



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

"Diseño de una metodología para la cuantificación de Carbono fijado en una plantación de banano (*Musa acuminata*) en el cantón El Triunfo, provincia del Guayas."

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y BIOLÓGICO

Presentado por:

Jaime Andrés Palomino Pazmiño

Diego Fabricio Guevara Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2016

AGRADECIMIENTOS

Jaime Palomino

Mis eternos agradecimientos a Dios, mi familia, amigos y compañeros que estuvieron a mi lado en todo momento. Hacer énfasis de manera especial a la PhD. Isabel Jiménez por su infinita paciencia, empatía, vocación y pasión por la carrera y enseñanza. A mi tutor de proyecto el Ing. Edwin Jiménez que nos guio a lo largo del proyecto. A mis compañeros que fueron parte básica de mi etapa Politécnica.

Diego Guevara

Agradezco a Dios por darme la oportunidad, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional. De manera especial a mi esposa e hija que son los pilares de mi vida y a mi gran amigo Jaime Palomino que fue mi compañero de proyecto. A mis dos tutores el Ing. Edwin Jiménez y a la PhD. María Isabel Jiménez.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jaime Andrés Palomino Pazmiño



Diego Fabricio Guevara Sánchez



Ing. Edwin Rolando Jiménez Ruiz

TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA



María Isabel Jiménez Feijoo Ph.D.

CO-TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

El aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2), representan un problema a nivel mundial por el efecto del calentamiento global, La reducción de estas emisiones por medio de cultivos agrícolas es una opción para realizar producciones sostenibles que ayudan al medio ambiente. En el caso de los cultivos forestales ya existen metodologías para cuantificar el carbono fijado en la biomasa de las plantas demostrando que existe una alternativa viable para reducir los gases de efecto invernadero en la atmosfera. El Ecuador posee 300.000 hectáreas de banano, siendo un cultivo de relevancia para fijación de Carbono (C).

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una metodología para calcular el carbono fijado por las unidades de banano. La metodología propuesta es una adaptación de la utilizada para cultivos forestales, y correlaciona variables agronómicas para determinar las que influyen directamente en la absorción de CO_2 .

La metodología usada se dividió en fase de campo, de laboratorio y estadística. I) En la fase de campo se basó en cuantificar con una intensidad de muestreo del 1.5% para determinar cuántas unidades de muestreo se iban a utilizar, para luego tomar las muestras los diferentes componentes de la planta de banano como la circunferencia a la altura del pecho, altura del fuste, número de hojas longitud y ancho de hojas y peso total en kilogramos (Kg) de hojas, fuste, raíces, raquis y fruto. II) En la fase de laboratorio se prepararon las muestras para realizar el respectivo secado, y mediante la relación de los pesos húmedos y secos de los componentes obtener % de biomasa de cada componente y realizar cuantificación de CO_2 absorbido por componente mediante la metodología el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). III) La fase estadística consistió en analizar mediante un análisis de varianza cual componente fijaba proporcionalmente más Carbono y determinar que muestras tenían mayor relevancia para la adaptación de la metodología para cultivos de banano.

Los resultados señalaron que la metodología para cultivos forestales difería en la etapa de toma de muestras dando mayor relevancia a las raíces, hojas, raquis y fruto. Por lo que la toma de muestras debe basarse en el peso proporcional en kg de cada componente de la planta para proceder a realizar el cálculo de carbono fijado.

Palabras clave: Fijación de Dióxido de Carbono, Metodología Forestal, Unidad de muestreo.

ABSTRACT

The increased greenhouse gases concentrations, such as carbon dioxide (CO₂), is a worldwide problem with global warming, and these emissions could be reduced through agricultural crops, been an option for sustainable production that help environment. In the case of forest crops, already exist methodologies for quantifying the carbon fixed in the plants biomass showing that there is a viable option for reducing greenhouse gases in the atmosphere. Ecuador has 200.000 hectares of banana, being a possible relevance crops for Carbon(C) fixation.

The objective of this study was to design a methodology to calculate the carbon dioxide fixed by banana units. The proposed methodology is adapted from one used for forest crops, and correlate agronomic variables to determine which directly influence C fixation.

The methodology used was divided into field, laboratory and statistic phase. I) The field phase was based on quantified with a sample intensity of 1.5% how many sampling units were need in a specific area, then take samples of the different components of the banana plant as the breast height circumference, height shaft, length, width and leave number and total weight in kilograms (kg) of leaves, stem, roots, rachis and fruit. II) In the laboratory phase the samples were prepared for drying concerned, and by the relation between the wet and dry weights of the components obtain the biomass percentage of each part of the plant and perform the quantification of C fixed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodology. III) The statistical phase analyzed by variance analysis which component proportionately fixed more C and determine which samples had more relevance to the adaptation for the banana crops methodology.

The results indicated that forest crop methodology differ in the sampling stage giving more relevance to the roots, leaves, rachis and fruit. So the sampling should be based on the proportional weight in kg of each plant component to proceed with the calculation of fixed carbon dioxide.

Keywords: *Carbon Dioxide Fixation, Forest methodology, sampling unit.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iii
RESUMEN	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ABREVIATURA.....	viii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivo específicos.....	3
1.2 Marco teórico.....	3
1.2.1 Generalidades del banano.....	3
1.2.2 Gas de efecto invernadero (CO ₂)	4
1.2.3 Banano en el Ecuador	5
CAPÍTULO 2	7
2. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	7
2.1 Fase de campo.....	7
2.1.1 Área de muestreo	7
2.1.2 Determinación de unidades de muestreo	8
2.1.3 Obtención de muestras.....	8
2.2 Fase de laboratorio	9
2.2.1 Preparación de las muestras.....	9

2.2.2	Obtención del peso seco de los componentes	9
2.3	Fase de cálculos	9
2.3.1	Cálculo de la biomasa y cantidad de carbono	9
2.3.2	Determinación del C fijado por componente	10
CAPÍTULO 3		11
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	11
3.1	Aplicabilidad del uso de unidades de muestreo forestal para la cuantificación de dióxido de carbono en banano.	11
3.2	Determinación el dióxido de carbono almacenado en la biomasa de plantas de banano en un área de producción bananera.....	11
3.3	Análisis de varianza no paramétrico (Prueba de kruskalWalls).....	12
3.3	Diseño de la metodología para la cuantificación de dióxido de carbono en el cultivo de banano.	14
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		15

ABREVIATURA

FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
SNI	Sistema Nacional de Información
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganaderías, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
IPCC	Intergubernamental Panel of Climate Change.

SIMBOLOGÍA

cm	Centímetros
m	Metros
T	Toneladas
ha	Hectáreas
kg	Kilogramos
mg	Miligramos
gr	Gramos
%	Porcentaje
m ²	Metros cuadrados
CAP	Circunferencia a la altura de pecho
DAP	Diámetro a la altura de pecho
°C	Grados centígrados
C	Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
IE	Medida internacional para medir vitaminas basándose en su actividad biológica

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Superficie cultivada de banano en el Ecuador por provincia (2010)	5
Figura 1-2	Producción de banano por provincia (2010)	6
Figura 1-3	Principales países productores de banano (2000-2009)	6
Figura 2-1	Esquema de la metodología del trabajo.	7
Figura 2-2	Ubicación del cantón El Triunfo.	8
Figura 3-1	Unidades de muestreo y toma de datos en campo.	11
Figura 3-2	Carbono fijado vs Componente	13
Figura 3-3	Metodología para la cuantificación de Carbono fijado para plantaciones bananeras.	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de valor nutricional de la fruta del banano.	4
Tabla 2	Datos de cuantificación de Carbono de componentes por parcela.	12
Tabla 3	Prueba de Kruskal Walls para análisis de C por componentes.	12
Tabla 4	Promedio total de Carbono fijado por planta de banano	13

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (2. 1)	Unidades de muestreo	8
Ecuación (2. 2)	Hectáreas en m ²	8
Ecuación (2. 3)	Intensidad de muestreo	8
Ecuación (2. 4)	Dimensión de la unidad de muestreo	8
Ecuación (2. 5)	Porcentaje de biomasa seca	9
Ecuación (2. 6)	Cantidad de C	10
Ecuación (2. 7)	CO ₂ fijado	10

INTRODUCCIÓN

Un problema en la actualidad es el calentamiento global debido a la actividad industrial y la quema de combustibles fósiles causado por la emisión de gases de efecto invernadero, entre ellos se encuentra el Dióxido de Carbono (CO₂), que se acumulan en la atmosfera deteriorando la capa de ozono [1]. Una de las estrategias para disminuir las altas temperaturas del planeta causado por estos gases es la reducción de las concentraciones de CO₂ en la atmosfera [2].

EL cultivo del banano *Musa acuminata*, es del alta importancia económica en el Ecuador, ya que existen 180.000 hectáreas, lo que para el país representa el 2% del producto interno bruto (PIB) total, el 26% del PIB agrícola y el 20% de las exportaciones del sector privado [4]. Adicionalmente el banano es producido en 135 países de zonas tropicales y subtropicales, lo que hace que este cultivo sea de gran importancia a nivel mundial [3].

En los últimos años, se han hecho estudios sobre el uso de cultivos agrícolas por la alta capacidad de fijación de Carbono en su biomasa logrando reducir el CO₂ en el ambiente [9]. Esta absorción se realiza mediante el proceso de la fotosíntesis, utilizando este gas para el desarrollo fisiológico en su ciclo de vida, disminuyendo la contaminación en la atmosfera de manera silenciosa [5].

Se han hecho estudios, diseñando metodologías de cuantificación de C fijado para cultivos forestales, demostrando que el sector agrícola es de gran potencial para la disminución de estos gases ya que reducen el CO₂ que se encuentra en el ambiente. El panel intergubernamental de cambio climático (IPCC) ha desarrollado protocolos para calcular la cantidad de carbono fijado en la biomasa y poder determinar cuánto C fija un cultivo [8].

La metodología desarrollada fue basada a partir de una para el cultivo de la teca, existen diferencias fisiológicas entre las plantaciones forestales y de banano por lo que desarrollar un diseño para calcular la fijación de C en este cultivo debe ser establecido a partir de sus componentes y particularidades [6].

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En todos los países se busca la manera de reducir el calentamiento global por medio de la disminución de gases de efecto invernadero en la atmosfera. Estos excesos de gases son producidos por de las industrias al realizar la quema de combustibles fósiles, la ganadería emitiendo gas metano, dando como consecuencia variaciones de temperatura alrededor del planeta y en casos más extremos el cambio de un ecosistema.

Las plantaciones forestales sirven como filtros de CO₂ al realizar la fotosíntesis y retener gran cantidad de carbono en su biomasa como la madera y hojas, dándole a este cultivo una alta rentabilidad económica y también gran valor ambiental. El banano siendo un cultivo representativo para el Ecuador también debería tener un valor económico y ambiental alto.

En la actualidad la intensidad de siembra de las plantaciones bananeras tiene en promedio 1300 plantas por hectárea, lo que indica que las poblaciones son altas considerando la biomasa generada por este cultivo como el pseudotallo, el raquis, el follaje y raíces.

No existen estudios realizados para la determinación de la fijación de carbono en plantaciones bananeras y siendo este uno de los principales productos agrícolas del país con un área total representativa existe gran potencial de investigación en este ámbito y los ligados a temas ambientales.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Diseñar una metodología para la cuantificación carbono almacenado en plantas de banano *Musa acuminata*, en el cantón El Triunfo en la provincia del Guayas.

1.1.2 Objetivo específicos

- Establecer la aplicabilidad del uso de unidades de muestreo forestal para la cuantificación de carbono en banano.
- Determinar el carbono almacenado en la biomasa de plantas de banano de un área de producción bananera.
- Proponer la metodología para la cuantificación de carbono en área de producción bananera.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Generalidades del banano

El banano es de la familia de las *Musáceas* con nombre científico *Musa acuminata*., es una planta herbácea gigante con un rizoma corto y un pseudotallo compuesto de las vainas foliares y con forma cónica con una altura promedio de 3,5-7,5 m con una terminación de hojas en forma de corona [7].

Su sistema radicular es distribuido en una capa de 30-40 cm, poseen una coloración blanca y blanda al brotar y al desarrollarse se tornan duras y amarillentas, su capacidad de penetración es bajo por lo que el tipo de suelo y nutrición es primordial en el crecimiento de las raíces [3].

El tallo verdadero es el rizoma mejor conocido como raquis, que forma parte del racimo en donde se encuentran las manos del fruto, este a medida que la planta alcanza su madurez sube desde el interior del pseudotallo o fuste y su yema terminal se convierte en una inflorescencia saliendo por la parte superior de la planta [3].

El clima ideal para el banano es el tropical húmedo con una temperatura que oscile entre 18,5 °C a 35,5°C, con temperaturas inferiores el desarrollo no es el óptimo, a diferencia cuando la temperatura es mayor si la provisión de agua es la correcta, de 44 mm de agua mensual, su desarrollo no se verá afectado. Este cultivo necesita buena luminosidad y ausencia de vientos muy fuertes porque pueden causar volcamientos [5].

En todas las regiones tropicales se cultiva el banano, lo que le da una importancia alta para las economías de muchos países en vía de desarrollo. Esta plantación tiene un valor bruto de producción tan alto que lo pone entre los cuatro cultivos más representativos del mundo, después del arroz, trigo y maíz, haciéndola como la fruta fresca de mayor exportación en relación a volumen y valor [10].

Un punto a favor de este fruto es que crecen con mucha rapidez y su cosecha puede darse durante todo el año, en el mundo se cultivó una superficie aproximada de 9 millones de hectáreas en el año 2000 dando producciones mundiales de 92 millones de toneladas en el año 2000 y 99 millones de toneladas en el 2001 [10].

Tabla 1: Tabla de valor nutricional de la fruta del banano.
Fuente: Elaborado por IMG, Cultivo del banano en el Ecuador-Manejo.
(Rem&Espig, 2009)

Contenido	Cantidad
Agua	75 gr.
Hidratos de carbono digestibles	20 gr.
Grasa bruta	0.3 gr.
Fibra bruta	0.3 gr.
Vitamina A	400 I.E.
Vitamina C	10 mg.
Energía	460 KJ.
Desechos antes del consumo	33%

1.2.2 Gas de efecto invernadero (CO₂)

Cualquier cambio en la temperatura afecta el medio ambiente, ocasionando el cambio climático, estas variaciones en la temperatura del planeta son causadas por razones naturales o por efecto de las intensas actividades humanas [2].

Una de las razones por el cual existe el cambio climático es la emisión de los gases de efecto invernadero, aumentando el carbono atmosférico, estos gases

incrementan la absorción del calor emitido por el sol, dando como resultado variaciones en la temperatura mundial [1].

Las emisiones de CO₂ aumentan debido a la quema de combustibles fósiles alterando el equilibrio climático, existen muchas opciones para disminuir el porcentaje dióxido de carbono como uso de energías renovables, impuestos ambientales y fijación de carbono por medio de cultivos agrícolas, siendo esta última la opción con mayor eficiencia [6].

1.2.3 Banano en el Ecuador

En el Ecuador las haciendas bananeras manejan en promedio una densidad de siembra de entre 1.300-1.500 plantas por hectárea cuando los factores suelo, nutrición, horas luz, y agua están en óptimas condiciones [3].; haciendo que este cultivo no solo sea trascendente por las hectáreas que ocupa sino por la cantidad de unidades de producción que se encuentran en dicha área. El banano es el principal ingreso económico del PIB en el Ecuador que no sea relacionado al petróleo, siendo uno de los referentes económicos del país. Teniendo aproximadamente 200.000 hectáreas cultivadas distribuidas en toda la región Costa [3].

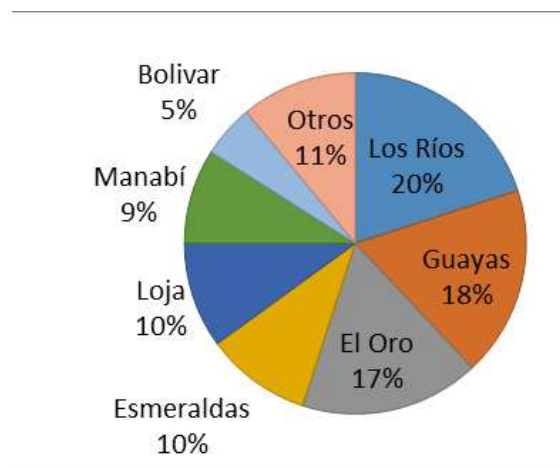


Gráfico 1-1. Superficie cultivada de banano en el Ecuador por provincia (2010)
Fuente: MAGAP, Resultados provinciales del III Censo Nacional Agropecuario, 2010.

En el Gráfico 1-1, se puede apreciar que Guayas, El Oro y Los Ríos son las provincias que más área de producción tienen en el país, potenciando a estas tres como principales productores de banano.

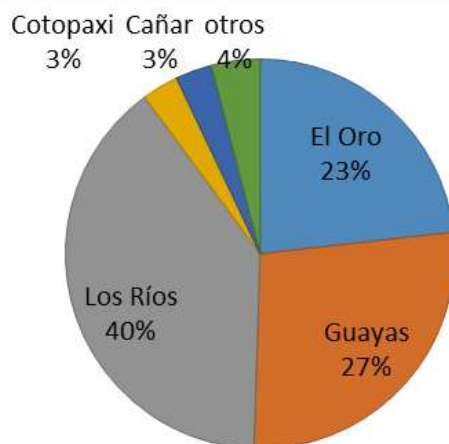


Gráfico 1-2. Producción de banano por provincia (2010)
Fuente: MAGAP, Resultados provinciales del III Censo Nacional Agropecuario, 2010.

En el Gráfico 1-2 muestra que la provincia con mayor producción bananera es los Ríos con un 39%, seguido por el Guayas con el 27% y el Oro con el 25%, entre estas tres se abarca un total del 91% de la producción nacional.

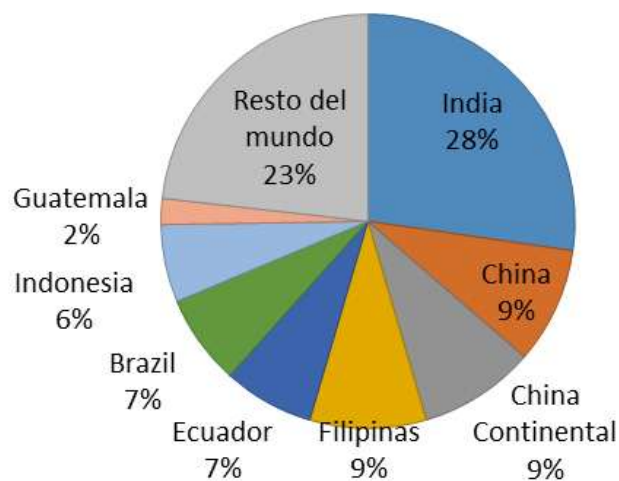


Gráfico 1-3. Principales países productores de banano (2000-2009)
Fuente: FAO, 2013

En el Gráfico 1-3, se observa que hasta el 2013 Ecuador se encontraba entre los principales productores de banano a nivel mundial.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para realizar el diseño y determinación del carbono fijado en el cultivo de banano se siguió la metodología descrita en la figura 2.1, en donde se observan 3 fases: campo, laboratorio y cálculos.

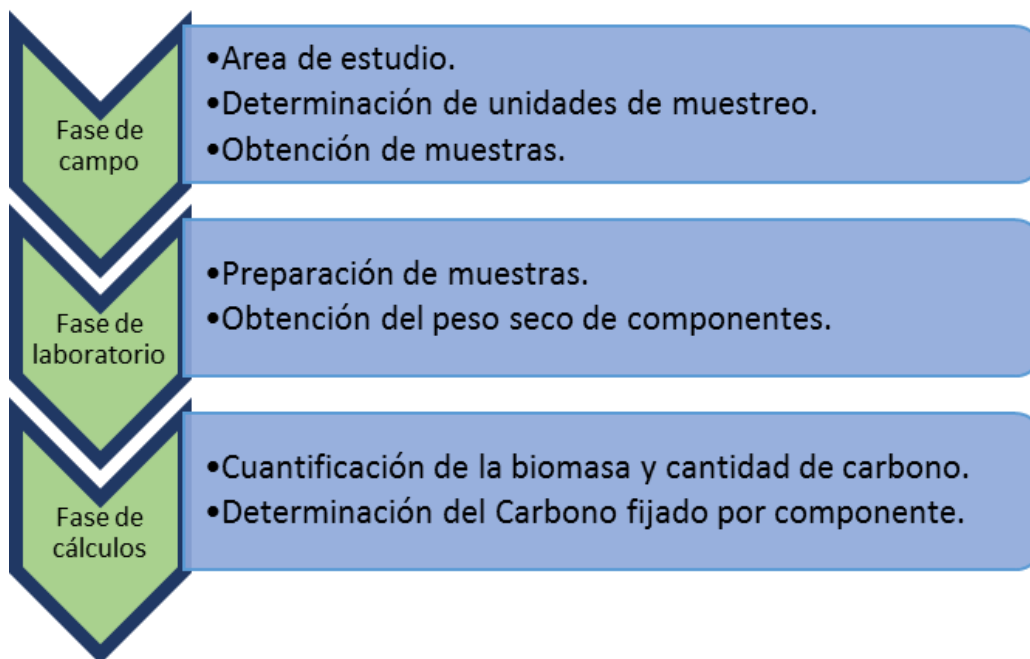


Figura 2-1. Esquema de la metodología del trabajo.

2.1 Fase de campo

2.1.1 Área de muestreo

El área de muestreo escogida fue el cantón El Triunfo de la provincia del Guayas, su territorio tiene una extensión aproximada de 405 km² y su población es de 50.060 habitantes, este cantón es reconocido como el más habitado de la provincia [11].

Este cantón posee un suelo muy fértil, lo que acoge gran producción agrícola y pecuaria, teniendo como mayor producción la caña de azúcar, también de arroz y posee 12.000 hectáreas de banano [10].

La hacienda Doménica posee 60 ha activas de producción de banano, el lote para el estudio es de 6 ha, la densidad de siembra que se maneja en esta finca es de 1.100 plantas por hectárea, en la figura 2 se presenta la ubicación de la zona de estudio.

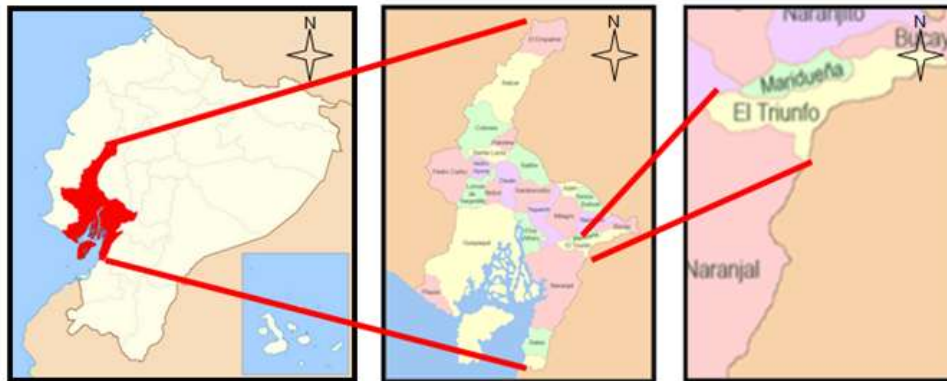


Figura 2-2. Ubicación del cantón El Triunfo.

2.1.2 Determinación de unidades de muestreo

El estudio comenzó con el reconocimiento del área de estudio, en la hacienda bananera “Doménica”, en donde se nos facilitaron 6 hectáreas para la toma de muestras. En esta metodología se utilizó unidades de muestreo de 400 m² con una intensidad de muestreo del 1,5% para que los datos a tomar logren ser representativos:

$$\# \text{ unidades de muestreo} = \frac{\text{Hectareas en m}^2 * \text{Intensidad de muestreo}}{\text{Dimension de la unidad de muestreo}} \quad (2.1)$$

$$\text{Hectareas en m}^2: 60.000 \text{ m}^2 \quad (2.2)$$

$$\text{Intensidad de muestreo}: 1.5\% \quad (2.3)$$

$$\text{Dimension de la unidad de muestreo}: 400 \text{ m}^2 \quad (2.4)$$

2.1.3 Obtención de muestras

En cada unidad de muestreo se calificaron las plantas tipo, en donde calificaban las matas que estén calibradas para cosecha, se escogen estas plantas porque ya han completado su ciclo de vida y fijado todo el carbono posible en su biomasa.

Una vez identificado la planta a muestrear se tomaron los datos de circunferencia a la altura de pecho (CAP), Altura de la planta madre, número de hojas de la madre,

ancho y largo de la cuarta hoja, CAP de la hija, altura de la hija, número de hojas de la hija, y se sacrificaba una planta por unidad de muestreo para determinar el peso en kilogramos (Kg) de las hojas de la madre, unidad de hoja de la madre, del pseudotallo, de las raíces, del raquis, y de los frutos.

Luego de haber extraído la planta de banano y tomado el dato de todas las muestras, se procedió a tomar 1 kg de cada componente, hojas, fuste, raíz, raquis, y fruto para en el laboratorio en menos de 24 horas cuantificar el peso seco.

2.2 Fase de laboratorio

2.2.1 Preparación de las muestras

En el laboratorio se procedió a limpiar bien las muestras y picarlas en pedazos pequeños para realizar un buen secado, se hizo un pesaje de confirmación para saber que peso específico era el que ingresaría a la estufa, dándonos el peso húmedo oficial. Se empaquetó cada muestra en papel periódico haciendo orificios pequeños para que entre de manera más eficiente el calor y se diferenció cada paquete con una etiqueta diciéndonos la hacienda de dónde provenía, el lote, la parcela y el tipo de muestra.

2.2.2 Obtención del peso seco de los componentes

Se utilizó una estufa con temperatura 75°C donde se procedió a secar las muestras durante 72 horas, una vez culminado el tiempo estipulado se procedía a sacar el material seco de cada empaque confirmando que el secado había sido realizado con éxito y se realizó el pesaje en una balanza digital. Se anotó los datos obtenidos dando el peso seco oficial para poder cuantificar la biomasa de cada componente.

2.3 Fase de cálculos

Metodología del IPCC para cuantificación del carbono fijado de todos los componentes.

2.3.1 Cálculo de la biomasa y cantidad de carbono

El cálculo del porcentaje de la biomasa de cada componente se lo realizó dividiendo el peso seco con el peso húmedo.

$$\% \text{ Biomasa seca (Kg)} = \frac{\text{Peso seco Kg}}{\text{Peso húmedo Kg}} \quad (2.5)$$

Teniendo el porcentaje de biomasa, se convirtió en cantidad de carbono existente, en donde se multiplico el valor de la biomasa seca por la constante 0.35, factor para la determinación de carbono en herbáceas y plantas de biomasa suculenta, que se adapta para el cultivo de banano, como indica el IPCC.

$$\text{Cantidad de carbono} = \text{Biomasa seca} * (0.35) \quad (2.6)$$

2.3.2 Determinación del CO₂ fijado por componente

Se determinó el dióxido de carbono fijado multiplicando la cantidad de carbono en la biomasa por el factor de conversión de CO₂.

$$\text{CO}_2 \text{ fijado} = Kr * \text{Cantidad de carbono} \quad (2.7)$$

Kr= 3.67, factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12 [11].

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Aplicabilidad del uso de unidades de muestreo forestal para la cuantificación de dióxido de carbono en banano.

Se estableció las unidades de muestreo en el área designada como se ve en la figura 3. La intensidad de muestreo del 1.5% hizo que los datos de la toma de muestras sean significativos con un total de tres U.M., lo que indica que el uso de unidades de muestreo para cultivos forestales si es de aplicabilidad para el cultivo de banano. Esta intensidad nos dio un promedio de 13 plantas tipo por cada 400 m².



Figura 3-1. Unidades de muestreo y toma de datos en campo.

3.2 Determinación del carbono almacenado en la biomasa de plantas de banano en un área de producción bananera.

En la tabla 2 se presentan los datos de los pesos húmedos, peso seco, biomasa, cantidad de carbono y CO₂ fijado por componentes con sus respectivas parcelas.

Esta tabla muestra cómo se obtuvo el carbono fijado por unidad de componente, se utilizó las variables parcela y CO₂ absorbido por unidad para realizar el análisis estadístico donde se buscó conocer cual componente era proporcionalmente más relevante para realizar el diseño más eficiente para cuantificar la fijación de dióxido de carbono que existe en la planta de banano.

Tabla 2. Datos de cuantificación de C y CO₂ por componentes y por parcela. Hda. Domenica, Cantón El Triunfo, Prov. Guayas.

Componente	Parcela	Peso húmedo (Kg)	Peso seco(Kg)	% biomasa (Kg)	Cantidad C (Kg)	CO2 por unidad (Kg)
Hoja	1	1.05	0.22	0.21	0.07	0.19
Hoja	2	1.04	0.19	0.18	0.06	0.18
Hoja	3	1.00	0.24	0.24	0.08	0.37
Fuste	1	0.98	0.07	0.07	0.02	0.01
Fuste	2	1.03	0.07	0.06	0.02	0.01
Fuste	3	1.08	0.09	0.08	0.03	0.01
Raíz	1	0.79	0.23	0.30	0.10	0.38
Raíz	2	0.73	0.23	0.31	0.11	0.39
Raíz	3	1.05	0.35	0.33	0.11	0.40
Raquis	1	3.80	2.15	0.56	0.19	0.19
Raquis	2	2.78	1.53	0.55	0.19	0.26
Raquis	3	3.00	1.69	0.56	0.19	0.22
Fruto	1	0.56	0.14	0.25	0.08	0.32
Fruto	2	0.57	0.14	0.24	0.08	0.32
Fruto	3	0.57	0.14	0.24	0.08	0.31

3.3 Análisis de varianza no paramétrico (Prueba de kruskalWalls)

El resultado fue que la raíz es el componente que más carbono fija, seguido por el fruto. Cabe recalcar que el fuste es el que mayor volumen posee pero proporcionalmente al peso total es el que menos carbono fija, esto se lo corrobora con la prueba de Kruskal Wallis como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Prueba de KruskalWalls para análisis de Carbono por componentes.

Componente	N	Medias	p	
Fuste	3	1.00E-03		C
Raquis	3	0.22		B
Hoja	3	0.25		B
Fruto	3	0.32	0.0197	A
Raiz	3	0.4		A

Estos resultados indican que el fuste por ser el componente con mayor porcentaje de agua es el que menos cantidad de carbono posee en su peso total haciendo que sea la parte de la planta que menos CO₂ absorbe del ambiente, esto se lo puede reafirmar en el gráfico 4, donde se indica que el fuste es el de menor fijación de carbono por elemento de la planta con relación a su proporción de peso en kg, en cambio la raíz y el fruto son los que mayor capacidad fijadora tienen.

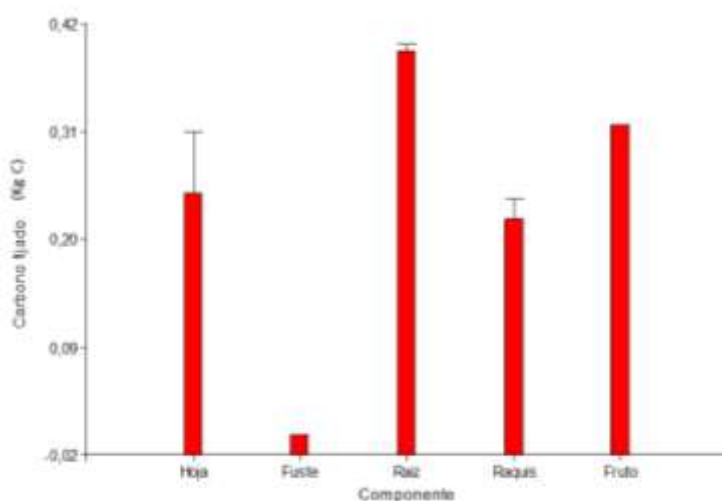


Figura 3-2. Carbono fijado vs Componente

Tomando en cuenta los resultados se optó por descartar las mediciones del volumen del fuste, dejando como datos principales los pesos en kg de cada componente, esto se lo logró determinar porque el pseudotallo del banano es casi en su totalidad agua, y este representa todo el volumen del componente por lo que obteniendo el peso húmedo y seco del fuste se lograría optimizar la toma de muestras para la metodología de este cultivo. En la tabla 7 se observa los valores de C fijado total por componente en toda la biomasa.

Tabla 4. Promedio total de carbono fijado por componente de la planta de banano

Componente	Peso total (Kg)	C fijado promedio (Kg)	C fijado total (Kg)
Hoja	19.23	0.31	5.95
Fuste	79.44	0.19	15.27
Raíz	1.29	0.41	0.53
Raquis	3.97	0.70	2.78
Fruto	66.34	0.32	21.23
Promedio de C fijado por planta			45.76

3.3 Diseño de la metodología para la cuantificación de dióxido de carbono en el cultivo de banano.

En este diseño constan de 4 etapas específicas, el establecimiento del área total de la plantación, toma de muestras, análisis de los componentes y cuantificación del Carbono fijado.



Figura 3-3. Metodología para la cuantificación de Carbono fijado para plantaciones bananeras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El componente de menor relevancia para la fijación de carbono fue el fuste por su alto contenido de agua.
2. La raíz y el fruto son las partes de la planta que más carbono fijan en comparación a los otros componentes.
3. Cada planta de banano fija 47.75 kg de Carbono en su biomasa durante su ciclo de vida que corresponde entre 9 a 11 meses.
4. La aplicabilidad de la metodología forestal para el cultivo de banano si es viable hasta la implementación de unidades de muestreo difiriendo en la toma de datos en la fase campo.
5. En promedio el carbono fijado en el área de producción bananera de la hacienda "Doménica" de 60 hectáreas, a una densidad de 1.100 plantas es de 15.52 Ton/ha.

Recomendaciones

1. Para investigaciones futuras se deberá extraer 1 Kg del peso húmedo por componente para evitar tomar el peso total.
2. Para validar la toma de muestras se debe realizar el muestreo en un número mayor de bananeras.
3. Para futuros estudios se debe considerar el carbono fijado en la biomasa de la necro masa y del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Benavides, G. Leon, "Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático." Instituto de hidrología y estudios ambientales – IDEAM, 2007.
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- [2] M. Pinelo, V. Sanchez, "Los gases de efecto invernadero ¿Por qué se produce el calentamiento global?" Labor, Asociación Global vol 1, p. 3, 2009.
http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion_%20abc%20cc.pdf
- [3] IMG, Cultivo del banano en el Ecuador-Manejo. 2003.
www.afese.com/img/revistas/revista58/cultivobanano.pdf.
- [4] 2010. Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - SINAGAP. Sitio web del MAGAP. [En línea] 2010. [Citado el: 07 de 09 de 2013.]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/resultados-provinciales/file/64-censoprovincial>.
- [5] Roberto Gonzabay. (2008). Cultivo del banano en el Ecuador. AFESE, 1, 30.
www.afese.com/img/revistas/revista58/cultivobanano.pdf
- [6] Aracely Landeta. (2009). Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de Teca (*TectonagrandisLinn F.*) en la ESPOL, campus "Ing. Gustavo Galindo, 16/6/2016, de ESPOL Sitio web: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5131/1/8507.pdf>.
- [7] Silvio Salvador. (2014). Estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (Mussa AAA).. 15/6/2016, de UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS <http://rraae.org.ec/Search/Results?lookfor=%22FERTILIZACI%C3%93N+CONTROLAD+A%22&type=Subjec>.
- [8] Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA-BIRF) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Av. Paseo Colón 982, Anexo Jardín P.1º (1063). Buenos Aires – Argentina cnorve@sagpya.minproduccion.gov.ar; canorverto@ciudad.com.ar

[9] IPCC, 1996, ClimateChange 1995: TheScience of ClimateChange. Houghton, J.T., MeriaFilho, L.G. Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., y Maskell, K. (Eds), Contribution of WorkingGroup 1 to theSecondAssessmentreport of the IPCC, Cambridge UniversityPress, Cambridge.

[10] FAO “Economía mundial del banano”, 2002, <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s03.htm>.

[11] FONSECA WILLIAM, 2007. Seminario-Taller internacional: “Herramientas para la evaluación de biomasa y el monitoreo del secuerto de carbono en proyectos forestales.”
W. Fonseca M:Sc.

APÉNDICE

APÉNDICE DE TABLAS

Parcela 1					
Plantas	CAP (madre) m	DAP (madre) m	Altura (madre) m	# hojas (madre)	Volumen del fuste m3
1	0.81	0.26	4.55	8	0.1188
2	0.64	0.20	3.58	10	0.0583
3	0.77	0.25	3.89	10	0.0918
4	0.73	0.23	3.25	11	0.0685
5	0.85	0.27	3.84	8	0.1094
6	0.74	0.24	3.74	11	0.0813
7	0.69	0.22	3.8	10	0.0720
8	0.67	0.21	3.08	8	0.0550
9	0.61	0.19	3	9	0.0437
10	0.69	0.22	3.45	10	0.0644
11	0.78	0.25	4.04	9	0.0986
12	0.47	0.15	3.72	9	0.0331
13	0.75	0.24	4	8	0.0890
14	0.69	0.22	3.4	11	0.0635
Promedios	0.70	0.22	3.66	9.42	0.0748

Datos de CAP, DAP, Altura, # de hojas y volumen del fuste (Parcela 1)

Parcela 2					
Plantas	CAP (madre) m	DAP (madre) m	Altura (madre) m	# hojas (madre)	Volumen del fuste m3
1	0.68	0.22	3.01	8	0.0554
2	0.68	0.21	3.79	9	0.0687
3	0.62	0.20	3.92	7	0.0600
4	0.81	0.26	3.94	10	0.1029
5	0.86	0.27	3.96	9	0.1152
6	0.77	0.25	3.79	9	0.0894
7	0.70	0.22	3.74	10	0.0731
8	0.74	0.24	3.84	7	0.0837
9	0.74	0.23	3.92	7	0.0849
10	0.77	0.25	3.89	10	0.0918
11	0.74	0.24	3.74	11	0.0813
12	0.61	0.19	3.5	9	0.0510
13	0.47	0.15	3.72	9	0.0331
Promedios	0.71	0.22	3.75	8.84	0.0762

Datos de CAP, DAP, Altura, # de hojas y volumen del fuste (Parcela 2)

Parcela 3					
Plantas	CAP (madre) m	DAP (madre) m	Altura (madre) m	# hojas (madre)	Volumen del fuste m ³
1	0.67	0.21	4.12	7	0.0731
2	0.78	0.25	4.29	7	0.1044
3	0.72	0.23	4.22	7	0.0875
4	0.80	0.25	4.42	8	0.1128
5	0.80	0.25	4.42	8	0.1128
6	0.77	0.24	4.08	8	0.0950
7	0.88	0.28	4.4	9	0.1340
8	0.89	0.28	5.05	9	0.1592
9	0.80	0.25	3.3	8	0.0840
10	0.75	0.24	4	8	0.0883
11	0.86	0.27	5	8	0.1471
12	0.77	0.24	4.08	8	0.0950
Promedios	0.79	0.25	4.28	7.92	0.1078

Tabla 3. Datos de CAP, DAP, Altura, # de hojas y volumen del fuste (Parcela 3)

APÉNDICE FOTOGRÁFICO



Foto 1. Ubicación de los lotes para el estudio.



Foto 2. Toma de datos (número de hojas)



Foto 3. Toma de datos (CAP).



Foto 4. Selección de la planta a sacrificar.



Foto 5. Extracción de los componentes de la panta.



Foto 6. Pesaje de los componentes (fuste).



Foto 7. Pesaje de 1kg de muestra (hoja) para llevar a laboratorio.



Foto 8. Pesaje de 1 kg de componente (raíz) para laboratorio.



Foto 9. Picado de componente para el secado.



Foto 10. Preparación de las muestras para el secado.



Foto 11. Secado de muestras.



Foto 12. Obtención del peso seco de los componentes.