



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN
DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN LA PROVINCIA EL
ORO

CARRIÓN BLACIO MISHEL PAMELA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL
SUELO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN
LA PROVINCIA EL ORO

CARRIÓN BLACIO MISHEL PAMELA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
ANÁLISIS DE CASOS

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN LA PROVINCIA EL ORO

CARRIÓN BLACIO MISHEL PAMELA
INGENIERA AGRÓNOMA

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

MACHALA, 27 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN LA PROVINCIA EL ORO

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

EN

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

link.springer.com

Fuente de Internet

4%

2

www.sciencedaily.com

Fuente de Internet

1%

3

www.agric.wa.gov.au

Fuente de Internet

1%

4

journals.plos.org

Fuente de Internet

1%

5

MARTINA ODDO. "Effects of different weed control practices on soil quality in Mediterranean crops", Universitat Politecnica de Valencia, 2017

Publicación

1%

6

www.ncbi.nlm.nih.gov

Fuente de Internet

1%

7

bina.portal.gov.bd

Fuente de Internet

<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CARRIÓN BLACIO MISHEL PAMELA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN LA PROVINCIA EL ORO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

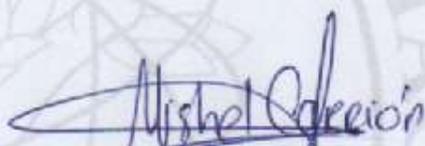
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de septiembre de 2021



CARRIÓN BLACIO MISHEL PAMELA
0750213753

DEDICATORIA

A Dios, por haberme guiado cada día, durante toda la etapa de estudio.

A mi hija Samantha Paulette por hacerme mejor persona cada día, ser mi fuente de motivación e inspiración. A mi esposo Miguel por su sacrificio, esfuerzo y cariño.

Mi madre Mariela Blacio y mi padre Rodrigo Carrión, por su amor, palabras de aliento y apoyo incondicional.

A los catedráticos y profesionales que compartieron sus conocimientos y experiencias durante estos años de estudio.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es primero a Dios por permitirme terminar mi etapa
universitaria.

A mis esposo, hija, padres y hermanas por ser el pilar y motor
fundamental en mi vida.

A mi tutor de tesis Ing. Agr. Salomón Barrezueta Unda Mg. Sc. por
haberme guiado durante el proceso y desarrollo del proyecto de
titulación, aportar con su tiempo y conocimiento.

A los profesionales y colaboradores de la FCA por su apoyo brindado
durante este tiempo.

A los compañeros y bueno amigos que me deja estos años en las aulas,
por sus consejos, cariño y apoyo.

RESUMEN

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BANANERO EN LA PROVINCIA EL ORO

Autora:

Mishel Pamela Carrión Blacio

Tutor:

Ing. Agr. Salomón Barrezueta Unda PhD.

Los dos principales problemas que afectan las actividades agrícolas en la región son la baja disponibilidad de agua y la baja fertilidad del suelo, que limitan la productividad de los principales cultivos.

La producción bananera en Ecuador son sistemas intensivos de monocultivos generan un gran volumen de biomasa permanente que puede ser utilizada para diversas actividades agrícolas, como la transformación en abonos orgánicos, que incide en el aumento de materia orgánica, que a su vez es una estrategia para el secuestro de carbono en el suelo.

Es fundamental que estos niveles se mantengan ya que al haber una disminución del volumen de biomasa en el suelo generará más emisiones de CO₂, influyendo de manera decisiva sobre las condiciones climáticas. Con la finalidad de contrarrestar la liberación de emisiones de gases de efecto invernadero se destacan los residuos del cultivo de banano tales como hojas, raquis, pseudotallo, una fuente de biomasa para el secuestro de carbono además de una opción viable de combustión y de bioproductos.

En Ecuador anualmente se generan aproximadamente 20 t de biomasa residual agrícola, lo que evidencia un gran potencial para preservar los suelos.

Esta investigación se enmarco en el estudio de biomasa aérea y del suelo, el estudio se lo realizó en la provincia de El Oro, la finca convencional “La fortuna” se encuentra ubicada en la ciudad de Machala en el sector Puerto Grande, mientras que la finca orgánica “San Pablo” se ubica en el cantón el Guabo, parroquia Tendales; en lo que respecta a la comparación del almacenamiento de C en dos sistemas de producción bananera (orgánica y convencional), para determinar el almacenamiento en cada uno de estos. Se extrajo muestras de suelo (0-15 cm; 15-30 cm; 30-45 cm) para evaluar propiedades físicas y químicas (Da, pH, MO, COS) y extraer también biomasa aérea la misma que fue tomada en plantas cosechadas que fueron segregadas en tres componentes: follaje, pseudotallo y cormo, se registró el peso in situ de estos componentes y luego fueron llevados al laboratorio para su secado hasta alcanzar un peso constante. Se registró

la relación entre peso fresco y seco de biomasa. Además, se midió la circunferencia de las plantas a 30 cm y 130 cm por encima del suelo, la altura del pseudotallo y la altura total, las mismas que sirvieron para calcular la biomasa residual sobre el suelo. El análisis de las muestras de suelo y biomasa vegetal se procedió a realizar en el Laboratorio de Suelos de la UTMACH. La densidad aparente fue determinada por el método del cilindro de volumen conocido (Forsythe-Warren et al., 1975) el cual establece que la Da para ambos usos de suelo presenta medias muy cercanas a diferentes profundidades a consideración general en la finca “La Fortuna” la media registrada para una profundidad de (0-15 cm) de 1.41 g/cm³, a los (15-30 cm) con una media de la densidad aparente de 1.40 g/cm³ y a los (30-45 cm) con una media de la densidad aparente de 1.33 g/cm³, seguido de la finca Orgánica “San Pablo” donde (0-15 cm) con una media de la densidad aparente de 1.37 g/cm³, a los (15-30 cm) con una media de la densidad aparente de 1.38 g/cm³ y a los (30-45 cm) con una media de la densidad aparente de 1.29 g/cm³. Para determinar el contenido de materia orgánica fue empleado el método de Walkley y Black (1934) y posteriormente determinar el contenido de C presente en el suelo en las dos fincas de estudio.

Los análisis estadísticos han demostrado que no existen diferencias significativas en los contenidos de COS y AGB (biomasa residual, registrando un porcentaje un poco mas elevado para la finca orgánica "San Pablo" que presenta en una profundidad de (0-15 cm) con una media del porcentaje de carbono de 1.31 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.89 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.29 %, seguido de la finca Convencional “La Fortuna” donde se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media del porcentaje de carbono de 1.28 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.63 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.29 %; los datos registrados para AGB son la finca Convencional “La Fortuna” con una media de 24.38 % alcanzo el máximo valor de AGB, seguido muy de cerca por la finca Orgánica “San Pablo” que presento el menor valor de AGB con una media de 23.07 %.

Palabras clave: biomasa, almacenamiento de carbono, suelo.

ABSTRACT

ESTIMATION OF BIOMASS AND SOIL ORGANIC CARBON IN TWO BANANA PRODUCTION SYSTEMS IN THE PROVINCE OF EL ORO.

Autor:

Mishel Pamela Carrión Blacio

Tutor:

Ing. Agr. Salomón Barrezueta Unda PhD.

The two main problems affecting agricultural activities in the region are low water availability and low soil fertility, which limit the productivity of the main crops.

Banana production in Ecuador is an intensive monoculture system that generates a large volume of permanent biomass that can be used for various agricultural activities, such as transformation into organic fertilizers, which increases organic matter, which in turn is a strategy for soil carbon sequestration. It is essential that these levels are maintained because a decrease in the volume of biomass in the soil will generate more CO₂ emissions, which will have a decisive influence on climatic conditions. In order to counteract the release of greenhouse gas emissions, banana crop residues such as leaves, rachis and pseudostems are a source of biomass for carbon sequestration and a viable option for combustion and bioproducts. In Ecuador, approximately 20 tons of agricultural residual biomass are generated annually, which shows a great potential for soil preservation. This research was framed in the study of aerial and soil biomass, the study was conducted in the province of El Oro, the conventional farm "La Fortuna" is located in the city of Machala in the Puerto Grande sector, while the organic farm "San Pablo" is located in the canton of El Guabo, Tendales parish; regarding the comparison of C storage in two banana production systems (organic and conventional), to determine the storage in each of these. Soil samples were extracted (0-15 cm; 15-30 cm; 30-45 cm) to evaluate physical and chemical properties (Da, pH, MO, COS) and also to extract aerial biomass which was taken from harvested plants that were segregated into three components: foliage, pseudostem and corm, the in situ weight of these components was recorded and then taken to the laboratory for drying until reaching a constant weight. The ratio between fresh and dry weight of biomass was recorded. In addition, the circumference of the plants at 30 cm and 130 cm above the ground, the height of the pseudostem and the total height were measured, which were used to calculate the residual aboveground biomass. The

analysis of the soil and plant biomass samples was carried out at the UTMACH Soil Laboratory. The bulk density was determined by the method of the cylinder of known volume (Forsythe-Warren et al., 1975), which establishes that the bulk density for both soil uses presents very close averages at different depths. In general, at the "La Fortuna" farm the average recorded for a depth of (0-15 cm) was 1.41 g/cm³, at (15-30 cm) with an average bulk density of 1.40 g/cm³ and at (30-45 cm) with a mean bulk density of 1.33 g/cm³, followed by the Organic farm "San Pablo" where (0-15 cm) with a mean bulk density of 1.37 g/cm³, at (15-30 cm) with a mean bulk density of 1.38 g/cm³ and at (30-45 cm) with a mean bulk density of 1.29 g/cm³. The Walkley and Black (1934) method was used to determine the organic matter content and subsequently determine the C content present in the soil on the two study farms.

Statistical analysis showed that there were no significant differences in the contents of COS and AGB (residual biomass), registering a slightly higher percentage for the organic farm "San Pablo" which presents a depth of (0-15 cm) with an average carbon percentage of 1.31%, at (15-30 cm) with an average carbon percentage of 0.89% and at (30-45 cm) with an average carbon percentage of 0.29%, followed by the organic farm "San Pablo" with a depth of (0-15 cm) with an average carbon percentage of 1.31%, at (15-30 cm) with an average carbon percentage of 0.89% and at (30-45 cm) with an average carbon percentage of 0.29%. 29 %, followed by the Conventional farm "La Fortuna" where samples were taken at different depths of (0-15 cm) with an average carbon percentage of 1.28 %, at (15-30 cm) with an average carbon percentage of 0.63 % and at (30-45 cm) with an average carbon percentage of 0. The data recorded for AGB are the Conventional farm "La Fortuna" with an average of 24.38 % reached the maximum value of AGB, followed closely by the Organic farm "San Pablo" which presented the lowest value of AGB with an average of 23.07 %.

Key words: biomass, carbon storage, soil.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	10
Objetivos específicos	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Microorganismos del suelo	12
2.2. Carbono orgánico suelo (COS)	12
2.3. Materia orgánica del suelo (MOS)	12
2.4. Biomasa	13
2.5. Banano	14
2.6. El uso potencial de la biomasa residual del banano	16
2.7. fertilizantes orgánicos en el rendimiento y la calidad del banano	16
2.8. La capacidad del banano para secuestrar banano	18
2.9. Origen del banano	19
2.9.2. Susceptibilidad a enfermedades	20
3. METODOLOGIA	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Ubicación de los sitios	21
3.2. Métodos	22
Toma de muestra de suelo	23
Determinación de MOS	23
Determinación Densidad Aparente (Da)	24
Determinación de pH	24
Almacenamiento de carbono en el suelo	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES	44
7. BIBLIOGRAFÍA	45
8. ANEXOS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diámetros de la planta 30 cm	31
Figura 2 Diámetros de la planta 130 cm	32
Figura 3 Altura total de la planta	33
Figura 4 AGB	34
Figura 5 Cormo	35
Figura 6 Total, biomasa	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Interpretación de la Materia Orgánica (%)	30
Tabla 2 Diámetros de la planta 30 cm	31
Tabla 3 Diámetros de la planta 130 cm	32
Tabla 4 Altura total de la planta	32
Tabla 5 Área de hoja	33
Tabla 6 AGB	34
Tabla 7 Cormo	35
Tabla 8 Tabla Número de hojas cosechadas	35
Tabla 9 Total, biomasa	36
Tabla 10 Variables	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1 Identificación finca orgánica “San Pablo”	44
Anexos 2 Identificación finca convencional “la fortuna”	44
Anexos 3 Toma de muestras en campo	44
Anexos 4 Análisis de propiedades físicas y químicas (finca orgánica y convencional) del suelo y biomasa vegetal en laboratorio de Suelos UTMACH	45

1. INTRODUCCIÓN

Los dos principales problemas ambientales que afectan las actividades agrícolas en la región son la baja disponibilidad de agua y la baja fertilidad del suelo, que limitan la productividad de los principales cultivos. Por lo tanto, los ingresos agrícolas son bajos y se cultivan con insumos externos mínimos, es decir, generalmente sin aplicación de fertilizantes. En consecuencia, la materia orgánica del suelo es una fuente importante de nutrientes y su descomposición es vital para sustentar la producción de plantas (Bolaños, 2019).

En este marco, la producción bananera en Ecuador son sistemas intensivos de monocultivos generan un gran volumen de biomasa que se puede utilizar para generar otros combustibles como etanol, metanol y aceites vegetales mediante algunos procesos químicos; así como también, grandes cantidades de biomasa residual que se utilizan para el secuestro de carbono.

Es fundamental que los niveles de carbono orgánico se mantengan en el suelo, ya que al haber una disminución del volumen de biomasa se generarán más emisiones de CO₂, influyendo de manera decisiva sobre las condiciones climáticas. Con la finalidad de contrarrestar la liberación de emisiones de gases de efecto invernadero se destacan los residuos del cultivo de banano tales como hojas, raquis, pseudotallo, una fuente de biomasa para el secuestro de carbono además de una opción viable de combustión y de bioproductos.

En Ecuador anualmente se generan aproximadamente 20 t de biomasa residual agrícola, lo que evidencia un gran potencial, debido a que se utiliza el tallo o raquis y hojas se convierten en biomasa lignocelulósica. En este punto, la biomasa lignocelulósica se deja en el suelo para preservar la riqueza del suelo o se lleva a los vertederos abiertos, produciendo en ambos casos gases de efecto invernadero a medida que se descompone.

Otra fuente de desperdicio son las frutas rechazadas que no cumplen con los estándares de comercialización. Este residuo puede variar entre un 8 y un 20% y se utiliza para la alimentación animal, o simplemente se rechaza por motivos económicos.

En general, las producciones bananeras convencionales al tener presentes grandes cantidades de compuestos químicos en sus plantaciones tienen como consecuencia el deterioro del suelo, en contraparte un sistema de producción orgánico al tener presente materia orgánica garantiza una buena calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como las ambientales

Actualmente, se desconoce si el sistema de producción orgánico aporta con cantidades significativas de biomasa frente a los sistemas de producción convencional, por esta razón surge la problemática de comparar los dos modelos de producción de banano (*Musa paradisiaca*) orgánico y el convencional en dos haciendas de la provincia de El Oro, para conocer cual generará mayor reserva de carbono.

En este contexto, el carbono orgánico, producto de la descomposición de la biomasa que genera una plantación de banano, es un indicador de salud del suelo en función del modelo de producción sea convencional u orgánico.

Para llevar a cabo la investigación es necesario plantear el siguiente objetivo general: comparar la producción de biomasa generada en dos modelos de producción de banano para relacionar con los niveles de carbono orgánico en los respectivos suelos.

Objetivos específicos

- Estimar el porcentaje de biomasa residual a través de un modelo de predicción propuesto.
- Calcular el nivel del carbono orgánico en los suelos del sistema de producción convencional y orgánico.
- Determinar los parámetros físicos y rendimiento de biomasa en los dos sistemas de producción bananera

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Microorganismos del suelo

Los microorganismos del suelo son un componente clave del ciclo de nutrientes de la materia orgánica. Por lo tanto, el conocimiento de las funciones de la microbiota del suelo es importante para gestionar adecuadamente los procesos que controlan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Se han utilizado varios parámetros microbiológicos como indicadores de estos procesos, pero ningún parámetro es apropiado para todas las situaciones debido a la naturaleza dinámica y compleja de los agroecosistemas (Lampkin, 2019).

La biomasa microbiana del suelo (SMB), excluidas las raíces de las plantas y los animales de más de 5 μm^3 , corresponde, en promedio, con un 2 a un 5% de la materia orgánica del suelo. No hay consenso sobre el mejor método para cuantificar las PYMES (Pequeña y mediana empresas en diversas condiciones ecológicas, ya sea porque los resultados no han sido muy confiables o porque los procedimientos son demasiado laboriosos o demasiado costosos. Por tanto, es aconsejable utilizar más de un método para la cuantificación de SMB (Paolini, 2020)

2.2. Carbono orgánico suelo (COS)

En el COS se considera una forma de mitigar el cambio climático mediante la reducción del dióxido de carbono atmosférico. El argumento es que pequeños aumentos del COS en áreas muy grandes en tierras agrícolas y pastorales reducirán significativamente el dióxido de carbono atmosférico. Para que la reducción sea duradera, la materia orgánica debería estar en las fracciones más estables o resistentes (Junguito, 2020).

2.3 Materia orgánica del suelo (MOS)

La MOS está compuesta principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno, y tiene pequeñas cantidades de otros elementos, como nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio contenidos en residuos orgánicos. Se divide en componentes "vivos" y "muertos" y puede variar desde insumos muy recientes, como rastrojos, hasta materiales en gran parte en descomposición que tienen miles de años. Aproximadamente el 10% de la MOS subterránea, como las raíces, la fauna y los microorganismos, está "viva" (Bejarano, 2019)

La MOS existe en 4 fracciones distintas que varían ampliamente en tamaño, tiempo de rotación y composición en el suelo:

- materia orgánica disuelta
- materia orgánica particulada
- humus
- materia orgánica resistente.

A lo largo de los años, ha surgido en la comunidad científica una conciencia cada vez mayor sobre el cambio climático y la fuerte dependencia de los combustibles fósiles. De hecho, ha aumentado la investigación sobre energías renovables y nuevas tecnologías que reemplazan el uso de combustibles fósiles. Una de estas energías renovables es la bioenergía, que se ha definido como la energía que se puede liberar en los procesos de combustión, que proviene de la energía almacenada en un organismo vegetal o biomasa a través de la actividad fotosintética (Ayers, 2020)

2.4 Biomasa

La biomasa se considera una materia prima distribuida y uno de los principales recursos renovables que podrían utilizarse como combustible. Además, los biocombustibles aprovechan la energía solar almacenada en la biomasa, y el CO₂ liberado en su conversión energética fue previamente fijado de la atmósfera, convirtiéndose en un proceso de carbono neutro. Este hecho demuestra que el empleo de biocombustibles en sustitución de combustibles fósiles podría ser una de las formas de frenar la degradación ambiental provocada por el aumento de las emisiones de CO₂ (Marco, 2020).

En un contexto energético, la biomasa se puede categorizar según su composición en:

- (1) azucarada biomasa,
- (2) biomasa almidonada,
- (3) biomasa oleaginosa y
- (4) biomasa lignocelulósica.

Mientras tanto, según su origen, se puede clasificar como biomasa natural o residual. La biomasa residual tiene la ventaja de ser un residuo que se origina en otras cadenas

productivas distintas de los cultivos energéticos, por lo que no compite por suelo o agua con los cultivos alimentarios. Por lo tanto, la materia prima lignocelulósica y los productos agroalimentarios desechados no interfieren con la seguridad alimentaria (Hills, 2019).

2.5 Banano

El banano es un vegetal que se desarrolla en las regiones tropicales, son plantas herbáceas y perenne de la familia Musaceae, y uno de los cultivos frutales más cultivados en el mundo con 106,7 millones. toneladas de producción en 2019. La vida productiva de las plantas de banano desde la siembra hasta la cosecha es de 10 a 12 meses, dando frutos solo una vez en su ciclo de vida (Escobar B. , 2019)

La masa (pseudotallo, hojas y raquis) suele dejarse en el suelo para ser utilizada como materia orgánica o como mantillo, pero en algunos casos puede convertirse en foco infeccioso o eliminarse en vertederos. Una fracción de esta biomasa lignocelulósica podría utilizarse como fibra o pulpa para la industria del papel, cuerdas, envolver alimentos, tableros o textiles. Además de esto, la biomasa residual almidonada se produce en la etapa de postcosecha, en la que se rechazan los bananos que no cumplen con los estándares de comercialización (Kolmans, 2020).

La proporción de bananos descartados varía entre el 10% y el 30% de la producción total de bananos. Una pequeña proporción de la biomasa almidonada se utiliza como pienso para animales y también para harina de plátano, pero la mayor parte se elimina en el suelo o en vertederos. Además, no existen estimaciones estadísticas del uso final de estos residuos (Suquilanda, 2020)

La bioconversión de esta biomasa residual en biocombustibles o energía podría reemplazar una proporción significativa de combustibles fósiles y diversificar la combinación energética. A pesar de esto, los residuos agrícolas del cultivo del banano apenas se han considerado hasta ahora para la producción de energía. Hoy en día, los sistemas de bioenergía están ganando relevancia en todo el mundo, y la producción de biocombustibles a partir de residuos agrícolas se ha vuelto cada vez más atractiva para los investigadores (Kalmanovitz, 2020).

La mayoría de los investigadores han centrado sus esfuerzos en mejorar el rendimiento y reducir los costes de producción. Los principales residuos de cultivos, como la paja de

trigo, las cáscaras de arroz, el rastrojo de maíz y las astillas de madera, se han estudiado en gran medida como materia prima para la bioenergía, pero se sabe poco sobre la conversión energética de los principales cultivos no básicos, como el banano. Sin embargo, se han realizado pocos estudios sobre la cantidad y disponibilidad de Biomasa residual de banano para usos energéticos (Benzing, 2020).

Dada la abundancia y distribución generalizada del banano en las regiones tropicales y subtropicales, debería explorarse la cadena de suministro de su biomasa residual para aplicaciones bioenergéticas. Ecuador es el mayor exportador de banano, contribuyendo con el 29% de las exportaciones mundiales. La recolección se realiza todo el año. Sin embargo, hay una temporada alta (enero-abril) y una temporada baja (mayo-diciembre) (Weaver, 2020).

El rendimiento medio es de $33,78 \pm 4,06$ t ha⁻¹ de materia fresca (fm), según la fertilidad del suelo y las prácticas agrícolas. El país tiene un área cultivada promedio de 224,137 ha dedicada al cultivo del banano. El 81% de esta superficie se distribuye entre las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro, que poseen el 39, 36 y 20% de la producción nacional, respectivamente. Sin embargo, hasta donde sabemos, sólo se ha publicado en Ecuador una investigación sobre la producción de residuos agrícolas de banano para etanol de segunda (Costa, 2020)

Los residuos bananeros son reconocidos como el residuo agrícola más importante del país con un futuro prometedor por su cantidad, localización centralizada y disponibilidad. Sin embargo, hay una falta de información formal. Por tanto, es fundamental evaluar la disponibilidad de esta biomasa residual y su cadena de suministro para conocer el potencial de esta biomasa como fuente de energía (García, 2020).

La viabilidad de emplazar una planta de conversión de energía para el aprovechamiento energético de los residuos agrícolas depende de la disponibilidad y suministro continuo de materia prima, exigiendo una buena relación entre los productores de materia prima y la planta de procesamiento (Carmenzos, 2020).

Además, es necesario el desarrollo de una cadena de suministro logística precisa para demostrar la sostenibilidad económica y medioambiental. Dado que la disponibilidad de la biomasa es específica del sitio y depende de su distribución geográfica, los Sistemas de Información Geográfica — SIG se han considerado una herramienta precisa para

estimar el potencial de residuos agrícolas disponible en un área específica. Se ha demostrado que el SIG permite una cuantificación simple y precisa de los recursos disponibles en un área objetivo específica (Carmenzos, 2020).

2.6. El uso potencial de la biomasa residual del banano

El banano es uno de los cultivos frutales más importantes del mundo. En 2019 se produjeron un total de 106 millones de toneladas de banano principalmente en Asia (57%) y América (26%), aunque esta fruta es conocida y consumida en todo el mundo por su disponibilidad durante todo el año (Pedreño, 2020).

La biomasa lignocelulósica se deja en el suelo o se lleva a vertederos abiertos. En el primer caso, el proceso lleva a mantener la humedad del suelo y aportar materia orgánica, pero es un riesgo potencial de transmisión de enfermedades y, en ambos casos, la biomasa lignocelulósica produce gases de efecto invernadero a medida que se descompone (Herrera, 2019).

Además de la biomasa lignocelulósica hay otro residuo, que es el fruto rechazado que no ha cumplido con los estándares de calidad para su comercialización. La tasa de rechazo puede variar entre el 8 y el 20%. Este residuo se utiliza para la alimentación animal, pero la mayoría de productores prefieren dejar estos residuos para que se descompongan al aire libre por motivos económicos (Herrera, 2019).

2.7. fertilizantes orgánicos en el rendimiento y la calidad del banano

La demanda de alimentos de alta calidad sigue aumentando con la creciente población mundial y se requieren alimentos de alta calidad y cantidad, incluidas frutas como plátanos, melocotones y cítricos. El banano (*Musa spp.*) Es un importante cultivo comercial tropical que se cultiva en regiones tropicales y subtropicales. Más importante aún, aproximadamente el 20-25% de las frutas de banano no son aptas para la venta al por menor debido a su mala calidad. Por lo tanto, aumentar tanto el rendimiento como la calidad del banano es un desafío importante y el mantenimiento de una alta calidad del suelo es un requisito fundamental para optimizar la producción de banano (Restrepo, 2020).

La calidad del suelo es la capacidad de un tipo de suelo específico para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas naturales o gestionados para sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire y apoyar la

salud y la habitación humanas. La baja fertilidad del suelo es una limitación importante común en la producción de banano, predominantemente en otras partes del mundo.

Los suelos altamente meteorizados se caracterizan por un bajo contenido de materia orgánica, alta acidez, mala estructura del suelo y capacidad limitada para suministrar cationes básicos, incluidos Ca^{2+} y Mg^{2+} . En Uganda, la adición de fertilizantes químicos ha aumentado la disponibilidad de nutrientes del suelo, las concentraciones de nutrientes foliares y la producción de banano. Los agricultores de China a menudo aplican grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos al suelo para asegurar altos rendimientos de banano en plantaciones intensivas (Capa & Alaña, 2016)

El desequilibrio de nutrientes, y en particular el uso excesivo de nitrógeno fertilizante, a menudo conduce a la acidificación del suelo, y esto acelera la escorrentía de cationes básicos como Ca^{2+} y Mg^{2+} del perfil del suelo, lo que conduce a una mala calidad del banano, ya que estos elementos son esenciales para fruta de alta calidad. Por el contrario, en las plantaciones de banano se aplican pocos o ningún fertilizante con Ca, Mg o micronutrientes.

Es bien sabido que el calcio (Ca) hace una contribución importante a la calidad de la fruta al jugar un papel crucial en la fuerza de la pared celular, aumentando el grosor de la pared celular de la pulpa de la papaya y reduciendo el agrietamiento de la fruta. La calidad de la fruta de las plantas de banano deficientes en Ca es inferior y la cáscara de la fruta se rompe fácilmente cuando está madura. Los sólidos solubles totales y el contenido de azúcar soluble se utilizan a menudo para evaluar la calidad del banano (Conesa, 2019)

El potasio (K) juega un papel importante en la fotosíntesis y el transporte de metabolitos, por lo tanto, en el manejo del banano, los fertilizantes de K a menudo se suministran en cantidades suficientes o, en ocasiones, excesivas. Por el contrario, la importancia del Mg es poco reconocida a pesar de la función esencial del Mg en la fotosíntesis y la partición de carbohidratos en las plantas desde la fuente hasta el sumidero (Conesa, 2019).

En suelos altamente meteorizados, la concentración de Mg intercambiable es generalmente baja o en un nivel deficiente. Se recomienda la aplicación al suelo o foliar de fertilizantes de Mg para mejorar la deficiencia de Mg en el campo. La adición de MgSO_4 aumentó significativamente las concentraciones foliares de Mg, pero no aumentó los rendimientos de banano (Toledo, 2017).

La aplicación al suelo de fertilizante Mg aumentó significativamente las concentraciones de Mg foliar de mandarina Nanfeng (*Citrus reticulata* Blanco cv. Kinokuni). La deficiencia de magnesio disminuyó significativamente la materia seca de los brotes de café y aumentó el contenido de azúcar soluble en las hojas en el cultivo en solución. La aplicación exógena de una solución de 30% de Mg corrigió la deficiencia de Mg en las plantas de té en condiciones de deficiencia de (Chabbal, 2020).

Se han utilizado varias estrategias de manejo del suelo para mejorar la calidad del suelo para obtener mayores rendimientos y calidad del banano. La aplicación de cal es el método más común utilizado para aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos en suelos ácidos, incluidos el mango y la yuca. Sin embargo, la aplicación de cal disminuyó la concentración de Mg^{2+} + intercambiable en el suelo a pesar de los aumentos en el pH del suelo y las concentraciones de Ca^{2+} + intercambiable (Toledo, 2017)..

Además, las concentraciones foliares de Mg del banano disminuyeron significativamente con la aplicación excesiva de cal. El fertilizante de fosfato de calcio y magnesio es alcalino, con un pH de solución acuosa de 8,2 a 8,5. A menudo se utiliza como fuente de fósforo en la agricultura.

2.8. La capacidad del banano para secuestrar carbono

El secuestro de carbono en el suelo es la separación del carbono del ambiente a través del cumplimiento de la fotosíntesis, proceso que consiste en la transformación de la materia inorgánica en orgánica, esto lo efectúan las plantas cuya materia orgánica son considerado firmes y de larga vida en la superficie del suelo (Pérez, Rodríguez, & García, 2021).

Los bosques y la vegetación en general son escurridores de carbono ya que poseen la capacidad de impregnar el carbono vigente en la atmósfera y unir por medio de la fotosíntesis a su disposición. De esta manera se puede acumular carbono que, de otra forma, viviría independiente en el medio. Además, el carbono orgánico de las plantas es muy estable que de aquellas plantas por especies que se encuentran de forma gaseosa, a esto es a lo que se suele conocer como el proceso de secuestro de carbono (Junta de Andalucía Consejería del Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2018).

Las actividades del sector agropecuarias ayudan a la remisión por medio del secuestro de carbono atmosférico, en la presentación de carbono orgánico, esto es de gran ayuda a que el suelos agrícolas permanezca con vida, hay que considerar que es factor clave para la

alimentación de la población la salud de los suelos, donde la cuantía de materia orgánica es el principal indicador para intervenir en la conservación de suelos con características que sean estables, sanos y a la vez productivos permitiendo a los involucrados en el sector primario a donde pertenecen los agricultores trabajar bajo óptimas condiciones (Etcheverría & Barahona, 2018).

El potencial de los bananos para secuestrar carbono en los bananos de las tierras, pero existe un conocimiento limitado sobre el rendimiento de varios cultivares en Ecuador. Al ser parte del centro primario de origen y diversidad, por lo que tiene un gran número de bananos (Musaceae) tanto de especies silvestres con semillas como comestibles sin semillas o cultivar con muchos nombres locales y sinonimias

A pesar de su importancia en la mitigación del cambio climático, el potencial de las plantas no leñosas para secuestrar carbono en los ecosistemas agrícolas generalmente ha recibido poca atención. Esto quizás podría atribuirse al hecho de que los ecosistemas agrícolas han sido conocidos por el agotamiento de importantes reservas de carbono terrestre como el COS, creando así una gran deuda de carbono.

Por el contrario, el cultivo de banano tiene un alto potencial para restaurar dichos depósitos de carbono perdidos porque sus prácticas de manejo agronómico no involucran procesos desastrosos como la quema de biomasa y la remoción de residuos vegetales.

2.9. Origen del banano

Plátano, fruto del género *Musa*, de la familia Musaceae, uno de los cultivos frutales más importantes del mundo. El banano se cultiva en los trópicos y, aunque se consume más en esas regiones, es valorado en todo el mundo por su sabor, valor nutricional y disponibilidad durante todo el año. Los plátanos Cavendish, o postre, se consumen más comúnmente frescos, aunque pueden freírse o machacarse y enfriarse en pasteles o budines.

También se pueden usar para dar sabor a muffins, pasteles o panes. Las variedades para cocinar, o plátanos, son más almidonadas que dulces y se cultivan ampliamente como fuente de alimento básico en las regiones tropicales; se cocinan cuando están maduros o inmaduros. Una fruta madura contiene hasta un 22 por ciento de carbohidratos y es rica en fibra dietética, potasio, manganeso y vitaminas B6 y C.

2.9.2. Susceptibilidad a enfermedades

Las plantas de banano prosperan naturalmente en suelos profundos, sueltos y bien drenados en climas tropicales húmedos, y se cultivan con éxito bajo riego en regiones semiáridas como el sur de Jamaica. Los chupones y las divisiones del rizoma se utilizan como material de siembra; la primera cosecha madura en un plazo de 10 a 15 meses y, posteriormente, la producción de frutos es más o menos continua. Se requiere una poda frecuente para eliminar el exceso de crecimiento y evitar el hacinamiento en una plantación de banano.

Los racimos comerciales deseables de bananos constan de nueve manos o más y pesan de 22 a 65 kg (49 a 143 libras). Se pueden producir trescientos o más de estos racimos anualmente en un acre de tierra y se cosechan antes de que maduren completamente en la planta. Para la exportación, el grado de madurez deseado que se obtiene antes de la cosecha depende de la distancia del mercado y del tipo de transporte, y la maduración se induce frecuentemente de manera artificial después del envío por exposición al gas etileno.

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación de los sitios

La Presente investigación se llevó a cabo en dos fincas una ubicada en la parroquia Tendales, jurisdicción perteneciente al Cantón, finca orgánica “San Pablo” cuyas coordenadas son -3.1212856, -79.8276019, la segunda se encuentra ubicada en el sector Puerto Grande, en el Cantón Machala, finca convencional “La Fortuna” provincia de El Oro, componente de la Región siete cuyas coordenadas son -3.2391781, -79.9451263 (Figura 1).



Figura 1. a) El Ecuador en Sudamérica, b) La provincia de El Oro en el Ecuador y c) Las finca “La Fortuna” y la finca “San Pablo” en el Cantón de Machala y El Guabo

De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el sitio de estudio perteneciente al cantón El Guabo, corresponde a bosque muy seco Tropical (bms-T), con una precipitación media anual de 800 mm, una temperatura media anual de 25°C y humedad relativa del 80%; mientras que para la finca ubicada en el Cantón Machala corresponde a un bosque muy seco Tropical (bms-T) con una

precipitación media anual de 699 mm, temperatura media anual de 25 °C y humedad relativa media de 84%.

La variedad cultivada en los dos sitios de estudio es Cavendish Valery.

3.2. Métodos

La investigación realizada fue de tipo descriptivo transversal donde se empleó la medición y la observación directa, sin modificar las variables.

La investigación se estructura según sus objetivos en cuatro fases:

- Toma de muestras en campo en plantas seleccionadas para la cosecha, segregadas en tres componentes: cormo, pseudotallo y follaje para su registro del peso fresco in situ, muestras que fueron sometidas a 60 °C durante 48 horas, luego de este proceso se registró nuevamente su peso para obtener la diferencia en peso seco de la biomasa.
- Se registró el diámetro a 30 cm y 130 cm por encima del suelo, además de la altura del pseudotallo (H_p), la altura total (H_t), altura de la copa (H_c) que se calculó restando H_p de H_t . Para determinar la biomasa y stock de biomasa se usó los siguientes modelos

$$Hoja = (\exp(-7.27 + 1.12 (\ln D^2 H_p))) \times 1.23$$

$$Pseudo\ tallo = (\exp(-4.66 + 0.829 (\ln D^2 H_p))) \times 1.06$$

$$AGB = (\exp(-4.54 + 0.874 (\ln D^2 H_p))) \times 1.06$$

$$Cormo = (\exp(-3.93 + 0.715 (\ln D^2 H_p))) \times 1.09$$

$$Total = (\exp(-3.49 + 0.792 (\ln D^2 H_p))) \times 1.05$$

Donde: AGB= above ground biomass (biomasa residual sobre el suelo), H_p = altura del pseudotallo, D^2 = diferencia del diámetro medido a 30 cm y 130 cm.

- Análisis en laboratorio de propiedades químicas como: materia orgánica del suelo (MOS), pH y parámetros físicos como densidad aparente (Da) y estimación del carbono en el suelo.
- Análisis de información por medio de estadística descriptiva (suma, desviación estándar, media, coeficiente de variación), y prueba t (para muestras independientes) para determinar diferencias significativas.

Toma de muestra de suelo

Se establecieron 3 puntos de muestreo de acuerdo a la toma de muestras de biomasa vegetal. Las muestras se tomaron a profundidades de 0-15cm, 15-30 cm y 30-45 cm tomando alrededor de 1 kg. De esta manera se obtuvo un total de 9 sub muestras procedimiento que se repitió en cada una de las fincas de estudio.

Determinación de MOS

Para la determinación de MOS se dio por medio del método Walkley y Black (1934), el cual consiste en pesar 1g de muestra de suelo seco y tamizado a 2mm, se coloca la muestra en un balón aforado con agua destilada al mismo que se le agrega 10 ml de dicromato de potasio 1 N y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado dejando en digestión alrededor de 15 minutos. Se extrae 20 ml de solución y se coloca en un Erlenmeyer, se añade 3 ml de ácido fosfórico al 85% y seis gotas de difenilamina.

Se titula con sulfato ferroso amoniacal 0,2 N hasta existir un viraje de color verde claro. Se establece el gasto del titulante y se realiza el cálculo del % MO mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1

$$\% \text{ Carbono} = (\text{ml dicromato} - \text{ml sulfato}) \times 0,4$$

Ecuación 2

$$\% \text{ Materia orgánica} = \%C \times 1,724$$

Tabla 1 Interpretación de la Materia Orgánica (%)

Rangos (% MO)	Denominación
< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto

Determinación Densidad Aparente (Da)

Para la determinación de Da se aplica el método del cilindro, usando un cilindro metálico de volumen conocido que es insertado en el suelo de forma horizontal, se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 3:

$$Da = PSN/VCH$$

Donde: Da= densidad aparente, PSN= Peso seco del suelo dentro del cilindro, VCH= Volumen de cilindro.

Determinación de pH

Para realizar la determinación de pH se usó el potenciómetro que determina la concentración de iones de hidrogeno activos en la fase líquida del suelo. Para establecer el pH se colocaron las 18 muestras de suelo seca y tamizada a 2mm y agua destilada en una proporción de 1:2,5. Se agita con una varilla y se procede al registro.

Almacenamiento de carbono en el suelo

De los valores obtenidos de materia orgánica del suelo multiplicando por el coeficiente 1,724 se utilizará para calcular el porcentaje de carbono orgánico del suelo, el cual hace referencia al contenido del 58% presente en la materia orgánica.

Se emplea la siguiente ecuación

Ecuación 4:

$$\% CO = \%MO / 1,724$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diámetro de la planta 30 cm

El ANOVA entre grupos indica que en el diámetro de la planta medido a los 30 cm no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.703 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del diámetro de la planta 30 cm (**Tabla 2**).

Tabla 2. Prueba de efectos entre grupos para el diámetro de la planta 30 cm

ANOVA					
Diámetro medido a los 30 cm					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6,050	1	6,050	,094	,703
Dentro de grupos	1154,500	18	64,139		
Total	1160,550	19			

En el (**Gráfico 1**) de barras simples se demuestra que en el diámetro de la planta medido a los 30 cm no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 87.10 cm alcanzo el máximo valor del diámetro, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor diámetro tomado a los 30 cm con una media de 82.60 cm. Para Growin (2021) el diámetro de promedio de una planta de banano es de los 15-20 cm cuando se trata de plantas sin ningún tipo de intervención agrónoma, suele variar dependiendo del tratamiento que se le atribuya. en este caso el manejo agronómico insider de forma significativa en el grosor de las plantas desde la base.

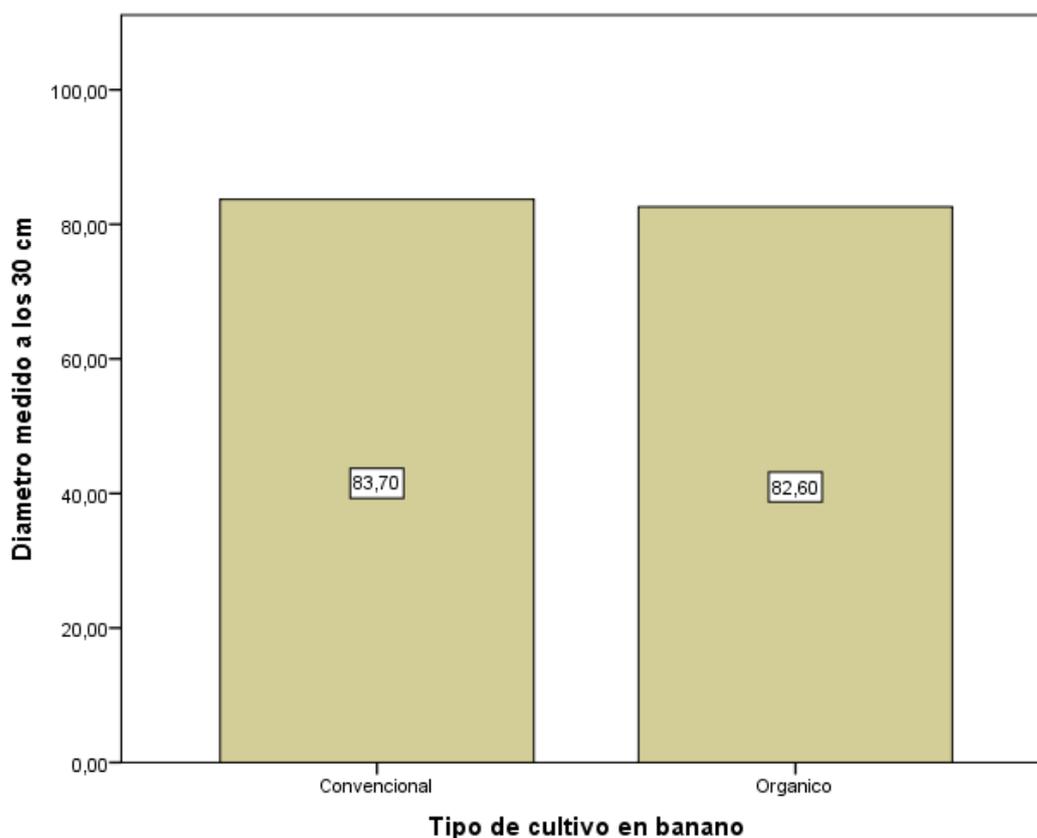


Gráfico 1. Diámetro de la planta tomado a los 30 cm entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.2. Diámetro de la planta tomado a los 130 cm

El ANOVA entre grupos indica que en el diámetro de la planta medido a los 130 cm no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.629 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del diámetro de la planta 130 cm (**Tabla 3**).

Tabla 3. Prueba de efectos entre grupos para el diámetro de la planta 130 cm

ANOVA					
Diámetro medido a los 130 cm					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12,800	1	12,800	,241	,629
Dentro de grupos	954,500	18	53,028		
Total	967,300	19			

En el (**Gráfico 2**) de barras simples se demuestra que en el diámetro de la planta medido a los 30 cm no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 61.70 cm alcanzo el máximo valor del diámetro, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor diámetro tomado a los 130 cm con una media de 60.10 cm. Para Álvarez, (2020) asegura que el verdadero tallo de una planta de banano crece de forma espiral, entres sus medidas esta 2-4 m de largo y hasta de 0.50 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

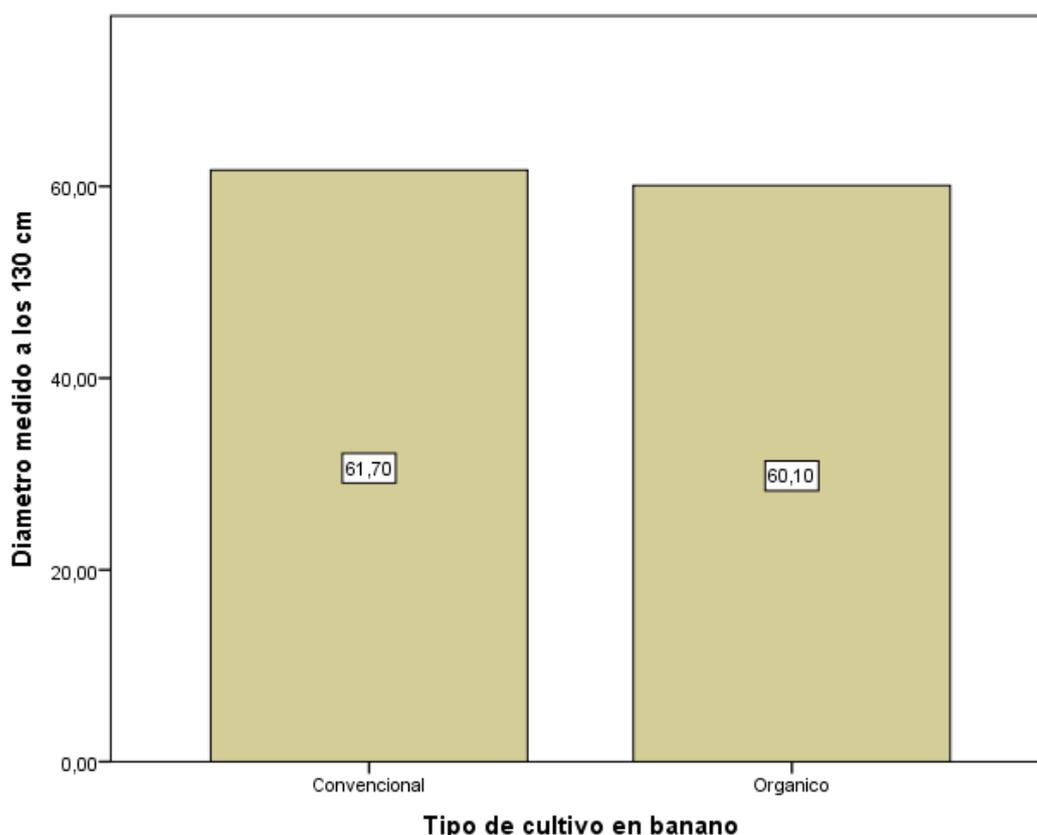


Gráfico 2. Diámetro de la planta tomado a los 130 cm entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.3. Área de la hoja

El ANOVA entre grupos indica que en el área de la hoja (cm²) no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.589 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del área de la hoja (**Tabla 4**).

Tabla 4. Prueba de efectos entre grupos para el área de la hoja

ANOVA					
Área de la hoja (cm ²)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,039	1	8,039	,302	,589
Dentro de grupos	478,921	18	26,607		
Total	486,960	19			

En el (**Gráfico 3**) de barras simples se demuestra que en el área de la hoja no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 16.30 cm² alcanzo el máximo valor del área, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento la menor área de la hoja con una media de 15.03 cm².

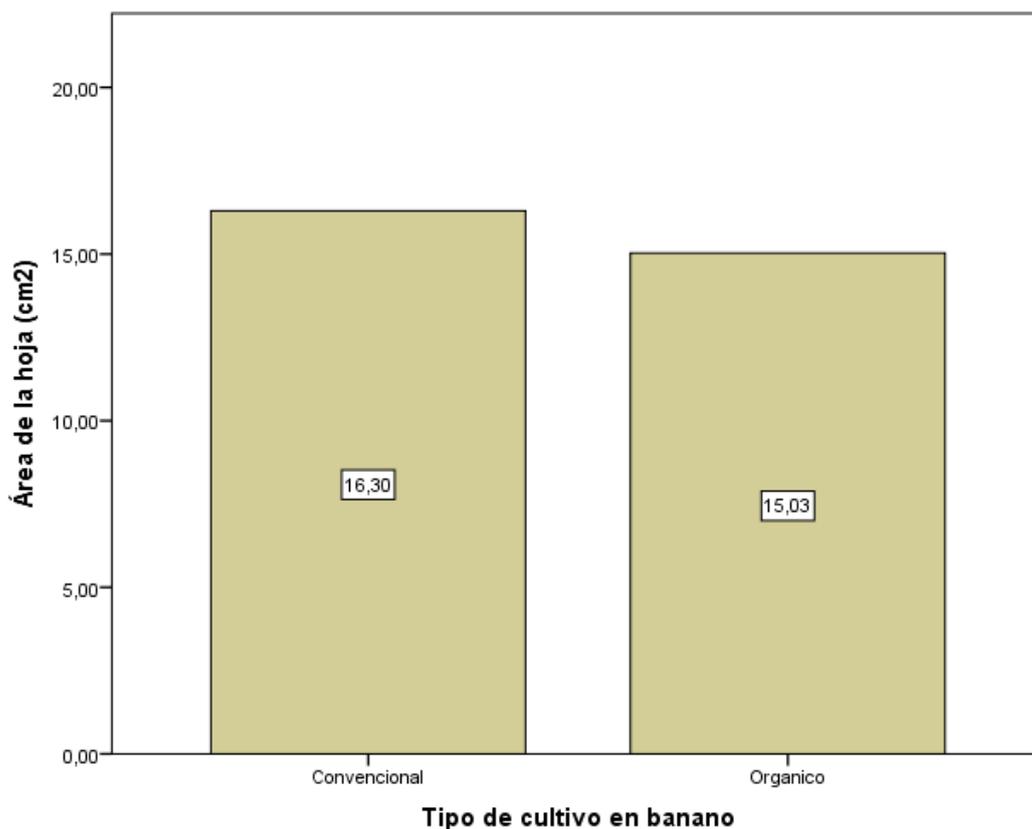


Gráfico 3. Área de la hoja entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.4. Diámetro

El ANOVA entre grupos indica que en el diámetro (cm) no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.669 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del diámetro (**Tabla 5**).

Tabla 5. Prueba de efectos entre grupos para el diámetro

ANOVA					
Diámetro (cm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,585	1	2,585	,189	,669
Dentro de grupos	245,959	18	13,664		
Total	248,544	19			

En el (**Gráfico 4**) de barras simples se demuestra que en el diámetro no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 14.53 cm alcanzo el máximo valor del diámetro, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor valor del diámetro con una media de 13.81 cm. Para Duque (2019) las hojas del banano son grandes, de color verdes cuya forma es espiral, tienen entre 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho.

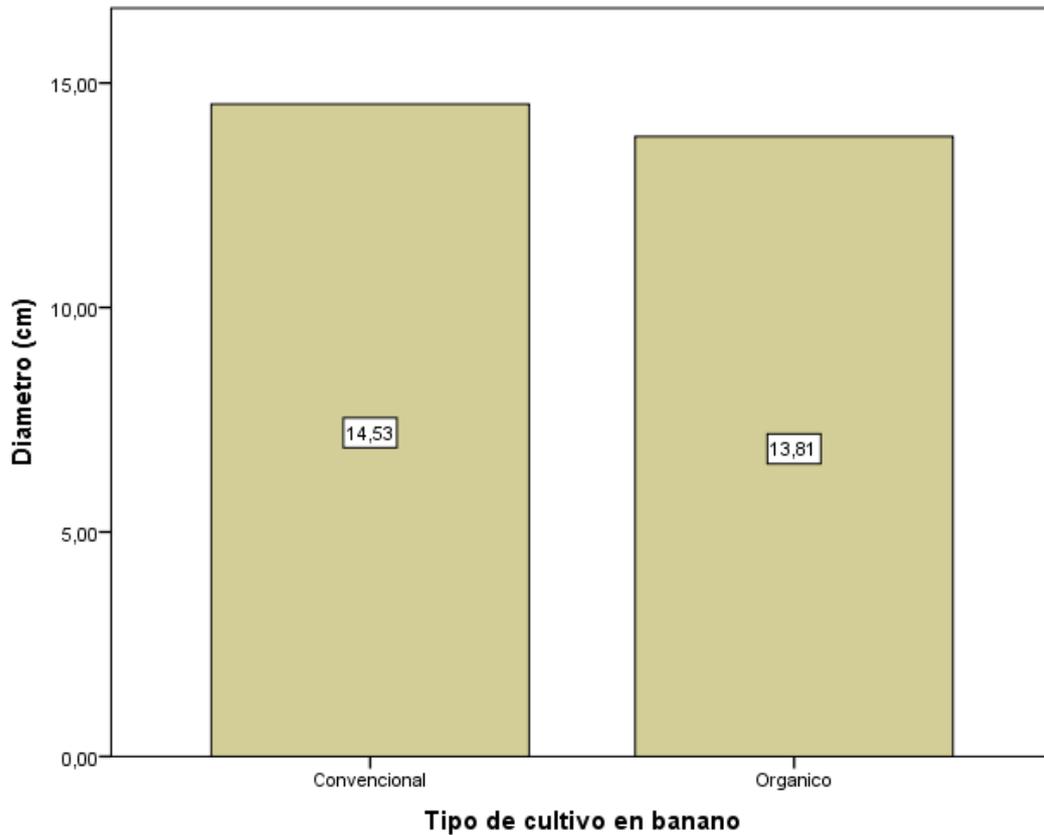


Gráfico 4. Diámetro entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.5. Altura total de la planta

El ANOVA entre grupos indica que en la altura total de la planta (cm) no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.289 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la altura total de la planta (**Tabla 6**).

Tabla 6. Prueba de efectos entre grupos para la altura total

ANOVA					
Altura total					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2832,200	1	2832,200	1,196	,289
Dentro de grupos	42631,800	18	2368,433		
Total	45464,000	19			

En el (**Gráfico 5**) de barras simples se demuestra que en la altura total de la planta no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 564.90 cm alcanzo la máxima altura total, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor valor de la altura total con una media de 541.10 cm. Según (Córdova, 2010) afirma que la altura mínima de la planta del banano alcanza alrededor de los 2,50 mts que en centímetros sería alrededor de 250 cm, es este sentido se observa que los dos tipos de plantas superan la medida mínima.

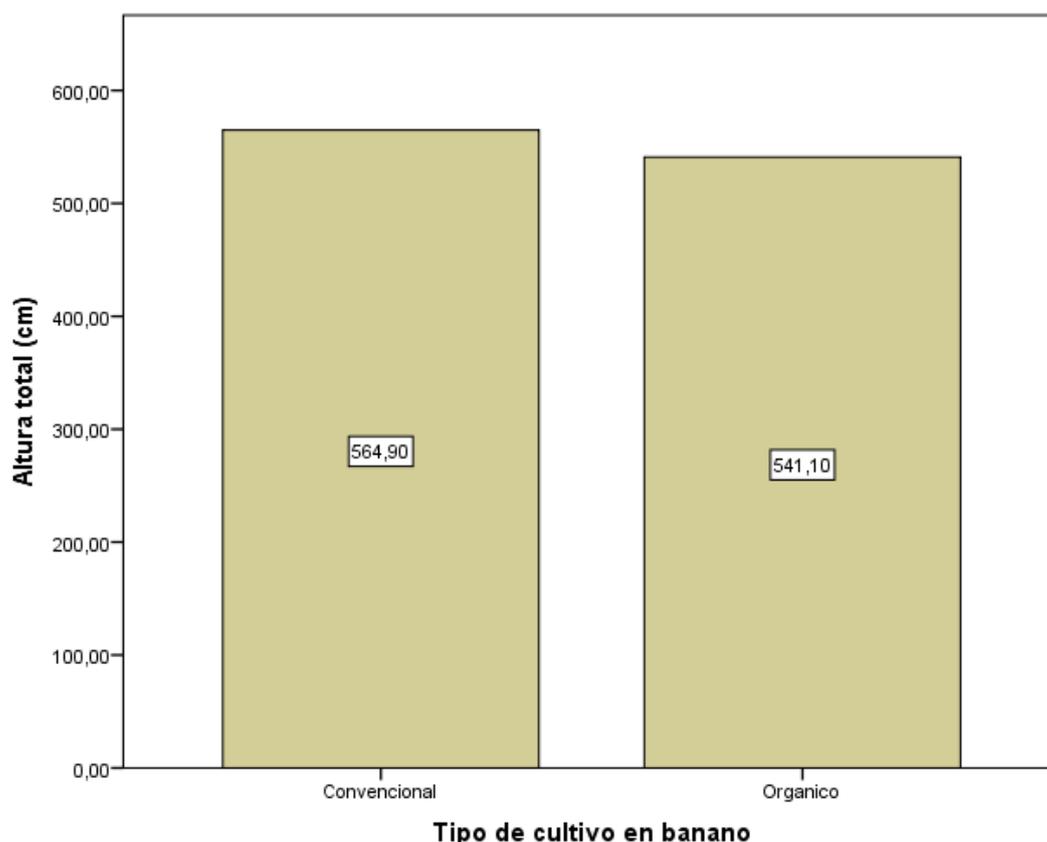


Gráfico 5. Altura total entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.6.AGB

El ANOVA entre grupos indica que en el AGB (%) del banano no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.655 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la altura total de la planta (**Tabla 7**).

Tabla 7. Prueba de efectos entre grupos para la altura total

ANOVA					
AGB					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,580	1	8,580	,206	,655
Dentro de grupos	748,729	18	41,596		
Total	757,310	19			

En el (**Gráfico 6**) de barras simples se demuestra que en el AGB del banano no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 24.38 % alcanzo el máximo valor de AGB, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor valor de AGB con una media de 23.07 %. En este sentido Lucas (2019) la biomasa residual, se establece en función del poder calorífico del producto energético derivado en su tratamiento primariamente a partir de cultivos leñosos, de crecimiento rápido y que entre sus características este el ser herbáceos, asimismo se utiliza el resultante de la fermentación de ciertos residuos.

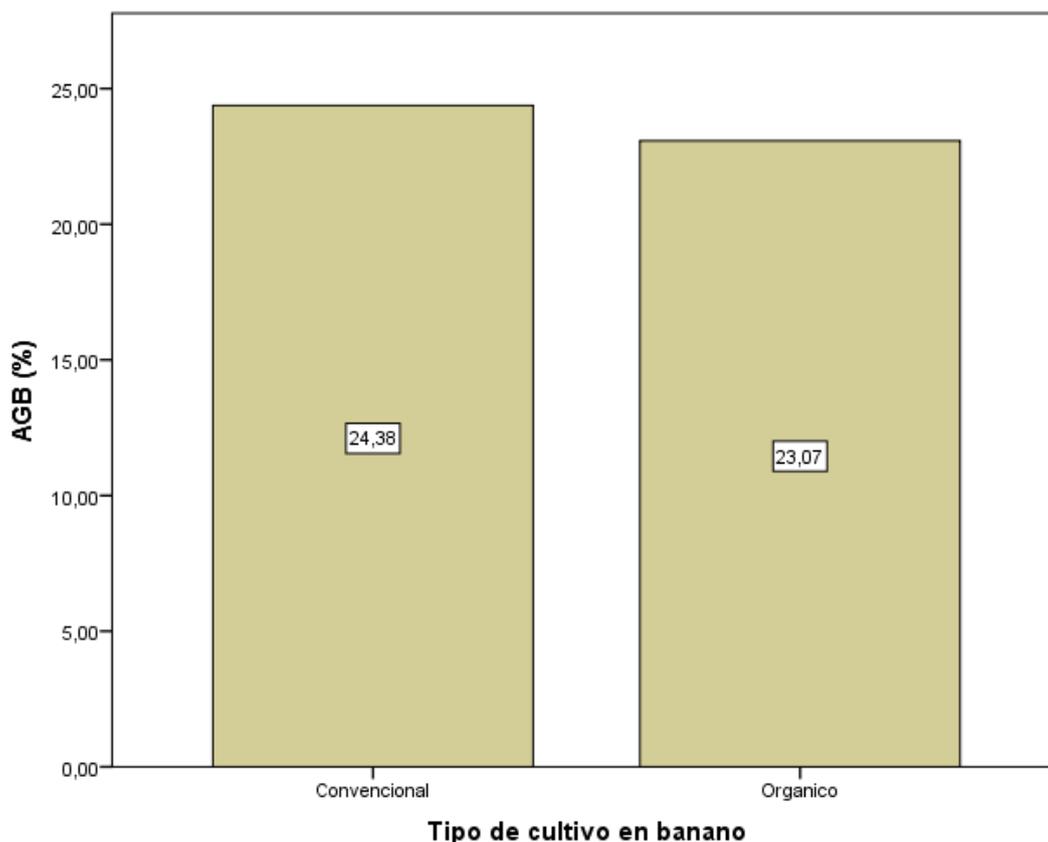


Gráfico 6. AGB entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.7.Cormo

El ANOVA entre grupos indica que en el cormo (%) del banano no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.277 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la altura total de la planta (**Tabla 8**).

Tabla 8. Prueba de efectos entre grupos para el Cormo del banano

ANOVA					
Cormo (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,986	1	,986	,149	,277
Dentro de grupos	119,295	18	6,627		
Total	120,281	19			

En el (**Gráfico 7**) de barras simples se demuestra que en el AGB no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 11.32 % alcanzo el máximo valor del cormo, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor valor del cormo con una media de 10.88 %. Según el portal web infoAgro (2021) el cormo también conocido como hijos se divide en 4-8 porciones que suelen ser sembradas en canteros, los cuales deberán emitir nuevos brotes, cada brote se dividen en cuatro partes, se pueden lograr tener más de 600 retoños de un solo cormo en un periodo aproximado de ocho meses.

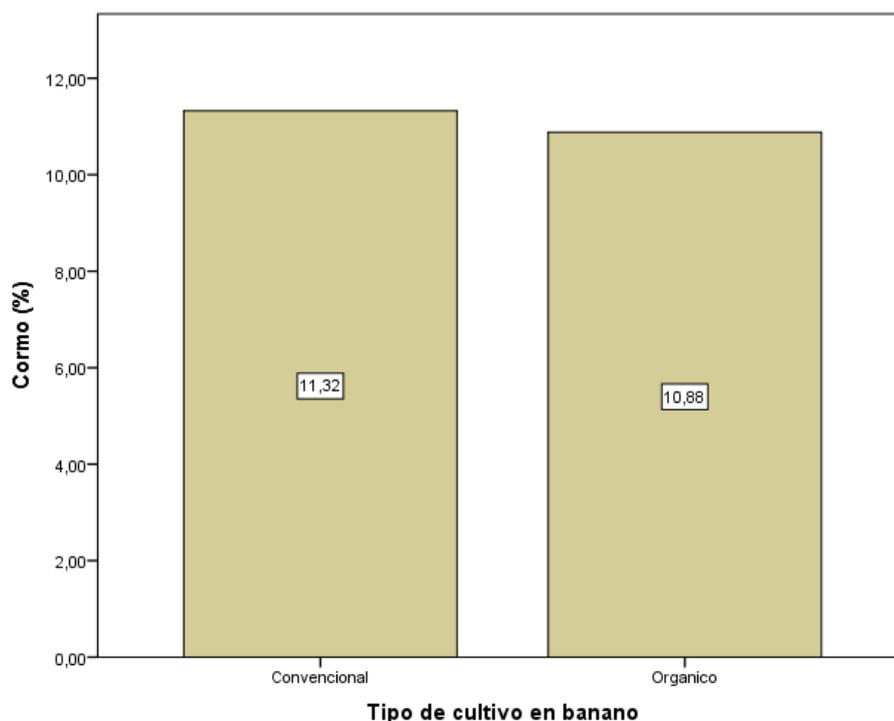


Gráfico 7. El cormo del banano entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.8. Total de la biomasa

El ANOVA entre grupos indica que en el total de la biomasa del banano no se presentan diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.680 que es superior al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la altura total de la planta (**Tabla 9**).

Tabla 9. Prueba de efectos entre grupos para el Cormo

ANOVA					
Total_biomasa (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11,904	1	11,904	,176	,680
Dentro de grupos	1215,549	18	67,530		
Total	1227,453	19			

En el (**Gráfico 8**) de barras simples se demuestra que en el total de la biomasa no hay diferencias, donde la finca **Convencional** “La Fortuna” con una media de 33.44 % alcanzo el máximo valor del total de la biomasa, seguido muy de cerca por la finca **Orgánica** “San Pablo” que presento el menor valor del total de la biomasa con una media de 31.89 %. Para Aguilar (2019) las muestras de biomasa residual de banano en la finca “La Fortuna” de Machala presentaron un contenido inicial de humedad superior al 75%, tras el procedimiento de eliminación de humedad se pudo reducir hasta el 7.88%.

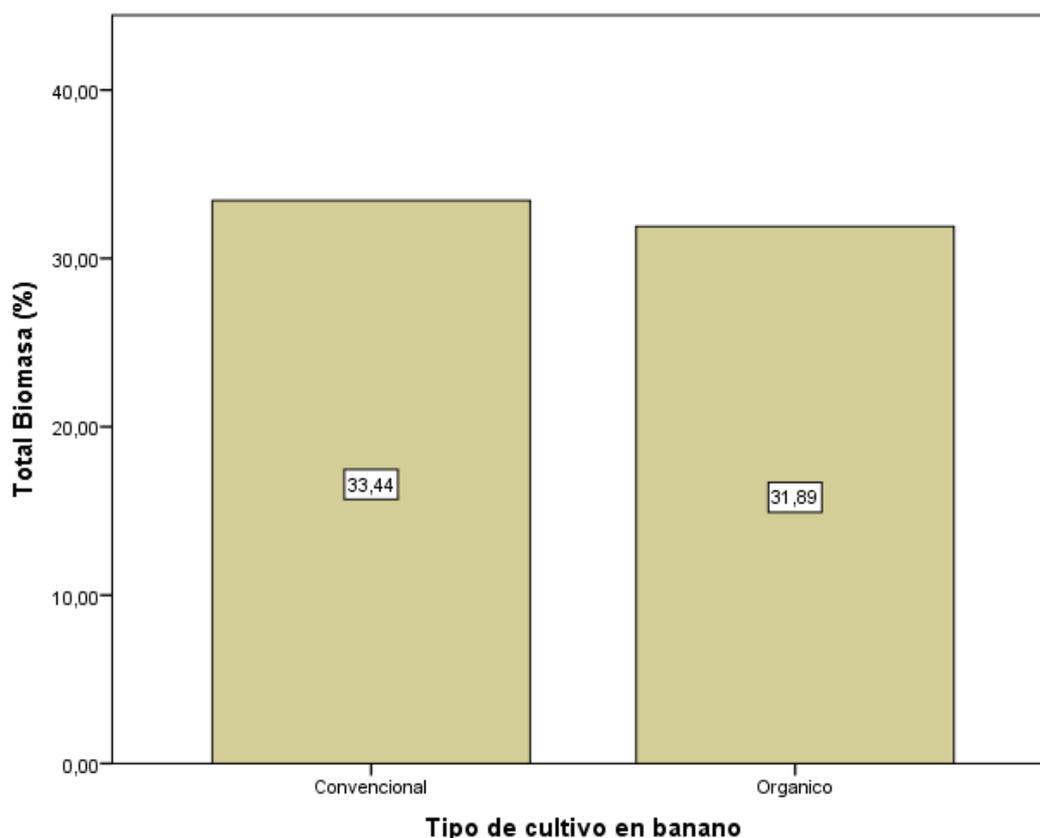


Gráfico 8. El total de la biomasa del banano entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.9.pH

El ANOVA entre grupos indica que en el pH del suelo de las bananeras tomados de muestras a profundidades de (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm) no se presentaron diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.230, 0381 y 0.468 que son valores superiores al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la altura total de la planta (**Tabla 10**).

Tabla 10. Prueba de efectos entre grupos para el pH

ANOVA						
pH						
Profundidades del muestreo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0-15 cm	Entre grupos	,482	1	,482	2,000	,230
	Dentro de grupos	,963	4	,241		
	Total	1,445	5			
15-30 cm	Entre grupos	,290	1	,290	,965	,381
	Dentro de grupos	1,203	4	,301		
	Total	1,494	5			
30-45 cm	Entre grupos	,304	1	,304	,640	,468
	Dentro de grupos	1,898	4	,475		
	Total	2,202	5			

En el (**Gráfico 9**) de barras simples se demuestra que en la variable del pH no hay muchas diferencias, donde en la finca **Convencional** “La Fortuna” se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media de pH de 5.73, a los (15-30 cm) con una media de pH de 6.92 y a los (30-45 cm) con una media de pH de 6.75, seguido de la finca **Orgánica** “San Pablo” donde se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media de pH de 5.16, a los (15-30 cm) con una media de pH de 6.48 y a los (30-45 cm) con una media de pH de 6.30. Según Pérez (2009), las bananeras orgánicas presentan un pH ácido en un rango promedio de 5,7 – 6,4, mientras que las bananeras convencionales presentan niveles de pH alcalinos en un rango promedio de 7,3 – 7,6.

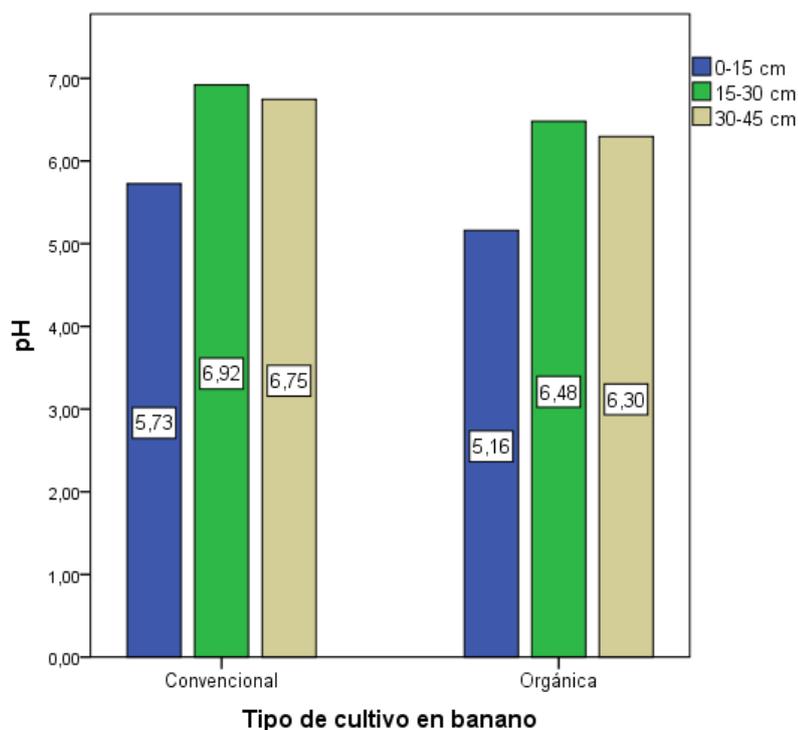


Gráfico 9. El pH del suelo entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.10. Densidad aparente

El ANOVA entre grupos indica que en la densidad aparente estimada de las muestras de suelo que fueron tomadas de las bananeras a profundidades de (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm) no se presentaron diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.649, 0763 y 0.508 que son valores superiores al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable de la densidad aparente (**Tabla 11**).

Tabla 11. Prueba de efectos entre grupos para la densidad aparente

ANOVA						
Densidad Aparente (g/cm ³)						
Profundidades del muestreo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0-15 cm	Entre grupos	,003	1	,003	,241	,649
	Dentro de grupos	,054	4	,014		
	Total	,057	5			
15-30 cm	Entre grupos	,001	1	,001	,104	,763

	Dentro de grupos	,031	4	,008		
	Total	,032	5			
	Entre grupos	,002	1	,002	,528	,508
30-45 cm	Dentro de grupos	,015	4	,004		
	Total	,017	5			

En el (**Gráfico 10**) de barras simples se demuestra que en la variable de la densidad aparente no hay diferencias, donde en la finca **Convencional** “La Fortuna” se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media de la densidad aparente de 1.41 g/cm³, a los (15-30 cm) con una media de la densidad aparente de 1.40 g/cm³ y a los (30-45 cm) con una media de la densidad aparente de 1.33 g/cm³, seguido de la finca **Orgánica** “San Pablo” donde se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media de la densidad aparente de 1.37 g/cm³, a los (15-30 cm) con una media de la densidad aparente de 1.38 g/cm³ y a los (30-45 cm) con una media de la densidad aparente de 1.29 g/cm³. Blanco et al. (2004) encontraron que la densidad aparente se incrementa por el uso intensivo de maquinaria agrícola de la producción de bananeras convencionales, mientras que en las bananeras orgánicas este valor se reduce.

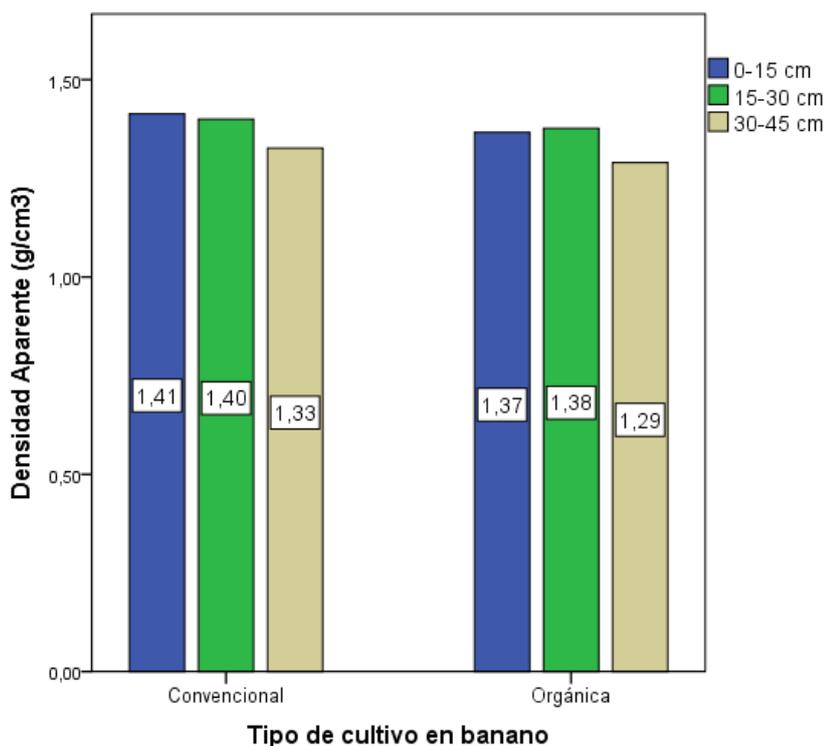


Gráfico 10. La densidad aparente entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.11. Porcentaje de carbono

El ANOVA entre grupos indica que en el porcentaje de carbono de las muestras de suelo que fueron tomadas de las bananeras a profundidades de (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm) no se presentaron diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banano (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.949, 0.548 y 1.000 que son valores superiores al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del porcentaje de carbono (**Tabla 12**).

Tabla 12. Prueba de efectos entre grupos para el porcentaje de carbono

ANOVA						
Porcentaje de Carbono (%)						
Profundidades del muestreo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0-15 cm	Entre grupos	,001	1	,001	,005	,949
	Dentro de grupos	,903	4	,226		
	Total	,905	5			
15-30 cm	Entre grupos	,107	1	,107	,362	,580
	Dentro de grupos	1,180	4	,295		
	Total	1,286	5			
30-45 cm	Entre grupos	,000	1	,000	,000	1,000
	Dentro de grupos	,085	4	,021		
	Total	,085	5			

En el (**Gráfico 11**) de barras simples se demuestra que en la variable del porcentaje de carbono (%) no hay diferencias, donde en la finca **Orgánica** “San Pablo” se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media del porcentaje de carbono de 1.31 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.89 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.29 %, seguido de la finca **Convencional** “La Fortuna” donde se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media del porcentaje de carbono de 1.28 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.63 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de carbono de 0.29 %. Valores similares fueron estimados por Pérez et al. (2021) donde mencionan que en una bananera convencional el porcentaje de carbono a

distintas profundidades cambia, que en a una profundidad de (0-15cm) se tiene una media del 1.55 %, de (15-30cm) 0.89% y de (30-45cm) 0.35%.

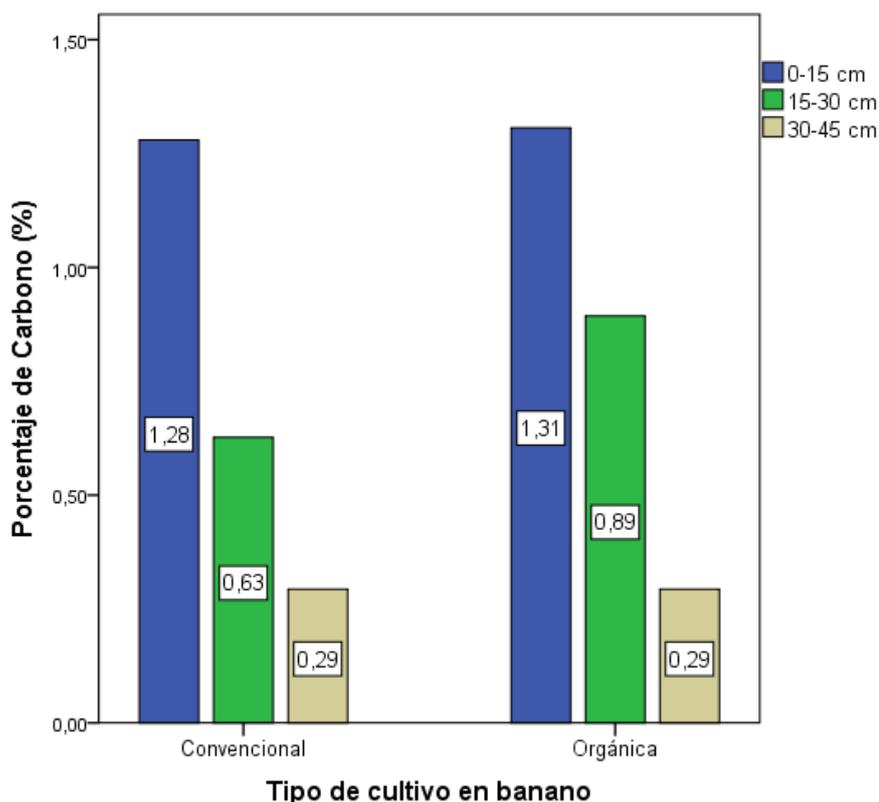


Gráfico 11. Porcentaje de carbono entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

4.12. Porcentaje de materia orgánica

El ANOVA entre grupos indica que en el porcentaje materia orgánica (M.O.) de las muestras de suelo que fueron tomadas de las bananeras a profundidades de (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm) no se presentaron diferencias significativas entre el tipo de cultivo en banana (Convencional y Orgánica), al presentar un p-valor de 0.925, 0.572 y 1.000 que son valores superiores al nivel de significancia de 0.05 y con ello se comprueba que no existen efectos sobre la variable del porcentaje de materia orgánica (M.O.) (**Tabla 13**).

Tabla 13. Prueba de efectos entre grupos para el porcentaje de materia orgánica (M.O.)

ANOVA						
Porcentaje de M.O. (%)						
Profundidades del muestreo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
0-15 cm	Entre grupos	,007	1	,007	,010	,925

	Dentro de grupos	2,667	4	,667		
	Total	2,673	5			
	Entre grupos	,327	1	,327	,377	,572
15-30 cm	Dentro de grupos	3,467	4	,867		
	Total	3,793	5			
	Entre grupos	,000	1	,000	,000	1,000
30-45 cm	Dentro de grupos	,260	4	,065		
	Total	,260	5			

En el (**Gráfico 12**) de barras simples se demuestra que en la variable del porcentaje de materia orgánica no hay diferencias, donde en la finca **Orgánica** “San Pablo” se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 2.30 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 1.60 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 0.50 %, seguido de la finca **Convencional** “La Fortuna” donde se tomaron muestras en distintas profundidades de (0-15 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 2.20 %, a los (15-30 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 1.10 % y a los (30-45 cm) con una media del porcentaje de materia orgánica de 0.50 %. Pérez et al. (2008) mencionan que los porcentajes de materia orgánica en los suelos de los agroecosistemas aumentan con las aplicaciones de enmiendas orgánicas como fertilizaciones a base del compostaje o de bioles, por otro lado Durán & Henríquez (2007) estimaron porcentajes de materia orgánica en diversas áreas productivas donde aplicaban fertilizantes orgánicos y determino que en una bananera orgánica el porcentaje de materia orgánica se encuentra en un 35.2 %.

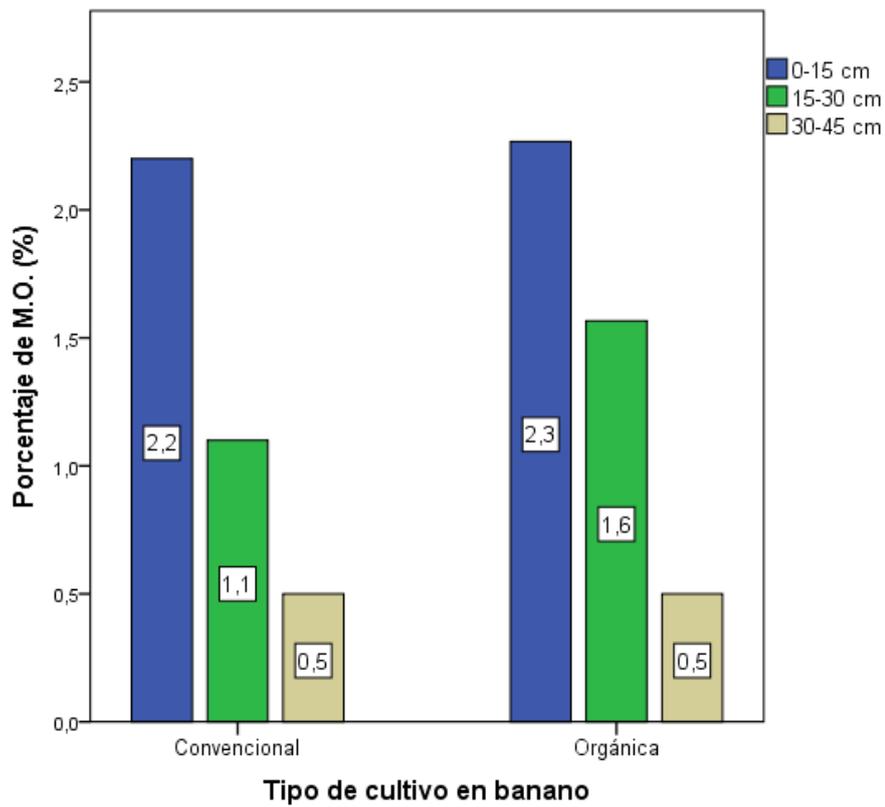


Gráfico 12. Porcentaje de materia orgánica entre la finca convencional “La Fortuna y la finca orgánica “San Pablo”

5. CONCLUSIONES

- La biomasa en función del material en fresco se puede reconocer como húmeda debido a que se obtiene a través de residuos de materiales orgánicos, donde el peso del material vivo se encuentra en un área específica y en un momento dado. Por otro lado, el material seco es aquella materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material se extraer toda el agua posible por medio de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio, aquí se produce en base a madera, leña, residuos forestales, restos de la industria maderera, y es generados en las actividades agrícolas y forestales.
- En base a los datos de Carbono Orgánico, tanto para biomasa como suelo, se aceptó la hipótesis en la cual se afirmaba que la relacionar la biomasa con el nivel del carbono orgánico en el suelo depende de la cantidad de carbono orgánico.
- Según los parámetros físicos obtenidos durante el trabajo en campo, las variables diámetro a 30 cm, diámetro a 130 cm, altura total de la planta, no presentan varianzas significativas. En cuanto al total de biomasa presente en los dos sistemas de producción bananero la finca convencional “La Fortuna” obtiene una media ligeramente mayor de 33,44% frente al 31,89% presente en la finca “San Pablo”
- Con relación a la biomasa residual generada usando el modelo planteado por Laskar, Sileshi, Nath, Kumar Das, (2020) se registraron valores similares, en cuanto al % obtenido para la finca convencional fue del 24,38%, mientras que en la finca orgánica se registro un total de 23,07%.
- El mayor contenido de carbono en el suelo, lo registra la finca orgánica “San Pablo” con el 1,31 % a una profundidad de (0-15 cm), y el 0,89 % en una profundidad de (15-30 cm), mientras que a una profundidad de (30-45 cm) el nivel de carbono baja a 0,29% en ambas fincas

6. RECOMENDACIONES

- Amplia el estudio acerca de la estimación de biomasa y carbón orgánico de los diferentes suelos del país a fin de logara una amplia caracterizar de los tipos de biomasa en función del material en fresco y en seco.
- Establecer métodos sostenibles para calcular el nivel del carbono orgánico en los suelos del sistema de producción convencional y orgánico de las fincas, con el propósito de evitar daños en la frontera agrícola de producción.
- Para el análisis del nivel del carbono orgánico en los suelos trabajar con un grupo de expertos en el campo de biomasa y carbono orgánico a fin de obtener resultados técnicos que garanticen con mayor exactitud el nivel.
- Realizar una correlación con estudios científicos e innovadores en diferentes espacios geográficos de forma que se logre relacionar la biomasa con el nivel del carbono orgánico en el suelo por pisos altitudinales por tipos de cultivos y por materiales orgánicos

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, G. (2018). La pregunta por el método: derecho y metodología de la investigación. *Dialnet*.
- Aguilar, D. (2019). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual de cultivo de banano*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Álvarez, E. (2020). *CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL*. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf
- Ayers, R. (2020). La calidad del agua en la agricultura. *Dialnet*.
- Bejarano, J. (2019). Economía de la agricultura. *lica*.
- Benzing, A. (2020). Agricultura Orgánica-fundamentos para la región andina (No. F08-11). *Dialnet*.
- Blanco, H., Gantzer, C., Anderson, S., & E, A. (2004). Tillage and crop influences on physical properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of American Journal*, 68(1), 567–576.
- Capa, L., & Alaña, T. B. (2016). IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE BANANO ORGÁNICO. CASO: PROVINCIA EL ORO, ECUADOR. *Revista Universidad y Sociedad*, 3.
- Carmenzos, M. (2020). Agricultura general. *Imprenta Real*.
- Chabbal, M. (2020). *Control del rajado de los frutos en plantas de mandarina Clementino*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400006
- Conesa, C. (2019). *Tecnología Poscosecha. Cítricos y cultivos emergentes en la Comunidad Valenciana*. Obtenido de https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/tecnolog_a_poscosecha__1_
- Córdova, E. A. (2010). *GUIA TECNICA DEL CULTIVO DEL PLATANO*. Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf>

- Costa, C. (2020). Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. *Dialnet*.
- de Herrera, G. (2019). Obra de agricultura. *AG de Brocar*.
- Durán, L., & Henríquez, C. (2007). Caracterización Química , Física Y Microbiológica. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41–51.
- Duque, S. (2019). *INTERVENCIÓN MORFOLÓGICA DE LA HOJA DE BANANO*. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4968/Intervenci%C3%B3n%20morfologica%20hoja%20banano..pdf?sequence=1#:~:text=Son%20hojas%20grandes%2C%20verdes%20y,pseudotallos%2C%20ra%C3%ADces%20y%20yemas%20vegetativas>.
- Escobar, A. (2019). Metodología de la investigación científica. *3Ciencias*.
- Escobar, B. (2019). Agricultura para el desarrollo. *Informe sobre el desarrollo mundial*.
- Etcheverría, P., & Barahona, V. (2018). *El secuestro de carbono en los suelos*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/el-secuestro-de-carbono-en-los-suelos/>
- García, R. (2020). Agricultura de precisión. *Revista Ciencia y Tecnología*.
- Ggrowin. (2021). *EL CULTIVO DEL PLÁTANO (1ª parte)*. Obtenido de https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- Herrera, G. (2019). Obra de agricultura. *AG de Brocar*.
- Hills, M. (2019). Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura (No. 04; S566, L5y.). . México: *Trillas*.
- infoAgro. (2021). *El plátano es la fruta tropical más cultivada y una de las cuatro más importantes en términos globales, sólo por detrás de los cítricos, la uva y la manzana*. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp
- Junguito, R. (2020). Desarrollo de la agricultura colombiana. *Dialnet*.
- Junta de Andalucía Consejería del Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2018). *Secuestro de carbono: ¿qué es y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.lifeadaptamed.eu/?p=1098>
- Kalmanovitz, S. (2020). El desarrollo de la agricultura en Colombia. C. . *Valencia Editores*.

- Kolmans, E. (2020). Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. *MAELA-SIMAS. Nicaragua*.
- Lampkin, N. (2019). Agricultura ecológica (No. 631.584 L238a). *Madrid, ES: Mundi-Prensa*.
- Llanos, E. P. (2016). *Almacenamiento de Carbono en el suelo bajo tres tipos de cobertura vegetal en los páramos andinos en la Cuenca del Río Paute*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Lucas, A. I. (2019). *BIOMASA, BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD*. Obtenido de <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
- Marco, M. (2020). Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. *Interciencia*.
- Nava, C. (2004). Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de Sigatoka negra. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 18-78.
- Ortiz, J., González, M., Pelaez, M., & Silvana, Z. (2019). *Biomasa rendi y carbón reducción potencial de plátano cultivo*.
- Paolini, J. (2020). *Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n1/2395-8030-tl-36-01-13.pdf>
- Pedreño, J. (2020). Residuos orgánicos y agricultura. *Universidad de Alicante*.
- Pérez, A., Céspedes, C., & Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutricion Vegetal*, 8(3), 10–29.
- Pérez, H., Rodríguez, I., & García, R. (2021). Secuestro de carbono por el suelo y sus fracciones en agroecosistemas tropicales de la región costa ecuatoriana. *Revista Universidad y Sociedad*, 20-36.
- Pérez, M. (2009). *Efecto de microorganismos aplicados por fertiriego en la disponibilidad de fósforo en dos sistemas de cultivo de banano en la zona bananera del magdalena*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA.

- Pineda, J. (2021). *Tipos de Suelos*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/tipos-de-suelos/>
- Portillo, G. (2021). *Tipos de clima*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/tipos-de-clima.html>
- Restrepo, J. (2020). Agricultura orgánica. Harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos. Cali, Colombia. *Dialnet*.
- Romero, H. (2017). *POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO Y BIOECONÓMICO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE LA AGROINDUSTRIA DEL BANANO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Scheelje, M. (2020). *EL CAMBIO CLIMÁTICO PRINCIPALES CAUSANTES, CONSECUENCIAS Y COMPROMISOS DE LOS PAÍSES INVOLUCRADOS*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm>
- Suquilanda, M. (2020). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. *Fundagro, Quito*.
- Toledo, M. (2017). *MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS DE LAS ZONAS ALTAS DE HONDURAS*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C457FB152E87989A399D9F9159108169?sequence=1>
- Weaver, R. (2020). Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura (No. 581.183 W439.). . México^ eD. *FDF: Trillas*.

8. ANEXOS

Anexos 1 Identificación finca orgánica “San Pablo”



Anexos 2 Identificación finca convencional “La fortuna”



Anexos 3 Toma de muestras en campo





Anexos 4 Análisis de propiedades físicas y químicas (finca orgánica y convencional) del suelo y biomasa vegetal en laboratorio de Suelos UTMACH



