



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

## **FACULTAD DE CIENCIA PECUARIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Proyecto de Investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniera Agropecuaria.

#### **Título del Proyecto de Investigación**

“VALIDACIÓN DE MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE CACAOS (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y DE ORIGEN TRINITARIO (CCN-51) EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”.

#### **Autor:**

Ninfa Viviana Cuadro Álava

#### **Director del Proyecto de Investigación:**

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador.**

**2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Ninfa Viviana Cuadro Álava, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificado profesional; por tanto se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Ninfa Viviana Cuadro Álava**

**C.C. # 0929292548**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montufar, docente de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CERTIFICO: Que la egresada Ninfa Viviana Cuadro Álava, realizó la investigación de la tesis de grado titulada: “VALIDACIÓN DE MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y DE ORIGEN TRINITARIO (CCN-51) EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

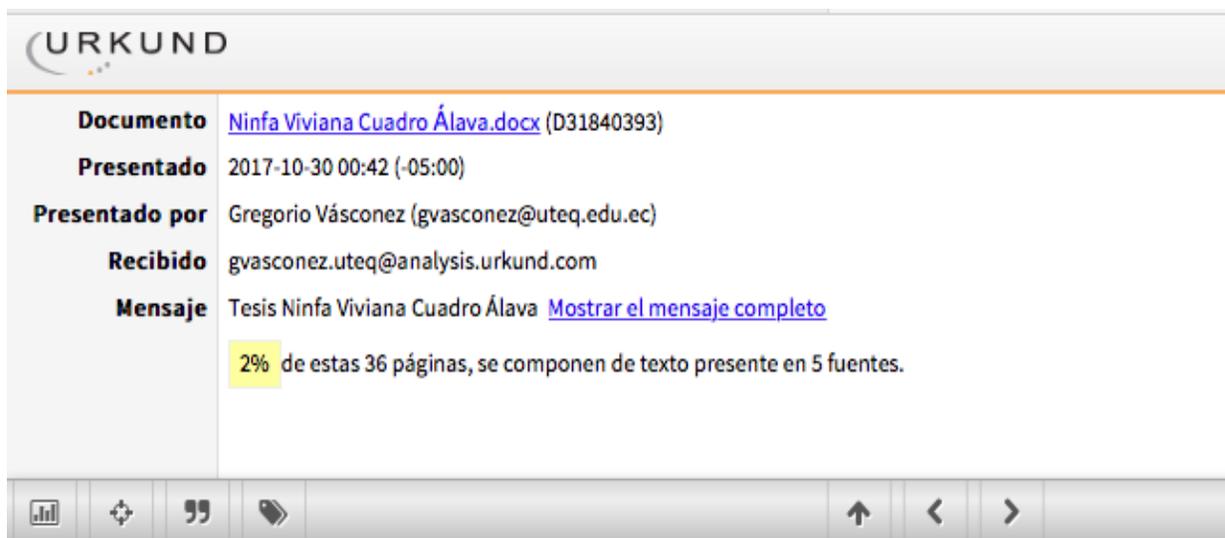
# CERTIFICACIÓN

---

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar., certifico que:

El Proyecto de Investigación: “VALIDACIÓN DE MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y DE ORIGEN TRINITARIO (CCN-51) EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS” realizada por la estudiante de la Carrera Agropecuaria NINFA VIVIANA CUADRO ALAVA, ha sido analizado mediante la herramienta URKUND desde la Introducción hasta el capítulo de Bibliografía y presentó un 2% de similitud en aspectos de Metodologías utilizadas, tal como se aprecia en la siguiente Figura

**Figura1.** Porcentaje de similitud 2% registrado por el análisis de URKUND.



The image shows a screenshot of the URKUND web interface. At the top left is the URKUND logo. Below it is a table with the following information:

<b>Documento</b>	<a href="#">Ninfa Viviana Cuadro Álava.docx</a> (D31840393)
<b>Presentado</b>	2017-10-30 00:42 (-05:00)
<b>Presentado por</b>	Gregorio Vásconez (gvasconez@uteq.edu.ec)
<b>Recibido</b>	gvasconez.uteq@analysis.orkund.com
<b>Mensaje</b>	Tesis Ninfa Viviana Cuadro Álava <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>

Below the table, a yellow highlight indicates: 2% de estas 36 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

At the bottom of the interface is a navigation bar with icons for a bar chart, a plus sign, a quote, a tag, an up arrow, a left arrow, and a right arrow.

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montufar

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

## FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

### CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

“VALIDACIÓN DE MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y DE ORIGEN TRINITARIO (CCN-51) EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

---

**Ing. Wilfrido Escobar Pavón**

**PREISDENTE**

---

**Ing. Jaime Vera Chang**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Gary Meza Bone**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AGRADECIMIENTO

Esta investigación es el resultado de esfuerzo de muchos años que con constancia ha llegado a su final, primeramente, doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la Universidad Técnica Estatal Quevedo.

A la decana de la Facultad de Ciencias Pecuaria la Dra. Jenny Torres Navarrete, porque siempre estuvo dispuesta ayudarnos cuando la necesitamos por darnos un empuje para que lleguemos a nuestras metas por trabajar incansablemente para mejorar nuestra prestigiosa Facultad.

Al Ing. Gerardo Segovia Freire, Coordinador de la Carrera Agropecuaria que siempre está dispuesto ayudar a los estudiantes por su desempeño sus funciones de manera correcta como figura de autoridad y profesor, amigo.

A mi director de tesis el Dr. Gregorio Vásconez por su valiosa guía y asesoramiento a la ayuda brindada durante la investigación por sus conocimientos que fueron de mucho aporte, por la paciencia y el apoyo que me brindo, y una amistad incondicional gracias.

Agradezco a una persona muy especial en mi vida, por estar ahí en mis momentos difíciles y gracias por creer en mí por no haberme dejado sola; Roberto Carlos Pincay Jiménez; por haberme apoyado, y haberme brindarme su amor incondicional, su cariño, comprensión y paciencia, por darme aliento de seguir adelante cuando he querido dejar todo gracias por estar por estar ahí para mí.

Agradezco a mi amigo Oswaldo Rojas por la ayuda brindada y mi amiga Paola Tigmasa por el apoyo y ayuda en el trascurso de mi carrera.

Finalmente agradezco a cada una de las personas que creyeron en mí que de una manera u otra colaboraron con un granito de arena a mis tíos y a mis dos abuelitas personas importante durante mi formación.

Ninfa Cuadro Álava

## **DEDICATORIA.**

Dedico esta investigación primeramente a Dios por guiar mis pasos, a mis padres; Wilfrido Felipe Cuadro Zamora y Bartola Petra Álava Suarez, por darme el placer de ser infinitamente orgullosa de ser su hija, gracias por ser claros ejemplos de perseverancia y lucha de vida, por apoyarme siempre en mis decisiones y estar ahí en momentos malos y buenos.

A mi hermana, Verónica Valeria Cuadro Álava que estuvo ahí dándome aliento para seguir adelante en este logro de mi carrera y brindándome siempre su apoyo y ayuda y a mis sobrinos; Melanie Samaniego Cuadro, Alex Samaniego Cuadro que con sus locuras y ternura alegran mis días.

A mis amigos que han estado ahí también dándome fuerzas y brindándome su amistad incondicional durante mi trascurso de mi carrera.

Ninfa Cuadro Álava

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en dos localidades (Valencia y Ventanas), desde el 14 de agosto del 2017 hasta el 20 de Agosto, cuyo objetivo fue la “Validación de modelo alométrico para estimar la producción de biomasa en cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tipo Nacional y de origen Trinitario (CCN-51) en la zona norte de la provincia de Los Ríos”. Para la realización de este estudio se empleó un diseño completamente azar con arreglo Bi factorial, Factor A con dos localidades, (Valencia y Ventanas), Factor B con dos tipos de cacao (Nacional y Trinitario CCN-51) y cuatro repeticiones. Las variables que se tomaron en la investigación fueron: Longitud, diámetro, superficie, volumen, biomasa fresca y biomasa seca.

Para la variable de longitud de estructuras vegetativas no se mostró efectos significativos ( $P>0.05$ ), esto se deba a los cambios climáticos por lo que la investigación se la realizó en dos zonas (Valencia y Ventanas), las cuales se utilizó dos variables de cacao, la suma de la longitud alcanzada a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias, en localidades de (Valencias y Ventanas) con un total de 495 y 461 cm árbol<sup>-1</sup>, mientras en tipos de cacao no mostró diferencias significativas con un total 506 y 450 cm árbol<sup>-1</sup> y en la variable de diámetro de las estructuras vegetativas si mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ), en los cantones (Valencia y Ventanas) fue de aproximadamente de 8.25 y 8.08 cm árbol<sup>-1</sup>, mientras en el análisis de tipos de cacao se obtuvo un total de 8.63 y 7.71 cm árbol<sup>-1</sup>. En la variable de superficie no mostro diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en localidades con un total 26.66 y 21 dm<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> y en tipos de cacao con un total de 27.03 y 20.63 dm<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> en la variable de volumen en localidad no mostraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) con un total 13.76 y 9.21 dm<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup> mientras que en tipos de cacao en Nacional si mostro diferencias significativas ( $P<0.05$ ) esto se deba a buenas prácticas agronómicas con un total de 14.98 y 7.99 dm<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup>. En la variable de biomasa fresca no se mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en ningunas de las dos ni en localidades con un total de 41.98 y 33.82 kg árbol<sup>-1</sup> ni en tipos de cacao con un total de 42.8 y 33.01 kg árbol<sup>-1</sup> esto se deba a que la investigación se la realizó en épocas seca, mientras en la variable de biomasa seca solo mostro diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en tipos de cacao con un total de 24.87 kg árbol<sup>-1</sup> esto.

**Palabras claves:** Alometria, Biomasa, Negrosa fina, Hojarasca.

## ABSTRACT

This research was carried out in two locations (Valencia and Venetians), from August 14, 2017 to August 20, whose objective was the "Validation of allometric model to estimate the biomass production in cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) National Type and Trinitarian origin (CCN-51) in the northern area of the province of LOS RIOS ". Factor A with two localities, (Venetians and Valencia) Factor B with two types of cacao (National and Trinitarian CCN-51) and four replicates were used for the study. The variables that we took in the investigation were: Length, diameter, surface, volume, fresh biomass.

For the length variable vegetative structures, there were no significant effects on local factors and cocoa types ( $P > 0.05$ ), the total length that was the product of the sum of the length reached at the trunk level, primary branches, secondary and tertiary, in localities (Valencia's and Venetians) with a total of 495 and 461 cm tree<sup>-1</sup>, while in cocoa types did not show significant differences with a total of 506 and 450 cm tree<sup>-1</sup> and in the variable of diameter of the vegetative structures did not show significant differences in the cantons (Valencia and Venetians) was of approximately 8.25 and 8.08 cm tree<sup>-1</sup>, while in the analysis of cacao types a total of 8.63 and 7.71 cm tree<sup>-1</sup> was obtained. In the surface variable, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ) in localities with a total of 26.66 and 21 dm<sup>2</sup> tree<sup>-1</sup> and in cocoa types with a total of 27.03 and 20.63 dm<sup>2</sup> tree<sup>-1</sup> in the volume variable in locality did not show significant differences ( $P > 0.05$ ) with a total of 13.76 and 9.21 while in cocoa types if showed significant differences ( $P < 0.05$ ) in a total of 14.98 and 7.99. In the variable of fresh biomass, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ) in either of the two or in localities with a total of 41.98 and 33.82 or in types of cocoa with a total of 42.8 and 33.01 while in the variable dry biomass only showed significant differences ( $P < 0.05$ ) in cocoa types with a total of 24.87. In the biomass supernumerary branches measured (kg MF tree<sup>-1</sup>) and estimated biomass (kg MF tree<sup>-1</sup>) were not similar since the points of (observations) are clearly distributed above the dotted line one by one. The points of (observations) are clearly distributed above the dotted line one by one.

**Key words:** Allometry, Biomass, Fine black, Litter.

## Tabla de contenido

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Problema de la investigación.....	4
1.1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.1.3 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.1 Marco Conceptual.....	10
2.2 Marco Referencial.....	12
2.2.1 Antecedentes investigativos.....	12

2.2.2	Modelos alométricos (biomasa).....	12
2.2.3	Modelos alométricos para la estimación de volumen. ....	12
2.2.4	Modelos alométricos para estimación de biomasa. ....	13
2.2.5	Metodología para la estimación alométricos de biomasa. ....	13
2.2.6	Biomasa y producción de sistemas agroforestales.....	14
2.2.7	Sistema agroforestal de cacao.....	15
2.2.8	Captura de carbono. ....	15
2.2.9	Carbono almacenado.....	16
2.2.10	Fijación y almacenamiento de carbono. ....	16
CAPÍTULO III .....		17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		17
2.3	Localización de la investigación.....	18
2.4	Condiciones meteorológicas. ....	18
2.5	Tipo de investigación.....	18
2.5.1	Métodos de investigación. ....	18
2.6	Método inductivo. ....	18
2.6.1	Método deductivo. ....	19
2.6.2	Método analítico. ....	19
2.6.3	Fuentes de recopilación de información. ....	19
2.7	Diseño de la investigación.....	19

2.7.1	Esquema del experimento.....	20
2.7.2	Análisis de varianza del diseño experimental.....	21
2.7.3	VARIABLES A MEDIR.....	22
2.7.4	Medidas de las estructuras vegetales.....	22
2.7.5	Medida de la biomasa contenida en las estructuras vegetales.....	22
2.7.6	Tratamientos de datos.....	23
2.8	Recursos humanos y materiales.....	23
2.8.1	Materiales.....	23
CAPÍTULO IV .....		25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		25
2.9	Longitud y diámetro del tronco incluyendo ramas primarias, secundarias y terciarias. ..	26
2.10	Superficie y Volumen del tronco incluyendo ramas primarias, secundarias y terciarias.....	29
2.11	Biomasa fresca y Biomasa seca del tronco incluidas ramas primarias, secundarias y terciarias.....	32
2.12	Relaciones entre la biomasa medida y estimada.....	35
3.10.1.	Biomasa en tronco y ramas.....	35
2.13	Biomasa de las ramas supernumerarias más hojas.....	36
CAPÍTULO V.....		38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		38

3.1	Conclusiones.....	39
3.2	Recomendaciones.....	40
	CAPÍTULO VI.....	41
	BIBLIOGRAFIA.....	41
4.1	Literatura citada.....	42
	CAPITULO VII ANEXOS.....	46
5.1	Análisis de varianza de las variables evaluadas.....	47
5.2	Imágenes de la investigación. ....	55

### Índice de tablas.

<b>Tabla 1.</b>	Condiciones meteorológica en la zona norte de la provincia de Los Ríos. ....	18
<b>Tabla 2.</b>	Modelo del experimento de la investigación del cultivo de cacao Nacional y Trinitario (CCN-51).....	21
<b>Tabla 3.</b>	Análisis de varianza (ANDEVA) del diseño experimental de la producción de biomasa en cultivares de cacao Tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51). ....	21
<b>Tabla 4.</b>	Longitud y diámetro del tronco, rama primaria, secundaria, terciaria para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario). ....	28
<b>Tabla 5.</b>	Longitud y diámetro de las estructuras del árbol como producto de la interacción de los factores localidad (Valencia y Ventanas), por tipos de cacao (Nacional y Trinitario). ....	28
<b>Tabla 6.</b>	Superficie y volumen del tronco, rama primaria, secundaria, terciaria para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario). ....	31

<b>Tabla 7.</b> Superficie y volumen de las estructuras del árbol como productos de la interacción de los factores de los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).....	31
<b>Tabla 8.</b> Biomasa fresca y biomasa seca del tronco incluidas ramas primarias, secundarias y terciarias, para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).....	34
<b>Tabla 9.</b> Biomasa fresca y biomasa seca de las estructuras del árbol como productos de la interacción de los factores de los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).....	34

### Índice de figuras.

<b>Figura 1.</b> Esquema de obtención de las medidas de longitud (a), superficie (b) y volumen (c) de las estructuras del clon de cacao Tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51).....	22
<b>Figura 2.</b> Biomasa materia fresca y Biomasa medida (kg MS árbol <sup>-1</sup> ) para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario). ....	36
<b>Figura 3.</b> Biomasa de las ramas supernumerosas mas hojas para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario). ....	37

### Índice de anexos.

<b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza de longitud del tronco de las estructuras vegetativas. ....	47
<b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza de diámetro del tronco de las estructuras vegetativas. ....	47
<b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza de materia fresca del tronco de las estructuras vegetativas. ....	47
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza de superficie del tronco de las estructuras vegetativas. ....	47
<b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza de volumen del tronco de las estructuras vegetativas. ....	48
<b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza de materia seca del tronco de las estructuras vegetativas. ....	48

<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza de longitud, ramas primarias de las estructuras vegetativas...	48
<b>Anexo 8.</b> Análisis de varianza diámetro en ramas primarias de las estructuras vegetativas.	48
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza materia fresca en ramas primarias de las estructuras vegetativas.	49
<b>Anexo 10.</b> Análisis de varianza superficie en ramas primarias de las estructuras vegetativas.	49
<b>Anexo 11.</b> Análisis de varianza volumen de ramas primarias de las estructuras vegetativas.	49
<b>Anexo 12.</b> Análisis de varianza materia seca de ramas primarias de las estructuras vegetativas.	49
<b>Anexo 13.</b> Análisis de varianza longitud en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	50
<b>Anexo 14.</b> Análisis de varianza diámetro en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	50
<b>Anexo 15.</b> Análisis de varianza materia fresca en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	50
<b>Anexo 16.</b> Análisis de varianza superficie en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	50
<b>Anexo 17.</b> Análisis de varianza volumen en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	51
<b>Anexo 18.</b> Análisis de varianza materia seca en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.	51

<b>Anexo 19.</b> Análisis de varianza longitud en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.	51
<b>Anexo 20.</b> Análisis de varianza diámetro en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.	51
<b>Anexo 21.</b> Análisis de varianza materia fresca en ramas terciarias de las estructuras vegetativas. ....	52
<b>Anexo 22.</b> Análisis de varianza superficie en ramas terciarias de las estructuras vegetativas. ....	52
<b>Anexo 23.</b> Análisis de varianza volumen en ramas terciarias de las estructuras vegetativas .....	52
<b>Anexo 24.</b> Análisis de varianza materia seca de ramas terciarias de las estructuras vegetativas. ....	52
<b>Anexo 25.</b> Análisis de varianza longitud del total de las estructuras vegetativas. ....	53
<b>Anexo 26.</b> Análisis de varianza diámetro del total de las estructuras vegetativas. ....	53
<b>Anexo 27.</b> Análisis de varianza materia fresca del total de las estructuras vegetativas. ....	53
<b>Anexo 28.</b> Análisis de varianza superficie del total de las estructuras vegetativas. ....	53
<b>Anexo 29.</b> Análisis de varianza volumen del total de las estructuras vegetativas. ....	54
<b>Anexo 30.</b> Análisis de varianza materia seca del total de las estructuras vegetativas. ....	54
<b>Anexo 31.</b> Se ubicó los nombres correspondientes en cada una de las fundas de papel de ...	55
<b>Anexo 32.</b> Se ubicó las muestras dentro de la funda de papel de 100x120 cada una de las ..	55
<b>Anexo 33.</b> Tomas de datos de las ramas supernumerarias. ....	55
<b>Anexo 34.</b> <i>Diseción de partes vegetativas del tallo la cual fuerón tres muestras el.....</i>	55
<b>Anexo 35.</b> Diseción de las partes vegetativas del árbol las ramas primaria, secundario y ..	56

<b>Anexo 36.</b> Herramientas utilizadas en el campo en el transcurso de la investigación. ....	56
<b>Anexo 37.</b> Se midió cada una de las partes del árbol. ....	56
<b>Anexo 38.</b> Se pesó las hojas de cada rama del árbol. ....	56
<b>Anexo 39.</b> Partes del árbol primario secundario terciario. ....	57
<b>Anexo 40.</b> Se pesó las hojas con el promedio de 100 gramos para colocar en la estufa.....	57
<b>Anexo 41.</b> Las fundas de papel con sus respectivas muestras para obtener la biomasa seca.	57
<b>Anexo 42.</b> Se pesó cada una de las muestras para obtener el resultado y colocarlos en la ....	57

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	“VALIDACIÓN DE MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE CACAO ( <i>Theobroma cacao</i> L.) TIPO NACIONAL Y DE ORIGEN TRINITARIO (CCN-51) EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS”			
<b>Autor:</b>	NINFA VIVIANA CUADRO ALAVA			
<b>Palabras clave:</b>	Alometría	Biomasa	Negrosa fina	Hojarasca
<b>Fecha de Publicación:</b>				
<b>Editorial:</b>				
<b>Resumen:</b>	<p>La presente investigación se llevó a cabo en dos localidades (Valencia y Ventanas), desde el 14 de agosto del 2017 hasta el 20 de Agosto, cuyo objetivo fue la “Validación de modelo alométrico para estimar la producción de biomasa en cultivares de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Tipo Nacional y de origen Trinitario (CCN-51) en la zona norte de la provincia de Los Ríos”. Para la realización de este estudio se empleó un diseño completamente azar con arreglo Bi factorial, Factor A con dos localidades, (Valencia y Ventanas), Factor B con dos tipos de cacao (Nacional y Trinitario CCN-51) y cuatro repeticiones. Las variables que se tomaron en la investigación fueron: Longitud, diámetro, superficie, volumen, biomasa fresca y biomasa seca.</p> <p>Para la variable de longitud de estructuras vegetativas no se mostró efectos significativos (<math>P &gt; 0.05</math>), esto se deba a los cambios climáticos por lo que la investigación se la realizó en dos zonas (Valencia y Ventanas), las cuales se utilizó dos variables de cacao, la suma de la longitud alcanzada a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias, en localidades de (Valencias y Ventanas) con un total de 495 y 461 cm árbol<sup>-1</sup>, mientras en tipos de cacao no mostró diferencias significativas con un total 506 y 450 cm árbol<sup>-1</sup> y en la variable de diámetro de las estructuras vegetativas si mostró diferencias significativas (<math>P &lt; 0.05</math>), en los cantones</p>			

(Valencia y Ventanas) fue de aproximadamente de 8.25 y 8.08 cm árbol<sup>-1</sup>, mientras en el análisis de tipos de cacao se obtuvo un total de 8.63 y 7.71 cm árbol<sup>-1</sup>. En la variable de superficie no mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en localidades con un total 26.66 y 21 dm<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> y en tipos de cacao con un total de 27.03 y 20.63 dm<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> en la variable de volumen en localidad no mostraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) con un total 13.76 y 9.21 dm<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup> mientras que en tipos de cacao en Nacional sí mostró diferencias significativas ( $P<0.05$ ) esto se deba a buenas prácticas agronómicas con un total de 14.98 y 7.99 dm<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup>. En la variable de biomasa fresca no se mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en ninguna de las dos ni en localidades con un total de 41.98 y 33.82 kg árbol<sup>-1</sup> ni en tipos de cacao con un total de 42.8 y 33.01 kg árbol<sup>-1</sup> esto se deba a que la investigación se la realizó en épocas seca, mientras en la variable de biomasa seca solo mostró diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en tipos de cacao con un total de 24.87 kg árbol<sup>-1</sup> esto.

#### **ABSTRACT.**

This research was carried out in two locations (Valencia and Venetians), from August 14, 2017 to August 20, whose objective was the "Validation of allometric model to estimate the biomass production in cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) National Type and Trinitarian origin (CCN-51) in the northern area of the province of LOS RIOS ". Factor A with two localities, (Venetians and Valencia) Factor B with two types of cacao (National and Trinitarian CCN-51) and four replicates were used for the study. The variables that we took in the investigation were: Length, diameter, surface, volume, fresh biomass.

For the length variable vegetative structures, there were no significant effects on local factors and cocoa types ( $P> 0.05$ ), the total length that was the product of the sum of the length reached at the trunk level, primary branches, secondary and tertiary, in localities (Valencias and Venetians) with a total of 495 and 461 cm tree<sup>-1</sup>, while in cocoa types did not show significant differences with a total of 506 and 450 cm tree<sup>-1</sup> and in the variable of diameter of the vegetative structures did not show significant differences in the cantons (Valencia and Venetians) was of approximately 8.25 and

8.08 cm tree<sup>-1</sup>, while in the analysis of cacao types a total of 8.63 and 7.71 cm tree<sup>-1</sup> was obtained. In the surface variable, there were no significant differences (P> 0.05) in localities with a total of 26.66 and 21 dm<sup>2</sup> tree<sup>-1</sup> and in cocoa types with a total of 27.03 and 20.63 dm<sup>2</sup> tree<sup>-1</sup> in the volume variable in locality did not show significant differences (P> 0.05) with a total of 13.76 and 9.21 while in cocoa types if showed significant differences (P <0.05) in a total of 14.98 and 7.99. In the variable of fresh biomass, there were no significant differences (P> 0.05) in either of the two or in localities with a total of 41.98 and 33.82 or in types of cocoa with a total of 42.8 and 33.01 while in the variable dry biomass only showed significant differences (P <0.05) in cocoa types with a total of 24.87. In the biomass supernumerary branches measured (kg MF tree<sup>-1</sup>) and estimated biomass (kg MF tree<sup>-1</sup>) were not similar since the points of (observations) are clearly distributed above the dotted line one by one.

Descripción	
URI:	

## INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se pueden identificar dos fases fenológicas: vegetativas y reproductivas, las que se caracterizan por una acumulación de biomasa en la parte aérea (tronco, ramas, brotes, hojas, frutos) y subterránea (raíces finas y gruesas), y una fracción de toda esta biomasa pasa a formar parte de la necromasa fina, gruesa, hojarasca (1). Además, producto de la descomposición de la materia orgánica vegetal y los procesos de mineralización, la biomasa de renovación anual constituye la principal vía de transferencia de nutrientes a la superficie de suelo en los sistemas de producción de cacao (1). Las huertas de cacao pueden contener el 66% del total de la biomasa que contiene un bosque primario (2). Desde un enfoque más agronómico, se ha evidenciado que la acumulación de biomasa anual estaría relacionada con la producción de mazorcas (3).

Es evidente que en todos los sistemas de producción vegetal es importante cuantificar la producción de biomasa, tanto por su rol medio ambiental como agronómico. Sin embargo, en los sistemas de producción de cacao, a diferencia de lo que sucede en cultivos anuales, la cuantificación de biomasa no es una práctica común, principalmente por ser una variable de naturaleza destructiva lo que ha motivado la búsqueda de métodos indirectos para estimar la biomasa. Una de las alternativas más efectivas es el establecimiento de relaciones o modelos alométricos, desarrollados inicialmente para determinar la producción de madera en bosques naturales o plantación forestales (4).

Con el propósito de analizar medidas alométricas en estructuras vegetativas dando validez a las ecuaciones de regresión entre medidas (longitud, superficie y volumen) en el cultivo de cacao (5), evidentemente se considerara la aplicación de modelos alométricos estudiando el crecimiento de la acumulación de biomasa y CO<sub>2</sub> (6). Los modelos alométricos de biomasa en volumen, con densidades y relaciones para el cultivo de cacao permitirán la partición de la biomasa preferida estableciendo relaciones entre biomasa aérea y subterránea (7).

El estudio de la aplicación de modelos alométricos para estimar la biomasa en cultivares de cacao se basan directamente a ecuaciones de regresión que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal, que buscan la asimilación de ecuaciones o modelos de un análisis de regresión utilizadas en las variables de campo (diámetro, longitud, superficie, volumen, biomasa fresca y biomasa seca) y estructuras (tallos, ramas primarias, secundarias y terciarias) en esta investigación se busca estudiar un nivel de validez de los modelos alométricos (8).

La investigación sobre la validación de relaciones alométricas para estimar la producción de biomasa en cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y de origen Trinitario (CCN-51) se realizó en la zona norte de la provincia de Los Ríos a fin de comparar y validar modelo alométrico desarrollados en la Finca Experimental “La Represa” de la UTEQ con el objetivo de desarrollar un método efectivo orientado a cuantificar la biomasa producida de un año a otro en plantaciones de cacao.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problema de la investigación.**

### **1.1.1 Planteamiento del problema.**

En el Ecuador el cacao representa un cultivo de alto valor comercial por lo que en la actualidad se busca encontrar más información sobre las relaciones alométricas para estimar la producción de biomasa que representa en los cultivo de cacao tipo Nacional y Trinitario (CCN-51).

En la prácticas agronómicas como: (podas, riego, fertilidad, control de enfermedades y malezas) no son evaluada debido a ser únicamente por la producción de la mazorca ya que no es eficiente, que permita establecer, una de estas alternativas en este trabajo es evaluar el nivel de validez más adecuado en las relaciones alométricas para estimar la producción de biomasa en cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y de origen Trinitario (CCN-51).

### **1.1.2 Formulación del problema.**

En la actualidad no se cuenta con un método que permitan establecer la producción total de biomasa en cacao, lo que hace difícil evaluar la eficiencia de nuevas tecnologías de producción agrícola. La dificultad en el cacao radica principalmente en medir el incremento de biomasa de una temporada a otra.

### **1.1.3 Sistematización del problema.**

¿Cuál es el nivel de validez de modelo alométrico, para estimar la biomasa del tallo y ramas en función de la superficie de las estructuras vegetales?

¿Cuál es el nivel de validez de modelo alométrico, para estimar la biomasa del tallo y ramas en función del volumen de las estructuras vegetales?

¿Cuál es el nivel de validez de modelo alométrico, para estimar la biomasa de la copa (ramas supernumerarias más hojas) en función del número de ramas supernumerarias con un diámetro entre 1.0 – 1.5 cm?

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Validar modelo alométrico desarrollado en la Finca Experimental “La Represa” de la UTEQ para la estimación de biomasa en cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Determinar el ajuste más adecuado de modelo alométrico en funciones de la superficie de las estructuras vegetales, en cultivares de cacao de tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51) en la zona norte de la provincia de Los Ríos.
- Evaluar el nivel de validez de modelo alométrico en funciones del volumen de las estructuras vegetativas de la biomasa en cultivares de cacao tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51) en la zona norte de la provincia de Los Ríos.
- Estudiar el nivel de validez más adecuado de modelo alométrico, para estimar la biomasa de la copa en función del número de ramas supernumerarias en el cultivo de cacao de origen Trinitario (CCN-51) en la zona norte de la provincia de Los Ríos.

### 1.3 Justificación.

En el Ecuador actualmente se cultivan tres variedades de cacao,( Nacional, Trinitario y Forastero) actualmente la agricultura está siendo afectada por los cambios adverso al clima lo que implica el desarrollo o afectación de plagas y enfermedades en los cultivos, además los graves riesgos productos del forestación y la pérdida de especies endémicas, anualmente en Ecuador la deforestación representa 6.5890 ha, y legalmente a la vez reporta el ministerio de agricultura que afecta el daño del uso del suelo.

En el 2016, Ecuador exporto cerca de 223 mil toneladas de cacao en grano, otras 25 mil tonelada en semielaborados y 1.700 toneladas en producción, según las cifras Asociación Nacional de Exportadores de cacao (Anecacao). En el año 2015 en Ecuador cultivo 264 mil toneladas métricas de cacao, y logro por \$ 800 millones, mientas en el año 2014 tuvo una producción total de 230 mil toneladas representando 22% del total nacional, seguido por Guayas con el 20% y en Manabí con el 18%.

La superficie de cultivos permanentes en el Ecuador en el 2016 fue de 5.39 millones de ha, siendo el mayor proporción de cultivo de pasto seguido por cultivos perenne representando el 42.68 % y 26.7 % el actual problema es por efecto climático la disminución productiva de cultivos perenne como el cultivo del cacao que demanda un uso intensivo de riego (1200 /mes) de agua es de 100mm en los meses más secos, factor a considerar en huertas bajo riego se puede aumentar la producción hasta 40 qq de cacao seco por hectárea y a 25 qq, representando como superficie total plantada el 37.43%, siendo afectada por los bajos precio del mercado externo, a esto se suma el creciente impacto a nuestros ecosistema. Siendo el cacao una de las alternativas que puedan disminuir los gases de infecto invernadero atraves de la captura de carbono producto de los cambios brusco de temperatura y las bajas tazas de mineralización del suelo, conociendo que el CO<sub>2</sub> atmosférico tiene mucha relación con la materia orgánica por lo cual la alometría sería una nueva herramienta que permita confirmar como influye la biomas del cacao sobre la producción, de la incidencia de enfermedades, la monillia (*Moniliophthora roreri* E.), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) quienes pueden afectar hasta más de un 80% de la plantación.

Con el trabajo de investigación definiendo la biomasa las dos variedades se pretenderá aportar nuevos modelos alométricos locales en la zona central del Ecuador, generando nueva tecnología a nuestro productores a la vez cuantificar la cantidad de biomasa y el carbono acumulado en las huertas de cacao a la vez permitirá orientar y conservar nuestro ecosistema a largo plazo (9).

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

## **2.1 Marco Conceptual.**

### **Biomasa:**

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica (10).

### **Alometría:**

El concepto de alometría se ha utilizado para relacionar componentes o variables de difícil medición (biomasa y área foliar), con variables más fáciles de medir (altura, diámetro, área basal, área de altura) con el objeto de estimar las primeras variables en función de las segundas (11).

### **Arboles de dosel:**

Es decir la unión de las copas de los árboles que se juntan unas con otras para conformar el techo de los bosques, es una de las últimas fronteras biológicas que alberga una extraordinaria diversidad de especies animales y vegetales (12).

### **Necromasa fina:**

La cantidad de madera muerta o necromasa representa una importante porción de la biomasa y de los nutrientes en los bosques tropicales. La necromasa gruesa y la masa aérea vegetativa fueron estudiados en tres diferentes lugares utilizando parcelas permanentes y líneas de intersección (13).

### **Bosque primario:**

Los bosques primarios también se llaman nativos y también bosques vírgenes. Es un bosque intacto, que no ha sido explotado ni tocado por el hombre, es decir, que no han cortado troncos, que no han sembrado, etc. A diferencia de las plantaciones, en los bosques primarios los árboles son diferentes, más viejos y más hermosos. Hay más biodiversidad, es decir, que hay mucha más variedad de animales y plantas (14).

**Tallo:**

Conocido como tallo, es el eje de la parte aérea de las cormófitas y es el órgano que sostiene a las hojas, flores y frutos. Sus funciones principales son las de sostén y de transporte de fotosíntatos (carbohidratos y otros compuestos que se producen durante la fotosíntesis) entre las raíces y las hojas. Se diferencia de la raíz por la presencia de nudos en los que se insertan las yemas axilares y las hojas y por su geotropismo negativo, es decir, que crecen en contra de la fuerza de gravedad. Entre los cormófitos existen especies con un solo tallo cuyo vástago no se ramifica y plantas con muchos tallos (plurianuales) cuyo vástago se ramifica de diversos modos de acuerdo a la actividad de los meristemos (15).

**Ramas:** Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con tres a seis ramillas; al conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones (16).

**Ramas supernumerarias:** Son de crecimiento vertical hacia arriba, denominadas ramas de crecimiento ortotrópico son aquellas últimas ramas del árbol, las flores aparecen y se insertan sobre el tronco o las viejas ramificaciones (16)

**Copa:** Densa y extendida, hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas de (15) 20 a 35 (50) cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo (16).

**Hojarasca:**

Conjunto de las hojas que han caído de los árboles, demasiada e inútil frondosidad de algunos árboles o plantas, cosa inútil y de poca sustancia, especialmente en las palabras y promesas (17).

## **2.2 Marco Referencial.**

### **2.2.1 Antecedentes investigativos.**

Existen investigaciones desarrolladas que se fundamentan en la presente investigación, de los cuales se presentaran a continuación:

Se elaboró un modelo alométrico para estimar la biomasa aérea total a partir de la variable altura en dos especies de frutales de dos años de edad: el cacao *Theobroma cacao* L. y *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum, (copoazú). Estas especies se cultivan, en las asociadas con otras especies, en sistemas frutales de algunas áreas cercanas a la carretera Iquitos – Nauta. El estudio utilizó un método destructivo con 18 individuos por especie. Se extrajeron sub muestras del fuste, hojas, ramas y ramillas que fueron sometidas a un proceso de secado en microondas para obtener su peso seco y finalmente ordenar, tabular y analizar los datos para generar los modelos por especie. A partir de los resultados obtenidos de la biomasa total y por cada componente, se formaron modelos alométricos para cada una de las especies en función de la variable altura total (18).

### **2.2.2 Modelos alométricos (biomasa).**

Donde se relaciona la masa seca de algún componente o del árbol completo, con variable del tamaño, la cual se va a analizar del árbol (diámetro, altura área basal y volumen), para saber el volumen y superficie que tiene cada uno de los árboles, se va a estimar la biomasa tropical, consiste en relación estas variables es una regresión lineal bajo las escalas logarítmicas, lo cual simplifica los cálculos e incrementa la validación estadística al homogeneizar sobre el rango de datos (19).

### **2.2.3 Modelos alométricos para la estimación de volumen.**

Para determinar la cantidad de madera contenida en bosques o plantaciones, el volumen es la forma de expresión a utilizar, por la cual anteriormente las herramientas más utilizadas

para determinar eran tablas de volumen que hoy han sido remplazadas por ecuaciones alométricas, capaces de representar, como ser diámetro y altura (20).

#### **2.2.4 Modelos alométricos para estimación de biomasa.**

En la medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere la aplicación del método destructivo. Consiste en corte el árbol y medir su longitud, diámetro y determinar la biomasa pesando directamente cada componente, el caso es más practico cuando se desea estimar la biomasa aérea es mediante estimación indirecta del material vegetal para hacer las inferencias respectiva; Para ello, se debe contar modelos que estimen la biomasa total en el tamaño y dimensiones de los árboles (20).

El uso de ecuación alométricas basado en relaciones matemáticas entre parámetros relativamente fáciles de medir, tales como diámetro, permita el cálculo de la biomasa de una especie forestal, siendo el procedimiento más recomendado para estimar la biomasa en bosques tropicales, y consiste en relacionar estas variables en una regresión lineal bajo las escalas logarítmicas, lo cual simplifica los cálculos e incrementa la validación estadística al homogeneizar la varianza sobre el rango de los datos, construyendo gráficos de puntos entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, para probar cuales modelos o ecuaciones de regresión explican mejor esta relación, posteriormente se debe aplicar un análisis de varianza y escoger el o los modelos de mejor ajuste con la ayuda de algunos estadígrafos (21).

#### **2.2.5 Metodología para la estimación alométricos de biomasa.**

Existes varias metodologías para la estimación alométricos de biomasa, así como modelos para determinar la biomasa de las especies dentro de cada uno del sistema agroforestal, en las cuales existen métodos directos e indirectos.

El método directo denominado también método destructivo y consiste en medir los parámetros básicos de un árbol, entre ellos los más importantes, diámetro a la altura del pecho (DAP, cm), altura total (AT, m), diámetro de copa (DC, m) y longitud de copa (LC,

m); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (ramas, tallo, hojas). Consiste en la extracción física de los árboles proporcional a la frecuencia relativa de la población, se realiza la disección de éstos en cada uno de sus componentes a evaluar: tronco, ramas, hojas y raíces. Se determina de forma directa la biomasa de cada componente del árbol (22).

El método indirecto es cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el C de un bosque sin necesidad de derribar los árboles. En éste método se cubica y estima el volumen de las trozas con fórmulas dendrometrías; el volumen total del fuste o de las ramas gruesas se obtiene con la suma de estos volúmenes parciales. Se toman muestras de madera del componente del árbol y se pesan en el campo, luego se calculan factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad específica (23).

Otros investigadores establecieron que para estimar la biomasa en cada árbol seleccionado se debe medir el diámetro a la altura del pecho (DAP) antes de ser derribado, contando que en los árboles pequeños ( $2.5 \text{ cm} < \text{DAP} < 10 \text{ cm}$ ) se deben cortar al nivel del suelo y transportar completos al laboratorio para obtener su biomasa, mientras que los árboles más grandes ( $\text{DAP} > 10 \text{ cm}$ ), deben ser cortados en secciones para obtener sub muestras, tanto del fuste principal como de las ramas (24).

### **2.2.6 Biomasa y producción de sistemas agroforestales.**

La biomasa y producción de los sistemas agroforestales en seis diferentes sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) asociado con especies forestales maderable y frutales; con el propósito de conocer el potencial de captura de carbono por cada sistema. En cada sistema establecieron aleatoriamente cinco cuadrantes de  $100 \text{ m}^2$  cada uno, evaluándose la biomasa vegetal total existente. Para evaluar la ecuación alométricas del cacao se muestrearon 7 plantas cuyas edades variaron de 01 hasta 22 años (22).

Las plantas utilizadas  $\text{CO}_2$  y liberan  $\text{O}_2$  durante el proceso de la fotosíntesis; así mismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados,

por lo que se les debe considerar como reservas naturales de carbono. Por cada lado, es conocido que la capacidad de los ecosistemas agroforestales (asociación de árboles con otros cultivos, arbustos, herbáceas o pasto) para almacenar carbono en forma de biomasa aérea, varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos como la densidad de población de cada estrato y por comunidad vegetal (22).

### **2.2.7 Sistema agroforestal de cacao.**

Este tipo de sistema agroforestal, se clasifica como un SAF simultáneo, donde especies arbóreas (laurel) se encuentran asociadas con cultivos perennes (cacao). En este sistema, se pueden encontrar algunos árboles de sombra naturales del bosque que incluyen frutales como mango *Mangífera indica*, aguacate *Persea americana*, guayaba *Psidium guajada*, naranja *Citrus retícula* así como árboles maderables como por ejemplo *Cedrela odorata* (cedro) (22).

A medida que el cacao y los otros componentes maduran, se desarrolla un sistema de estratos múltiples de dosel cerrado y con la mayoría de las cualidades positivas del bosque natural. Sistemas agroforestales como sumideros de carbono, en principio, la capacidad de secuestrar carbono de cualquier ecosistema terrestre depende principalmente de dos componentes: el área total de esos ecosistemas y el número de árboles por unidad de área. (22).

### **2.2.8 Captura de carbono.**

Para capturar el carbono bajo el protocolo no solo se estimulará cambios importantes en el manejo del suelo, sino que también, por medio de un incremento en el contenido de materia orgánica tendrá efectos significativos directos en sus propiedades y un impacto positivo sobre las cualidades ambientales o agrícolas y sobre la biodiversidad. Pueden variar considerablemente, en un equilibrio dinámico en relación al carbono debajo ciertas condiciones climáticas y para ciertas concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> (25).

Es un componente esencial de todos los seres vivos, por la cual existen en su mayor parte como dióxido de carbono en la atmosfera, los océanos y los combustibles fósiles (carbón,

petróleo y otros hidrocarburos), este compuesto volátil presente en la atmosfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono (21).

El dióxido de carbono y también otros gases con efecto invernadero afectan directamente a los procesos biológicos en los árboles que generalmente, a la ecología de los ecosistemas forestales. En el ecosistema biosfera terrestre es necesario distinguir entre el carbono almacenado en el ecosistema (árboles, vegetación subsidiaria, suelo y productos obtenidos) expresado en toneladas (o en gigatoneladas) por hectárea y el flujo de carbono, que es la corriente de carbono entre las existencias de carbono (contenido) en el ecosistema y la atmósfera (18). El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera por la cual es un problema y preocupación mundial, en los últimos 200 años el incremento fue de 280 a 350 ppm de CO<sub>2</sub> (26).

### **2.2.9 Carbono almacenado.**

El carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa de los arboles por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y determinada por las condiciones del suelo y clima. Las plantas tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmosfera basando en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento de las plantas (25).

### **2.2.10 Fijación y almacenamiento de carbono.**

A través de la fotosíntesis de la planta se genera en la vegetación que se asimila CO<sub>2</sub> atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra (25).

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 2.3 Localización de la investigación.

La siguiente investigación se desarrolló específicamente en los cantones, Valencia y Ventanas, situadas en la zona norte de la provincia de Los Ríos a una altitud de 80 y 120 msnm. Sus coordenadas geográficas latitud sur, 1°46'00" de longitud oeste y 79°27'00".

### 2.4 Condiciones meteorológicas.

En la tabla 1, se observa las condiciones meteorológicas de la presente investigación que se realizó en la zona norte de la provincia de Los Ríos.

**Tabla 1.** *Condiciones meteorológica en la zona norte de la provincia de Los Ríos.*

Parámetros	Valencia	Ventanas
Temperatura °C	26	27.2
Humedad (%)	85	81
Precipitación mm/año	2000-2500	1800-1200
Altitud msnm	60	25
Zona ecológica	Bosque-húmedo	Semi-húmedo
Topografía	Ligeramente Ondulada	Plana

Fuente: (27).

### 2.5 Tipo de investigación.

La siguiente investigación experimental es de tipo exploratoria, en la cual se utilizaron 16 árboles y dos variedades de cacao (Nacional y Trinitario CCN-51) en dos localidades (Valencia y Ventanas) y cuatro repeticiones se planteó el estudio de las relaciones entre medidas longitud, superficie y volumen de las estructuras del árbol con respecto a la biomasa.

#### 2.5.1 Métodos de investigación.

### 2.6 Método inductivo.

En la presente investigación se establece validar los modelos alométricos para estimar la producción de biomasa en cultivares de cacao Tipo Nacional y de origen Trinitario (CCN-51), empleando el método inductivo en esta investigación, basándose en el estudio a partir de explorar las relaciones entre las medidas (longitud, superficie y volumen) de las

estructuras vegetativas del árbol y la biomasa de los cultivares de cacao, se busca que al menos un tipo de medida de las estructuras del cacao sea un buen estimador de la biomasa.

### **2.6.1 Método deductivo.**

Este método permitió el establecimiento de un planteamiento experimental fundamentado en experiencias de otras investigaciones empleando las ecuaciones de modelo alométrico obtenido, con la finalidad de establecer criterios que den paso a la construcción lineales alométricos que permitió determinar la biomasa de los árboles de cacao.

### **2.6.2 Método analítico.**

Consistió en determinar el nivel de validez de los modelo alométrico, para estimar la biomas de cacao de tipo nacional y trinitario (CCN-51), basándose en las estadísticas y el posterior registro de los sucesos obtenidos mediante el análisis estadístico de las variables, el mismo que permitió establecer y demostrar los resultados esperados.

### **2.6.3 Fuentes de recopilación de información.**

La información presentada en los marcos conceptual y referencia, se incluyen datos el efecto de los factores sobre las variables en estudio, se compararon con los resultados expuestos en las literaturas existentes, revistas indexadas, tesis y artículos científicos.

## **2.7 Diseño de la investigación.**

Se aplicó un diseño completamente al azar, con arreglo bi factorial y dos variedades de cacao (Nacional y Trinitario CCN-51) en dos localidades (Valencia y Ventanas) y cuatro repeticiones. Para establecer las diferencias entre los factores se empleó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). El esquema del análisis de varianza se presenta en la Tabla 3.

Se evaluó modelo alométrico, desarrollados en la zona norte de la provincia de Los Ríos (Valencia y Ventanas) con el fin de comparar y validar de modelo alométrico desarrollados en la Finca Experimental “La Represa” de la UTEQ con el fin de desarrollar un método efectivo orientado a cuantificar la biomasa producida de un año a otro en plantaciones de

cacao y se estableció los niveles de ajuste de los modelos en la estimación de biomasa en cacao de origen Trinitario (CCN-51), se hizo análisis de regresión entre la biomasa estimada a través de los modelos establecidos y las biomásas medidas en campo. La significancia de las regresiones fue valorada a partir del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el error de estimación ( $S_{xy}$ ).

FACTOR A= Localidad (Valencia y Ventanas)

FACTOR B = Variedades, (Nacional y Trinitario).

El modelo estadístico del diseño experimental que se utilizó la fórmula para una ecuación de regresión es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta_{ij}) + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta al tratamiento

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$ = Efecto del tratamiento Factor A

$\beta_j$ = Efecto del Factor B

$\alpha\beta_{ij}$ =Interaccion A x B

$E_{ij}$  = Error experimental

### 2.7.1 Esquema del experimento.

A continuación en la Tabla 2 se presenta el modelo del experimento de la presente investigación en las localidades, (Valencia y Ventanas), realizados en las variedades de cacao Nacional y origen Trinitario (CCN-51), con cuatro repeticiones, para un total de 16 observaciones.

**Tabla 2.** *Modelo del experimento de la investigación del cultivo de cacao Nacional y Trinitario (CCN-51).*

<b>Localidad</b>	<b>Variedades</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>repeticiones</b>
Valencia (L1)	Nacional (T1)	L1 T1	4
	Trinitario (T2)	L1 T2	4
Ventanas (L2)	Nacional (T1)	L2 T1	4
	Trinitario (T2)	L2 T2	4
Total			16

Elaborado: Autor

### 2.7.2 Análisis de varianza del diseño experimental.

En esta investigación se utilizó diseño completamente al azar con arreglo factorial con dos variedades de cacao Nacional y Trinitario en dos localidades y cuatro repeticiones. Para el análisis estadístico de los resultados expuestos se utilizó un programa estadístico computarizado software libre. Para determinar las diferencias estadísticas entre los factores se empleó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** *Análisis de varianza (ANDEVA) del diseño experimental de la producción de biomasa en cultivares de cacao Tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51).*

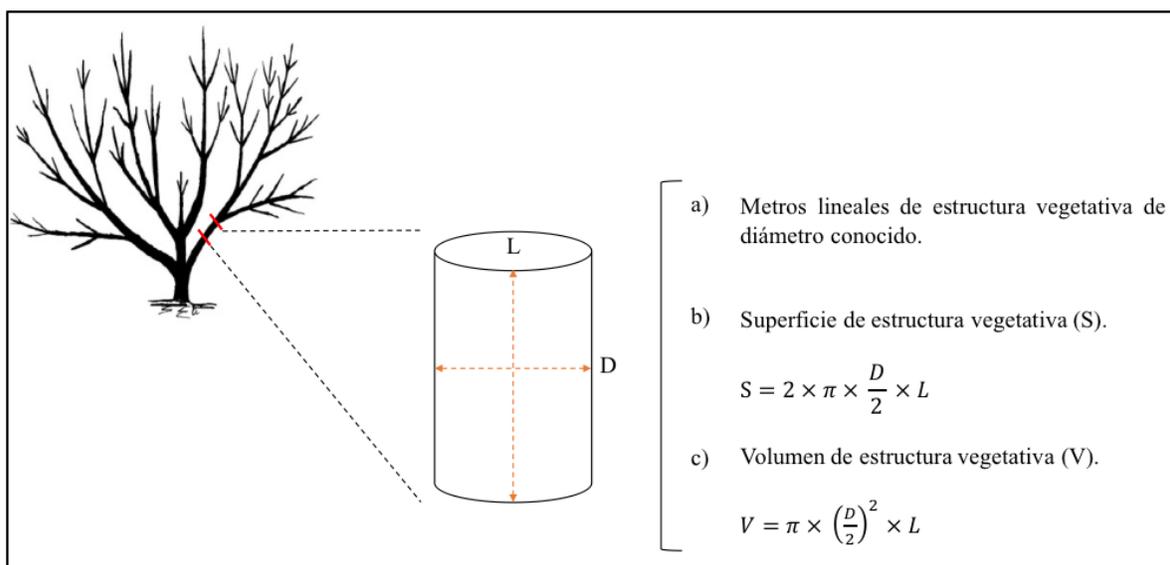
<b>Fuente de variación</b>	<b>Formula</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamiento	ab-1	3
Factor A	a-1	1
Factor B	b-1	1
Interacción AxB	(a*b) (r-1)	1
Error experimental	Diferencias	12
Total	abr-1	15

Elaborado: Autor

### 2.7.3 Variables a medir.

### 2.7.4 Medidas de las estructuras vegetales.

En cada clon de cacao con dos variedades (Nacional y origen Trinitario CCN-51) se separó en sus estructuras vegetativas básicas: tronco, ramas, primarias, secundarias, y ramas terciarias, brotes nuevos y hojas, posteriormente a cada una de las estructuras vegetativas básicas, estuvieron sujetas a medidas lineales, superficiales y de volumen, las medidas fueron obtenidas de acuerdo al diagrama presentado en la Figura 1:



**Figura 1.** Esquema de obtención de las medidas de longitud (a), superficie (b) y volumen (c) de las estructuras del clon de cacao Tipo Nacional y origen Trinitario (CCN-51).

Elaborado: Tutor

### 2.7.5 Medida de la biomasa contenida en las estructuras vegetales.

Para la medición de la biomasa obtenida en cada una de las estructuras vegetativas se lo realizó en base seca y húmeda. Por cada una de las estructuras vegetativas se pesó inmediatamente después de haber sido obtenida en el campo. Seguidamente, se procedió a tomar una muestra de la estructura con el objeto de determinar su contenido de humedad. Para esto, previo al registro del peso, la muestra se colocó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 75°C en donde permaneció hasta peso constante.

El contenido de humedad es dado por la diferencia entre el peso de la muestra antes del proceso de desecación y el peso de la muestra posterior al proceso de desecación, la diferencia de peso así obtenida es relacionada para el peso de la muestra previo al proceso de desecación (28).

### **2.7.6 Tratamientos de datos.**

Los datos fueron registrados en hojas de campo y seguidamente en hoja de cálculo de Excel. Los datos fueron ordenados en sentido vertical y clasificadas de acuerdo a la localidad y el tipo de clon de cacao. Luego se registró las medidas de superficie y volumen de las estructuras vegetativas de cacao considerando la clasificación ya descrita.

El análisis de varianza, el establecimiento de diferencias entre los materiales de cacao a través de la prueba de Tukey al nivel de probabilidad del 0.05, y el análisis de regresión entre las variables a evaluar, para el establecimiento de las relaciones alométricas, se hizo utilizando el software libre R (29).

## **2.8 Recursos humanos y materiales.**

La presente investigación estuvo bajo la coordinación del Dr. Gregorio Humberto Vásquez Montúfar y desarrollada por la Srta. Ninfa Viviana Cuadro Álava estudiante encargada de realizar consultas bibliográficas en la redacción del proyecto y trabajo de campo.

### **2.8.1 Materiales**

- Los Tipo Nacional
- Origen Trinitarios
- 2 Cinta métrica
- Bascula
- Balanza precisión
- Estufa
- Fundas 100x120
- Machete

- Tijera
- Computadora
- Lápiz
- Cuaderno
- Borrador
- Marcador
- Pendray
- Hojas de campo

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **2.9 Longitud y diámetro del tronco incluyendo ramas primarias, secundarias y terciarias.**

En la variable longitud de estructura vegetales no se observó un efecto significativo en los factores localidad y tipos de cacao ( $P>0.05$ ), la longitud total que fue producto de la suma de la longitud alcanzada a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias, en los cantones Valencia y Ventanas fue de aproximadamente de 495 y 461  $\text{cm árbol}^{-1}$ , respectivamente así mismo, en el análisis por tipo de cacao se observó en el cacao tipo Nacional y de origen Trinitario una longitud total de 506 y 450  $\text{cm árbol}^{-1}$ , respectivamente.

Al analizar la contribución relativa de cada una de las estructuras vegetales en longitud total, se evidenció similitud entre las localidades y tipos de cacao. En termino promedio, la contribución del tronco, de las ramas primarias, secundarias y terciarias fue de 7.4 y 35.7, 27.7 y 29.2%, respectivamente.

En la variable diámetro de la estructura vegetal si mostró diferencias significativas en tipos de cacao ( $P<0.05$ ), con el análisis de cacao tipo Nacional y de origen Trinitario obtuvo un total de 8.63 y 7.71  $\text{cm árbol}^{-1}$ . Mientras en los cantones Valencia y Ventanas con un total que fue producto de la suma de la ramas primarias, secundarias y terciarias, fue de aproximadamente de 8.25 y 8.08  $\text{cm árbol}^{-1}$ ,

Al analizar la contribución relativas de cada una de las estructuras vegetales en diámetro si mostro diferencias significativas ( $P<0.05$ ), en el tronco con un promedio de 12.6 y 10.06  $\text{cm árbol}^{-1}$  en tipos de cacao.

En el factor B los mayores promedios obtenidos en esta investigación los obtuvo el tipo Nacional en longitud y diámetro, resultados inferiores a los de este trabajo encontraron Martínez *et al.*, (18) se evaluaron la estimación de la biomasa con relaciones alometricas en dos especies de frutales *Theobroma cacao* L. y *Theobroma Grandiflorum*, con promedios de longitud de (1.97 y 2.07  $\text{m árbol}^{-1}$ ). Estos investigadores indican que estos resultados se deban por algunos factores físicos como: (nutrientes del suelo, drenaje, luminosidad, precipitación temperatura.

Por consiguiente, Larrea (24) determino las reservas de carbono en la biomasa área de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* y determinación de la ecuación alométricas para el cacao, en el que evaluó el diámetro del tronco encontrando un promedio de 14.12 cm árbol<sup>-1</sup> siendo estos resultados mayores a los que se muestra en los factores A y B con un promedio de 11.42 cm árbol<sup>-1</sup>.

En la tabla 5 se exponen las interacción del factor A localidad (Valencia y Ventanas) y factor B tipo (Nacional y Trinitario), se observa que en la variable longitud total a nivel del tronco en las ramas primarias, secundarias y terciarias y total, no mostro diferencias significativas entre las medidas de los tratamientos ( $p > 0.05$ ), mientras en la variable de diámetro no se mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre medidas de los tratamientos del tronco en las ramas primarias, secundarias y terciarias y total .

**Tabla 4.** Longitud y diámetro del tronco, rama primaria, secundaria, terciaria para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

Factores	Longitud de estructuras					Diámetro de estructuras				
	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total
	cm árbol <sup>-1</sup>									
<b>Localidad (A)</b>										
Valencia	36.38 a	145.38 a	155.56 a	157.5 a	494.81 a	10.36 a	8.98 a	7.75 a	5.92 a	8.25 a
Ventanas	34.44 a	196 a	108.94 a	121.69 a	461.06 a	12.29 a	8.05 a	6.60 a	5.39 a	8.08 a
<b>Variedades de cacao (B)</b>										
Nacional	37.44 a	171.63 a	156.75 a	140.00 a	505.81 a	12.60 a	8.29 a	7.37 a	6.25 a	8.63 a
Trinitario	33.38 a	169.75 a	107.75 a	139.19 a	450.06 a	10.06 b	8.74 a	6.98 a	5.06 a	7.71 a
<b>Promedio</b>	<b>35.41</b>	<b>170.69</b>	<b>132.25</b>	<b>139.60</b>	<b>477.94</b>	<b>11.33</b>	<b>8.52</b>	<b>7.18</b>	<b>5.66</b>	<b>8.17</b>
<b>EEM</b>	<b>5.24</b>	<b>24.75</b>	<b>26.32</b>	<b>21.90</b>	<b>43.91</b>	<b>0.77</b>	<b>0.36</b>	<b>0.36</b>	<b>0.65</b>	<b>0.36</b>

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel  $P > 0.05$  según tukey.

NS= No significativo

\*= significativo al  $P < 0.05$

\*\*=significativo al  $P < 0.01$

EEM= Error estándar de la media

**Tabla 5.** Longitud y diámetro de las estructuras del árbol como producto de la interacción de los factores localidad (Valencia y Ventanas), por tipos de cacao (Nacional y Trinitario).

Factores		Longitud					Diámetro				
Localidad(A)	Variedades de cacao (B)	Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total	Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total
		cm árbol <sup>-1</sup>									
Valencia	Nacional	41.50 a	138.25 a	198.25 a	183.00 a	561.00 a	11.69 a	8.57 a	7.69 a	6.44 a	8.60 a
Valencia	Trinitario	31.25 a	152.50 a	112.88 a	132.00 a	428.63 a	9.04 a	9.39 a	7.82 a	5.39 a	7.91 a
Ventanas	Nacional	33.38 a	205.00 a	115.25 a	97.00 a	450.63 a	13.51 a	8.01 a	7.06 a	6.06 a	8.66 a
Ventanas	Trinitario	35.50 a	187.00 a	102.63 a	146.38 a	471.50 a	11.08 a	8.09 a	6.15 a	4.72 a	7.51 a
<b>Promedio</b>		<b>35.40</b>	<b>170.68</b>	<b>132.25</b>	<b>139.50</b>	<b>477.94</b>	<b>11.33</b>	<b>8.51</b>	<b>7.18</b>	<b>5.65</b>	<b>8.17</b>
<b>EEM</b>		<b>7.41</b>	<b>35.00</b>	<b>37.23</b>	<b>30.97</b>	<b>62.10</b>	<b>1.09</b>	<b>0.51</b>	<b>0.55</b>	<b>0.65</b>	<b>0.51</b>

## 2.10 Superficie y Volumen del tronco incluyendo ramas primarias, secundarias y terciarias.

En la variable de superficie de estructura vegetales no mostro diferencias significativas en los factores localidad y tipos de cacao ( $P>0.05$ ), superficie total de que fue productos de la suma alcanzada a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias, en los cantones Valencias y Ventanas fue de 26.66 y 21  $\text{dm}^2 \text{árbol}^{-1}$ , y así mismos, el análisis de cacao tipo Nacional y origen Trinitario con una superficie total de 27.03 y 20.63  $\text{dm}^2 \text{árbol}^{-1}$  mientas en termino promedio la contribución de tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias no mostro diferencias significativas, como se muestra en la Tabla 6.

En la variable de volumen de estructuras vegetativas no mostro diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en localidades en la suma alcanzada a nivel del tronco, rama primaria, secundarias y terciarias en los cantones Valencias y Ventanas con unos total de 13.76 y 9.21  $\text{dm}^3 \text{árbol}^{-1}$ , mientas en tipos de cacao si mostro diferencias significativas ( $P<0.05$ ), entre los productos de la suma de ramas primarias, secundarias y terciarias con unos total de 14.98 y 7.99  $\text{dm}^3 \text{árbol}^{-1}$ , mientas al analizar la contribución relativas de cada una de las estructuras vegetativas en volumen si mostro diferencias significativas en el tronco en tipos de cacao en termino promedio con 4.29 y 2.59  $\text{dm}^3 \text{árbol}^{-1}$ .

Respuestas diferentes encontraron Abad *et al.*, (30) con la generación de modelos alométricos para la cuantificación de biomasa y contenido de carbono a nivel de especie, aplicando el método destructivo de baja intensidad para el estrato bosque simple verde de tierra bajas de las Amazonias en arboles de laurel , con un promedio de superficie total de 4,32  $\text{dm}^2 \text{árbol}^{-1}$ . Estos investigadores indican que probablemente se deba por algunos factores biológicos como: (factores externos como plagas, competencia de otras especies por el mismo hábitat).

Por otra parte Barragan (31) al realizar una investigación determinada en el aporte y descomposición de biomasa aérea en asociaciones agroforestales y su influencia en los cultivos de cacao y café en la variable volumen, evaluó tres especies maderables laurel (0.51  $\text{dm}^3$ ) pachaco (2.34  $\text{dm}^3$ ) árbol y guabo con un promedio de (0.26  $\text{dm}^3$ ), estos resultados son menores a lo que se muestran en esta investigación en los factores A y B con promedios de (4.16 y 5.38  $\text{dm}^3 \text{árbol}^{-1}$ ).

En la tabla 7 se demuestran las interacción del factor A localidad (Valencia y Ventanas) y factor B tipo (Nacional y Trinitario), se observa que en la variable superficie a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias no mostro diferencias significativas entre medidas ( $p>0.05$ ), mientras en el volumen para el factor A localidades mostro diferencias significativas ( $p<0.05$ ) en el tronco y total, mientras en el factor B en tipos de cacao si mostro diferencias significativas en el tronco y total.

**Tabla 6.** Superficie y volumen del tronco, rama primaria, secundaria, terciaria para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

Factores	Superficie de estructuras					Volumen de estructuras				
	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total
	dm <sup>2</sup> árbol <sup>-1</sup>					dm <sup>3</sup> árbol <sup>-1</sup>				
<b>Localidad (A)</b>										
Valencia	3.71 a	13.28 a	12.07 a	9.75 a	26.66 a	3.12 a	9.64 a	7.44 a	4.88 a	13.76 a
Ventanas	3.99 a	16.02 a	7.41 a	6.40a	21.00 a	3.76 a	10.4 a	4.05 a	2.79 a	9.21 a
<b>Variedades de cacao (B)</b>										
Nacional	4.46 a	14.25 a	11.73 a	9.19 a	27.03a	4.29 a	9.38 a	6.94 a	4.84 a	14.98 a
Trinitario	3.25 a	15.05 a	7.75 a	6.97 a	20.63a	2.59 b	10.66 a	4.56 a	2.82 a	7.99 b
<b>Promedio</b>	<b>3.85</b>	<b>14.65</b>	<b>9.74</b>	<b>8.08</b>	<b>23.83</b>	<b>3.44</b>	<b>10.02</b>	<b>5.75</b>	<b>3.83</b>	<b>11.49</b>
<b>EEM</b>	<b>0.44</b>	<b>2.40</b>	<b>2.03</b>	<b>1.62</b>	<b>3.67</b>	<b>0.39</b>	<b>1.91</b>	<b>1.28</b>	<b>0.95</b>	<b>1.90</b>

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel P<0.05 según tukey.

NS= No significativo

\*= significativo al P<0.05

\*\*=significativo al P<0.01

EEM= Error estándar de la media.

**Tabla 7.** Superficie y volumen de las estructuras del árbol como productos de la interacción de los factores de los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

Localidad (A)	Variedades de cacao (B)	Superficie					Volumen				
		Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total	Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total
		dm <sup>2</sup> árbol <sup>-1</sup>					dm <sup>3</sup> árbol <sup>-1</sup>				
Valencia	Nacional	4.75 a	11.88 a	15.19 a	12.50 a	31.48 a	4.32 a	8.06 a	9.18 a	6.77 a	19.72 a
Valencia	Trinitario	2.68 a	14.68 a	8.96 a	7.01 a	21.84 a	1.93 b	11.22 a	5.71 a	2.99 a	7.81 b
Ventanas	Nacional	4.16 a	16.63 a	8.28 a	5.88 a	22.58 a	4.27 a	10.70 a	4.70 a	2.92 a	10.24 ab
Ventanas	Trinitario	3.81 a	15.41 a	6.54 a	6.92 a	19.42 a	3.25 a b	10.10 a	3.41 a	2.66 a	8.17 b
<b>Promedio</b>		<b>3.85</b>	<b>14.65</b>	<b>9.74</b>	<b>8.07</b>	<b>23.83</b>	<b>3.44</b>	<b>10.02</b>	<b>5.75</b>	<b>3.83</b>	<b>11.48</b>
<b>EEM</b>		<b>0.62</b>	<b>3.40</b>	<b>2.87</b>	<b>2.29</b>	<b>5.19</b>	<b>0.55</b>	<b>2.70</b>	<b>1.81</b>	<b>1.35</b>	<b>2.69</b>

### **2.11 Biomasa fresca y Biomasa seca del tronco incluidas ramas primarias, secundarias y terciarias.**

En la variable de biomasa fresca de estructura vegetativas no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), en total que fue productos de la suma de factores localidad y tipos de cacao alcanzando a nivel del tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias, en los cantones Valencia y Ventanas fue de aproximadamente de 41.98 y 33.82 kg árbol<sup>-1</sup> en el análisis por tipo de cacao se observó en el cacao tipo nacional y de origen trinitario en biomasa fresca total de 42.8 y 33.01 kg árbol<sup>-1</sup>. Mientas en el análisis relativas de cada una de las estructuras vegetativas en biomasa fresca total, si hubo diferencias significativas ( $P<0.05$ ), en la localidad en la rama 3 con unos promedios de 4.38 y 2.44 kg árbol<sup>-1</sup> mientas en el tipos de cacao en tronco con un promedio de 3.96 y 2.9 kg árbol<sup>-1</sup> y en la rama 3 con unos promedios de 4.44 y 2.37 kg árbol<sup>-1</sup>.

En la variable de biomasa seca de estructuras vegetativas no mostró diferencias significativas ( $P>0.05$ ), en total que fue producto vegetativo en la localidad que fue aproximadamente de 22.17 y 18.48 kg árbol<sup>-1</sup> mientas en tipos de cacao si mostro diferencias significativas con la sumas de tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias con un total de 24.87 y 15.78 kg árbol<sup>-1</sup>, en el análisis relativas de cada una de las estructuras vegetativas se mostró diferencias significativas ( $P<0.05$ ), en tipos de cacao con unos promedios de 2.35 y 1.48 kg árbol<sup>-1</sup> como se puede mostrar en la tabla 8.

Resultados mayores a los de esta investigación en centraron Carrillo *et al.*, (32) quienes al evaluar las ecuaciones alometricas para estimar la biomasa y el carbono de la parte aérea de *Pinus hatwegii* registro un promedio de 57.9 kg árbol<sup>-1</sup> en la biomasa fresca.

Según Espíritu (33) al comparar tres ecuaciones alometricas para estimar la biomasa arbórea, demostrando promedios en biomasa fresca de 12.28 kg árbol<sup>-1</sup> siendo estos resultados inferiores a los que muestra en esta trabajo realizado con un total entre los factores A y B (41.98 y 42.8 árbol<sup>-1</sup>).

Por otra parte Martínez *et al.*, (18) quienes evaluaron la estimación de la biomasa con relaciones alométricas en dos especies de frutales *Theobroma cacao* L. y *Theobroma Grandiflorum*, demostrando mayores resultados en el *Theobroma grandiflorum* de 4.77 kg árbol<sup>-1</sup> de biomasa fresca, siendo estos resultados inferiores a los expuestos en esta investigación en los factores A y B (41.98 y 42.8 kg árbol<sup>-1</sup>).

Según Andrade *et al.*, (34), quienes evaluaron almacenamiento de carbono en cacaotales (*Theobroma cacao*) en armero-guayabal demostraron un menor resultados en Biomasa seca con un promedio de 12.2 kg árbol<sup>-1</sup> esto es debido a tienen potencial para mitigar el cambio climático al capturar carbono en biomasa y necromasa.

Por otra parte Salazar (35), se evaluó el rendimiento de biomasa y valoración nutrimental de residuos pos cosecha de cacao (*Theobroma cacao* L) con un promedio de 17.3 kg árbol<sup>-1</sup> de biomasa seca este resultado se debió al valor nutricional de biomasa.

En la tabla 9 se demuestran las interacción del factor A localidad (Valencia y Ventanas) y factor B tipo (Nacional y Trinitario), se observa que en la variable biomasa fresca en la rama secundaria y la rama terciarias si mostro diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para localidad y tipos de cacao, mientras en el biomasa seca para el factor A localidades y el factor B tipos de cacao reporto que mostro diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la rama secundaria y total.

**Tabla 8.** Biomasa fresca y biomasa seca del tronco incluidas ramas primarias, secundarias y terciarias, para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

Factores	Biomasa fresca					Biomasa seca				
	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total	Tronco	Rama 1	Rama 2	Rama 3	Total
kg árbol <sup>-1</sup>										
<b>Localidad (A)</b>										
Valencia	3.46 a	6.31 a	6.65 a	4.38 a	41.98 a	2.04 a	3.83 a	4.31 a	2.66 a	22.17 a
Ventanas	3.39 a	8.57 a	4.08 a	2.44 b	33.82 a	1.80 a	4.08 a	2.06 a	1.27 a	18.48 a
<b>Variedades de cacao (B)</b>										
Nacional	3.96 a	8.41 a	6.44 a	4.44 a	42.8 a	2.35 a	4.71 a	4.31 a	2.67 a	24.87 a
Trinitario	2.9 b	6.47 a	4.04 a	2.37 b	33.01 a	1.48 b	3.19 a	2.06 a	1.26 a	15.78 b
<b>Promedio</b>	<b>3.43</b>	<b>7.44</b>	<b>5.37</b>	<b>3.41</b>	<b>37.91</b>	<b>1.92</b>	<b>3.95</b>	<b>3.19</b>	<b>1.97</b>	<b>20.33</b>
<b>EEM</b>	<b>0.32</b>	<b>1.04</b>	<b>0.88</b>	<b>0.60</b>	<b>5.28</b>	<b>0.28</b>	<b>0.53</b>	<b>0.75</b>	<b>0.50</b>	<b>2.13</b>

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel P< 0.05 según tukey.

NS= No significativo

\*= significativo al P<0.05

\*\*=significativo al P<0.01

EEM= Error estándar de la media

**Tabla 9.** Biomasa fresca y biomasa seca de las estructuras del árbol como productos de la interacción de los factores de los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

Localidad (A)	Variedades de cacao (B)	Biomasa fresca					Biomasa seca				
		Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total	Tronco	Ramas 1	Ramas 2	Ramas 3	Total
kg árbol <sup>-1</sup>											
Valencia	Nacional	4.04 a	7.38 a	9.06 a	6.19 a	50.65 a	2.79 a	4.76 a	6.37 a	3.93 a	29.42 a
Valencia	Trinitario	2.88 a	5.24 a	4.25 a b	2.56 b	33.32 a	1.28 a	2.89 a	2.25 a b	1.39 a	14.93 a b
Ventanas	Nacional	3.88 a	9.44 a	4.32 a b	2.69 a b	34.95 a	1.91 a	4.67 a	2.25 a b	1.42 a	20.33 b
Ventanas	Trinitario	2.91 a	7.70 a	3.83 b	2.19 b	32.69 a	1.69 a	3.49 a	1.87 b	1.12 a	16.63 b
<b>Promedio</b>		<b>3.42</b>	<b>7.44</b>	<b>5.36</b>	<b>3.40</b>	<b>37.90</b>	<b>1.91</b>	<b>3.95</b>	<b>3.18</b>	<b>1.96</b>	<b>20.32</b>
<b>EEM</b>		<b>0.45</b>	<b>1.48</b>	<b>1.24</b>	<b>0.84</b>	<b>7.46</b>	<b>0.40</b>	<b>0.75</b>	<b>1.07</b>	<b>0.70</b>	<b>3.01</b>

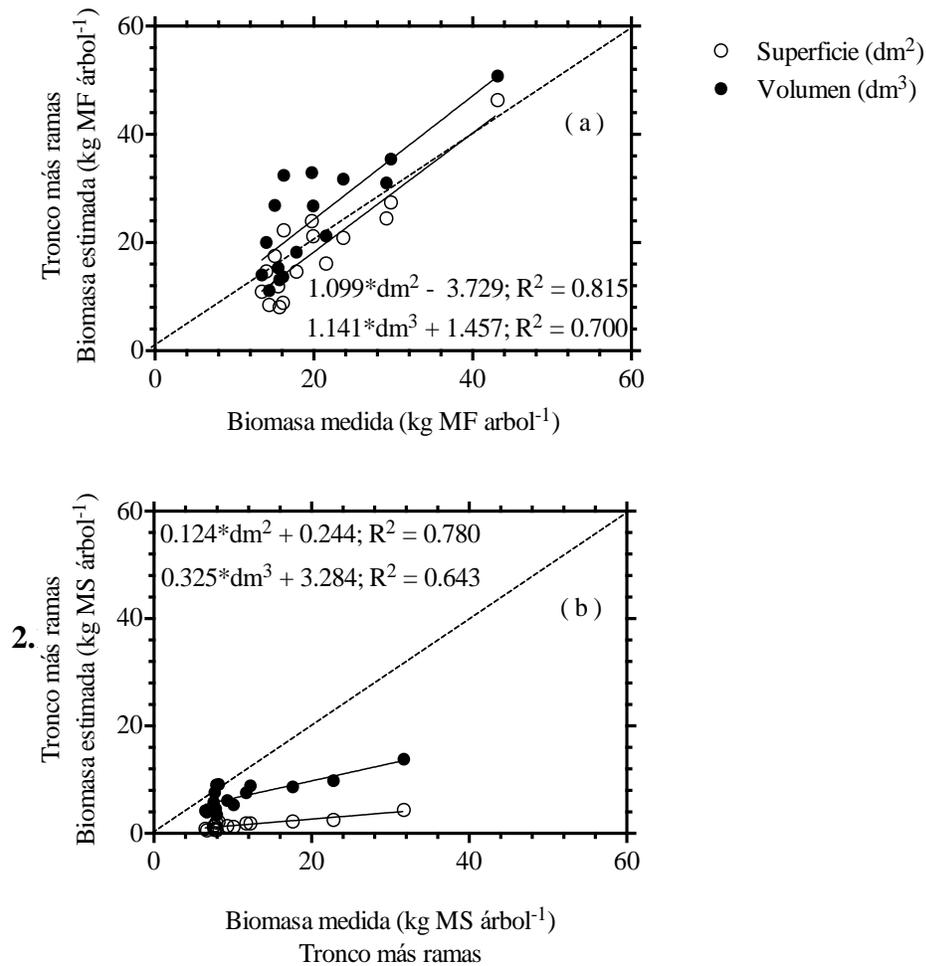
## 2.12 Relaciones entre la biomasa medida y estimada.

### 3.10.1. Biomasa en tronco y ramas.

En la figura 2 se observó la relación entre la biomasa medida y la biomasa estimada con el modelo obtenido del proyecto FOCICYT. En la figura 2 se evidencia que la biomasa fresca medida y estimada, al encontrarse explicada en función de superficie ( $\text{dm}^2$ ) y volumen ( $\text{dm}^3$ ) del árbol, son muy similares ya que los puntos (observaciones) se distribuyen muy cerca de la superficie del árbol, la relación de la biomasa fresca medida y biomasa estimada fue significativa ( $R^2 = 0.81$ ,  $p < 0.05$ ) y descrito por la ecuación  $1.099 * \text{dm}^2 - 3.729$ . Así mismo, cuando la biomasa fue explicada en función del volumen ( $\text{dm}^3$ ) del árbol la biomasa fresca medida y la biomasa fresca estimada fueron similares y significativas ( $R^2 = 0.70$ ,  $p < 0.05$ ), y discreta la relación por la ecuación  $1.141 * \text{dm}^3 + 1.457$ .

En la figura 2 que la biomasa seca medida y la biomasa seca estimada, al explicarse en función de la superficie y volumen del árbol, no son similares ya que los puntos se distribuyen claramente por debajo de la línea punteada uno a uno. Cuando la biomasa seca se explicó con función de la superficie del árbol, la relación entre la biomasa seca medida y la estimada fue significativa ( $R^2 = 0.780$ ,  $p < 0.05$ ) y explicar por la ecuación  $0.124 * \text{dm}^2 + 0.244$ . De igual manera a explicar la biomasa seca en función del volumen del árbol, la relación entre biomasa seca medida y estimada fue significativa ( $R^2 = 0.643$ ,  $p < 0.05$ ), y descrita por la ecuación  $0.325 * \text{dm}^3 + 3.284$ .

Según Abad (30) con la generación de modelos alométricos para la cuantificación de biomasa y contenido de carbono a nivel de especie, aplicando el método destructivo de baja intensidad para el estrato bosque simple verde de tierra bajas de las Amazonias en el árbol de laurel determino un coeficiente de  $R^2$  de 0.91 este modelo fue mejor ajuste para esta especie considerando el 91% de los valores de biomasa, en el análisis de varianza se evidencia que el modelo como las variables regresoras son significativas mientras que en el Factor A y B se mostró un promedio de  $R^2$  de 0.70 siendo estos resultados similares a los expuestos por este autor.

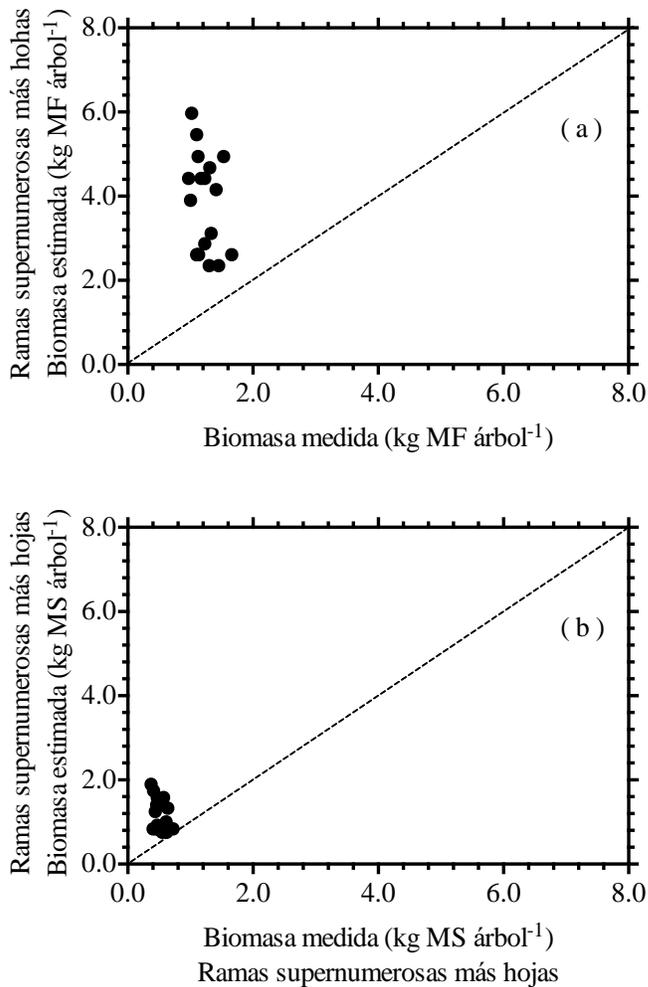


**Figura 2.** Biomasa materia fresca y Biomasa medida (kg MS árbol<sup>-1</sup>) para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

### 3.10.2. Biomasa en copa.

En la figura 3 se observa la biomasa en copa (ramas supernumerarias más hojas) en biomasa medidas (kg MF árbol<sup>-1</sup>) y biomasa estimada (kg MF árbol<sup>-1</sup>), fueron similares ya que los puntos de (observaciones) se distribuyen claramente arriba de la línea punteada uno a uno. Se analizó esta investigación en dos zonas distintas, las cuales demostrando resultados diferentes, y solo una mostro diferencias que fue realizada por el compañero Adid.

Segura (36) en una investigación determinando la variable independiente de fácil y precisa medición, recomienda que se debe analizar el comportamiento de los modelos seleccionados en los extremos y fuera del rango de los datos con los cuales se construyeron modelos alométricos de ramas numerarias, demostrando que si la curva de un modelo cambia drásticamente al usarlo fuera del rango mencionado, estos deben ser reevaluados o descartados.



**Figura 3.** Biomasa de las ramas supernumerosas mas hojas para los Factor A Localidad, (Valencia y Ventanas) y Factor B Cacao, (Nacional y Trinitario).

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 3.1 Conclusiones.

Dado a los resultados obtenidos en la investigación se puede concluir:

- Al determinar el ajuste adecuado de modelo alométrico en función de las estructuras vegetales, en cultivares de cacao de tipo Nacional y Trinitario, se observaron que hubo similitud entre los factores en estudio a diferencia de la estructuras vegetativas en función al volumen en el factor B tipos de cacao Nacional.
- Al evaluar la estimación de modelo alométrico en la biomasa de la copa para las ramas supernumerarias más hojas en dos zonas distintas, se demostró que fueron similares en los factores A y B.
- Se determinó que estos resultados se deban a cambios de clima ya que esta investigación se la realizó en dos zonas distintas las cuales en Valencia es una zona humedad y en Ventanas es una zona con menos humedad, la captura de carbono de CO<sub>2</sub> en la biomasa de un árbol (materia seca) es aproximadamente 42 % a 50%.

### **3.2 Recomendaciones.**

- Se recomienda seleccionar los arboles de mejor desempeño para obtener mejor resultados y establecer el efecto de ciertas prácticas agronómicas a través del incremento de biomasa de una temporada a otra, para que así el sistema agro productivo de cacao tipo Nacional y de origen Trinitario CCN-51, tenga una importancia ecológica para el planeta en reducir los niveles de dióxido de carbono, gas de efecto invernadero responsable del inminente calentamiento global.
- En las ramas supernumerarias más hojas, no se recomienda la aplicación de este modelos ya que no se mostraron diferencias significativas solo se ha aplicado en una solo investigación que si hubo diferencias significativas.
- En el cultivo de cacao se recomienda que para esta investigación, se corten los árboles en zonas de clima húmedo para capturar y conservar más carbono en el ecosistema terrestre y participar con el 90% de flujo de carbono de la atmosfera y de la superficie de la tierra y obtener buenos resultados en la biomasa fresca y biomasa seca.
- Se recomienda que para la captura de carbono se pueden cortar los arboles nacionales como alternativa ya que no produce mucho cacao y así podremos saber cuánto puede capturar un árbol el carbono.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFIA**

#### 4.1 Literatura citada.

1. Ilovepdf.com. Acumulacion de carbono de biomasa de los sistemas de agroforestales de cacao. [Online].; 2008 [cited 2017 05 Viernes. Available from: [www-stasign.de](http://www-stasign.de).
2. Al Re. Biomasa de hojas caídas y otros indicadores de sustentabilidad en asociaciones de especies forestales con cacao “CCN51”. articulo. Santo Domingo: UTEQ, Ciencia y Tecnología; 2016.
3. van Ittersum MK, Leffelaar PA, van Keulen H, Kropff MJ, Bastiaans L, Goudriaan J. On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal of Agronomy*. 2003 Enero; 18(3-4): p. 201-234.
4. Moncayo Dob. “aporte y descomposición de biomasa aérea en asociaciones agroforestales y su influencia en los cultivos de cacao y. tesis de grado. quevedo: universidad técnica estatal de quevedo, facultad de ciencias ambientales; 2008.
5. Percy Martinez js. estimación de la biomasa con relaciones alométricas en dos especies de frutales: *theobroma cacao* L. (cacao) y *theobroma grandiflorum* (willd. ex spreng.) k.schum. (copoazú). biomass estimate with allometric relationships of two fruit species near. 2013; 22(1-2).
6. Cruz OAM. Modelación del crecimiento, acumulación de biomasa y captura de carbono en árboles de *Gmelina arborea* Roxb., asociados a sistemas agroforestales y plantaciones homogéneas en Colombia. tesis. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias; 2015.
7. Berrio MDA. Crecimiento y productividad del sistema agroforestal (SAF) en el cacao es estado temprano en desarrollo en el bosque seco tropical(T-df) del departamento Anquioca. Tesis. Medellin Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencia Agrarias; 2016.
8. Cortes NR. estimación de biomasa arborea por medio de índices de vegetación para el parque nacional natural la paya. tesis. Bogota, Colombia: Universidad Militar Nueva Ganada, Especialización en Geomática; 2013.
9. [www.proecuador.gob.ec](http://www.proecuador.gob.ec). [Online].; 2015 [cited 2017 05 Miercoles. Available from: [www.proecuador.gob.ec/wp./2014/07/perfil-de-cacao-y-elaborados.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp./2014/07/perfil-de-cacao-y-elaborados.pdf).
10. Garrio SG. Plantas de biomasa Libro Cd, editor.: RENOVETEC; 2013.
11. Díaz R, Acosta M, Carrillo F, Buendía E, Flores E, Etchevers JD. Determinacion de

- ecuaciones alométricas para estimar Biomasa en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques*. 2007; 13(1): p. 25-34.
12. Higuera D. Ecología y medio ambiente en Waste. [Online].; 2017 [cited 2017 05 Miercoles. Available from: <http://waste.ideal.es/neotropico.htm>.
  13. Alejandro Araujo e. Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajos. *Peruana de Biología*. 2011 Apr; 18(1).
  14. Bosques primarios intrnacional. [Online].; 2011 [cited 2017 05 Miercoles. Available from: <http://bosquesprimarios.blogspot.com/p/que-es-un-bosque-primario.html>.
  15. Valla JJ. Botánica: Morfología de las plantas superiores. Primera ed. Buenos Aires: Hemisferio Sur; 2005.
  16. Batista L. Morfología de la planta de cacao. [Online].; 2009 [cited 2017 Octubre Domingo. Available from: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3096>.
  17. WordReference.com. [Online].; 2010 [cited 2017 05 Miercoles. Available from: [www.wordreference.com/definicion/hojarasca](http://www.wordreference.com/definicion/hojarasca).
  18. Martínez-dávila. estimación de la biomasa con relaciones alométricas en dos especies de frutales: *theobroma cacao* L. (cacao) y *theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cocoazú). *Folia Amazonica*. 2013; 22(1-3).
  19. Aguinaga Gcl. “determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao”. tesis. Lima, Perú : universidad nacional agraria la Molina, departamento de ingeniería ambiental; 2007.
  20. Maza Chamba H. Generación de modelos alométricos para la cuantificación de biomasa y contenido de carbono a nivel de especies, aplicando el método destructivo de baja intensidad para el estrato bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonia. Tesis. LOJA: Universidad Nacional de Loja, Área agropecuaria y de recursos naturales renovables; 2014.
  21. Vasquez A, Arellano H. Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Cordova. *Arxiv*. 2012; 1(1): p. 923-961.
  22. Cesar Ruiz-Díaz e. Metodologías para estimar biomasa y carbono en especies forestales de México. *naturaleza y desarrollo*. 2014 Enero-Junio; 12(1).

23. Larrea G. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2007.
24. Juanita Y e. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *theobroma cacao* l. En el Departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 2007 Dec; 6(1-2).
25. Livia Calixto kx. carbono almacenado en la biomasa aérea por gradiente altitudinal en plantaciones de café (*coffea arabica*) en el distrito de hermilio valdizán. informe de prácticas pre profesionales. tingo maría – Perú.; cooperativa agraria cafetalera divisoria ltda - (Proyecto Cero Deforestación); 2014.
26. Concha J, Alegre J, Pocomucha V. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *theobroma cacao* l. En el Departamento de San Martín, Perú. *Ecol. apl.* 2007 Diciembre; 6(1-2): p. 75-82.
27. MajBritt. Promoviendo la agricultura y el consumo ecológico. [Online].; 2014 [cited 2017 Octubre Domingo. Available from: <https://www.ecoagricultor.com/mercados-comprar-productos-ecologicos-valencia/>.
28. Hartley J, Marchant J. Methods of determining the moisture content of wood. Tercera Revision ed. Sydney: Research Division State Forests of New South Wales; 1995.
29. Venables WN, Smith DM. An Introduction to R. 332nd ed.: R Core Team; 2016.
30. Abad et al.. Generacion de modelos alometricos para la cuantificacion de biomasa y contenido de carbono a nivel de especie, aplicando el método destructivo de baja intensidad para el estrato bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonia. Tesis de grado. Loja: Universidad Nacional Loja, Ingeniería Forestal; 2014.
31. Diana BMO. "Aporte y descomposicion de biomasa aerea en asociación agroforestales y su influencia en los cultivos de cacao y café". Tesis de Tesis. Quevedo: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Ingeniero Forestal; 2008.
32. Carrillo et al.. Ecuacion alometrica para estimar la biomasa y el carbono de la parte aérea de *Pinus hartwegii* en el Prque Nacional Ixta-Popo, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas*. 2016 01 de Abril-15 de Mayo; 7(3).
33. Espíritu Aguilar Jorge.. Comparación de tres ecuaciones alométricas para estimar la biomasa arbórea para su valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en la parcela 8 del arboretum "El Huayo" del ciefor puerto almendra, iquitos 2015. Tesis de grado. Iquitos-

Perú: Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Formación Profesional de ingeniería forestal; 2016.

34. Andrade H, Figueroa J, Silva D. Almacenamiento de carbono en cacaotales (*Theobroma cacao*) en Armero-Guayabal (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria*. 2013 Enero; 1(1): p. 6-10.
35. Salazar Moyota Alberto José.. Rendimiento de biomasa y valoración nutrimental de residuos pos cosecha de cacao(*Theobroma cacao* L). Tesis. Cevallos: Universidad Técnica De Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2016.
36. Segura Milena et al.. Cómo construir modelos alométricos de volumen de biomasa o carbono de especies leñosas perenne. *Agroforestería en la América*. 2009 Julio;(46).

**CAPITULO VII**  
**ANEXOS**

## 5.1 Análisis de varianza de las variables evaluadas.

*Anexo 1. Análisis de varianza de longitud del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	15.02	3	15.02	0.07 <sup>NS</sup>	0.7982
<b>Tipo</b>	66.02	1	66.02	0.30 <sup>NS</sup>	0.5937
<b>Localidad*Tipo</b>	153.14	1	153.14	0.70 <sup>NS</sup>	0.4202
<b>Error</b>	2637.44	12	219.79		
<b>Total</b>	2871.61	15			

*Anexo 2. Análisis de varianza de diámetro del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	14.92	3	14.92	3.15 <sup>NS</sup>	0.1012
<b>012</b>	25.83	1	25.83	5.46*	0.0376
<b>Localidad*Tipo</b>	0.05	1	0.05	0.01 <sup>NS</sup>	0.9220
<b>Error</b>	56.80	12	4.73		
<b>Total</b>	97.60	15			

*Anexo 3. Análisis de varianza de materia fresca del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	0.02	3	0.02	0.02 <sup>NS</sup>	0.8877
<b>Tipo</b>	4.51	1	4.51	5.62*	0.0354
<b>Localidad*Tipo</b>	0.04	1	0.04	0.05 <sup>NS</sup>	0.8350
<b>Error</b>	9.64	12	0.80		
<b>Total</b>	14.20	15			

*Anexo 4. Análisis de varianza de superficie del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	0.30	3	0.30	0.19 <sup>NS</sup>	0.6687
<b>Tipo</b>	5.87	1	5.87	3.77 <sup>NS</sup>	0.0761
<b>Localidad*Tipo</b>	2.97	1	2.97	1.91 <sup>NS</sup>	0.1927
<b>Error</b>	18.69	12	1.56		
<b>Total</b>	27.82	15			

**Anexo 5.** *Análisis de varianza de volumen del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Localidad	1.61	3	1.61	1.61 <sup>NS</sup>	0.2731
Tipo	11.58	1	11.58	9.51*	0.0095
Localidad*Tipo	1.88	1	1.88	1.55 <sup>NS</sup>	0.2373
Error	14.61	12	1.22		
Total	29.68	15			

**Anexo 6.** *Análisis de varianza de materia seca del tronco de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Localidad	0.23	3	0.23	0.36 <sup>NS</sup>	0.5589
Tipo	2.99	1	2.99	4.79*	0.0490
Localidad*Tipo	1.69	1	1.69	2.71 <sup>NS</sup>	0.1258
Error	7.49	12	0.62		
Total	12.40	15			

**Anexo 7.** *Análisis de varianza de longitud, ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Localidad	10251.69	3	10251.56	2.09 <sup>NS</sup>	0.1736
Tipo	14.06	1	14.06	2.03 <sup>NS</sup>	0.9582
Localidad*Tipo	1040.06	1	1040.06	0.21 <sup>NS</sup>	0.6532
Error	58789.75	12	4899.15		
Total	70095.44	15			

**Anexo 8.** *Análisis de varianza diámetro en ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Localidad	3.49	3	3.49	3.33 <sup>NS</sup>	0.0929
Tipo	0.81	1	0.81	0.77 <sup>NS</sup>	0.3976
Localidad*Tipo	0.55	1	0.55	0.53 <sup>NS</sup>	0.4819
Error	12.56	12	1.05		
Total	17.41	15			

**Anexo 9.** *Análisis de varianza materia fresca en ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	20.48	3	20.48	2.35 <sup>NS</sup>	0.1514
<b>Tipo</b>	15.02	1	15.02	1.72 <sup>NS</sup>	0.2140
<b>Localidad*Tipo</b>	0.16	1	0.16	0.02 <sup>NS</sup>	0.8932
<b>Error</b>	104.64	12	8.72		
<b>Total</b>	140.29	15			

**Anexo 10.** *Análisis de varianza superficie en ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	30.11	3	30.11	0.65 <sup>NS</sup>	0.4352
<b>Tipo</b>	2.50	1	2.50	0.05 <sup>NS</sup>	0.8198
<b>Localidad*Tipo</b>	16.22	1	16.22	0.35 <sup>NS</sup>	0.5645
<b>Error</b>	554.45	12	46.20		
<b>Total</b>	603.39	15			

**Anexo 11.** *Análisis de varianza volumen de ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	2.30	3	2.30	0.08 <sup>NS</sup>	0.7839
<b>Tipo</b>	6.58	1	6.58	0.23 <sup>NS</sup>	0.6435
<b>Localidad*Tipo</b>	14.10	1	14.10	0.48 <sup>NS</sup>	0.5002
<b>Error</b>	350.21	12	29.18		
<b>Total</b>	373.18	15			

**Anexo 12.** *Análisis de varianza materia seca de ramas primarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	0.25	3	0.25	0.11 <sup>NS</sup>	0.7446
<b>Tipo</b>	9.26	1	9.26	4.07 <sup>NS</sup>	0.0665
<b>Localidad*Tipo</b>	0.47	1	0.47	0.21 <sup>NS</sup>	0.0665
<b>Error</b>	27.27	12	2.27		
<b>Total</b>	37.25	15			

**Anexo 13.** *Análisis de varianza longitud en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	8695.56	3	8695.56	1.57 <sup>NS</sup>	0.2343
<b>Tipo</b>	9604.56	1	9604.00	1.73 <sup>NS</sup>	0.2127
<b>Localidad*Tipo</b>	5292.56	1	5392.56	0.95 <sup>NS</sup>	0.3478
<b>Error</b>	66521.38	12	5543.45		
<b>Total</b>	90113.50	15			

**Anexo 14.** *Análisis de varianza diámetro en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	5.28	3	5.28	4.37*	0.0586
<b>Tipo</b>	0.61	1	0.61	0.51 <sup>NS</sup>	0.4902
<b>Localidad*Tipo</b>	1.11	1	1.11	0.92 <sup>NS</sup>	0.3573
<b>Error</b>	14.50	12	1.21		
<b>Total</b>	21.50	15			

**Anexo 15.** *Análisis de varianza materia fresca en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	26.59	3	26.59	4.33*	0.0596
<b>Tipo</b>	28.12	1	28.12	4.58*	0.0537
<b>Localidad*Tipo</b>	18.73	1	18.73	3.05 <sup>NS</sup>	0.1064
<b>Error</b>	73.75	12	6.15		
<b>Total</b>	147.19	15			

**Anexo 16.** *Análisis de varianza superficie en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	87.00	3	87.00	2.65 <sup>NS</sup>	0.1298
<b>Tipo</b>	63.48	1	63.48	1.93 <sup>NS</sup>	0.1899
<b>Localidad*Tipo</b>	20.18	1	20.18	0.61 <sup>NS</sup>	0.4486
<b>Error</b>	394.60	12	32.88		
<b>Total</b>	565.26	15			

**Anexo 17.** *Análisis de varianza volumen en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	45.93	3	45.93	3.52 <sup>NS</sup>	0.0850
<b>Tipo</b>	22.68	1	22.68	1.74 <sup>NS</sup>	0.2117
<b>Localidad*Tipo</b>	4.72	1	4.72	0.36 <sup>NS</sup>	0.5585
<b>Error</b>	156.40	12	13.03		
<b>Total</b>	229.73	15			

**Anexo 18.** *Análisis de varianza materia seca en ramas secundarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	20.25	3	20.25	4.46*	0.0564
<b>Tipo</b>	20.21	1	20.21	4.45*	0.0566
<b>Localidad*Tipo</b>	13.95	1	13.95	3.07 <sup>NS</sup>	0.1054
<b>Error</b>	54.51	12	4.54		
<b>Total</b>	108.91	15			

**Anexo 19.** *Análisis de varianza longitud en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	5130.14	3	5130.14	1.34 <sup>NS</sup>	0.27001
<b>Tipo</b>	2.64	1	2.64	6.04 <sup>NS</sup>	0.9795
<b>Localidad*Tipo</b>	10075.14	1	10075.14	2.63 <sup>NS</sup>	0.1311
<b>Error</b>	46042.69	12	3836.89		
<b>Total</b>	61250.61	15			

**Anexo 20.** *Análisis de varianza diámetro en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	1.12	3	1.12	0.68 <sup>NS</sup>	0.4275
<b>Tipo</b>	5.71	1	5.71	3.43 <sup>NS</sup>	0.0888
<b>Localidad*Tipo</b>	0.08	1	0.08	0.05 <sup>NS</sup>	0.8260
<b>Error</b>	19.99	12	1.67		
<b>Total</b>	26.91	15			

**Anexo 21.** *Análisis de varianza materia fresca en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	15.02	3	15.02	5.30*	0.0185
<b>Tipo</b>	17.14	1	17.14	6.05*	0.0301
<b>Localidad*Tipo</b>	9.79	1	9.79	3.46 <sup>NS</sup>	0.0877
<b>Error</b>	34.01	12	2.83		
<b>Total</b>	75.95	15			

**Anexo 22.** *Análisis de varianza superficie en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	44.99	3	44.99	2.14 <sup>NS</sup>	0.1692
<b>Tipo</b>	19.78	1	19.78	0.94 <sup>NS</sup>	1.3512
<b>Localidad*Tipo</b>	42.74	1	42.74	2.03 <sup>NS</sup>	0.1794
<b>Error</b>	252.29	12	21.02		
<b>Total</b>	359.80	15			

**Anexo 23.** *Análisis de varianza volumen en ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	17.41	3	17.41	2.40 <sup>NS</sup>	0.1476
<b>Tipo</b>	16.34	1	16.34	2.25 <sup>NS</sup>	0.1595
<b>Localidad*Tipo</b>	12.41	1	12.41	1.71 <sup>NS</sup>	0.2157
<b>Error</b>	87.17	12	7.26		
<b>Total</b>	133.33	15			

**Anexo 24.** *Análisis de varianza materia seca de ramas terciarias de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	7.74	3	7.74	3.94 <sup>NS</sup>	0.0705
<b>Tipo</b>	8.05	1	8.05	4.10 <sup>NS</sup>	0.0658
<b>Localidad*Tipo</b>	5.03	1	5.03	2.56 <sup>NS</sup>	0,1356
<b>Error</b>	23.58	12	1.96		
<b>Total</b>	44.40	15			

**Anexo 25. Análisis de varianza longitud del total de las estructuras vegetativas.**

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	4556.25	3	4556.25	0.30 <sup>NS</sup>	0.5967
<b>Tipo</b>	12432.25	1	12432.25	0.81 <sup>NS</sup>	0.3870
<b>Localidad*Tipo</b>	23485.56	1	23485.56	1.52 <sup>NS</sup>	0.2408
<b>Error</b>	185091.88	12	15424.32		
<b>Total</b>	225565.94	15			

**Anexo 26. Análisis de varianza diámetro del total de las estructuras vegetativas.**

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	0.12	3	0.12	0.11 <sup>NS</sup>	0.7465
<b>Tipo</b>	3.40	1	3.40	3.22 <sup>NS</sup>	0.0978
<b>Localidad*Tipo</b>	0.21	1	0.21	0.20 <sup>NS</sup>	0.6658
<b>Error</b>	12.67	12	1.06		
<b>Total</b>	16.40	15			

**Anexo 27. Análisis de varianza materia fresca del total de las estructuras vegetativas.**

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	266.67	3	266.67	1.20 <sup>NS</sup>	0.2953
<b>Tipo</b>	383.57	1	383.57	1.72 <sup>NS</sup>	0.2139
<b>Localidad*Tipo</b>	226.80	1	226.80	1.02 <sup>NS</sup>	0.3328
<b>Error</b>	2671.76	12	222.65		
<b>Total</b>	3548.80	15			

**Anexo 28. Análisis de varianza superficie del total de las estructuras vegetativas.**

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	127.97	3	127.97	1.19 <sup>NS</sup>	0.2969
<b>Tipo</b>	163.90	1	163.90	1.52 <sup>NS</sup>	0.2408
<b>Localidad*Tipo</b>	41.96	1	41.96	0.39 <sup>NS</sup>	0.5440
<b>Error</b>	1291.32	12	107.61		
<b>Total</b>	1625.15	15			

**Anexo 29.** *Análisis de varianza volumen del total de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	82.99	3	82.99	2.87 <sup>NS</sup>	0.1157
<b>Tipo</b>	195.44	1	195.44	6.77*	0.0231
<b>Localidad*Tipo</b>	96.83	1	96.83	3.35 <sup>NS</sup>	0.0920
<b>Error</b>	346.44	12	28.87		
<b>Total</b>	721.70	15			

**Anexo 30.** *Análisis de varianza materia seca del total de las estructuras vegetativas.*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>Gl</i>	<i>C.M</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Localidad</b>	54.58	3	54.58	1.51 <sup>NS</sup>	0.2426
<b>Tipo</b>	330.79	1	330.79	9.15*	0.0106
<b>Localidad*Tipo</b>	116.69	1	116.69	3.23 <sup>NS</sup>	0.0975
<b>Error</b>	433.61	12	36.13		
<b>Total</b>	935.67	15			

## 5.2 Imágenes de la investigación.

**Anexo 31.** *Se ubicó los nombres correspondientes en cada una de las fundas de papel de 100x120 para colocar las muestras de biomasa seca.*



**Anexo 32.** *Se ubicó las muestras dentro de la funda de papel de 100x120 cada una de las partes del árbol.*



**Anexo 33.** *Tomas de datos de las ramas supernumerarias.*



**Anexo 34.** *Disección de partes vegetativas del tallo la cual fuerón tres muestras el perímetro proximal, perímetro medio, perímetro distal.*



**Anexo 35.** *Diseción de las partes vegetativas del árbol las ramas primaria, secundario y terciaria.*



**Anexo 36.** *Herramientas utilizadas en el campo en el transcurso de la investigación.*



**Anexo 37.** *Se midió cada una de las partes del árbol.*



**Anexo 38.** *Se pesó las hojas de cada rama del árbol.*



**Anexo 39.** *Partes del árbol primario secundario terciario.*



**Anexo 40.** *Se pesó las hojas con el promedio de 100 gramos para colocar en la estufa*



**Anexo 41.** *Las fundas de papel con sus respectivas muestras para obtener la biomasa seca.*



**Anexo 42.** *Se pesó cada una de las muestras para obtener el resultado y colocarlos en la estufa.*

