



Caracterización de la biomasa existente en el sistema agroforestal de café-hacienda Majavita, lote 4



María Patricia Santos Rodríguez, Viviana Marcela Chaparro Botia, Miguel Ángel Lizarazo¹
Edis Mauricio Sanmiguel Jaimes²
Elizabeth Céspedes³

¹Estudiantes Investigadores Ingeniería Ambiental. Universidad Libre seccional Socorro.
mapasr2006@hotmail.com, Marcelitabotia29@hotmail.com, Miguelan48@hotmail.com

²Ingeniero Agrícola. Docente Ingeniería Ambiental Universidad Libre Seccional Socorro.
mauricio.sanmiguel@mail.unilibresoc.edu.co

³Química. Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro.
Colombia. elizabeth.cespedez@mail.unilibresoc.edu.co

Recepción Artículo: : Julio 17 de 2013. Aceptación 24 julio de 2013

INNOVANDO EN LA U ISSN 2216 - 1236

RESUMEN

Problema Central: En la actualidad los sistemas agroforestales asociados al cultivo del café, aportan al ecosistema gran cantidad de oxígeno y captura de gas carbónico. Este beneficio generado por dichos sistemas, carece de la importancia necesaria que ellos brindan al medio ambiente mitigando el efecto invernadero o calentamiento global. Objetivo: Analizar la biomasa del componente arbóreo, en el sistema agroforestal del

Fotografía 1. Planta de Café Puente Piedra



café, de la Hacienda Majavita-Lote 4. Metodología Se realizó reconocimiento del área de estudio, se tomaron datos: In-situ (DAP, altura, área del follaje y ramificaciones) y se contabilizaron el número de plantas de café e individuos arbóreos existentes en cada lote por estudiar teniendo en cuenta sus características, por último se tabularon los datos y se calculó la biomasa por medio de ecuación alométricas. Resultados: El lote que obtuvo mayor concentración de Biomasa promedio por planta de café fue Muncural BA = 3,32 Kg / planta de café, la cual se determinó por altura, densidad y DAP promedio de cada planta del sistema agroforestal. De esta forma el total calculado de biomasa en los lotes fue: Muncural 20,171 Ton/Ha, y Puente Piedra 27,587 Ton/Ha, siendo Puente Piedra el predio con mayor aporte de biomasa por su número de plantas. Conclusión: Los resultados indican que la biomasa obtenida está relacionada con la diversidad de las especies propias de cada uno con diferentes edades, como también esta en función del manejo adecuado de la plantación, mostrándose un desarrollo heterogéneo en el sistema agroforestal.

Palabras clave

Biomasa, captura de carbono, efecto invernadero, georreferenciación, plantas de café.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales contienen cerca del 80% del carbono almacenado en toda la vegetación terrestre y juegan un papel importante en el ciclo global de este elemento y en la regulación del clima en el planeta (Phillips & Gentry 1994, IPCC2002, Clark 2007).

Fotografía 2. Planta café variedad Colombia.



Gran parte del total de las reservas forestales de carbono se representa en biomasa aérea, en el caso de plantaciones forestales dependiendo de la especie estas pueden capturar gran cantidad de carbono (Pulgarin, 2002).

A partir del protocolo de Kyoto, se establecieron compromisos vinculantes de reducción de las emisiones de los GEI por parte de los países industrializados, empleando el mecanismo de flexibilidad existente; siendo uno de ellos el proyecto llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que a través de los cuales se podrían incentivar las plantaciones agroforestales y forestales con fines de captura de carbono (CONAM, 2001), estas a su vez pueden beneficiarse ambientalmente mediante el secuestro de carbono, disminuyendo la presión de los bosques naturales, regulando el clima; mejorando la calidad de agua, el paisaje y la biodiversidad.

Según los estudios realizados sobre la actualización de las normas RAINFOREST, orgánico y UTZ, para identificar producción de café en cada uno de los lotes determinaron la influencia que tiene el

ecosistema en el perfil de taza de producción cafetera (Parra, 2012).

Por otra parte se realizó la actualización de datos topográficos e implementación de un Plan de Manejo Ambiental en La Hacienda Majavita, teniendo en cuenta las normas modificadas y establecidas por la RAINFOREST ALLIANCE teniendo como base la fauna, flora, topografía, cambios climáticos y socioeconómicos, de acuerdo con los principios que esta norma establece (Amaya, 2011).

Dada la importancia que tienen los sistemas agroforestales para la mitigación del efecto invernadero, es necesario conocer sus principales características que hacen de estos, grandes generadores de oxígeno y receptores de gas carbónico; lo cual se logra mediante el equilibrio suelo y biomasa para el buen desarrollo de cada individuo que lo compone.

I.1 Pregunta problema

¿Cuál es el índice de biomasa existente en el sistema agroforestal del café de la Hacienda Majavita?

I.2 Objetivo General

Analizar la biomasa del componente arbóreo en el sistema agroforestal del café, Lote 4, de la Hacienda Majavita.

I.3 Objetivos Específicos

- Georreferenciar los lotes de soca del sistema agroforestal del café orgánico, en la Hacienda Majavita.
- Caracterizar cada uno de los individuos que componen el sistema agroforestal del café.
- Analizar la biomasa presente en cada uno de los individuos que componen el sistema agroforestal del café.

2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La metodología que se adoptó en el desarrollo de la investigación fue descriptiva y cuantitativa ya que se

enfatisa en identificar las características que presenta las especies arbóreas y cuantitativo debido a que se realizaron mediciones y cálculos de las cantidades de biomasa presente en el sistema agroforestal del café.

2.2 Variables

Tabla 1. Variables evaluadas

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Biomasa	Kg
Independiente	Nº de plantas	Unidad
	Nº de ramificaciones	Unidad
	DAP	cm
	Altura	cm
	Área de follaje	cm ²
Interviniente	Tº	ºC
	Precipitación	mm
	humedad	%

2.3 Técnicas e instrumentos

En el inicio de la investigación se realizó un reconocimiento de la zona para verificar los límites de cada lote, además se colocaron estacas en puntos estratégicos para diferenciar de los demás, los cuales fueron pintados de color morado.

Los equipos utilizados fueron:

Un GPS para determinar las coordenadas de los puntos donde comenzaban los límites del lote y estacas para realizar su respectiva delimitación.

Se utilizó un calibrador para determinar el DAP y un metro para toma de alturas y área de follaje, además se contabilizó la cantidad de especies y el número de ramificaciones presentes en cada planta de café.

2.4 Equipos y Materiales

- Decámetro
- GPS
- Calibrador
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

2.5 Procedimiento

El proceso de toma de datos se dividió en tres fases, la primera fase se realizó la delimitación y georeferenciación de los lotes, una segunda fase, se realizó el conteo de las plantas de café de los lotes Muncural y puente piedra y una tercera fase se desarrolló la recolección de datos para determinación de la biomasa.

Se determinaron dos días a la semana para realizar la toma de datos.

Los datos recopilados fueron el DAP, altura, ramificaciones, área de follaje, especie y el número de plantas de café y demás individuos arbóreos existentes en cada lote estudiado, teniendo en cuenta sus características.

Se desarrolló el siguiente proceso metodológico:

- Se realizó el reconocimiento del área de estudio. (Georeferenciación geográfica y delimitación de cada lote)
- Se realizó un método indirecto para medir la biomasa presente en cada lote, tomando datos In-situ de los parámetros más relevantes (diámetro Altura pecho (DAP), altura total del Árbol, número de ramificaciones y área de follaje) e incluirla posteriormente en la ecuación seleccionada (Álvarez, 2005), este muestreo se hizo de forma aleatoria realizando un recorrido de zig-zag dejando cuatro surcos en medio hasta abarcar la totalidad del lote.
- Se contabilizó el número de plantas de café y demás individuos arbóreos existentes en cada lote estudiado, teniendo en cuenta sus características. Una vez registrados los datos se utilizaron ecuaciones alométricas o factores de expansión para calcular cálculos la biomasa por planta y por lote.

2.6 Recopilación de datos

La toma de datos se realizó de la siguiente manera:

Objetivo 1: Se obtuvo el plano de la Hacienda Majavita, en el cual se localizó el área en estudio.

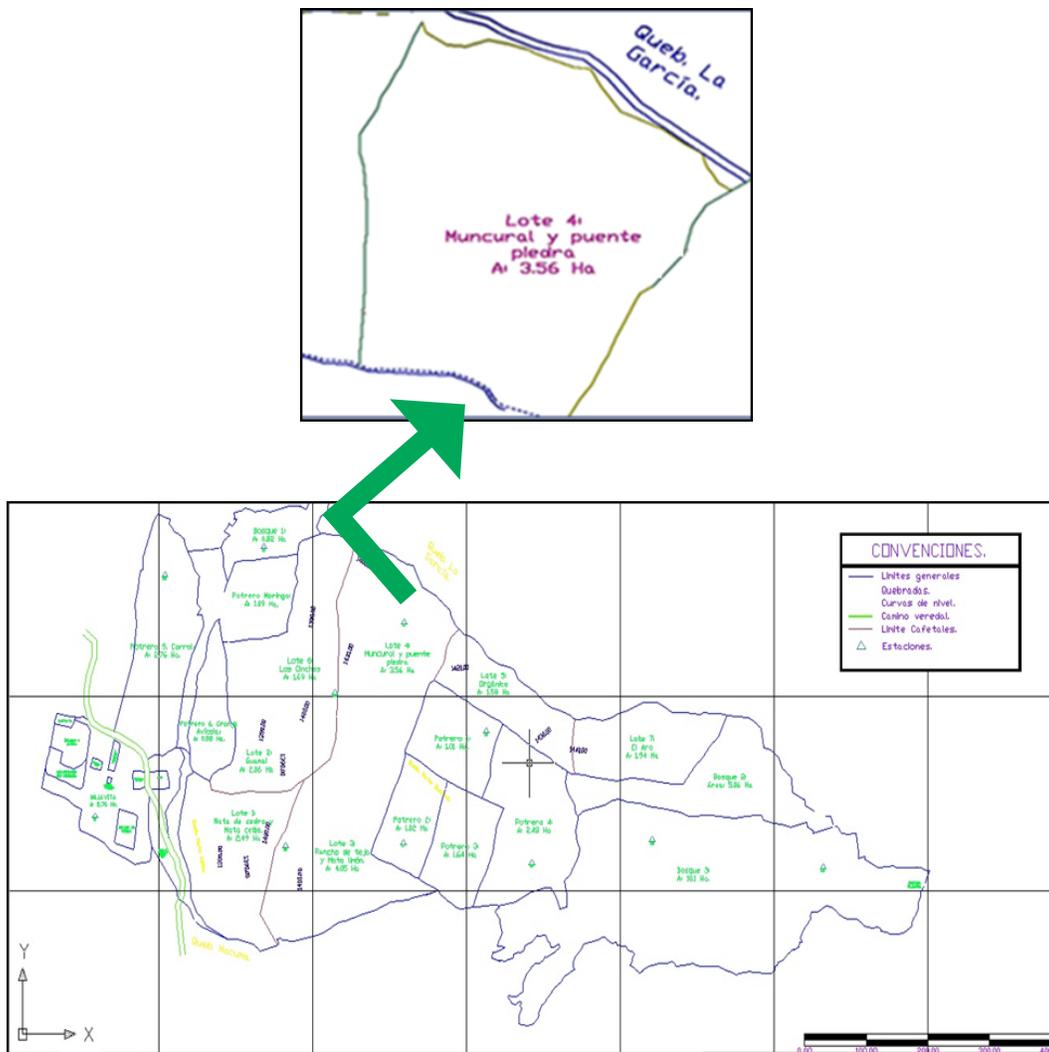
Objetivo 2: Se caracterizaron los árboles por especie presentes en cada lote de estudio. Se tomaron las alturas y DAP de cada planta de café, por medio de un metro y de un calibrador, posteriormente se recolectaron los datos por medio de tablas.

Se realizaron los cálculos pertinentes para la medición de la biomasa presente en los lotes.

2.7 Población y muestra

La población es el lote 4 de la Hacienda Majavita que comprende de un área 3,56 Ha, el cual tiene como cultivo principal el café compuesto por dos variedades de café castilla y Colombia. La muestra las plantas de café encontradas en dicho lote.

Figura 1. Georeferenciación de los lotes Puente Piedra y Muncural.



3. RESULTADOS

3.1 Georeferenciación del terreno-lotes Puente Piedra y Muncural.

El sistema agroforestal del café de la Hacienda Majavita se encuentra entre 1200 y 1300 msnm, con una temperatura promedio de 24° C. Cuenta con una extensión de 15.44 ha, dividida en seis lotes de acuerdo con su etapa productiva. El área en estudio corresponde al 23.06% del total de dicho sistema (Lote 4, Muncural y Puente Piedra).

3.2 Conteo y caracterización del terreno-lotes Puente Piedra y Muncural.

Se realizó el conteo de cada una de las planta de café existentes en los predios Muncural y Puente Piedra, ubicados en la Hacienda Majavita de municipio el Socorro.

Gráfica 1. Comparación del número de plantas de café en el sistema agroforestal evaluado.

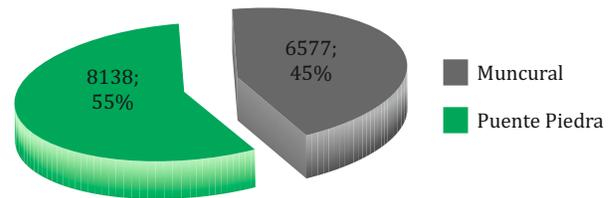


Tabla 2. Número de Plantas de café

Nombre del predio	Especies	Número de plantas de café	% en plantas de café
Muncural	Variedad Colombia	6577	45%
Puente piedra	Variedad Castilla	8138	55%

Como se puede observar en la gráfica la mayor concentración de plantas de café se encuentra en Puente piedra con porcentaje de 55% con respecto a Muncural con un porcentaje del 45%.

3.2.1 Conteo de individuos arbóreos existentes en cada lote teniendo en cuenta sus características

Tabla 3. Individuos arbóreos existentes para sombrío del café

Nombre común	Nombre científico	Familia	Nº de árboles
Aguacate	Persea americana	Lauraceae	8
Anaco	Erythrinapoepigiana	Fabaceae	35
Aro	Trichanthera gigantea	Acanthaceae	26
Bailador			11
Caracolí	Anacardiumexcelsum	Anacardiaceae	9
Cedro	CedrelaOdorata	Meliaceae	13
Cedro nogal	Juglansneotropica	Juglandaceae	14
Ceiba	Ceiba pentandra	Bombacaceae	4
Cucharo	Rapanaeferruginea	Myrsinaceae	1
Guamo macho	Nectandra sp.	Lauraceae	2
Guamo Santaferño	Inga Codonantha	Mimosaceae	382
Jalapo	Albizzia carbonaria	Mimosaceae	15
Mango	Manguifera indica	Anacardiaceae	2
Moncoro	CordiaAlliodora	Boraginaceae	175
Moral	Chlorophoratentoria	Moraceae	10
Ortigo	Urera sp	Urticaceae	23
Pata de vaca	Bahunia sp.	Caesalpinaceae	2
Plátano	Mussa AAB	Musaceae	165
Tachuelo	ZantoxilomFagara	Rutaceae	29
Urumo	Cecropia sp	Moraceae	3
Total de árboles			929

Se observó que el mayor número de individuos arbóreos que producen mayor cantidad de sombra en el Lote 4 del sistema agroforestal son la especie de Guamo Santaferense (Nectandra sp) con 382 individuos, seguido por la especie Moncoro (CordiaAlliodora) con 175 individuos. Mientras que los árboles con menor frecuencia son la especie de Cucharo (Rapanea ferruginea) con 1 individuo, el Guamo macho (Nectandra sp) y Pata de Vaca (Bahunia sp) con 2 individuos cada uno. Para un total de 929 individuos arbóreos existentes.

DAP promedio de 1,9 cm y Puente Piedra obtuvo un promedio de altura de 149,01 cm y un DAP de 1,38 cm.

Las ecuaciones alométricas recomendadas fueron seleccionadas a partir de análisis estadísticos, donde se comparó la precisión en la estimación de la biomasa aérea arrojados por diferentes ecuaciones existentes en la literatura científica y aplicables para estimar la biomasa de los bosques naturales de Colombia (IDEAM 2010c).

$$\ln(BA) = a + B1 \ln(D^2 H)$$

3.3 Determinación de la Biomasa

La plantas a las cuales se realizó la toma de datos tales como: especie, altura, DAP, número de ramificaciones y diámetro de follaje, corresponde a un 10 % de la población de estudio. Se recolectó la muestra en forma de zig-zag, dejando cuatro surcos de cultivo intermedio de cada surco muestreado. Las plantas de café del predio Muncural se encuentran en una altura promedio de 125,65 cm, y cuentan con un

Dónde:

BA = Biomasa aérea (Kg)

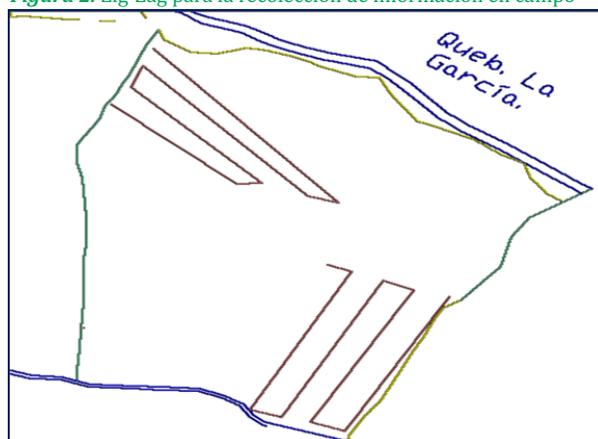
D = Diámetro a altura de pecho (cm)

= Densidad de la madera (g /cm³). Madera de café 0,91 g /cm³.

H = Altura total del árbol (cm)

a y B1 = Son constantes del modelo, para un bosque húmedo premontano* en el cual está ubicado el proyecto; a = -1,993 ; B1 = 0,932.

Figura 2. Zig-Zag para la recolección de información en campo



Subconjunto 3: Variables independientes: diámetro (D), altura (H), altura (H) y densidad de madera (p)						
$\ln(AB)=a + B1\ln(D^2Hp)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R ²
bh - M	-2,45				0,932	0,948
bh_MB	-1,993				0,932	
bh_PM	-2,289					
bh - T	-2,218					
bp - T	-2,413					
bs - T	-2,29					
bH-M: bosque húmedo montano; bh-MB: bosque húmedo montano bajo; bh-PM: bosque húmedo premontano; bh-T: bosque húmedo tropical; bp-T: bosque pluvial tropical; bs-T: bosque seco tropical						

*Mediante el sistema de clasificación de las Zonas de Vida Natural del Mundo de L.R. Holdridge se definieron las zonas de vida.

Bosque húmedo premontano Tº 18 – 24 Altura 1200 – 1300 msnm

3.3.1 Estimación de biomasa aérea en Hacienda Majavita–lotes Muncural y Puente Piedra.

- Puente Piedra

$$\ln(BA) = -2,289 + 0,932 \cdot \ln(1,38 \cdot 2 \cdot 149,01 \cdot 0,91)$$

$$BA = 2,88 \text{ Kg / Planta de café}$$

- Muncural

$$\ln(BA) = -2,289 + 0,932 \cdot \ln(1,9 \cdot 2 \cdot 125,65 \cdot 0,91)$$

$$BA = 3,32 \text{ Kg / Planta de café}$$

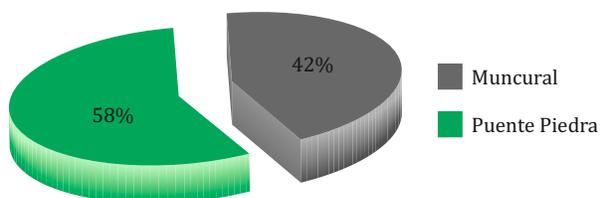
El lote que obtuvo mayor concentración de biomasa por individuo fue Muncural, esto se debe a que este lote fue soqueado, generando en las plantas de café nuevos retoños aportando mayor cantidad de biomasa.

Tabla 4. Biomasa en el sistema agroforestal evaluado.

Nombre del predio	Biomasa Ton/Ha	% Biomasa
Muncural	20,171	42%
Puente Piedra	27,587	58%

El total de biomasa en el lote es de 47,758 Ton/Ha, la cual está dividida en dos lotes, Muncural con un total de biomasa de 20,171 Ton/Kg y Puente piedra con un total de biomasa de 27,587 Ton/Kg.

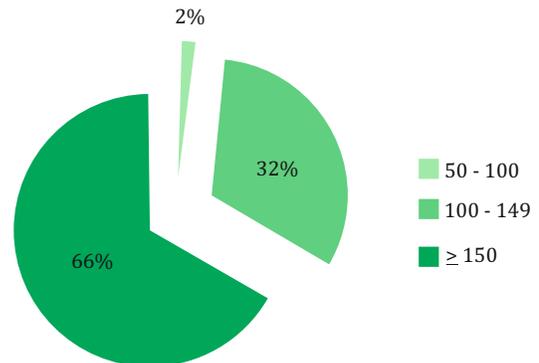
Gráfica 2. Comparación de la biomasa en el sistema agroforestal evaluado.



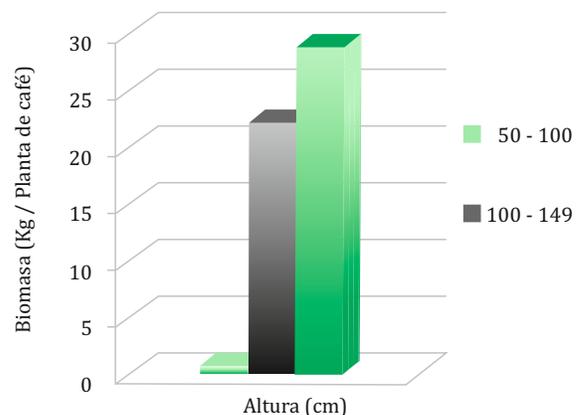
Como se observa en la gráfica 1 el predio que obtuvo mayor concentración de biomasa fue Puente piedra con un porcentaje del 58%, ya que este contiene más de 1561 plantas de café con respecto a Muncural, otro parámetro que pudo influir es la variabilidad del suelo en que se desarrollan y las diferentes especies que lo componen.

3.3.2 Análisis estadístico

Gráfica 3. Porcentaje de Biomasa en área de estudio

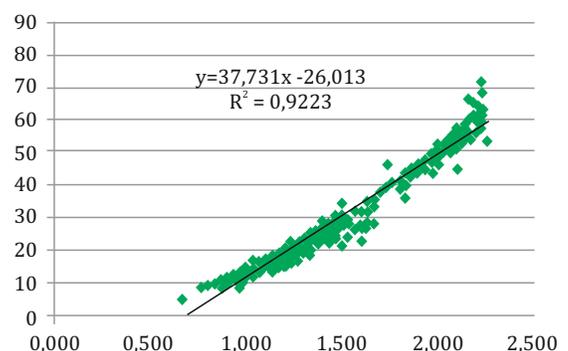


Gráfica 4. Comparación de Biomasa con respecto a su altura



2%32%66%50 - 100100 - 149" 150. La gráfica 3 muestra que, el 2% de la población total corresponde a plantas de café en un rango de altura de (50-100) cm, el 32% de las plantas de café oscilan en un rango de altura (100-149) cm y el 66% de las plantas de café corresponde a una altura mayor o igual a 150 cm, lo que indica que la mayor concentración de biomasa esta en las plantas de café con una altura mayor o igual a 150 cm.

Gráfica 5. Comparación de la Biomasa con respecto a DAP.



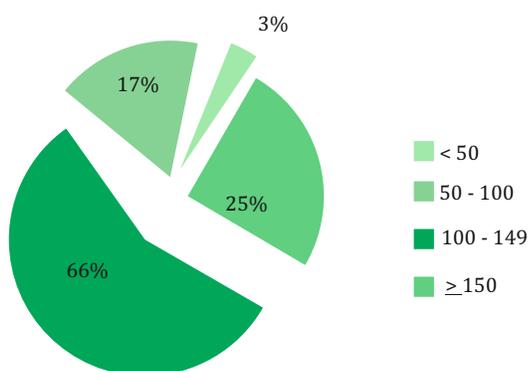
En la gráfica 4 se seleccionaron los datos de acuerdo a su altura para realizar un análisis comparativo, mostrando que la biomasa proporcionada por las plantas de café con una altura inferior a 100 cm no es significativa ya que representa solo un 2% de la población total.

La gráfica 5 nos muestra una regresión del 0,98 lo que indica que tiene una alta correlación.

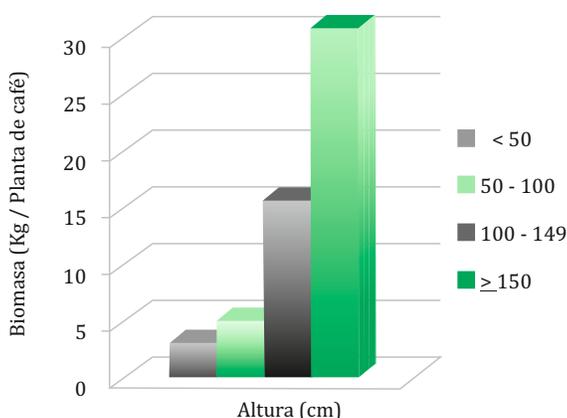
La biomasa es directamente proporcional al diámetro altura de pecho, es decir que a mayor Biomasa mayor diámetro altura de pecho.

PUENTE PIEDRA

Gráfica 6. Porcentaje de Biomasa en área de estudio.



Gráfica 7. Comparación de la biomasa con respecto a su altura

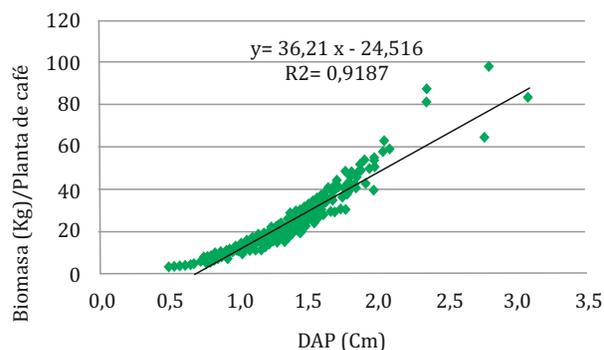


La gráfica 5 muestra que el 3% de la población total corresponde a plantas de café con una altura inferior a 50 cm, el 17% de las plantas de café oscilan en un rango de altura (50-100) cm, el 55% de las plantas de café corresponden a un rango de (100-149) cm y el 25% de las plantas de café corresponde a una altura mayor o igual a 150 cm, lo

que indica que la mayor concentración de biomasa se encuentra en las plantas de café con una rango de altura entre (100-149) cm.

En gráfica 6 Se realizó un comparativo de las diferente alturas de las planta de café, tomando como base para el cálculo de la biomasa total por lote solo las plantas que presentaron una altura superior a los 100 cm, ya que por debajo de este parámetro los datos no son significativos.

Gráfica 8. Biomasa en área de estudio



La gráfica 8 nos muestra una regresión del 0,95 una alta correlación indicando que son directamente proporcionales. En este lote el diámetro altura de pecho fue menor comparado con Muncural, debido a que estos poseen diferentes especies de café y diferentes propiedades de suelo, generando menor volumen de biomasa por individuo.

Se realizó el análisis estadístico del sistema agroforestal del café lote 4 - Hacienda Majavita mediante la implementación de un software (OpenStat), donde se muestra la biomasa en el área de estudio y la distribución de los datos en función de la variabilidad de las muestras.

MUNCURAL

Tabla 5. Análisis estadístico de la biomasa.

Biomasa (Kg) / Planta de café	
Promedio	26,77
Error estándar	0,61
Media	22,12
Desviación estándar	15,37
Kurtosis	0,18
Mínimo	5,08
Máximo	85,19
Nivel de confiabilidad (95,0%)	1,19

4. DISCUSIÓN

Los resultados estadísticos de biomasa arbórea viva en el sistema agroforestal evaluados en la Hacienda Majavita lote 4, que se presenta en la Tabla 5, Se estimó que los sistemas evaluados muestran una contribución muy positiva en el aporte de biomasa.

Se determinó una media de 22,12, con una desviación estándar de 15,37 y los datos presentan un máximo de 85,19 y un mínimo de 5,08, lo que indica que una variabilidad y comportamiento normal de los datos.

PUENTE PIEDRA

Tabla 6. Análisis estadístico de biomasa.

Biomasa (Kg) / Planta de café	
Promedio	19,91
Error estándar	0,56
Media	17,16
Desviación estándar	12,45
Kurtosis	7,06
Mínimo	2,79
Máximo	98,07
Nivel de confiabilidad (95,0%)	1,09

Los resultados estadísticos de biomasa arbórea viva en el sistema agroforestal evaluados en la Hacienda Majavita lote 4, se estimó que los sistemas evaluados muestran un aporte significativo de biomasa.

Se determinó una media de 17,16, con una desviación estándar de 12,45, un máximo de 98,07 y un mínimo de 2,79, lo que indica que hay una alta variabilidad de los datos.

El lote con mayor cantidad de plantas es Puente Piedra, debido a que tiene mayor área para el buen desarrollo de las mismas. Teniendo en cuenta esto, el aporte de biomasa es mayor comparado con el predio Muncural. Pero, la mayor cantidad de biomasa promedio por planta se encuentra en el lote Mucural debido a que las plantas del cultivo están en una etapa de soca (Fueron taladas y salieron entre 2 o 3 retoños).

5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que la biomasa obtenida está relacionada con la diversidad de las especies propias de cada uno con diferentes edades, como También está en función del manejo adecuado de la plantación, mostrándose un desarrollo heterogéneo en el sistema agroforestal.

El lote que obtuvo mayor concentración de Biomasa promedio por planta de café fue Muncural BA =3,39 Kg / Planta de café la cual se determinó por altura y DAP promedio de cada planta del sistema agroforestal. De esta forma, el total calculado de biomasa en los lotes fue: Muncural 20,171 Ton/Ha, y Puente Piedra 27,587 Ton/Ha, siendo Puente Piedra el predio con mayor aporte por su número de plantas.

5.1 Planes para trabajo futuro

Este proyecto tendrá una siguiente fase, donde se tendrá en cuenta el aporte de biomasa de las especies arbóreas existentes en cada uno de los lotes que acompaña el cultivo de café y así poder calcular la estimación de contenido de carbono presente en el sistema agroforestal.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaya Silva, Sandra Milena. 2011. Actualización de datos topográficos e implementación del plan de manejo ambiental en la Hacienda Majavita. Pasantía Universidad libre Seccional Socorro.

Parra Silva, Holman Yesid. 2012. Actualización de los normas RainForest, Orgánico, UTZ para cafés especiales en la Hacienda Majavita. Tesis de grado. Universidad Libre Seccional Socorro.

Pulgarin Arcila, Jaime. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica. CENICAFE.

Sanchez Nidia. 2000. Fundamentos de la agricultura orgánica. Asociación Naturland-1ª edición, Bogotá, DC pág. 85-93

Navarro Aldana Mari Luz. 2002. Manual de asistencia técnica, Fertilización en diferentes cultivos, segunda edición, Bogotá, DC pág.65-73.

Navarrete, Diego Alejandro. 2006. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa – carbono en Colombia, IDEAM, ministerio de Medio Ambiente, capítulo 2, Bogotá, DC.