pearson que nos indicó las relaciones entre variables ya sean positivas, negativas o neutras.
3. Se desarrolló modelos de regresión para predecir las variables respuestas en base a las mediciones realizadas.
4. Se validó el modelo de predicción a través de un análisis de comparación entre variable observable y las variables predichas por el modelo a través de unos análisis unidimensionales.

3.7. Datos tomados

El objetivo del proceso de medida es determinar la biomasa que contiene un arbusto entero, la cubicación del fuste resulta sencilla, aplicando métodos plenamente desarrollados en mensura forestal, determinando diámetros a distintas alturas del fuste y longitud total, en cambio, la cuantificación de la biomasa contenida en la copa resulta más complicada, pues la estructura de los árboles frutales es de copa latifoliada, en la que no existen métodos plenamente desarrollados, por ello, en este trabajo se realiza una propuesta metodológica, que parte de la concepción de la copa como un hipotético arbusto forestal, en que cada rama se considera un individuo del mismo, es decir, un árbol, atendiendo a este concepto el proceso de medida será el siguiente:

1. Se realiza la medición de las ramas principales aplicando métodos dendrométricos tradicionales, con los que se obtiene el volumen del mismo.
2. Medición de la biomasa de la copa, para lo cual se realiza un muestreo de un número de ramas en cada estrato de formación (ramas principales, ramas secundarias, etc.); para la determinación de los volúmenes de ramas es necesario analizar los patrones de forma propios de cada especie y clase diamétrica, por lo que

se hace necesario un estudio dendrométrico de las ramas, una vez que se tiene el conocimiento de los patrones de forma de las ramas, deben ser aplicados los métodos dasométricos para una valoración de la biomasa total en el conjunto.

a. Cubicación de ramas

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

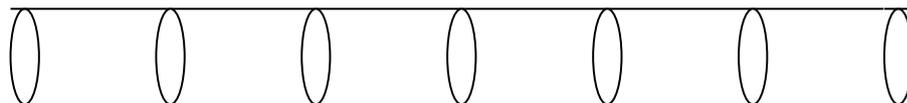
El volumen de cada rama V_i de las especies analizadas se determinará a partir de un coeficiente mórfico f , cociente entre el volumen real y un volumen geométrico modelo tomado como referencia para una rama o tallo.

Ecuación 1.

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

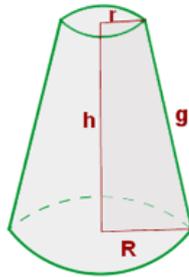
Para el cálculo del volumen real de una rama o fuste se dividirá en partes iguales, tal como indica la Figura 2, midiendo el diámetro ecuatorial de la sección de forma que obtenemos un diámetro inicial y final para cada intervalo.

Figura No 1. Mediciones de diámetros cada cierto intervalo



Cada sección puede ser considerada como un tronco de cono, cuyo volumen puede ser 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 resultará el volumen real de la rama (Ecuación 4).

Figura No 2. Sección de un tronco de cono, donde R = radio mayor; r = radio menor; h= longitud del intervalo



Ecuación 2.

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

Ecuación 3.

$$V_i = \pi \cdot h \cdot R_a^2 \quad \text{donde} \quad R_a = \frac{R+r}{2}$$

Ecuación 4.

$$V_{real} = \sum_1^i V_i$$

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

Ecuación 5.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L$$

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 determinará la media y la dispersión para cada uno de los casos, como puede observarse la obtención del coeficiente mórfoico f permite determinar el volumen de cualquier estructura midiendo su diámetro basal y longitud.

Junto con el volumen y los distintos coeficientes de forma se determinará 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 determinará la densidad y biomasa seca, por otra parte se analizarán modelos de regresión que definen funciones de volumen, considerando como variable dependiente el volumen total de la estructura (V) en cm^3 y como variables independientes el diámetro (D), en cm y longitud (H) en cm.

b. Análisis de la cantidad de biomasa en la planta de mora

Analizamos el volumen de cada rama de 30 plantas de mora de castilla que por lo general son un número de (6 - 9 ramas), para así, determinar el volumen de biomasa en cada una de ellas.

Se calculó el factor de forma en cada planta como la relación entre el volumen real de la biomasa leñosa y el volumen aparente, calculado como figura geométrica de revolución: cilindro, paraboloides, cono y neiloide.

Posteriormente se realizó el análisis de modelos de regresión que relacionen el volumen de biomasa real contenida en una planta con variables como el diámetro de la planta y la altura de la misma

c. Logística

- Tiempos de poda por planta.
- Tiempo de recolección de residuos por planta.

3.8. Procesamiento de la información recolectada

La información tomada en el campo se procesó mediante un programa estadístico llamado Statgraphics.

En Statgraphics realizamos los análisis unidimensionales, análisis de varianzas y modelos de regresión que relacionan el volumen total con el diámetro de toda la planta, diámetro de las ramas y altura de la planta.

3.9. Manejo de la investigación

Buscamos un cultivo de mora de castilla ya instalado para de allí esperar a la fecha de poda, luego seleccionamos treinta plantas de mora de castilla al azar para de ellas comenzar a tomar los datos planteados.

Además al momento de eliminar el cultivo vamos haciendo montones de las plantas extraídas y las colocamos en los caminos del cultivo, de allí vamos a tomar tiempos de recolección de los rodales a muestrearse, luego con la ayuda de unas eslingas y un dinamómetro formamos paquetes para poder tomar los datos de peso de las ramas.

Trasladamos las ramas (planta completa) muestreadas al laboratorio, para proceder a realizar las prácticas de volumen de las ramas, contenido de agua, cenizas, con la aplicación de los procedimientos ya establecidos.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos de regresión.

- **Modelo para calcular el volumen de las ramas.**

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre Volumen y 2 variables independientes, la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Volumen} = -26,513 - 0,305936 * D^2 L + 0,827017 * D * L$$

- **Modelo para calcular el volumen de la planta.**

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple, para describir la relación entre Volumen real y 2 variables independientes, la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Volumen real} = 302,411 - 254,393 * DM + 96,2275 * DM^2 H$$

- **Modelo para calcular el factor de ocupación**

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre FO y 2 variables independientes, la ecuación del modelo ajustado es:

$$FO = 1128,98 - 1480,16 * DM + 524,899 * DM^2$$

- **Modelo para calcular el peso seco de cada planta.**

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre Peso seco y 3 variables independientes, la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Peso seco} = 838,252 - 1137,25 * DM + 401,192 * DM^2 + 151,591 * DM * H$$

4.1 Análisis dendrométrico de las ramas

Inicialmente se realizó una caracterización dendrométrica de las ramas de la mora de castilla, cuyo objetivo es determinar la forma y el volumen a partir de datos fácilmente medibles, como son el diámetro de su base y la longitud, posteriormente se buscó la obtención de funciones de volumen que nos permitió hacer cálculos rápidos de biomasa en las distintas estructuras de la planta, calculando el volumen de la planta entera a partir de la adición del volumen de cada una de sus estructuras. En la Tabla 6 y 7 se muestra un análisis estadístico de las variables medidas en las ramas (Tabla 6) y en toda la planta (Tabla 7).

Tabla No. 6 Descripción estadística de los parámetros medidos en las ramas de la mora de castilla.

	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Volumen (cm ³)
Frecuencia	30	30	30
Media	0,787333	160,667	49,3507
Varianza	0,0286133	2296,09	1078,14
Desviación típica	0,169155	47,9176	32,8351
Mínimo	0,45	90,0	10,4
Máximo	1,23	250,0	120,9
Rango	0,78	160,0	110,5
Asimetría tipi.	0,76124	0,338507	1,37962
Curtosis típificada	0,424883	-1,21059	-0,826556

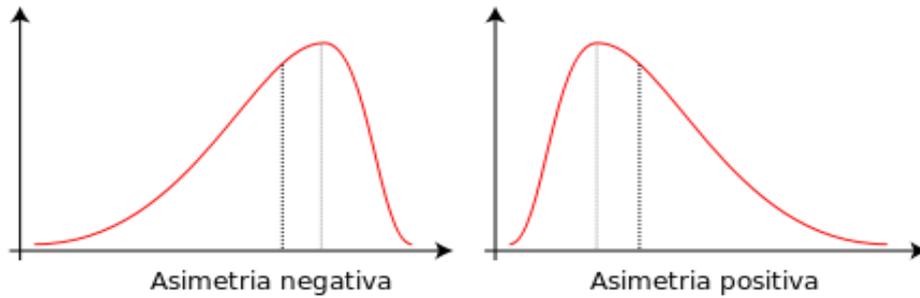
Tabla No. 7 Descripción estadística de los parámetros medidos en toda planta de la mora de castilla

	DM	H	Volumen aparente	Volumen real
Frecuencia	30	30	30	30
Media	1,21333	1,56767	1,88867	222,585
Varianza	0,0660575	0,104232	0,953474	8362,16
Desviación típica	0,257016	0,32285	0,97646	91,4448
Mínimo	0,69	0,97	0,56	124,18
Máximo	1,71	2,2	4,43	450,63
Rango	1,02	1,23	3,87	326,45
Asimetría tipi.	0,443299	-0,162552	3,00779	2,49816
Curtosis típicada	-0,688949	-0,533003	1,40679	0,424102

Estas tablas 6 y 7 muestran resúmenes estadísticos para cada una de las variables medidas, incluye modelos estadísticos de tendencia central (media), de variabilidad (desviación típica y varianza) y de forma (coeficientes de curtosis y asimetría); como se puede observar el volumen medio de las ramas medidas es 46,35 cm³; el volumen medio de la planta entera es 222,58 cm³. De particular interés son los coeficientes de asimetría y curtosis, los cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal.

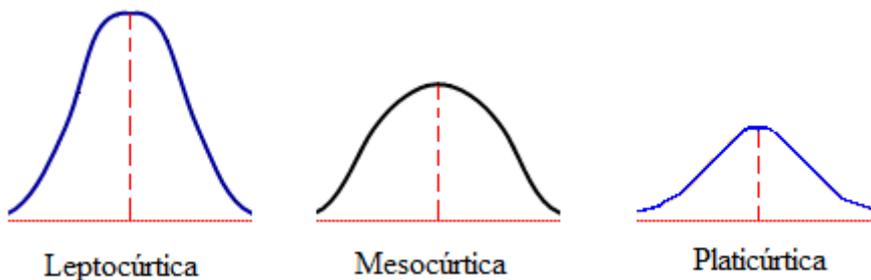
El coeficiente de asimetría es un indicador del grado de simetría o asimetría de una distribución de probabilidad de una variable aleatoria, valores muy altos significarían un desplazamiento de la curva de distribución hacia la derecha y valores muy bajos (negativos) significarían un desplazamiento de la curva hacia la izquierda, de acuerdo a la figura 5.

Figura No 3. Tipos de distribución según la asimetría



El coeficiente de Curtuosis informa sobre el grado 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 Platicúrtica en que los datos se distribuyen alejándose de la media según muestro la figura 6.

Figura No 4. Clasificación de las distribuciones de acuerdo a su grado de apuntamiento



Como se puede observar en la Tabla 6 y 7 los coeficientes de asimetría y curtosis están dentro del intervalo entre -2 y +2 en cada una de las variables, por ello consideramos que las mediciones tomadas en los respectivos parámetros se asemejan lo suficiente a una distribución normal.

Para el análisis de la forma de la rama de la mora de castilla, 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 neiloides, obtenidos a partir de la base y la longitud de la rama. el factor de forma más cercano a uno es el que mejor representa su forma; como se puede observar en la Tabla 8 el modelo que proporciona el volumen más próximo al real es el del paraboloides.

Tabla No 8. Cálculo de factores de forma en cada uno de los modelos geométricos estudiados para las ramas de la mora de castilla

	F cilindro	F paraboloides	F cono	F neiloide
Promedio	0,56	1,12	1,68	2,24
ds st	0,15	0,30	0,44	0,59

4.2. Caracterización física de la biomasa

En este apartado se muestran los parámetros físicos de porcentaje de humedad, densidad, porcentaje de volátiles, porcentaje de ceniza del material lignocelulósico de la mora de castilla, los datos medios y desviaciones típicas se muestran en la Tabla 9.

Tabla No 9. Media y desviación típica de los parámetros físicos del material lignocelulosico de la planta de mora de castilla.

	\bar{x}	σ
Humedad %	40,53	6,72
Cenizas %	2,03	0,64
Volátiles %	97,97	0,64
Densidad Húmeda g/cm ³	0,99	0,02
Densidad Seco g/cm ³	0,93	0,03

\bar{x} :Media

σ : Desviación típica.

Como se puede observar el contenido de volátiles del material leñoso es elevado y está en un valor aproximado del 98%, esto significa que este material es muy adecuado para un proceso de gasificación para 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 $222,58 \text{ cm}^3$, el contenido de materia seca por planta es de $222,580 * 0,98 = 218,128\text{g}$ es decir aproximadamente 0,218 kg.

Vemos que el alto contenido de humedad hace que exista una gran diferencia entre la densidad seca y la densidad húmeda, la humedad media de las muestras recién cortadas es del 42%, 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, los requerimientos para la combustión directa exigen que ésta tenga una humedad máxima del 10%.

4.3. Logística

En las tablas 10 y 11 se muestra el análisis unidimensional del tiempo de poda y recogida de residuos.

Tabla No. 10 Análisis unidimensional de tiempos de poda de la mora de castilla

Estadísticos	Tiempo (hora)
Frecuencia	30
Media	0,0416667
Varianza	0,0000143678
Desviación típica	0,00379049
Mínimo	0,04
Máximo	0,05
Rango	0,01
Coefficiente de Asimetría	4,21368
Coefficiente de Curtosis	1,85

En los resultados del análisis unidimensional en la tabla 10, multiplicamos la media por 60 para transformarla a minutos, lo que nos da como resultado de 2 minutos con 50 segundos, tiempo en el cual se termina de podar una planta de mora de castilla, es decir

si en una hectárea con un marco de plantación de 1.5 * 1.5, contiene 4350 plantas de mora de castilla se van a demorar 8 días, 13 horas, 1 minuto y 12 segundos.

Tabla No. 11 Análisis unidimensional de tiempos de recolección de residuos

Estadísticos	Tiempo (hora)
Frecuencia	30
Media	0,0276667
Varianza	0,0000598851
Desviación típica	0,00773854
Mínimo	0,02
Máximo	0,04
Rango	0,02
Coefficiente de Asimetría	0,987207
Coefficiente de Curtosis	-1,29703

En los resultados obtenidos a partir del análisis unidimensional de la tabla 11, a medida que las convertimos a unidades de tiempo, dando como resultado una media de recolección de 2 minutos y 2 segundos por planta, dándonos como total un tiempo de 6 días, 3 horas, 21 minutos y 36 segundos en una hectárea de mora de castilla con un marco de plantación de 1.5m*1.5m, que posee 4350 plantas.

4.4. Interpretación de los resultados

- En este estudio se caracterizó la forma y el volumen de las ramas de la mora de castilla, las funciones de volumen calculadas, poseen coeficientes de determinación bastante altos, por lo que se consideran adecuadas para su aplicación práctica.
- Se demostró que la forma de las ramas correspondiente a la planta de la mora de castilla se ajusta bien a una forma paraboloidal.

- Se desarrolló métodos para predecir de forma aproximada la biomasa contenida en la planta entera, la que se puede calcular aplicando una ecuación de volumen con un coeficiente de determinación del 82%.
- El alto porcentaje en el contenido de volátiles en la mora de castilla, hace pensar que este residuo podría tener buena aptitud para la combustión directa en caldera o para procesos de gasificación.

4.5. Verificación de la hipótesis

- a. El volumen de una estructura como el arbusto o 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, al haber realizado dicho análisis se demostró que las ramas correspondientes a un arbusto de mora se ajustan perfectamente a una forma paraboloides (F. paraboloides: Media: 1.12; Desviación st: 0.30).
- b. El volumen que ocupa el arbusto 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, después de haber realizado los análisis y cálculos correspondientes se llegó a determinar la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen} = -26,513 - 0,305936 \cdot D^2 \cdot L + 0,827017 \cdot D \cdot L$$
en donde nos da constancia que guarda relación el volumen de las ramas con el diámetro basal y su longitud.
- c. La biomasa contenida en las plantas estudiadas es proporcional al espacio aparente que ocupa, la constante de proporcionalidad se denomina factor de ocupación, se llegó a determinar que es proporcional el espacio aparente que ocupan los rodales estudiados con su biomasa contenida, ya que nos da un resultado de $222,58 \text{ cm}^3$, el contenido de materia seca por planta es de $222,580 \cdot 0,98 = 218,128\text{g}$ es decir aproximadamente 0,218 kg.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Al término del trabajo de investigación “Cuantificación y logística de biomasa en el cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth cv. De Castilla)”

1. Se han desarrollado métodos para predecir de forma aproximada la biomasa contenida en la planta entera, bien se puede calcular aplicando la ecuación de volumen ($\text{Volumen real} = 302,411 - 254,393 \cdot \text{DM} + 96,2275 \cdot \text{DM}^2 \cdot \text{H}$) con un coeficiente de determinación de 70,14%, o a través de la aplicación del factor de forma de la especie.
2. Se ha demostrado que la forma de las ramas pequeñas tanto como las gruesas de la planta se ajustan bien a una forma paraboloides (Factor de forma paraboloides: Media 1.12; Desviación st: 0.30)
3. La biomasa lignocelulósica de la planta de mora de castilla se distribuye regular, siendo la parte conformada por las ramas pequeñas y gruesas donde se encuentra todo el porcentaje (100%) de biomasa existente en menciona especie.
4. El contenido demasiado alto en materias volátiles (97.97%) hace pensar que este residuo podría tener buena aptitud para la combustión directa en caldera o para procesos de gasificación.
5. La biomasa media de las plantas de mora de castilla es de 0,218 kg de materia seca por planta. Teniendo en cuenta que el marco de plantación más común es de 1.5 x 1.5 m este valor supone una biomasa potencial disponible de 958,32 kg de materia seca por hectárea.
6. Se ha caracterizado el material lignocelulósico en base a los parámetros físicos de humedad (40,53%), densidad seca ($0,93 \text{ g/cm}^3$), densidad húmeda ($0,99 \text{ g/cm}^3$), contenido de cenizas (2,03%), y de volátiles (97,97%). Se ha demostrado que el tiempo de desecación de la biomasa residual es de 7 días si

esta se almacena en un lugar cerrado con las condiciones ambientales típicas que posee la provincia de Tungurahua.

Recomendaciones:

- Utilizar herramientas de mediciones adecuadas para evitar errores y no obtener modelos matemáticos erróneos.
- Primero analizar el contenido de humedad de las especies que sean inferiores al 10%, para evitar el proceso de secado.
- Aplicar diferentes modelos matemáticos para obtener el volumen real, para comparar y utilizar el mejor.
- Utilizar los materiales necesarios para las prácticas que se hicieron en el laboratorio para determinar el porcentaje de humedad, densidad y cenizas.

CAPÍTULO VI.

PROPUESTA

6.1. Título

Cuantificación y logística de la biomasa en mora (*Rubus glaucus* Benth cv. De Castilla).

6.2. Fundamentación

El objetivo del proceso de medida es desarrollar modelos matemáticos que nos permita determinar la biomasa que contiene una planta de mora de castilla, a partir de medidas sencillas, tales como son el diámetro y la altura del arbusto. El procedimiento de medida se realiza en dos fases:

Primero se hace un análisis dendrométrico de las ramas para poder calcular su volumen de forma sencilla, este análisis consistió por una parte en el cálculo de factores de forma, que son factores de conversión que nos permiten calcular el volumen real de una rama a partir de un volumen modelo; y por otra parte, determinación del volumen a partir del desarrollo de funciones de volumen de rama a partir de su diámetro en la base y su longitud.

Posteriormente se midió el volumen de la planta entera a partir de la cubicación de todas las ramas, se seleccionaron 30 plantas escogidas al azar y se desarrollaron modelos de regresión que relacionen las variables diámetro y altura del arbusto con el peso y volumen de biomasa existente en la planta de mora de castilla.

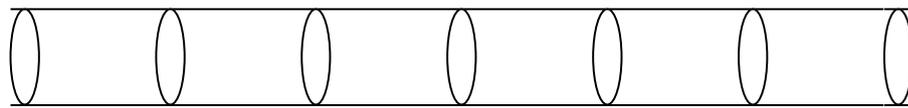
6.2.1. Análisis dendrométrico de las ramas

Los análisis dendrométricos para la cubicación de ramas se realizó sobre 30 ramas:

Primero se calculó el factor de forma como cociente entre el volumen real y un volumen geométrico modelo tomado como referencia para una rama (ecuación 1), cilindro, paraboloides, cono y neiloide.

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

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

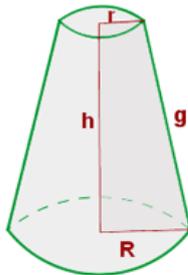


$d_1 d_2 d_3 d_4 d_5 d_6 d_i$

Mediciones de diámetros cada 10 cm.

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

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



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

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

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

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.

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

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, permite 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 analizaron 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.

6.2.2. Análisis de la cantidad de biomasa en la planta de mora

Analizamos el volumen de cada rama de 30 plantas de mora de castilla que por lo general son un número de (6 - 9 ramas), para así, determinar el volumen de biomasa en cada una de ellas.

Se calculó el factor de forma en cada planta como la relación entre el volumen real de la biomasa leñosa y el volumen aparente calculado como figura geométrica de revolución: cilindro, paraboloides, cono y neiloide.

Posteriormente se realizó el análisis de modelos de regresión, que relacionen el volumen de biomasa real contenida en una planta con variables, como el diámetro de la planta y la altura de la misma

6.2.3. Logística

- Tiempos de poda por planta.
- Tiempos de recolección por cada planta.

6.3. Objetivo

- Cuantificar y evaluar la logística de la biomasa de mora de castilla de la parroquia de San Miguelito de Pillaro.

6.4. Justificación e Importancia

La provincia de Tungurahua tiene una superficie de 3369,4 Km², es eminentemente agrícola con el 34% de la PEA (Población Económicamente Activa); la dedicada a la producción de mora de castilla se registra a continuación en el cuadro 10

MORA	SUPERFICIE TOTAL ha	PRODUCCIÓN t/año	RENDIMIENTO t/ha
Asociado	648	483	5,42
Solo	671	2239	15,45

Según entrevistas realizadas a los técnicos del MAGAP, en el programa “hombro a hombro” determinaron que en la parroquia de San Miguelito del Cantón Pillaro en el años del 2013 se cultivaron aproximadamente 7 hectáreas de mora de castilla.

Se ha detectado un interés creciente por la tecnología destinada al tratamiento de los residuos agrícolas así como de su utilización con fines energéticos, sin embargo, son

escasas las experiencias reales que persigan la modernización y optimización de estas operaciones, junto a una valoración global de la cadena de producción y abastecimiento.

(Velázquez, 2012).

El sol, a través de radiación y temperatura, es el principal recurso energético contenido en todos los combustibles surgidos de biomasa, su energía es capturada y acumulada a través del proceso de fotosíntesis, esta energía acumulada puede ser liberada y utilizada, por ejemplo, mediante la combustión, cuando esto ocurre, dióxido de carbono (CO₂) y otros subproductos de la combustión son liberados, sin embargo el CO₂ liberado es en gran medida compensado, por el previamente absorbido del aire, durante el proceso de crecimiento vía la fotosíntesis; en consecuencia, se considera a la biomasa vegetal como una tecnología de bajo uso de carbono, ya que es obtenida a partir de recursos renovables. En contraste, cuando se consumen combustibles fósiles, estos liberan CO₂ que fue capturado hace millones de años, el cual es considerado el mayor contribuyente a cambio climático global. El interés medioambiental de la biomasa reside en que, siempre que se obtenga de una forma renovable y sostenible, es decir que el consumo no vaya a más velocidad que la capacidad del bosque, la tierra, etc. para regenerarse, es la única fuente de energía que aporta un balance de CO₂ favorable, de manera que la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO₂ del que se libera en su combustión.

La utilización de todos estos tipos de residuos con fines energéticos será, pues, un sistema de eliminación con ventajas medioambientales y que, además, podría generar productos valiosos; de ahí el interés que presenta esta fuente de biomasa.

(The Cleanenergy group. 2014)

La biomasa en los últimos años ha llegado a colocarse en lo más alto de las energías renovables y una de las que tiene mayor potencial de crecimiento en el futuro, a nivel mundial, la biomasa aporta en un 10% del total de producción de energía, pero según las cifras del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), en el presente siglo la biomasa tomará un papel protagónico en el abastecimiento energético y llegará a alcanzar cuotas de entre un 25% y un 46% en la producción mundial de energía.

(Twenergy, 2014)

Nuestra misión principal es la de capacitar a nuestros productores sobre las ventajas del aprovechamiento de este recurso según la investigación realizada. A través de mediciones sencillas que podemos realizar para determinar la biomasa existente en la mora generando un valor extra que los productores podrían tener aparte de las ventas de los frutos, siendo una ayuda para los productores de nuestra Provincia.

Nuestra visión es introducirnos en todos los cultivos de mora en nuestro país con el principal propósito de ser los pioneros en esta investigación y así brindar el conocimiento adquirido a los demás productores de mora.

6.5. Manejo técnico

- Determinar la superficie de mora de castilla cultivada en la parroquia de San Miguelito del cantón Pillaro.
- Seleccionar huertos de mora de castilla.
- Identificar 30 ramas al azar de todo el huerto para el análisis deondrométrico.
- Identificar 30 rodales al azar en el huerto y sacarlos del cultivo.
- Aplicar la metodología detallada en la fundamentación que consistió en:
 - Medir los diámetros de cada rama (arbusto) a una distancia de 10 centímetros (desde su base hasta el final de la rama), con la ayuda de un pie de rey.
 - Tomar los tiempos de poda de los arbustos con la ayuda de un cronómetro para así determinar cuánto tiempo se ocupa en recolectar y transportas a la vía más cercana.
 - Apartar 10 ramas al azar, para destinar a los análisis en el laboratorio donde se determinará el contenido de humedad, cenizas, volátiles, densidad húmeda y densidad en seco.
 - Registrar todos los datos obtenidos, en tablas de Excel para su respectiva tabulación y determinación de ecuaciones, para la predicción de la biomasa contenida en la planta con la ayuda del programa Statgraphics.

6.6. Implementación / plan de acción

- Transferencia de conocimientos adquiridos en la investigación hacia los productores de mora de castilla de la provincia.
- Socialización de resultados a estudiantes, docentes, colaboradores con la investigación y productores para fomentar el interés sobre estudios posteriores de biomasa y su aprovechamiento.
- Comparación de resultados entre estas investigaciones para llegar a conocer cual tiene mayor porcentaje de biomasa disponible de entre las especies experimentadas.

6.7. Costos

Cuadro No. 12 Costos

Detalle	Cantidad en dólares
Recursos Humanos	500
Infraestructura/ Uso de laboratorio	500
Equipos y Materiales	300
Estudios complementarios	200
Servicios Básicos	150
Otros	200
Total	1850

Bibliografía

- AMORES, D. 2008. Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas. Consultado el: 1 de abril del 2013. Disponible en:
- BAYER, 2012. Cultivo de Mora de Castilla en Colombia. Consultado el: 21 de octubre del 2012. Disponible en:
- BOTANICAL-ONLINE. 2012. Propiedades de los nutrientes de las plantas. Consultado el: 2 de diciembre del 2012. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/propiedadesnutrientes.htm>
- Callejón Ferre A.J., Velázquez-Martí B., Lopez-Martinez J.A., Manzano-Agugliaro F. 2011. Greenhouse crop residues: Energy potential and models for prediction of their higher heating value. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(2): 948-955
- CHEFTEL, H. (1976). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Trad. del francés por: Dr. Francisco López. Universidad de Santiago de Compostela. Editorial ACRIBA. España. 333 p.
- Diéguez U, et al. 2003. DENDROMETRÍA. Mundiprensa- Fundación Conde Valle de Salazar.
- Estornell J., Ruiz L.A., Velázquez-Martí B., Fernandez-Sarria A. 2011. Estimation of shrub biomass by airborne LiDAR data in small forest stands. *Forest Ecology and Management* 262: 1697-1703
- FAO. 1997. The role of wood energy in Europe and OECD, WETT-Wood Energy Today for Tomorrow. Rome: FOPW, Forestry Department. 87 pp.
- FAO. 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Consultado el: 2 de diciembre del 2012. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/gepnms.pdf>
- FAO. 2012. Calidad de frutas y hortalizas. Consultado en 31 de diciembre del 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm>
<http://www.bayercropscience.com.co/web/index.aspx?articulo=879>
<http://www.dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/200/1/56T00172.pdf>
- INIAP. (2008). Guía Técnica de Cultivos-Mora de Castilla. Quito-Ecuador.

- KYRKBY, E. 2012. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Consultado el: 9 de diciembre del 2012. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5b586b52a8592f9985256e1b00145531/\\$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiologia.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5b586b52a8592f9985256e1b00145531/$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiologia.pdf)
- OSPINA, J. (2007). Tecnologías Orgánicas de la Granja Integradas Autosuficiente. Editorial Limerin. Colombia. 1093 p.
- Schneider LC, Kinzig AP, Larson ED. 2001. Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 84(3): 207-226
- TECNICOAGRÍCOLA. 2011. Definición de calidad en frutas y hortalizas. Consultado el: 29 de diciembre del 2012. Disponible en: <http://www.tecnicoagricola.es/2011/definicion-de-calidad-en-frutas-y-hortalizas>
- Vargas-Moreno J.M., Callejón-Ferre A.J., Pérez-Alonso J., Velázquez-Martí B. 2012. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 3065– 3083
- Velázquez-Martí B., Fernández-Gonzalez E. 2009. Analysis of the process of biomass harvesting with collecting-chippers fed by pick up headers in plantations of olive trees. *Biosystems engineering* 103(4): 184-190
- 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 DM. 2011c. Quantification of the residual biomass obtained from pruning of trees in Mediterranean almond groves. *Renewable Energy* 36: 621-626

- **ANEXOS.** Fotos de práctica de campo



Selección de 30 arbustos de mora de castilla.



Señalizar cada 10 cm de las ramas a muestrearse.



Medir con pie de rey.



Mediciones el altura del arbusto



Mediciones del ancho del rodal



Midiendo con el pie todas las ramas de los 30 rodales la base inferior y superior



Tiempo de poda de mora de castilla.

- **Fotos de prácticas en el laboratorio**

Determinación de humedad.



Pesado de 5 cápsulas.



Trozos de mora en cada cápsula.



Cápsulas dentro de la estufa.



24 horas a una temperatura de 120°C en estufa

Determinación de cenizas



Pesamos 5 crisoles.



Trozos de mora en cada crisol



Crisoles dentro de la mufla.



15 minutos a la máxima temperatura en mufla.

Determinación de densidad



400 ml de agua.



Luego añadimos trozos de rama y ponemos algo pesado el mismo k debemos saber que volumen tiene, lo cual no les permita salir a los trozos.

- **TABLAS**
- **Tablas de determinación del porcentaje de cenizas y volátiles**

Determinación de cenizas				
	m1	m2	m3	%cenizas
Muestra 1	11,73	12,84	11,75	2,16
Muestra 2	15,26	16,39	15,27	1,06
Muestra 3	14,58	16,06	14,61	2,29
Muestra 4	21,07	22,69	21,10	1,85
Muestra 5	21,64	23,79	21,70	2,78
			Media	2,03
			D.T.	0,64

% volátiles
97,97
0,64

Tablas del estudio de la densidad húmeda y seca.

ESTUDIO DE DENSIDAD HÚMEDO			
	Peso muestra gr	V. Húmedo	m3
Muestra 1	7,85	8	0,98
Muestra 2	7,71	8	0,96
Muestra 3	5,98	6	1,00
Muestra 4	8,08	8	1,01
Muestra 5	11,76	12	0,98
Muestra 6	14,85	15	0,99
		Media	0,99
		D.T.	0,02

ESTUDIO DE DENSIDAD SECO			
	Peso muestra gr	V. Húmedo	m3
Muestra 1	18,25	21	0,87
Muestra 2	16,89	18	0,94
Muestra 3	80,08	86	0,93
Muestra 4	71,65	75	0,96
Muestra 5	107,11	114	0,94
Muestra 6	95,32	100	0,95
		Media	0,93
		D.T.	0,03

Tablas del estudio del porcentaje de humedad.

Día 1				
	m1	m2	m3	%Humedad
Muestra 1	50,29	58,96	55,73	37,18
Muestra 2	60,69	69,83	66,60	35,32
Muestra 3	113,10	121,33	118,06	39,69
Muestra 4	94,47	102,72	99,56	38,23
Muestra 5	89,15	94,66	91,79	52,21
		Media		40,53
		D.T.		6,72

Día 2				
	m1	m2	m3	%Humedad
Muestra 1	50,29	54,34	52,68	40,99
Muestra 2	60,69	65,523	63,75	36,72
Muestra 3	89,15	91,96	90,91	37,38
Muestra 4	113,10	118,32	116,45	35,79
Muestra 5	94,47	99,217	97,45	37,19
		Media		37,61
		D.T.		1,98

Día 3				
	m1	m2	m3	%Humedad
Muestra 1	50,29	55,21	53,21	40,63
Muestra 2	60,69	64,98	63,49	34,76
Muestra 3	113,10	118,12	116,43	33,63
Muestra 4	94,47	99,21	97,59	34,15
Muestra 5	89,15	93,56	92,01	35,16
		Media		35,67
		D.T.		2,83

Día 4				
	m1	m2	m3	%Humedad
Muestra 1	50,29	56,33	54,21	35,08
Muestra 2	60,69	64,98	63,56	33,13
Muestra 3	89,15	93,54	92,09	33,04
Muestra 4	113,10	117,98	116,36	33,16
Muestra 5	94,47	98,93	97,36	35,17
		Media		33,92
		D.T.		1,11

Día 5				
	m1	m2	m3	%Humedad
Muestra 1	50,29	55,96	54,23	30,50
Muestra 2	60,69	65,32	63,81	32,64
Muestra 3	113,10	118,52	116,86	30,60
Muestra 4	94,47	98,98	97,61	30,35
Muestra 5	89,15	94,59	92,99	29,42
		Media		30,70
		D.T.		1,18

Tabla de volúmenes de rodales enteros

	D1	D2	DM	H	DM*H	DM^2*H	H^2	DM^2	Vol real	Vol aparente	FO	Peso húmedo	Peso seco
Planta 1	0,99	1,15	1,07	1,08	1,16	1,24	1,17	1,14	202,19	0,97	208,20	450	270,00
Planta 2	1,23	1,45	1,34	1,22	1,63	2,19	1,49	1,80	126,78	1,72	73,69	463	277,80
Planta 3	1,78	0,89	1,34	1,07	1,43	1,91	1,14	1,78	150,78	1,50	100,67	410	246,00
Planta 4	0,95	0,88	0,92	2,15	1,97	1,80	4,62	0,84	293,67	1,41	207,72	814	488,40
Planta 5	1,19	1,38	1,29	1,35	1,73	2,23	1,82	1,65	180,77	1,75	103,25	518	310,80
Planta 6	1,34	1,24	1,29	0,99	1,28	1,65	0,98	1,66	152,39	1,29	117,77	441	264,60
Planta 7	1,27	0,7	0,99	1,8	1,77	1,75	3,24	0,97	173,75	1,37	126,67	557	334,20
Planta 8	1,17	2	1,59	2,2	3,49	5,53	4,84	2,51	450,63	4,34	103,81	1090	654,00
Planta 9	1,03	1,19	1,11	1,48	1,64	1,82	2,19	1,23	211,98	1,43	148,01	623	373,80
Planta 10	1,01	0,88	0,95	1,67	1,58	1,49	2,79	0,89	243,32	1,17	207,73	647	388,20
Planta 11	1,3	1,03	1,17	1,28	1,49	1,74	1,64	1,36	269,48	1,36	197,50	563	337,80
Planta 12	0,89	1,02	0,96	1,56	1,49	1,42	2,43	0,91	141,02	1,12	126,20	363	217,80
Planta 13	1,46	0,91	1,19	1,92	2,28	2,70	3,69	1,40	268,55	2,12	126,82	682	409,20
Planta 14	1,43	0,95	1,19	1,84	2,19	2,61	3,39	1,42	124,18	2,05	60,68	348	208,80
Planta 15	1,32	0,89	1,11	1,45	1,60	1,77	2,10	1,22	146,07	1,39	105,04	440	264,00
Planta 16	0,91	0,82	0,87	1,36	1,18	1,02	1,85	0,75	193,38	0,80	241,96	529	317,40
Planta 17	1,33	0,71	1,02	1,83	1,87	1,90	3,35	1,04	176,10	1,50	117,76	539	323,40
Planta 18	1,39	0,48	0,94	1,79	1,67	1,56	3,20	0,87	134,93	1,23	109,79	339	203,40
Planta 19	1,48	1,35	1,42	1,51	2,14	3,02	2,28	2,00	187,62	2,37	79,01	562	337,20
Planta 20	1,34	0,82	1,08	1,68	1,81	1,96	2,82	1,17	147,09	1,54	95,57	435	261,00
Planta 21	0,75	0,63	0,69	1,51	1,04	0,72	2,28	0,48	251,69	0,56	445,76	762	457,20
Planta 22	1,47	1,55	1,51	1,94	2,93	4,42	3,76	2,28	228,00	3,47	65,63	651	390,60
Planta 23	1,18	0,79	0,99	1,5	1,48	1,46	2,25	0,97	155,80	1,14	136,30	489	293,40
Planta 24	1,26	2,1	1,68	1,54	2,59	4,35	2,37	2,82	376,70	3,41	110,35	1154	692,40

Planta 25	2,33	0,77	1,55	0,97	1,50	2,33	0,94	2,40	141,61	1,83	77,37	407	244,20
Planta 26	1,46	1,06	1,26	1,36	1,71	2,16	1,85	1,59	159,16	1,70	93,86	498	298,80
Planta 27	1,88	1,53	1,71	1,94	3,31	5,64	3,76	2,91	330,82	4,43	74,69	890	534,00
Planta 28	1,79	0,68	1,24	1,58	1,95	2,41	2,50	1,53	257,81	1,89	136,22	764	458,40
Planta 29	1,91	1,12	1,52	1,65	2,50	3,79	2,72	2,30	422,34	2,97	141,99	1192	715,20
Planta 30	1,85	0,97	1,41	1,81	2,55	3,60	3,28	1,99	378,93	2,83	134,08	1131	678,60

Tabla de función de las ramas

Rama	Volumen	Diámetro	Longitud	D*L	D^2	L^2	D^2*L	Vol cilindro	Volparaboloide	Vol cono	Vol neiloide	F cilindro	F paraboloide	F cono	F neiloide
Rama 1	16,30	0,68	90	60,75	0,46	8100	41,01	32,21	16,10	10,74	8,05	0,51	1,01	1,52	2,02
Rama 2	22,87	0,59	110	64,68	0,35	12100	38,03	29,87	14,94	9,96	7,47	0,77	1,53	2,30	3,06
Rama 3	60,79	0,79	170	134,30	0,62	28900	106,10	83,33	41,66	27,78	20,83	0,73	1,46	2,19	2,92
Rama 4	47,29	0,87	180	155,70	0,75	32400	134,68	105,78	52,89	35,26	26,44	0,45	0,89	1,34	1,79
Rama 5	27,09	0,64	190	120,65	0,40	36100	76,61	60,17	30,09	20,06	15,04	0,45	0,90	1,35	1,80
Rama 6	64,64	0,77	200	153,00	0,59	40000	117,05	91,93	45,96	30,64	22,98	0,70	1,41	2,11	2,81
Rama 7	27,34	0,73	140	101,50	0,53	19600	73,59	57,80	28,90	19,27	14,45	0,47	0,95	1,42	1,89
Rama 8	105,88	0,83	240	198,24	0,68	57600	163,75	128,61	64,30	42,87	32,15	0,82	1,65	2,47	3,29
Rama 9	71,99	0,72	220	159,06	0,52	48400	115,00	90,32	45,16	30,11	22,58	0,80	1,59	2,39	3,19
Rama 10	57,57	0,81	160	128,96	0,65	25600	103,94	81,64	40,82	27,21	20,41	0,71	1,41	2,12	2,82
Rama 11	120,90	1,00	200	200,20	1,00	40000	200,40	157,39	78,70	52,46	39,35	0,77	1,54	2,30	3,07
Rama 12	96,82	1,01	180	182,16	1,02	32400	184,35	144,79	72,39	48,26	36,20	0,67	1,34	2,01	2,67
Rama 13	12,86	0,54	110	59,51	0,29	12100	32,19	25,29	12,64	8,43	6,32	0,51	1,02	1,53	2,03
Rama 14	25,30	0,81	120	96,72	0,65	14400	77,96	61,23	30,61	20,41	15,31	0,41	0,83	1,24	1,65
Rama 15	73,72	0,98	170	166,77	0,96	28900	163,60	128,49	64,25	42,83	32,12	0,57	1,15	1,72	2,29
Rama 16	46,88	0,79	210	165,69	0,62	44100	130,73	102,67	51,34	34,22	25,67	0,46	0,91	1,37	1,83
Rama 17	72,50	0,97	200	193,40	0,94	40000	187,02	146,88	73,44	48,96	36,72	0,49	0,99	1,48	1,97
Rama 18	12,43	0,57	110	62,26	0,32	12100	35,24	27,68	13,84	9,23	6,92	0,45	0,90	1,35	1,80
Rama 19	46,41	1,00	150	149,70	1,00	22500	149,40	117,34	58,67	39,11	29,33	0,40	0,79	1,19	1,58
Rama 20	102,80	1,23	250	308,25	1,52	62500	380,07	298,51	149,25	99,50	74,63	0,34	0,69	1,03	1,38
Rama 21	23,25	0,76	130	98,15	0,57	16900	74,10	58,20	29,10	19,40	14,55	0,40	0,80	1,20	1,60
Rama 22	10,76	0,58	90	52,02	0,33	8100	30,07	23,62	11,81	7,87	5,90	0,46	0,91	1,37	1,82
Rama 23	19,85	0,77	100	76,70	0,59	10000	58,83	46,20	23,10	15,40	11,55	0,43	0,86	1,29	1,72
Rama 24	19,24	0,63	120	75,96	0,40	14400	48,08	37,76	18,88	12,59	9,44	0,51	1,02	1,53	2,04

Rama 25	10,40	0,45	100	44,90	0,20	10000	20,16	15,83	7,92	5,28	3,96	0,66	1,31	1,97	2,63	
Rama 26	52,69	0,94	190	179,17	0,89	36100	168,96	132,70	66,35	44,23	33,17	0,40	0,79	1,19	1,59	
Rama 27	74,19	0,87	180	155,88	0,75	32400	134,99	106,02	53,01	35,34	26,51	0,70	1,40	2,10	2,80	
Rama 28	100,10	0,81	240	195,12	0,66	57600	158,63	124,59	62,30	41,53	31,15	0,80	1,61	2,41	3,21	
Rama 29	38,59	0,80	160	127,84	0,64	25600	102,14	80,22	40,11	26,74	20,06	0,48	0,96	1,44	1,92	
Rama 30	19,07	0,68	110	74,36	0,46	12100	50,27	39,48	19,74	13,16	9,87	0,48	0,97	1,45	1,93	
promedio	49,35											promedio	0,56	1,12	1,68	2,24
ds st	32,83											ds st	0,15	0,30	0,44	0,59

cm3

Diámetros de ramas de mora

ESTUDIO FACTOR DE FORMA Y FUNCIONES DE VOLUMEN																														
Longitud cm	Rama 1 (cm)	Rama 2 (cm)	Rama 3 (cm)	Rama 4 (cm)	Rama 5 (cm)	Rama 6 (cm)	Rama 7 (cm)	Rama 8 (cm)	Rama 9 (cm)	Rama 10 (cm)	Rama 11 (cm)	Rama 12 (cm)	Rama 13 (cm)	Rama 14 (cm)	Rama 15 (cm)	Rama 16 (cm)	Rama 17 (cm)	Rama 18 (cm)	Rama 19 (cm)	Rama 20 (cm)	Rama 21 (cm)	Rama 22 (cm)	Rama 23 (cm)	Rama 24 (cm)	Rama 25 (cm)	Rama 26 (cm)	Rama 27 (cm)	Rama 28 (cm)	Rama 29 (cm)	Rama 30 (cm)
0	0,68	0,59	0,79	0,87	0,64	0,77	0,73	0,83	0,72	0,81	1,00	1,01	0,54	0,81	0,98	0,79	0,97	0,57	1,00	1,23	0,76	0,58	0,77	0,63	0,45	0,94	0,87	0,81	0,80	0,68
10	0,68	0,59	0,79	0,87	0,64	0,77	0,73	0,83	0,72	0,81	1,00	1,01	0,54	0,81	0,98	0,79	0,97	0,57	1,00	1,23	0,76	0,58	0,77	0,63	0,45	0,94	0,87	0,81	0,80	0,68
20	0,60	0,77	0,77	0,77	0,63	0,76	0,72	0,82	0,76	0,79	0,99	0,93	0,51	0,71	0,94	0,78	0,95	0,53	0,95	1,09	0,68	0,49	0,79	0,67	0,53	0,80	0,84	0,81	0,75	0,66
30	0,56	0,65	0,77	0,75	0,61	0,78	0,71	0,81	0,84	0,79	0,97	0,88	0,48	0,71	0,93	0,76	0,91	0,45	0,89	1,10	0,60	0,52	0,65	0,61	0,48	0,77	0,84	0,81	0,82	0,63
40	0,55	0,64	0,78	0,73	0,40	0,83	0,67	0,81	0,81	0,78	0,97	0,87	0,45	0,71	0,91	0,68	0,96	0,51	0,87	1,03	0,61	0,48	0,60	0,58	0,42	0,66	0,90	0,77	0,75	0,59
50	0,51	0,52	0,76	0,72	0,59	0,82	0,60	0,78	0,80	0,77	1,02	1,02	0,45	0,61	0,86	0,68	0,93	0,40	0,88	1,00	0,55	0,43	0,48	0,53	0,39	0,83	0,90	0,84	0,73	0,56
60	0,50	0,57	0,79	0,70	0,59	0,84	0,54	0,84	0,78	0,77	0,99	1,00	0,45	0,56	0,85	0,65	0,89	0,37	0,85	0,94	0,43	0,36	0,46	0,47	0,34	0,81	0,88	0,87	0,66	0,45
70	0,45	0,48	0,80	0,70	0,54	0,81	0,49	0,87	0,76	0,76	0,99	1,02	0,38	0,51	0,85	0,60	0,85	0,36	0,70	0,83	0,47	0,29	0,42	0,40	0,32	0,77	0,84	0,84	0,61	0,38
80	0,37	0,43	0,79	0,70	0,53	0,77	0,47	0,84	0,76	0,74	1,02	1,00	0,31	0,42	0,83	0,58	0,80	0,32	0,53	0,80	0,47	0,23	0,39	0,43	0,28	0,70	0,77	0,83	0,58	0,41
90	0,19	0,43	0,77	0,66	0,45	0,65	0,43	0,84	0,75	0,71	1,00	0,98	0,28	0,35	0,80	0,56	0,73	0,30	0,42	0,78	0,43	0,12	0,25	0,37	0,25	0,66	0,77	0,90	0,53	0,35
100	0,00	0,29	0,76	0,58	0,42	0,65	0,39	0,90	0,72	0,71	1,00	0,98	0,27	0,29	0,76	0,51	0,75	0,22	0,34	0,66	0,39	0,00	0,13	0,29	0,18	0,60	0,75	0,90	0,51	0,24
110	0,00	0,25	0,77	0,55	0,36	0,65	0,37	0,90	0,70	0,70	1,00	0,98	0,14	0,23	0,78	0,49	0,72	0,14	0,39	0,83	0,35	0,00	0,00	0,17	0,00	0,57	0,74	0,88	0,46	0,15
120	0,00	0,00	0,73	0,52	0,34	0,63	0,33	0,88	0,67	0,70	0,98	0,95	0,00	0,14	0,64	0,48	0,64	0,00	0,35	0,81	0,29	0,00	0,00	0,12	0,00	0,50	0,74	0,84	0,35	0,00
130	0,00	0,00	0,65	0,48	0,32	0,62	0,23	0,84	0,67	0,65	0,93	0,89	0,00	0,00	0,66	0,47	0,56	0,00	0,30	0,77	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,73	0,77	0,29	0,00
140	0,00	0,00	0,47	0,45	0,30	0,61	0,16	0,77	0,67	0,52	0,92	0,64	0,00	0,00	0,65	0,46	0,44	0,00	0,23	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,69	0,77	0,28	0,00
150	0,00	0,00	0,35	0,32	0,29	0,51	0,00	0,77	0,62	0,38	0,90	0,42	0,00	0,00	0,47	0,44	0,40	0,00	0,15	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,65	0,75	0,25	0,00

160	0,00	0,00	0,27	0,25	0,26	0,56	0,00	0,75	0,57	0,22	0,88	0,32	0,00	0,00	0,34	0,49	0,34	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,48	0,74	0,20	0,00
170	0,00	0,00	0,16	0,20	0,21	0,46	0,00	0,74	0,55	0,00	0,68	0,29	0,00	0,00	0,29	0,44	0,31	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,30	0,74	0,00	0,00
180	0,00	0,00	0,00	0,15	0,19	0,37	0,00	0,74	0,50	0,00	0,41	0,20	0,00	0,00	0,00	0,37	0,30	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,12	0,70	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,28	0,00	0,73	0,45	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,30	0,27	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,69	0,00	0,00	
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,69	0,35	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,26	0,20	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	
220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	
230	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	
240	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	
250	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	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
260	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	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	

Volúmenes de ramas

Volúmenes de ramas																														
Longitud cm	Rama 1 (cm)	Rama 2 (cm)	Rama 3 (cm)	Rama 4 (cm)	Rama 5 (cm)	Rama 6 (cm)	Rama 7 (cm)	Rama 8 (cm)	Rama 9 (cm)	Rama 10 (cm)	Rama 11 (cm)	Rama 12 (cm)	Rama 13 (cm)	Rama 14 (cm)	Rama 15 (cm)	Rama 16 (cm)	Rama 17 (cm)	Rama 18 (cm)	Rama 19 (cm)	Rama 20 (cm)	Rama 21 (cm)	Rama 22 (cm)	Rama 23 (cm)	Rama 24 (cm)	Rama 25 (cm)	Rama 26 (cm)	Rama 27 (cm)	Rama 28 (cm)	Rama 29 (cm)	Rama 30 (cm)
0	3,58	2,72	4,90	5,88	3,17	4,60	4,13	5,36	4,11	5,10	7,87	8,04	2,30	5,10	7,56	4,89	7,34	2,52	7,82	11,94	4,48	2,62	4,62	3,15	1,58	6,98	5,89	5,19	5,01	3,59
10	3,18	3,64	4,78	5,27	3,15	4,58	4,07	5,29	4,30	5,00	7,79	7,38	2,17	4,54	7,21	4,83	7,22	2,36	7,43	10,62	4,06	2,24	4,75	3,33	1,89	5,97	5,72	5,17	4,72	3,49
20	2,64	3,95	4,67	4,53	3,05	4,67	3,97	5,18	5,01	4,87	7,57	6,41	1,94	3,96	6,84	4,66	6,81	1,91	6,62	9,43	3,22	2,01	4,09	3,22	2,00	4,81	5,52	5,15	4,87	3,27
30	2,43	3,23	4,73	4,25	2,04	5,10	3,70	5,15	5,35	4,79	7,41	6,04	1,71	3,91	6,63	4,09	6,85	1,83	6,04	8,93	2,84	1,97	3,08	2,78	1,59	4,00	5,92	4,88	4,83	2,93
40	2,21	2,66	4,66	4,08	1,94	5,34	3,15	4,96	5,07	4,71	7,77	7,01	1,57	3,39	6,13	3,62	7,01	1,63	5,96	8,08	2,60	1,63	2,27	2,43	1,29	4,35	6,35	5,09	4,27	2,57
50	1,99	2,33	4,74	3,94	2,71	5,40	2,56	5,17	4,88	4,64	7,94	7,96	1,56	2,68	5,77	3,47	6,51	1,16	5,88	7,37	1,88	1,25	1,71	1,96	1,05	5,27	6,17	5,74	3,77	2,01
60	1,77	2,17	5,00	3,86	2,49	5,35	2,07	5,74	4,66	4,55	7,69	7,96	1,33	2,25	5,67	3,08	5,95	1,04	4,75	6,13	1,59	0,84	1,51	1,47	0,87	4,89	5,78	5,72	3,16	1,36
70	1,34	1,65	5,00	3,84	2,26	4,88	1,78	5,72	4,53	4,43	7,87	7,96	0,92	1,70	5,54	2,73	5,36	0,91	3,00	5,19	1,72	0,53	1,29	1,35	0,71	4,22	5,09	5,50	2,79	1,22
80	0,65	1,46	4,75	3,62	1,88	3,96	1,59	5,52	4,47	4,17	7,95	7,71	0,67	1,17	5,24	2,57	4,61	0,76	1,79	4,87	1,56	0,25	0,81	1,25	0,55	3,60	4,63	5,91	2,43	1,15
90	0,10	1,03	4,58	3,02	1,47	3,34	1,34	5,92	4,23	3,97	7,83	7,56	0,59	0,81	4,76	2,27	4,29	0,53	1,13	4,06	1,29	0,04	0,29	0,84	0,38	3,09	4,54	6,35	2,14	0,71
100	0,00	0,58	4,61	2,51	1,19	3,32	1,15	6,35	3,94	3,90	7,83	7,54	0,34	0,54	4,61	1,97	4,22	0,26	1,04	4,39	1,07	0,00	0,04	0,41	0,09	2,67	4,39	6,17	1,84	0,31
110	0,00	0,17	4,44	2,24	0,96	3,23	0,97	6,17	3,70	3,84	7,67	7,34	0,05	0,27	3,93	1,85	3,66	0,05	1,06	5,31	0,81	0,00	0,00	0,16	0,00	2,23	4,28	5,78	1,30	0,06
120	0,00	0,00	3,79	1,96	0,85	3,08	0,62	5,78	3,55	3,57	7,14	6,69	0,00	0,05	3,28	1,78	2,84	0,00	0,81	4,89	0,49	0,00	0,00	0,04	0,00	1,69	4,23	5,07	0,81	0,00
130	0,00	0,00	2,49	1,69	0,74	2,97	0,29	5,09	3,50	2,70	6,70	4,65	0,00	0,00	3,34	1,71	1,97	0,00	0,55	4,22	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,65	3,97	4,61	0,63	0,00
140	0,00	0,00	1,33	1,15	0,69	2,45	0,06	4,63	3,24	1,60	6,52	2,22	0,00	0,00	2,47	1,59	1,39	0,00	0,30	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	3,52	4,54	0,53	0,00
150	0,00	0,00	0,76	0,62	0,60	2,22	0,00	4,54	2,77	0,71	6,20	1,07	0,00	0,00	1,28	1,67	1,08	0,00	0,06	3,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	2,51	4,39	0,40	0,00
160	0,00	0,00	0,37	0,39	0,43	2,04	0,00	4,39	2,44	0,12	4,76	0,73	0,00	0,00	0,78	1,68	0,83	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,19	4,28	0,11	0,00

170	0,00	0,00	0,07	0,24	0,31	1,34	0,00	4,28	2,15	0,00	2,35	0,47	0,00	0,00	0,22	1,30	0,73	0,00	0,00	2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,37	4,04	0,00	0,00
180	0,00	0,00	0,00	0,06	0,25	0,83	0,00	4,23	1,78	0,00	1,04	0,10	0,00	0,00	0,00	0,90	0,64	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,04	3,78	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,44	0,00	3,97	1,28	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,44	0,00	0,00	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	3,52	0,00	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	3,52	0,79	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00	0,00
220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00
230	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00
240	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
250	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	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
260	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	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
cm3	16,30	22,87	60,79	47,29	27,09	64,64	27,34	105,88	71,99	57,57	120,90	96,82	12,86	25,30	73,72	46,88	72,50	12,43	46,41	102,80	23,25	10,76	19,85	19,24	10,40	52,69	74,19	100,10	38,59	19,07
dm3	0,02	0,02	0,06	0,05	0,03	0,06	0,03	0,11	0,07	0,06	0,12	0,10	0,01	0,03	0,07	0,05	0,07	0,01	0,05	0,10	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,05	0,07	0,10	0,04	0,02

Tablas de datos de los rodales enteros

Planta 1	D1	D2	h				
	0,99	1,15	1,08				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,875	0,21	92	23,93	18,51	54	2,26
2	0,791	0,189	81	17,20	10,97	51	2,97
3	0,945	0,236	108	33,13	28,39	68	2,05
4	1,071	0,301	123	50,23	39,27	102	2,03
5	0,815	0,276	93	23,50	17,27	53	2,25
6	0,931	0,211	118	34,22	33,05	70	2,05
7	0,798	0,233	87	19,98	13,95	52	2,60
				202,19	161,41	450	

Planta 2	D1	D2	h				
	1,23	1,45	1,22				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,295	0,265	122	66,77	41,55	136	2,04
2	0,642	0,227	90	14,36	9,92	63	4,39
3	0,443	0,218	149	13,28	19,13	60	4,52
4	0,585	0,22	85	11,56	5,71	54	4,67
5	1,134	0,241	78	33,03	15,95	89	2,69
6	0,583	0,233	81	11,24	4,12	55	4,89
7	0,701	0,23	95	17,55	14,28	65	3,70
8	0,811	0,261	105	25,77	22,78	77	2,99
				126,78	91,90	463	

Planta 3	D1	D2	h				
	1,78	0,89	1,07				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,867	0,177	107	26,23	25,60	89	3,39
2	1,005	0,228	121	40,90	36,67	98	2,40
3	0,617	0,192	57	8,00		36	
4	0,628	0,247	79	12,63	4,99	39	3,09
5	0,806	0,18	94	20,35	17,46	45	2,21
6	0,733	0,139	105	18,10	19,88	41	2,27
7	0,852	0,194	101	24,56	22,22	62	2,52
				150,78	126,82	410	

Planta 4	D1	D2	h				
	0,95	0,88	2,15				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,301	0,269	215	119,04	93,48	299	2,51
2	0,817	0,213	67	15,56	5,08	48	3,09
3	0,97	0,176	129	38,59	39,84	103	2,67
4	0,864	0,191	302	74,95	120,31	217	2,90
5	0,713	0,264	101	20,26	17,33	61	3,01
6	0,491	0,115	53	4,31		24	
7	0,891	0,273	72	20,95	9,05	62	2,96
				293,67	285,09	814	

Planta 5	D1	D2	h				
	1,19	1,38	1,35				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,806	0,288	93	23,49	17,00	65	2,77
2	0,73	0,277	135	28,69	32,98	83	2,89
3	0,807	0,508	79	27,29	10,47	79	2,90
4	0,924	0,14	238	62,48	93,19	152	2,43
5	0,755	0,151	145	26,83	38,74	77	2,87
6	0,583	0,09	56	5,87		25	
7	0,692	0,22	93	16,54	13,09	54	3,26
8	0,803	0,143	64	13,07	3,36	48	3,67
				180,77	191,83	518	

Planta 6	D1	D2	h				
	1,34	1,24	0,99				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,917	0,282	73	22,53	10,07	71	3,15
2	0,77	0,208	71	14,80	5,82	49	3,31
3	0,756	0,171	172	32,87	50,95	89	2,71
4	0,834	0,226	101	24,73	21,66	68	2,75
5	0,61	0,152	76	9,71	3,18	43	4,43
6	0,886	0,181	129	33,03	37,03	84	2,54
7	0,962	0,24	101	32,10	25,25	83	2,59
8	0,67	0,199	88	14,33	10,16	47	3,28
9	0,614	0,171	42	5,62		27	
				152,39	148,22	441	

Planta 7	D1	D2	h				
	1,27	0,7	1,8				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,954	0,157	180	51,11	65,38	136	2,66
2	0,786	0,238	108	24,36	23,28	82	3,37
3	0,78	0,163	87	17,36	13,41	68	3,92
4	0,687	0,235	43	7,75		33	
5	0,861	0,193	115	28,44	29,29	79	2,78
6	0,793	0,218	105	23,34	22,15	82	3,51
7	0,777	0,208	101	21,38	19,73	77	3,60
				173,75	173,25	557	

Planta 8	D1	D2	h				
	1,17	2	2,2				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,797	0,171	103	21,59	21,36	75	3,47
2	0,732	0,294	220	48,23	70,61	174	3,61
3	0,798	0,155	99	20,33	19,54	73	3,59
4	1,175	0,294	71	33,69	12,49	133	3,95
5	0,759	0,179	169	32,92	49,78	129	3,92
6	1,534	0,422	300	249,65	138,11	365	1,46
7	0,902	0,192	165	44,22	55,50	141	3,19
				450,63	367,39	1090	

Planta 9	D1	D2	h				
	1,03	1,19	1,48				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,675	0,313	88	17,62	10,35	58	3,29
2	0,711	0,453	81	21,90	8,59	70	3,20
3	0,615	0,203	47	6,70		29	
4	1,205	0,237	93	43,67	24,85	132	3,02
5	0,711	0,18	149	25,98	38,06	86	3,31
6	1,194	0,478	165	96,11	64,45	248	2,58
				211,98	146,30	623	

Planta 10	D1	D2	h				
	1,01	0,88	1,67				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,779	0,12	93	17,40	16,14	40	2,30
2	0,824	0,257	159	39,83	48,81	114	2,86
3	0,962	0,611	180	88,90	65,73	210	2,36
4	1,015	0,591	167	86,54	61,03	230	2,66
5	0,427	0,144	63	4,36		18	
6	0,409	0,121	55	3,33		16	
7	0,455	0,1	43	2,96		19	
				243,32	191,71	647	

Planta 11	D1	D2	h				
	1,3	1,03	1,28	Volumen			
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,637	0,353	81	16,02	6,10	49	3,06
2	0,842	0,317	93	26,21	18,08	57	2,18
3	0,843	0,31	108	30,20	25,30	65	2,15
4	1,094	0,466	128	64,47	42,43	123	1,91
5	0,852	0,141	66	14,96	5,33	41	2,74
6	1,604	0,348	119	101,32	37,68	177	1,75
7	0,936	0,207	56	16,31	1,83	51	3,13
				269,48	136,75	563	

Planta 12	D1	D2	h				
	0,89	1,02	1,56				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,12	0,225	156	63,59	58,12	131	2,06
2	0,742	0,187	151	28,63	40,71	70	2,44
3	0,866	0,419	144	48,57	43,58	125	2,57
4	0,745	0,219	49	9,83		29	
5	0,729	0,276	79	16,73	8,27	41	2,45
6	0,618	0,265	112	18,06	17,64	48	2,66
7	1,018	0,346	39	15,40	-6,04	38	2,47
8	0,537	0,19	34	3,80		12	
				141,02	104,16	363	

Planta 13	D1	D2	h				
	1,46	0,91	1,92				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,573	0,249	192	147,18	77,92	339	2,30
2	0,837	0,256	95	24,38	18,89	59	2,42
3	0,938	0,212	103	30,30	25,66	81	2,67
4	0,587	0,223	78	10,72	3,13	33	3,08
5	0,55	0,212	179	21,75	38,34	71	3,26
6	0,778	0,301	103	25,08	20,69	73	2,91
7	0,696	0,281	46	9,14		26	
				268,55	184,62	682	

Planta 14	D1	D2	h				
	1,43	0,95	1,84				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,428	0,327	184	125,87	76,00	301	2,39
2	0,899	0,161	56	14,35	1,28	44	3,07
3	0,9	0,187	81	21,49	13,70	69	3,21
4	0,878	0,275	103	29,34	23,99	78	2,66
5	0,681	0,184	81	13,21	7,61	39	2,95
6	0,865	0,197	102	25,57	23,11	72	2,82
7	0,544	0,255	63	8,24		21	
8	0,683	0,185	73	11,98	4,30	25	2,09
				124,18	73,99	348	

Planta 15	D1	D2	h				
	1,32	0,89	1,45				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,866	0,229	145	37,99	44,07	105	2,76
2	0,68	0,256	106	19,48	18,10	59	3,03
3	0,809	0,197	122	27,23	30,68	81	2,97
4	0,843	0,236	141	35,63	41,13	109	3,06
5	0,587	0,224	49	6,75		21	
6	0,505	0,158	57	5,37		19	
7	0,644	0,176	93	13,61	11,22	46	3,38
				146,07	145,21	440	

Planta 16	D1	D2	h				
	0,91	0,82	1,36				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,753	0,357	136	34,30	34,59	91	2,65
2	1,025	0,675	121	69,63	37,17	177	2,54
3	0,863	0,612	101	43,56	22,56	121	2,78
4	0,806	0,207	115	25,87	27,29	79	3,05
5	0,609	0,295	58	9,68		29	
6	0,667	0,217	62	10,33		32	
				193,38	121,60	529	

Planta 17	D1	D2	h				
	1,33	0,71	1,83				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,863	0,274	183	50,61	62,40	159	3,14
2	1,038	0,306	146	56,90	50,69	178	3,13
3	0,624	0,259	65	10,52		31	
4	0,782	0,313	87	21,73	13,48	58	2,67
5	0,698	0,261	53	10,23		30	
6	0,642	0,288	57	10,15		34	
7	0,772	0,246	72	15,95	6,33	49	3,07
				176,10	132,90	539	

Planta 18	D1	D2	h				
	1,39	0,48	1,79				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,019	0,271	179	65,04	67,47	199	3,06
2	0,717	0,453	107	29,25	20,11	78	2,67
3	0,959	0,314	103	35,58	26,20	98	2,75
4	0,773	0,415	135	38,54	35,11	89	2,31
5	0,594	0,173	49	6,23		16	
6	0,595	0,168	53	6,69		19	
7	0,603	0,238	65	9,59		21	
8	0,643	0,253	54	9,05		18	
				134,93	81,41	339	

Planta 19	D1	D2	h				
	1,48	1,35	1,51				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,917	0,326	151	49,26	49,16	146	2,96
2	0,629	0,17	149	20,73	32,96	65	3,14
3	0,591	0,199	66	8,75		21	
4	0,512	0,213	61	6,65		29	
5	1,081	0,234	98	37,88	26,06	111	2,93
6	0,661	0,261	64	11,35		35	
7	0,874	0,358	168	53,00	55,66	155	2,92
				187,62	163,84	562	

Planta 20	D1	D2	h				
	1,34	0,82	1,68				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,938	0,18	168	47,55	58,59	144	3,03
2	0,765	0,292	75	17,55	7,51	41	2,34
3	0,97	0,283	118	40,02	34,18	119	2,97
4	0,769	0,243	123	26,96	29,46	78	2,89
5	0,831	0,274	103	26,79	22,51	75	2,80
6	0,801	0,281	91	22,53	15,91	78	3,46
7	0,561	0,188	53	6,32		19	
8	0,578	0,209	53	6,92		25	
				147,09	109,57	435	

Planta 21	D1	D2	h				
	0,75	0,63	1,51				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,213	0,346	151	79,49	56,99	257	3,23
2	1,101	0,281	91	38,13	22,60	119	3,12
3	0,99	0,313	102	37,06	26,41	109	2,94
4	0,952	0,264	138	44,34	43,87	129	2,91
5	0,802	0,187	81	17,56	11,27	50	2,85
6	0,651	0,306	104	19,51	16,00	59	3,02
7	0,674	0,198	95	15,59	13,24	39	2,50
				251,69	190,39	762	

Planta 22	D1	D2	h				
	1,47	1,55	1,94				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,354	0,43	194	132,07	81,91	399	3,02
2	0,835	0,494	173	61,31	56,05	181	2,95
3	0,537	0,238	85	10,52	3,74	29	2,76
4	0,629	0,273	126	21,17	23,78	71	3,35
5	0,907	0,17	159	41,87	52,74	119	2,84
6	1,059	0,333	125	51,87	40,08	123	2,37
7	0,605	0,162	46	5,90	-8,65	21	3,56
8	0,766	0,228	166	35,35	48,85	107	3,03
				228,00	216,58	651	

Planta 23	D1	D2	h				
	1,18	0,79	1,5				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,134	0,393	150	74,07	55,15	230	3,11
2	0,921	0,331	64	21,16	5,63	71	3,36
3	0,587	0,161	48	5,84	-8,27	26	4,45
4	0,708	0,129	98	15,63	15,84	39	2,50
5	0,431	0,174	93	7,09	1,35	34	4,80
6	0,642	0,231	83	13,34	7,09	41	3,07
7	0,683	0,244	103	18,68	16,97	48	2,57
				155,80	93,75	489	

Planta 24	D1	D2	h				
	1,26	2,1	1,54				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,064	0,216	154	56,79	55,66	178	3,13
2	1,185	0,398	215	114,50	91,83	399	3,48
3	0,62	0,307	58	10,16	-3,59	45	4,43
4	1,342	0,356	119	74,94	39,99	183	2,44
5	1,314	0,39	138	86,39	50,56	249	2,88
6	0,581	0,187	96	12,09	9,70	39	3,22
7	0,71	0,339	97	21,83	15,48	61	2,79
				376,70	259,63	1154	

Planta 25	D1	D2	h				
	2,33	0,77	0,97				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,804	0,224	97	22,26	18,80	68	3,05
2	1,222	0,377	95	52,13	26,09	139	2,67
3	0,506	0,176	59	5,81		31	
4	0,577	0,199	67	8,55		29	
5	1,064	0,302	91	36,80	22,04	88	2,39
6	0,432	0,191	54	4,32		16	
7	0,544	0,238	93	11,74	6,91	36	3,07
				141,61	73,85	407	

Planta 26	D1	D2	h				
	1,46	1,06	1,36				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,637	0,214	136	20,93	28,25	61	2,91
2	0,765	0,306	85	20,32	12,05	65	3,20
3	0,769	0,153	94	18,02	16,26	55	3,05
4	0,713	0,165	91	15,56	12,99	39	2,51
5	0,877	0,218	89	23,48	17,10	98	4,17
6	0,765	0,177	69	13,58	4,79	41	3,02
7	0,878	0,362	148	47,26	46,05	139	2,94
				159,16	137,48	498	

Planta 27	D1	D2	h				
	1,88	1,53	1,94				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,177	0,364	194	98,85	80,10	299	3,02
2	1,643	0,498	189	186,33	74,21	450	2,42
3	0,815	0,196	135	30,48	37,05	87	2,85
4	1,002	0,194	98	31,71	24,59	101	3,18
5	0,723	0,195	119	21,86	25,61	43	1,97
6	0,724	0,239	107	21,13	20,40	39	1,85
7	0,823	0,26	98	24,60	19,88	101	4,11
8	0,673	0,273	79	14,71	6,51	69	4,69
				330,82	208,25	890	

Planta 28	D1	D2	h				
	1,79	0,68	1,58				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,874	0,27	150	42,13	46,85	120	2,85
2	0,932	0,196	158	45,08	53,28	138	3,06
3	0,768	0,226	68	14,50	4,41	39	2,69
4	1,018	0,278	151	55,21	52,74	159	2,88
5	0,693	0,248	150	28,02	37,42	81	2,89
6	0,858	0,178	115	27,72	29,19	78	2,81
7	1,198	0,133	107	45,16	32,52	149	3,30
				257,81	256,41	764	

Planta 29	D1	D2	h				
	1,91	1,12	1,65				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	0,912	0,221	135	38,25	40,96	130	3,40
2	0,879	0,189	165	42,10	54,43	119	2,83
3	1,008	0,256	145	50,85	49,29	156	3,07
4	0,798	0,287	159	39,47	47,44	119	3,01
5	1,291	0,312	157	89,06	61,06	230	2,58
6	1,199	0,423	178	98,97	71,70	288	2,91
7	1,084	0,287	155	63,65	56,72	150	2,36
				422,34	381,61	1192	

Planta 30	D1	D2	h				
	1,85	0,97	1,81				
Ramas	Db	db	h	Volumen	Vol ecuación	Peso	Peso/Vol
1	1,033	0,246	177	64,03	66,92	199	3,11
2	1,011	0,248	169	59,04	61,94	166	2,81
3	0,999	0,248	181	61,95	67,76	177	2,86
4	0,977	0,311	165	58,54	58,62	179	3,06
5	0,878	0,259	170	47,42	56,83	160	3,37
6	1,088	0,387	98	45,02	26,18	132	2,93
7	0,859	0,286	154	42,95	48,13	118	2,75
				378,93	386,38	1131	

Tiempo de poda

Tiempo por planta	Poda		Recolección		Volumen real de la planta	Volumen aparente	Peso residual
	min/s	hora	min/s	hora			
Planta 1	3,05	0,05	1,40	0,02	202,19	0,97	216
Planta 2	2,20	0,04	1,25	0,02	126,78	1,72	222,24
Planta 3	2,25	0,04	2,02	0,03	150,78	1,50	196,8
Planta 4	2,30	0,04	1,57	0,03	293,67	1,41	390,72
Planta 5	2,15	0,04	1,45	0,02	180,77	1,75	248,64
Planta 6	2,48	0,04	1,49	0,02	152,39	1,29	211,68
Planta 7	2,28	0,04	2,10	0,04	173,75	1,37	267,36
Planta 8	2,50	0,04	2,12	0,04	450,63	4,34	523,2
Planta 9	2,58	0,04	2,08	0,03	211,98	1,43	299,04
Planta 10	2,13	0,04	1,30	0,02	243,32	1,17	310,56
Planta 11	2,20	0,04	1,49	0,02	269,48	1,36	270,24
Planta 12	3,14	0,05	1,34	0,02	141,02	1,12	174,24
Planta 13	2,28	0,04	1,29	0,02	268,55	2,12	327,36
Planta 14	2,36	0,04	1,28	0,02	124,18	2,05	167,04
Planta 15	3,05	0,05	1,39	0,02	146,07	1,39	211,2
Planta 16	2,50	0,04	1,47	0,02	193,38	0,80	253,92
Planta 17	2,58	0,04	2,15	0,04	176,10	1,50	258,72
Planta 18	2,49	0,04	1,58	0,03	134,93	1,23	162,72
Planta 19	3,02	0,05	2,05	0,03	187,62	2,37	269,76
Planta 20	2,10	0,04	2,09	0,03	147,09	1,54	208,8
Planta 21	2,45	0,04	1,52	0,03	251,69	0,56	365,76
Planta 22	2,55	0,04	1,48	0,02	228,00	3,47	312,48
Planta 23	3,01	0,05	1,44	0,02	155,80	1,14	234,72
Planta 24	2,21	0,04	1,53	0,03	376,70	3,41	553,92
Planta 25	2,47	0,04	2,08	0,03	141,61	1,83	195,36
Planta 26	2,30	0,04	2,10	0,04	159,16	1,70	239,04
Planta 27	2,15	0,04	2,15	0,04	330,82	4,43	427,2
Planta 28	2,45	0,04	2,25	0,04	257,81	1,89	366,72
Planta 29	2,33	0,04	2,07	0,03	422,34	2,97	572,16
Planta 30	2,16	0,04	1,51	0,03	378,93	2,83	542,88
Promedio	2,46						
D.T.	0,31						

Factor de forma

	F cilindro	F paraboloide	F cono	F neiloide
promedio	0,56	1,12	1,68	2,24
ds st	0,15	0,30	0,44	0,59