



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL
SUELO EN CULTIVO DEL BANANO CAVENDISH Y DE LA
PALMA AFRICANA DAMASSON 007 EN LA PROVINCIA
DE LOS RÍOS-QUEVEDO.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Genesis Brigitte Ricardo Ricardo

LA LIBERTAD, 2022



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL
SUELO EN CULTIVO DEL BANANO CAVENDISH Y DE LA
PALMA AFRICANA DAMASSON 007 EN LA PROVINCIA
DE LOS RÍOS-QUEVEDO.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor/a: Genesis Brigitte Ricardo Ricardo

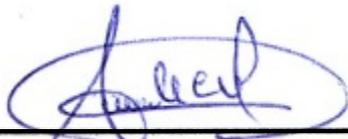
Tutor/a: Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D.

LA LIBERTAD, 2022

TRIBUNAL DE GRADO

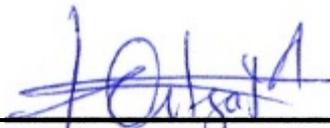
Trabajo de Integración Curricular presentado por **Genesis Brigitte Ricardo Ricardo** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 08 /09 /2022



Ing. Verónica Andrade YUCAÏLLA, Ph.D.

**DIRECTORA DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Lourdes Ortega Maldonado,
MSc.

**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D.

**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcda. Ana Villalta Gómez, Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVA
SECRETARIA**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Luis Ricardo y Daysi Ricardo por su esfuerzo, dedicación y la oportunidad que me brindan para culminar mi carrera universitaria, por enseñarme en momentos de derrota a levantarme y seguir, por ser ese impulso para superarme y un apoyo incondicional. Por ser buenos padres y formar la persona que soy en la actualidad.

Agradecer a mi tutor, Blgo. Javier Soto Valenzuela, MSc., por su dedicación, apoyo, consejos, y ánimos durante todo el proceso de mi investigación hasta la culminación de este. Por su enseñanza, orientación y despejar dudas que se presentaron en el transcurso de mi investigación experimental.

A mis compañeros del laboratorio y futuros colegas Melany Sánchez Gualé y Omar Zamora Prudente quienes me brindaron su ayuda de una forma desinteresada, en especial a Erick Limón Quimi por su apoyo y compañía en todo momento

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme sus puertas y por medio de sus educadores brindarme los conocimientos necesarios para lograr esta gran meta y culminar mi investigación.

A la empresa Grupo Coello y cada una de las personas que lo conforman por facilitarme la información necesaria, permitirme el ingreso a sus propiedades y hacer posible la realización de este proyecto a partir de colaboración y ayuda.

DEDICATORIA

A Dios, por darme vida y fortaleza para continuar

A mis padres, por ser mi ejemplo de lucha y humildad, e inculcar en mí valores y principios para llegar hasta donde estoy y superarme en la vida.

A mis hermanas, Lisbeth y Ketsia que estuvieron al tanto, me acompañaron y apoyaron en todo el proceso de mi carrera universitaria.

A mi familia, por la confianza y el apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se realizó con el objetivo de evaluar el estado físico, químico y microbiológico del suelo en cultivo del Banano Cavendish y de La Palma Africana Damasson 007 en la Provincia De Los Ríos-Quevedo, mediante un análisis físico – químico realizado en el Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua (AGROBIOLAB) como servicio, y en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biotecnológicas (CEB), Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para el análisis microbiológico, los parámetros evaluados fueron P, S, K, Ca y Mg, clase textural, pH, materia orgánica y UFC/g suelo seco de bacterias y hongos en 3 lotes diferentes por cultivo. Se recolectaron las muestras en la hacienda Ruth, localizada en el cantón Valencia – Los Ríos y para su valoración se utilizó el método de diluciones con tres repeticiones por microorganismos expresadas en UFC/g suelo seco. Los resultados obtenidos determinaron que el suelo del cultivo de banano y palma africana poseen propiedades similares en cuanto al pH (LAc), textura (Fco, Fco – Arc – Li) y nivel de P, mientras que, el cultivo de palma africana posee mayor cantidad de materia orgánica y S; mientras el cultivo de banano presentó niveles de P, K, Ca y Mg en niveles más altos que el cultivo de palma africana. Por otro lado, en la relación de UFC/g suelo seco en ambos cultivos, se comprobó que el cultivo de banano posee mayor UFC/g suelo seco que el cultivo de palma africana con respecto a las propiedades físicas – químicas que poseen ambos cultivos.

Palabras claves: Análisis físicos – químicos, microbiológico, diluciones, cultivo, niveles, UFC/g suelo seco.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of evaluating the physical, chemical and microbiological status of the soil in Cavendish Banana and Damasson 007 African Palm cultivation in the Province of Los Ríos-Quevedo, through a physical-chemical analysis carried out in the Soil, Plants and Water Laboratory (AGROBIOLAB) as a service, and in the laboratories of the Centro de Investigaciones Biotecnológicas (CEB), Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena for the microbiological analysis, the parameters evaluated were P, S, K, Ca and Mg, textural class, pH, organic matter and CFU/g dry soil of bacteria and fungi in 3 different lots per crop. Samples were collected at the Ruth farm, located in the canton of Valencia - Los Ríos, and the dilution method was used for their evaluation, with three replicates per microorganism expressed in CFU/g dry soil. The results obtained determined that the soil of the banana and African palm crops have similar properties in terms of pH (LAc), texture (Fco, Fco - Arc - Li) and P level, while the African palm crop has higher levels of organic matter and S; while the banana crop presented higher levels of P, K, Ca and Mg than the African palm crop. On the other hand, in the ratio of CFU/g dry soil in both crops, it was found that the banana crop has higher CFU/g dry soil than the African palm crop with respect to the physical-chemical properties of both crops.

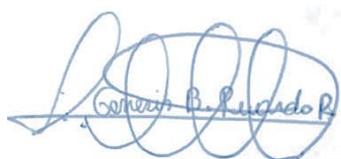
Key words: physical-chemical analysis, microbiological, dilutions, crop, levels, CFU/g dry soil.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**ESTADO FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO D EL SUELO EN CULTIVO DEL BANANO CAVENDISH Y DE LA PALMA AFRICANA DAMASSON 007 EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS-QUEVEDO.**” y elaborado por **Genesis Brigitte Ricardo Ricardo**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Genesis B. Ricardo R.', is written over a horizontal line.

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 ORIGEN DEL BANANO.....	4
1.2 ORIGEN DE LA PALMA AFRICANA	4
1.3 TAXONOMÍA DEL BANANO	4
1.4 TAXONOMÍA DE LA PALMA AFRICANA.....	5
1.5 VARIEDAD DE BANANO (CAVENDISH)	5
1.6 VARIEDAD DE PALMA AFRICANA (DAMASSON 007).....	6
1.7 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL BANANO (CAVENDISH)	6
1.7.1 <i>Planta</i>	6
1.7.2 <i>Raíces</i>	6
1.7.3 <i>Pseudotallo</i>	6
1.7.4 <i>Hojas</i>	7
1.7.5 <i>Frutos</i>	7
1.8 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PALMA AFRICANA (DAMASSON 007)	7
1.8.1 <i>Raíz</i>	7
1.8.2 <i>Tallo</i>	7
1.8.3 <i>Hojas</i>	8
1.8.4 <i>Flores e Inflorescencia</i>	8
1.8.5 <i>Frutos</i>	8
1.9 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	8
1.9.1 <i>Banano Cavendish</i>	8
1.9.2 <i>Palma africana Damasson 007</i>	9
1.10 ANÁLISIS DEL SUELO.....	9
1.11 ASPECTOS DEL ANÁLISIS DE SUELO	9
1.11.1 <i>Textura</i>	9
1.11.2 <i>Estructura</i>	10
1.11.3 <i>Niveles del pH</i>	10
1.11.4 <i>Niveles de nutrientes del suelo</i>	10
1.12 SUELO EN EL CULTIVO DE BANANO.....	11
1.13 SUELO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA.....	11

1.14	MICROORGANISMOS DEL SUELO.....	11
1.14.1	<i>Bacterias del suelo</i>	12
1.14.2	<i>Hongos del suelo</i>	12
1.15	MICROORGANISMOS EN EL CULTIVO DE BANANO.....	12
1.16	MICROORGANISMOS EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA	13
1.17	FACTORES QUE AFECTAN A LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO	13
1.18	ESTUDIO DE MICROORGANISMOS DEL SUELO	13
1.18.1	<i>Recuento microbiano mediante su cultivo</i>	13
1.19	MUESTREO DEL SUELO.....	14
1.19.1	<i>Tipos de muestras</i>	14
1.19.2	<i>Recorrido para realizar el muestreo</i>	14
1.20	MEDIOS DE CULTIVO PARA MICROORGANISMOS DEL SUELO.....	15
1.20.1	<i>Tipos de medios</i>	15
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....		16
2.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA.....	16
2.1.1	<i>Condiciones edafoclimáticas de la hacienda</i>	16
2.1.2	<i>Condiciones de manejo agronómico</i>	17
2.2	MATERIAL BIOLÓGICO Y CONDICIONES EXPERIMENTALES	18
2.2.1	<i>Procesamiento analítico de datos</i>	18
2.3	MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.....	18
2.3.1	<i>Materiales en el campo</i>	18
2.3.2	<i>Materiales en el laboratorio</i>	19
2.4	CONDUCCIÓN O MANEJO DEL EXPERIMENTO	20
2.4.1	<i>Recolecta de muestras de suelo</i>	20
2.4.2	<i>Almacenamiento de muestras en el laboratorio</i>	21
2.4.3	<i>Preparación de muestras para el aislamiento de microorganismos</i>	21
2.4.4	<i>Preparación de diluciones por muestras</i>	21
2.4.5	<i>Preparación de medios de cultivo</i>	22
2.4.6	<i>Siembra de microorganismos</i>	23
2.4.7	<i>Incubación para la proliferación de microorganismos.</i>	24
2.4.8	<i>Preparación de muestras para la observación de hongos al microscopio</i>	24
2.4.9	<i>Identificación de microorganismos</i>	24

2.5	PARÁMETROS EVALUADOS.....	24
2.5.1	<i>Físicos – Químicos y Microbiológico</i>	24
2.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	24
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		25
3.1	MUESTREO DE SUELOS	25
3.2	ANÁLISIS DE SUELO	25
3.3	RECuento de hongos del suelo en los cultivos de Banano y Palma AFRICANA.....	27
3.4	RECuento de bacterias de suelo en los cultivos de Banano y Palma AFRICANA.....	28
3.5	IDENTIFICACIÓN DE hongos del suelo en los cultivos de Banano y Palma AFRICANA.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		34
	CONCLUSIONES.....	34
	RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.	16
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO ANALÍTICO DE DATOS.	18
TABLA 3. MUESTRAS Y SUBMUESTRAS DE SUELO COLECTADAS EN LOS CULTIVOS DE BANANO Y PALMA AFRICANA.....	21
TABLA 4. ESQUEMA DE MUESTREO EN EL LABORATORIO.	23
TABLA 5. VALORES DEL ANÁLISIS DE SUELO OBTENIDOS POR LOTES EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA Y BANANO.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FOTOGRAFÍA SATELITAL DEL ÁREA EXPERIMENTAL DE LA HACIENDA LA RUTH.	16
FIGURA 2. PROCEDIMIENTO DE LA PREPARACIÓN DE DILUCIONES PARA EL RECUESTO DE MICROORGANISMOS. FUENTE: ZÚÑIGA (2012).	22
FIGURA 3. CULTIVO DE PALMA AFRICANA. A , CULTIVO DE BANANO. B , ETIQUETADO DE MUESTRAS. C , MUESTRAS EN EL CULTIVO POR LOTE DE LOS CULTIVOS. D	25
FIGURA 4. PROMEDIOS DE COLONIAS DE HONGOS RIZOSFÉRICOS UFC/G SUELO SECO POR MUESTRAS EN EL CULTIVO DE BANANO.	27
FIGURA 5. PROMEDIOS DE UFC/G SUELO SECO DE HONGOS RIZOSFÉRICOS POR MUESTRAS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA.....	28
FIGURA 6. PROMEDIOS DE CONTEO DE COLONIAS DE BACTERIAS RIZOSFÉRICAS UFC/G SUELO SECO POR MUESTRAS EN EL CULTIVO DE BANANO.	29
FIGURA 7. PROMEDIOS DE COLONIAS DE BACTERIAS RIZOSFÉRICAS UFC/G SUELO SECO POR MUESTRAS EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA.....	30
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS EN LOS CULTIVOS DE BANANO Y PALMA AFRICANA.	31
FIGURA 9. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS ASPERGILLUS SP. A , B ASPERGILLUS SP. EN DILUCIÓN 10^{-3} MUESTRA 1, C ASPERGILLUS SP. EN DILUCIÓN 10^{-4} MUESTRA 3.....	31
FIGURA 10. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS PENICILLIUM. A , B PENICILLIUM. EN DILUCIÓN 10^{-5} MUESTRA 2, C PENICILLIUM. EN DILUCIÓN 10^{-3} MUESTRA 3.....	32
FIGURA 11. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS DEL SUELO EN EL CULTIVO BANANO A MUCOR., B PITHOMYCES. Y C RHIZOPUS.	32
FIGURA 12. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS PENICILLIUM. A , B PENICILLIUM. EN DILUCIÓN 10^{-4} MUESTRA 1.....	32
FIGURA 13. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS ASPERGILLUS SP. A , B ASPERGILLUS SP. EN DILUCIÓN 10^{-5} MUESTRA 3.....	33
FIGURA 14. IDENTIDAD DE HONGOS AISLADOS ALTERNARIA SOLANI. A , B ALTERNARIA SOLANI. EN DILUCIÓN 10-2, C ALTERNARIA SOLANI. EN DILUCIÓN 10-4 EN MUESTRA 2.	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1A. ANÁLISIS DE SUELO EN EL CULTIVO DE BANANO DE LA HACIENDA LA RUTH.

ANEXO 2A. ANÁLISIS DE SUELO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA DE LA HACIENDA LA RUTH.

ANEXO 3A. TABLA DE VALORES CON LOS PROMEDIOS DE UFC/G SUELO SECO DE HONGOS POR MUESTRA.

ANEXO 4A. TABLA DE VALORES CON LOS PROMEDIOS DE UFC/G SUELO SECO DE BACTERIAS POR MUESTRA.

ANEXO 5A. PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS PDA Y LMA.

ANEXO 6A. MEDIOS DE CULTIVO (PDA Y LMA) EN CAJAS PETRI PARA LA SIEMBRA DE MICROORGANISMOS.

ANEXO 7A. MUESTRAS MADRES 10^{-1} POR CULTIVO Y LOTES, PARA LA PREPARACIÓN DE DILUCIONES.

ANEXO 8A. PREPARACIÓN DE DILUCIONES 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} Y 10^{-5} .

ANEXO 9A. SIEMBRA DE MICROORGANISMOS EN LOS RESPECTIVOS MEDIOS DE CULTIVO.

ANEXO 10A. INCUBACIÓN DE MUESTRAS PARA LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS.

INTRODUCCIÓN

El cultivo banano, es uno de los cultivos de mayor exportación en el Ecuador. Se considera como el principal producto agrícola de la misma manera que el trigo, arroz, y maíz. Considerado de gran importancia, puesto que satisface las necesidades alimenticias de las personas que lo consumen, además de ser una fuente de ingresos en la economía de países en vías de desarrollo como el Ecuador (Vera, 2014).

El mismo autor menciona que, el Ecuador después de Colombia es el principal productor de palma africana, cultivo de donde se obtienen el aceite de palma a partir de las plantas extractoras, convirtiéndose en un producto de importancia económica y alimentaria. El cultivo de palma africana y banano son cultivados principalmente en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro y Los Ríos.

La provincia de Los Ríos es considerada un lugar con suelos fértiles, con un clima húmedo, donde se pueden sembrar diversos cultivos, entre ellos el cultivo de banano y palma africana, siendo especies con gran importancia comercial que necesitan de un manejo complejo y bien planificado del suelo (Elbehri *et al.*, 2015). Un suelo sano va a permitir el correcto desarrollo y productividad de cultivo, por lo que es de gran importancia que posea buenas características físicas, químicas y microbiológicas.

Las características físicas y químicas idóneas del suelo para el cultivo de banano según Baridón y Villarreal (2017), es de pH 6.5, una textura entre franco limosa y franco arenosa y buen drenaje, además de ser rico en nutrientes como potasio, fósforo, boro, magnesio y zinc. Rosales (2008) menciona en su investigación que, entre los microorganismos presentes en el suelo están *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rodopholus similis*, *Helicot multicinctus* en el cultivo de banano.

El cultivo de banano puede alcanzar hasta los 4 m de altura, posee un pseudotallo muy grueso y resistente que proporciona un fruto con calidad de exportación, sus hojas son muy extensas y su raíz gruesa. Es una variedad que provee un alto rendimiento, y un fruto de calidad de coloración verdoso (Carvajal y Murgueitio, 2017).

Por otro lado, un suelo apto para el cultivo de palma africana debe poseer características físicas y químicas como un pH entre 5.2 y 6, textura franco – arcillosa y franco limoso, nutrientes como azufre, fósforo, calcio, hierro, potasio y poco drenaje, según Fernandez (2021). Rosales (2008) menciona que, los microorganismos presentes son *Fusarium* y *Rodopholus similis* en el cultivo de la palma africana.

El cultivo de palma africana llega a medir hasta 5 m de longitud, posee un tallo denominado palmito muy resistente, y un fruto de donde procede el aceite vegetal como materia prima, sus hojas pueden alcanzar una longitud de 2 a 3 m, y una raíz abundante en los 5 primeros metros del suelo. Considerado un cultivo de interés económico por los subproductos que se obtienen a partir de este y su largo periodo de vida productiva (Almache, 2008).

Mencionando también que, el cultivo de palma africana en años anteriores y a causa del mal manejo nutricional, provocó el desgaste del suelo, y a su vez pérdida de tierras fértiles, provocando en algunas plantaciones disminución en su producción y desarrollo; mientras que, Naranjo et al. (2020) concluyó que los monocultivos y el uso excesivo de químicos en el cultivo de banano provocó acumulación de nutrientes en ciertas zonas, así mismo causando disminución en su producción y fauna microbiológica del suelo. Razón por la cual, en este trabajo se presenta el estudio físico, químico y microbiológico del suelo en los cultivos de banano y palma africana en la provincia de Los Ríos, con el objetivo de evidenciar las condiciones actuales en relación con la producción y/o problemas fitosanitarios de ambos cultivos de especial importancia en nuestro país.

Hoy en día, se están experimentando un sinnúmero de avances tecnológicos y la agricultura no se queda atrás, gracias a estos avances el agricultor tiene a su disposición nuevos materiales, que le ha permitido un mejor control de sus cultivos, y realizar estudios relacionando las condiciones del cultivo y el suelo (Saéz, 1999). Los análisis físico, químico y microbiológico permitirán al productor, determinar las condiciones del suelo, la disponibilidad de nutrientes y lograr una planificación de fertilización remediando las condiciones y mejorar el rendimiento del suelo para obtener mejores producciones (Aguiles, 2006).

Problema Científico:

¿Existirá alguna incidencia entre los niveles de las propiedades físico, y químico en la microbiología del suelo en los cultivos de banano variedad Cavendish y de la palma africana?

Objetivos**Objetivo General:**

- ❖ Evaluar el estado físico, químico y microbiológico del suelo en los cultivos de banano y de la palma africana.

Objetivos Específicos:

1. Analizar los parámetros físicos y químicos de los suelos en los cultivos de banano y de la palma africana.
2. Identificar los microorganismos presentes en el suelo de los cultivos de banano y de la palma africana.
3. Determinar la probable relación de los análisis físicos y químicos del suelo y los microorganismos presentes en los cultivos de banano y palma africana.

Hipótesis:

Al finalizar el estudio, se evidenciará una incidencia del estado físico, y químico en la microbiología del suelo de los cultivos de banano variedad Cavendish y de la palma africana.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen del banano

Ciro (2011) menciona que, el banano es una fruta que tuvo sus inicios en el sudoeste asiático (Malasia, Indonesia y China Meridional), luego en el siglo XV fue introducido en Madagascar, y después distribuido por la costa Oriental. También los portugueses aseguran haber encontrado esta fruta en el siglo XV, en territorios de la costa occidental africana (Región de Guinea) por lo que recibió el nombre de guineo. Esta fruta comestible surgió a partir de mutaciones y variaciones genéticas de especies silvestres.

1.2 Origen de la Palma Africana

La palma africana tuvo su origen en África occidental específicamente en las costas del golfo de Guinea. Esta planta se esparció a lo largo de los ríos debido a que se podía encontrar un clima y suelo adecuado para su desarrollo. En el siglo XVI se introdujo en el continente americano por medio de los comerciantes y colonizadores, esta especie vegetal era utilizada como alimento ya que realizaban largos viajes en sus conquistas. Luego logró extenderse por otros países como Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela. En el siglo XIX inició la comercialización de la palma ya que era utilizada como lubricantes de ferrocarriles y producción de velas. Y se introdujo en Asia en 1948 para luego seguir sus producciones de palma en Malasia e Indonesia (Mujica *et al.*, 2010).

1.3 Taxonomía del banano

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica del banano:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>M. paradisiaca</i>

Fuente: (Arteaga, 2015)

1.4 Taxonomía de la Palma Africana

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica de la palma africana:

Reino	Plantae
División	Angiosperma
Clase	Liliopsida
Orden	Palmales
Familia	Palmaceae
Género	<i>Elaeis</i>
Especie	<i>E. guineensis</i> Jac

Fuente: (Almache, 2008)

1.5 Variedad de Banano (*Cavendish*)

Es una variedad de gran tamaño, que se hallan en zonas húmedas y subhúmedas. Para la definición de híbridos o especies perteneciente al género *Musa* se ha utilizado el termino banana, siendo la variedad Cavendish el subgrupo con mayor presencia en el Ecuador (Tirado y Zalazar, 2018).

Según Aguilar (2015), su origen se encuentra en países como Vietnam y China, esta variedad de fruto es el más consumido a nivel de todo el mundo y el principal producto de exportación del Ecuador, también se denomina como climatérica, es decir, una vez cortada continúa su maduración. El banano Cavendish es un subgrupo que comprende diversas variedades como Cavendish gigante, Cavendish enano, Valery y Robusta, es un cultivo de alta producción mundial.

Su composición bioquímica se detalla a continuación:

Humedad	74,4%
Energía	94 cal
Proteína	1,3 g
Lípidos	0,9 %
Carbohidratos totales	22,7 %
Fibra	0,3%
Ceniza	0,7%
Calcio	139 mg
Fósforo	20 mg
Hierro	0,8 mg
Tiamina	0,04 mg

Fuente: (Vizueta, 2008)

1.6 Variedad de Palma Africana (*Damasson 007*)

Esta variedad de palma africana se trata de un cultivo oleaginoso con un rendimiento alto ya que puede ser productiva hasta los 50 años en comparación con otras variedades.

Según investigaciones es un cultivo con el que se puede obtener un buen aprovechamiento del suelo debido a que sólo en una hectárea cultivada se puede producir entre 3000 y 5000 kg de aceite. Esta planta puede desarrollarse sobre los 500 msnm, y requiere de un clima cálido para crecer adecuadamente, y su etapa productiva inicia en el segundo o tercer año (Mora, 2018).

1.7 Descripción botánica del banano (*Cavendish*)

1.7.1 Planta

Es una planta herbácea, que posee un tallo verdadero siendo este su órgano de almacenamiento denominado también rizoma, y un tallo aparente denominado pseudotallo que se forma a partir de la unión de las vainas foliares, la planta puede alcanzar una altura entre 3 a 6 metros (Álvarez, 2018).

1.7.2 Raíces

El crecimiento de la raíz va a depender de las condiciones de suelo, si el cultivo se encuentra en suelo con buen drenaje y profundidad las raíces pueden alcanzar 16 pies de distancia hacia los laterales, y extenderse en profundidad. Su raíz es fibrosa y se originan del rizoma (Arteaga, 2015).

1.7.3 Pseudotallo

Se trata de la parte aérea de la planta, que se origina de las vainas de las hojas. Cuando se encuentra en su etapa adulta puede llegar a medir 4 metros de altura y 40 cm de diámetro, dependiendo de la variedad y manejo. Posee características de resistencia, debido a que puede llegar a soportar las láminas foliares junto al peso de su inflorescencia (CEDAF, 2001).

Según Álvarez (2018), cuando la planta llega a su etapa de madurez, la yema terminal se transforma en inflorescencia y es impulsada desde el suelo hacia arriba por el pseudotallo, lo que provoca una forma cilíndrica cuando llega hasta la parte apical, hasta su brote.

1.7.4 Hojas

Las hojas del banano poseen 4 partes de las cuales encontramos la vaina, el peciolo, lámina y el apéndice. El tamaño de estas hojas varía dependiendo del crecimiento de la planta, en las primeras semanas la planta no posee hojas extensas por lo que la principal tarea es de absorber y almacenar; mientras que, conforme continua su ciclo productivo las hojas adquieren una extensión mayor debido a que requiere una suficiente fotosintética para el proceso de llenado del fruto (CEDAF, 2001).

En el mismo sentido también menciona que, las hojas pueden alcanzar una longitud de 2-4 metros y ancho de 0,5 metros. Las vainas se disponen de forma apretada con el fin de formar el pseudotallo, y un peciolo que puede llegar a medir 1 metro de largo. La última hoja en emerger tiene una forma particular diferente al resto, puesto que cumple la función de resguardar a la inflorescencia de fuertes lluvias o sol.

1.7.5 Frutos

Su fruto posee una forma similar a un pepino, pero triangular, es alargado de tres lados, con cierto grado de encorvadura, aunque esto depende de la variedad, el fruto se origina del ovario de una flor, dentro del fruto se puede observar puntos de coloración negra, que se tratan de óvulos abortados (Álvarez, 2018).

1.8 Descripción botánica de la palma africana (*Damasson 007*)

1.8.1 Raíz

La raíz de la palma africana sirve de anclaje para la planta, está en su mayoría posee un crecimiento horizontal y en el suelo puede llegar a ocupar los primeros 50 centímetros de superficie, y las raíces que sirven de anclaje alcanzar mayor profundidad. Estas raíces tienen su origen en el bulbo radical de la base del tronco (Almache, 2008).

1.8.2 Tallo

El tallo de esta planta puede alcanzar hasta los 30 metros de altura, y posee hojas jóvenes en el punto apical de su crecimiento, a esto se lo denomina palmito. Posee un grosor considerable y un tallo resistente, el grosor del tallo puede variar debido a factores como la competencia de malezas o no realizar fertilización.

1.8.3 Hojas

Sus hojas pueden llegar a medir entre 5 a 7 metros de largo, la parte que une la hoja con el tallo (peciolo) puede alcanzar una longitud de 1,5 metros y aumenta su grosor en la base. Las hojas quedan adheridas al tronco hasta los 12 años. La cara superior de las hojas es plana, mientras que la parte inferior es redondeada. El borde es espinoso y con fibras.

1.8.4 Flores e Inflorescencia

Al tratarse de una planta monoica, esta produce flores de sexo masculino y femenino, en la inflorescencia femenina, las flores se encuentran ubicadas en espiral en torno al raquis de las espigas. Cada una de las flores están cubierta por una bráctea, estas inflorescencias pueden estar conformada de miles de flores femeninas. La inflorescencia masculina es de mayor longitud a diferencia de la femenina, y posee 700 a 1200 flores por espiga, cada una de sus flores contiene un periantio de 6 segmentos y un gineceo primario.

1.8.5 Frutos

Su fruto es una drupa ovoide, que puede medir entre 3 a 5 cm de longitud. A partir de su fruto se obtiene una materia prima, el aceite vegetal también se puede aprovechar la pepa de su fruto (Almache, 2008).

1.9 Requerimientos edafoclimáticos

1.9.1 Banano Cavendish

El clima interviene directamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por lo que requiere una latitud de 15° al norte y sur del Ecuador para obtener mejores rendimientos, una altitud máxima recomendable de 2000 msnm. Una temperatura óptima entre 20 a 30 °C. Precipitación constante, ya que requiere de 120 a 200 mm (Intagri, 2018).

Es uno de los cultivos que requiere de altos contenidos de nutrientes en el suelo para un correcto desarrollo y buena producción. Nutrientes como potasio, nitrógeno y fósforo; en proporción: potasio 400 kg, nitrógeno 125 kg y fósforo 15 kg por hectárea cada año (López y Espinoza, 1995).

1.9.2 Palma africana Damasson 007

El clima es uno de los factores que afecta al crecimiento y desarrollo del cultivo. Por lo que requiere una altitud máxima recomendable de 600 msnm, aunque la mayoría de los cultivos se localizan a 400 y 500 msnm. Una temperatura óptima entre 24 a 26 °C de promedio anual (INIAP, 2014).

Esta variedad requiere de nutrientes dependientemente de factores como clima, material genético, tipo de suelo, y manejo agronómico. Una población de aproximadamente 143 plantas absorbe entre 300 y 600 kg de los principales elementos. Una planta adulta absorbe 192 kg/ha de N, 26 kg/ha de P, 251 kg/ha de K, 61 kg/ha de Mg, y 99 kg/ha de Ca (Durán, 1999).

1.10 Análisis del suelo

Marín (2004) en su libro de analisis de suelos y aguas indica que los analisis son de gran importancia debido a que permite determinar el porcentaje de fertilidad del suelo y por consiguiente la disponibilidad de nutrientes de las plantas, así mismo, las sustancia que estan ocasionando daños en el suelo y agua debido a su presencia en exceso. Además de estudiar sus características químicas y a partir de esto determinar el riego idóneo para el cultivo.

1.11 Aspectos del análisis de suelo

El suelo es un cuerpo que sufre a lo largo del tiempo transformaciones constantes, estas pueden ser físicas, químicas y biológicas, se dan desde la superficie hasta los 25 cm de profundidad y ocasionan variaciones en sus propiedades y en la disponibilidad de nutrientes (Ocegueda, 2007). Y pueden determinarse a través de análisis del suelo, estos análisis se realizan en función al objetivo que se persiga (Marín, 2004), se pueden obtener los siguientes aspectos a partir de un análisis:

1.11.1 Textura

Según Loaiza (2016), cuando se habla de textura del suelo se refiere la composición granulométrica, es decir, las cantidades de partículas presentes en el suelo de limo, arena y arcilla. Desde el punto de vista físico y químico la fracción granulométrica de arcilla es compleja, considerable, y significativa. Esta composición determina el color, la estructura, consistencia y porosidad del suelo.

1.11.2 Estructura

La estructura del suelo hace referencia a la incorporación de fracciones individuales granulométricas de arcilla, limo y arena a gránulos más grandes. La forma y el tamaño de estos gránulos determinan el tipo y calidad de estructura del suelo, siendo la estructura idónea el de tipo granular (Loaiza, 2016).

De la estructura del suelo depende el crecimiento de las plantas, y una mejor condición del suelo como aireación y drenaje, así como también el crecimiento de las raíces a través de estos gránulos y la erosionabilidad del suelo (Moreno *et al.*, 2010).

1.11.3 Niveles del pH

El pH hace referencia a los niveles de acidez o alcalinidad que posee el suelo, y la relación con la disponibilidad de elementos importantes para la nutrición del suelo y por consiguiente de la planta. El pH se mide en niveles que van desde el 0 al 14, siendo 7 el nivel neutro (Marín, 2004).

1.11.4 Niveles de nutrientes del suelo

Valencia (2010) menciona que los nutrientes del suelo son de gran importancia, puesto que, de aquello depende el desarrollo de todo cultivo. Nutrientes que surgen a partir de aplicaciones al suelo de abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Algunos sitios cuentan con una planificación de fertilización de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo.

Los nutrientes del suelo lo conforman los macros y micros elementos; los macroelementos se dividen en primarios (nitrógeno, potasio y fósforo), y secundarios (calcio, azufre y magnesio), mientras que, el boro, cloro, hierro, manganeso, cobre, molibdeno y zinc pertenecen a los microelementos del suelo (Valencia, 2010).

Según los macros y micros nutrientes del suelo están formado de diversas moléculas como proteínas, ATP y clorofila, a partir de varios procesos fisiológicos; por lo que es recomendable aplicar siguiendo un plan de fertilización, debido a que la aplicación excesiva podría ocasionar estrés y toxicidad al cultivo y la aplicación insuficiente podría provocar déficit nutricional (Fassbender y Bornemisza, 1987).

1.12 Suelo en el cultivo de Banano

El banano puede desarrollarse en todo tipo de suelo, pero es exigente en cuanto a las propiedades que éste debe poseer, como el contenido nutricional, la presencia de nutrientes en el suelo es importante como fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro, zinc y pH adecuado. Requiere de suelos profundos con textura ligeramente arenosa. Contenido de materia orgánica alto (Intagri, 2018).

Banchón (2021) indica que un suelo en producción de banano posee una textura franco, pH prácticamente neutro (6.79) y materia orgánica (1.9%). Contenido de nutrientes como potasio (1.41 meq/100mL), calcio (5.32 meq/100mL), magnesio (1.91 meq/100mL). Mientras que Chabla (2018) en su estudio de las características físicas y químicas en un suelo productivo de banano cultivado indica que posee una clase textural franco arenoso a franco y materia orgánica (0,97%).

1.13 Suelo en el cultivo de Palma Africana

El cultivo de palma africana puede desarrollarse en todo tipo de suelo, pero requiere de condiciones en las propiedades que este debe poseer, como una pendiente suave, terrenos planos, regulares y ligeramente ondulados (0-5, 5-12%). Requiere de suelos profundos (0.60 m), con textura franco, limoso, franco arcilloso, franco arcilloso arenoso. Contenido de materia orgánica medio, un pH entre 5,6 – 6,5 ligeramente ácido y drenaje bueno o moderado (INIAP, 2014).

López y Montalvo (2019), en los análisis físicos y químicos del suelo en el cultivo de palma africana posee porcentajes de arena, arcilla y limo, con 73, 9 y 18% respectivamente, un pH ligeramente ácido (5.66) y exceso en el nivel de materia orgánica (5.86%).

Por otro lado, Ibañez (2021) en su estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo del mismo cultivo con relación al contenido nutritivo foliar, el suelo posee una textura Franco Arcilloso – Franco Limoso, pH ligeramente ácido (5.6), nivel medio de materia orgánica (2.1), niveles altos de S y Ca, niveles en exceso de P y K, nivel suficiente de Mg.

1.14 Microorganismos del suelo

Además de ser para las plantas una fuente de nutrientes, se considera como hábitat de una gran diversidad de microorganismos (hongos, bacterias, virus). La variedad microbiota en el suelo es un factor importante en su fertilidad y la microbiana es fundamental ya que

permite los ciclos de los nutrientes y la descomposición de la materia orgánica (Barea y Olivares, 1998).

1.14.1 Bacterias del suelo

Las bacterias son los microorganismos más numerosos y su cantidad se puede calcular por medio del conteo de placas (Benintende y Sánchez, 2000).

Según los mismos autores, las bacterias se clasifican en dos grupos: especies nativas y especies autóctonas, las primeras se encuentran presentes en el suelo y su cantidad se mantiene constante; mientras que, las segundas a diferencia de las anteriores se hacen presentes en el suelo con las precipitaciones y aguas negras o tejidos enfermos.

1.14.2 Hongos del suelo

Los hongos a diferencia de las bacterias ocupan parte significativa en el hábitat microbiano total por el tamaño que tienen. Estos son organismos, importantes en la descomposición. Además, difieren de las bacterias por su morfología, ya que posee un micelio ramificado conformado por hifas y varias partes reproductivas que constituyen esporas tanto sexuales como asexuales (Benintende y Sánchez, 2000).

Así como también mencionan que, en los medios de cultivos su micelio puede llegar a ser incoloro y sus esporas coloridas. Los hongos son heterótrofos, se dedican a la descomposición de moléculas complejas y por ser heterótrofos dependen de los sustratos carbonados disponibles en el suelo. También son organismos aerobios razón por la cual se hallan en la superficie del suelo, pero una parte de estos organismos pueden vivir en capas más profundas, y mejor aún en suelos drenados.

Cuando se habla de sus características ecológicas, se refieren a hongos fitopatógenos, es decir parasitan plantas, mientras otros son predadores de nematodos y protozoos, y algunos saprófitos. En cuanto a la relación con las plantas, suceden entre raíces y hongos micorrícicos.

1.15 Microorganismos en el cultivo de banano

Silveria (1987) menciona que, las colonias de bacterias presentes en un suelo con pH neutro tienden a reproducirse ya que un pH ácido o básico limita su crecimiento al igual que los escasos en materia orgánica. Y las colonias de hongos presentes en un suelo con pH ácido tienden a incrementarse ya que no existe competencia con otros organismos como bacterias y actinomicetos. Además de ser controladores biológicos al alimentarse de nematodos.

Toro (2005) menciona que, en el suelo del cultivo de banano con manejo tradicional se presenta un total de 1457 UFC/g suelo seco total de bacterias aisladas en medio con extracto de carne, agar, peptona, benomyl y agua destilada.

Y con manejo tradicional menciona que existe un promedio de 59 UFC/g suelo seco total de hongos aislados, sembrados en medio con Agar, Dextrosa, Papa pelada y trozada, Sulfato de estreptomicina, Agua destilada y Tetraciclina.

1.16 Microorganismos en el cultivo de palma africana

Según Silveria (1987), en un tipo de suelo agrícola las UFC/g suelo seco tienden a ser de 2500 UFC/g suelo seco de bacterias y 40 UFC/g suelo seco de hongos, aunque otros autores mencionan que la población de bacterias no se puede determinar con precisión, solo estimaciones a través de la técnica de dilución por placa.

Por otro lado, Bolaños (2013) menciona a partir de un estudio microbiológico en el cultivo de palma africana con riego puede encontrarse un total de 7430 UFC/g suelo seco de bacterias aisladas y 5860 UFC/g suelo seco en cultivo sin riego. Y un total de 44 UFC/g suelo seco de hongos en un suelo con riego y 18 UFC/g suelo seco sin riego.

1.17 Factores que afectan a los microorganismos del suelo

Aplicar al suelo productos químicos provoca la alteración de factores como humedad, temperatura y atmósfera de este; por ejemplo, los desinfectantes o fungicidas puesto que inducen a la variación del balance microbiológico del suelo al causar esterilización parcial, es decir, los microorganismos benéficos permanecen dañados por un largo periodo (Guzmán *et al.*, 2000).

1.18 Estudio de microorganismos del suelo

1.18.1 Recuento microbiano mediante su cultivo

- Recuento poblacional: consiste en una técnica en donde se realizan estudios microbiológicos en el suelo. Esta técnica ejecuta recuentos de viables en suspensiones de suelo de un medio general para el desarrollo de microorganismos. Entre los medios de cultivo más utilizados se encuentra Agar Extracto de Levadura Glucosado y Agar Extracto de Suelo, aunque estos no permiten el recuento total de los microorganismos, solo entre un 1 a 10%, además, provocan el crecimiento de pocos hongos debido a que son inhibidos por el desarrollo bacteriano (Benintende y Sánchez, 2000).

- Recuento de grupos funcionales: se refieren a grupos de microorganismos que cumplen una funcionabilidad específica en el suelo, para su recuento se utilizan medio selectivos, en ocasiones se utilizan medios que emplean sílica gel como solidificante. Existen microorganismos que no logran desarrollarse en medios sólidos, y llegan a desarrollarse en medios líquidos utilizando los recuentos por NMP (número más probable) según el mismo autor.

1.19 Muestreo del suelo

El muestreo de suelo es de gran importancia para realizar análisis químicos, físicos o microbiológicos. Para llevar a cabo un muestreo deben considerarse las características del lote como estructura y tipo de suelo, el manejo de los últimos años y la aplicación de químicos. Para un muestreo representativo, se deben identificar sitios con suelos homogéneos, con la ayuda de mapas, fotografías satelitales, etc. (UNC, 2015).

1.19.1 Tipos de muestras

- Muestra simple: consiste en obtener muestras mediante solo una extracción, y no es preferible en suelos heterogéneos.
- Muestra compuesta: esta consiste en obtener muestras mediante varias extracciones, que son mezcladas en un recipiente para luego volver a extraer una muestra del suelo mezclado, es el muestreo más utilizado para análisis (Mendoza y Espinoza, 2017).

1.19.2 Recorrido para realizar el muestreo

- Recorrido en cuadrícula: este recorrido consiste en fraccionar el sitio o lote de investigación en cuadros homogéneos, una vez fraccionado coleccionar muestras de cada uno de los cuadros.
- Recorrido en zig – zag: recorrido que consiste en coleccionar submuestras en el sitio o lote en forma de zig – zag, caminando entre 25 a 30 pasos entre puntos, estas submuestras son mezcladas hasta obtener una muestra homogénea del sitio o lote.
- Recorrido en X: este método consiste en coleccionar muestras en forma de X, desde un extremo del lote hasta el extremo opuesto, y así hasta formar una X, la colección de submuestras se lo realiza a lo largo de cada X (Mendoza y Espinoza, 2017).

1.20 Medios de cultivo para microorganismos del suelo

1.20.1 Tipos de medios

- Sintéticos: hechos a base de sales minerales, fuentes de nitrógeno orgánico e inorgánico, carbohidratos y agar, lo que permite conocer la composición exacta del medio como TSA (Dífcó), Agar Czapek, entre otros.
- Semisintéticos: elaborados de componentes sintéticos y componentes naturales por ejemplo al utilizar papa con un carbohidrato para la estimulación del crecimiento vegetativo como el Agar Sabourand, Agar papa dextrosa (PDA, entre otros).
- Naturales: preparados mediante fuentes de nutrientes naturales como: arroz, avena, pan, zanahoria, y otros por lo que la composición exacta del medio es conocida (Cepero, 2012).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La siguiente investigación se realizó en el campo, en los terrenos de la hacienda Ruth, localizado en el cantón Valencia, parroquia Valencia, correspondiente a la provincia de Los Ríos, con ubicación geográfica de 0°54'45.6" latitud sur y 79°25'39.3" longitud oeste.

La parte experimental fue desarrollada en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biotecnológicas (CEB), Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena durante los meses de junio a julio del 2022 y el Laboratorio de Suelos, Plantas, y Aguas (AGROBIOLAB).

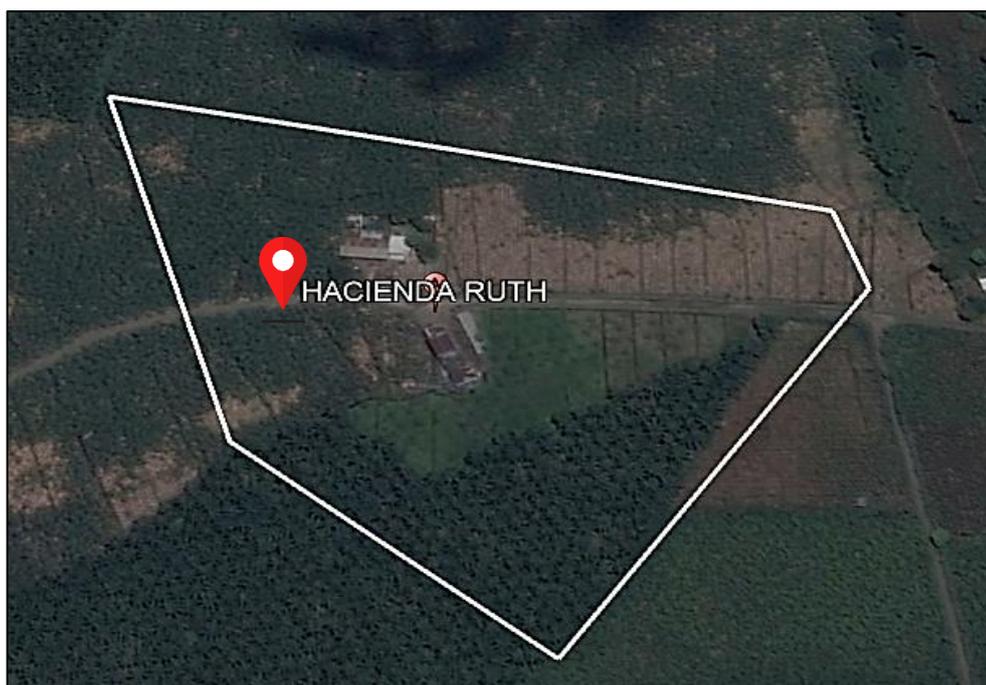


Figura 1. Fotografía satelital del área experimental de la hacienda La Ruth.

2.1.1 Condiciones edafoclimáticas de la hacienda

Las condiciones meteorológicas que presentó la zona de estudio de la hacienda Ruth se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas.

Parámetros	Promedio
Humedad relativa	87,7 %
Temperatura	24,10 °C
Precipitación anual	2510 mm
Altitud	132 msnm

Fuente: INAMHI 2020.

2.1.1.1 Clima

El clima de la hacienda Ruth es tropical, con dos estaciones una seca y otra lluviosa. En la estación seca, se presentan vientos muy fuertes con velocidades cercanas a los 2 metros por segundo en dirección suroeste, mientras que, en épocas lluviosas los vientos llegan a alcanzar una velocidad de 1,5 metros por segundo en dirección contraria (Alarcón, 2015).

2.1.1.2 Hidrología

El mismo autor menciona que el recurso hídrico de la hacienda Ruth lo conforman los ríos que atraviesan el cantón, entre ellos el Quindigua, Lulo y San Pablo, en unión a otras cuencas hidrográficas como Pise, Chila, Toachicito, y Lulo, además de redes hídricas como Guantupí, y Valencia.

2.1.1.3 Suelo

El suelo de la hacienda Ruth según Geoportales y Visores Geográficos (2022), corresponde al orden taxonómico Andisol, con textura franca en la parte superficial y textura franco arenoso en la profundidad, un drenaje natural bueno, no salino, fertilidad alta, profundidad efectiva (poco profunda), pedregosidad y toxicidad nula. Con respecto al régimen de temperatura es Isohipertérmico, su régimen de capacidad de intercambio catiónico medio, régimen de humedad Údico, y su régimen de materia orgánica alto (costa).

2.1.2 Condiciones de manejo agronómico

2.1.2.1 Fertilización y control de malezas del cultivo

La labor de fertilización y control de malezas dentro de la hacienda Ruth, se realizó acorde a las recomendaciones dadas en la planificación de fertilización y control, a partir de los análisis físicos y químicos del suelo (Anexo A1).

Durante el desarrollo del cultivo de palma africana los fertilizantes utilizados son muriato de potasio, nitrato, azufre, bórax, y sulfato de magnesio, 2 kilos por planta. Para el cultivo de banano son úrea, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, nitrato de amonio, MESZ, Fix soil max, Nutrimenores 2, Orgevit.

2.1.2.2 Riego

El cultivo de palma africana al tratarse de una especie que no requiere humedad constante no posee un sistema de riego en la actualidad. Mientras que, el cultivo de banano requiere humedad constante por lo que posee un sistema de riego subfoliar (aspersores), que cubre 9 metros a la redonda, y proporciona 2.5 mm/hora, razón por la cual se riega 2 horas por día, durante 3 días a la semana.

2.2 Material biológico y condiciones experimentales

Para la investigación experimental se seleccionaron tres áreas en cada cultivo para muestreo de suelo dentro de la hacienda Ruth. De los cultivos de banano y palma africana se extrajo 1 kg de suelo, luego se llevó al laboratorio (AGROBIOLAB y CEB) con el fin de obtener el resultado del análisis físico – químico del suelo; así como también, aislar los microorganismos presentes en las muestras mediante medios de cultivos apropiados y dispensados en cajas Petri.

2.2.1 Procesamiento analítico de datos

Para obtener los análisis físicos y químicos del suelo, las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos, plantas y aguas de AGROBIOLAB como servicio. Para el estudio microbiológico se llevaron al laboratorio (CEB) las muestras de suelo y se consideró a cada caja Petri como una unidad experimental, con tres repeticiones para el cultivo de hongos y bacterias, respectivamente como se detalla a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción del procesamiento analítico de datos.

Análisis	Variable	Método/ Equipo
Físico	Clase textural	Laboratorio AGROBIOLAB
Químico	Fertilidad – básico: pH, S, P, K, Ca, Mg, Materia orgánica.	
Microbiológico	Conteo de bacterias	Medio de cultivo LMA
	Conteo e identificación de hongos	Medio de cultivo PDA

2.3 Materiales, equipos e insumos

2.3.1 Materiales en el campo

Para llevar a cabo esta investigación de campo experimental se utilizaron los siguientes materiales:

- Libreta
- Fundas rotuladas
- Palín o pala
- Cinta métrica
- Cuchillo
- GPS
- Botas

- Cámara fotográfica
- Fundas para recolección de muestras

2.3.2 *Materiales en el laboratorio*

Para el análisis microbiológico del suelo, en el laboratorio de la Universidad Estatal península de Santa Elena (CEB) se utilizó lo siguiente:

- Papel aluminio
- Algodón
- Autoclave
- Estufa
- Incubadora
- Balanza digital de precisión
- Espátulas
- Matraces de Erlenmeyer de 250 y 500 mL
- Plato calentador
- Vasos de precipitación (250 mL)
- Tubos de ensayo
- Cajas Petri
- Gradilla
- Probeta 250 mL
- Pera de succión
- Pipeta
- Tips pipeta
- Mortero
- Embudo
- Agitadores
- Medidor de pH
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Microscopio
- Estereomicroscopio
- Mechero de alcohol

- Frasco lavador
- Refrigerador de laboratorio
- Guantes
- Mandil
- Cámara digital

Reactivos

- Potato Dextrose Agar (PDA)
- Manitol
- Extracto de levadura
- K_2HPO_4
- $MgSO_4$
- CINa
- Agar
- Agua destilada
- Alcohol
- Azul de lactofenol

2.4 Conducción o manejo del experimento

2.4.1 *Recolecta de muestras de suelo*

Para la recolección de muestras, se realizó un croquis con el fin de definir el lote o sitio de la hacienda Ruth, utilizando la aplicación Google maps.

El recorrido se ejecutó en zig-zag, una vez definido el lote o sitio, consistió en caminar unos 25 a 30 pasos entre puntos formando líneas cruzadas, recolectando 6 submuestras por lote que luego fueron mezcladas hasta obtener una muestra.

Por submuestra se colectó una cantidad de 1 kg de suelo a una profundidad de 0 a 50 cm, que luego fueron mezcladas, y de la mezcla se extrajo 1 kg de suelo como se observa en la tabla 3 (Mendoza y Espinoza, 2017). Previo a la colecta se eliminó la cobertura vegetal y piedras presentes en la superficie en el área de muestreo.

Por último, se depositaron cada una de las muestras en fundas plásticas limpias, y con respectiva etiqueta para transportarlas hasta el laboratorio, donde se realizó el análisis microbiológico. Y enviadas a laboratorio de AGROBIOLAB para su análisis físico – químico.

Tabla 3. Muestras y submuestras de suelo colectadas en los cultivos de banano y palma africana.

Cultivo	Lotes	Muestras	N° Submuestras	Descripción
Banano	L3	M1	6	Presenta una coloración café oscuro, con alto porcentaje de humedad.
	L6	M2	6	
	L7	M3	6	
Palma africana	L3	M1	6	Presenta una coloración café, con cierto bajo porcentaje de humedad y cubierta vegetal
	L7	M2	6	
	L5	M3	6	

2.4.2 Almacenamiento de muestras en el laboratorio

En el laboratorio para el posterior análisis, al obtener muestras de suelo muy húmedas se procedió a secar al aire libre, por aproximadamente 24 horas. Para su almacenamiento, se utilizó el método de refrigeración a 4°C, con el fin de interrumpir los procesos biológicos y que mantendrá las muestras por periodos no tan largos (UNC, 2015).

2.4.3 Preparación de muestras para el aislamiento de microorganismos

Se pesaron 5 gr de suelo por cada kg de muestra según lo descrito por Zuñiga (2012) en el Manual de Microbiología Agrícola, después se colocó en un matraz de 250 mL los 5 g (muestra madre) con 45 mL de solución salina al 0,85%, se realizó el mismo proceso con las 6 muestras.

2.4.4 Preparación de diluciones por muestras

Previamente los tubos de ensayo, pipetas y algodón se colocaron a esterilizar por 2 horas a 180°C. Se prepararon diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , recomendadas para el recuento de microorganismos acorde al Manual de Microbiología Agrícola de Zuñiga (2012).

Para la obtención de las diluciones con una pipeta estéril se tomó 1 mL de la suspensión y se transfirió a un tubo de ensayo con 9 mL de solución salina al 0,85% (10^{-2}) y así repetidamente hasta llegar a la dilución 10^{-5} .

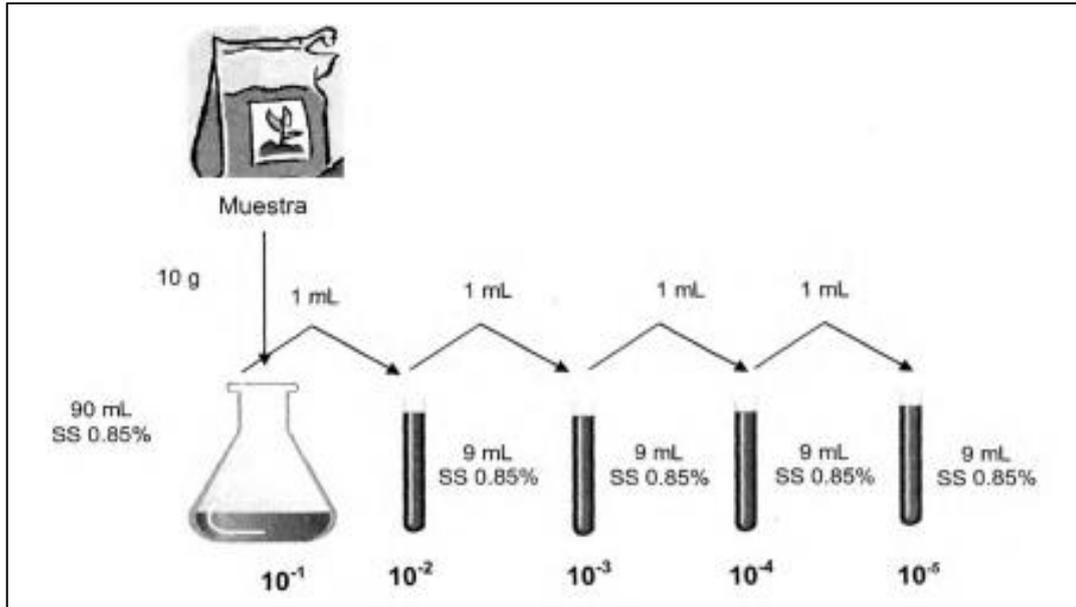


Figura 2. Procedimiento de la preparación de diluciones para el recuento de microorganismos. Fuente: Zúñiga (2012).

2.4.5 Preparación de medios de cultivo

Para el aislamiento de hongos se utilizó el medio de cultivo Potato Dextrosa Agar (PDA). Se prepararon 1000 mL del medio en dos matraces de 500 mL para completar lo requerido, previamente se pesó el componente del medio de cultivo: 19.5 g de PDA, se disolvió en 500 mL agua destilada con la ayuda de un agitador hasta conseguir una mezcla homogénea. En un mortero se procedió a moler una cápsula de claritromicina de 250 g para disolver en 150 mL de agua destilada, con el fin de agregar esta mezcla al medio PDA evitando la proliferación de bacterias (Zuñiga, 2012).

Para el aislamiento de bacterias se utilizó el medio Extracto de Levadura Manitol Agar (LMA), empleada para el aislamiento de bacterias rizosféricas. Se prepararon 1000 mL de medio en dos matraces de 500mL, previamente se pesaron los componentes del medio de cultivo: 5 g manitol, 0.25 g de extracto de levadura, 0.25 g K_2HPO_4 , 0.05 g $MgSO_4$, 0.10 g NaCl, 7.5 g agar se disolvió en 500 mL agua destilada con la ayuda de un agitador hasta conseguir una mezcla homogénea. Una vez preparados los medios se procedió a colocarlos en el plato agitador para homogenizar. Después fueron esterilizados a 121 °C por 15 min a 1 ATM (Zuñiga, 2012).

2.4.6 Siembra de microorganismos

Se colocaron aproximadamente 12 mL de medio de cultivo en cada caja Petri, con su respectiva rotulación. Para la siembra de microorganismos en condiciones de asepsia se procedió a colocar 100 microlitros de la dilución en cada caja Petri y luego se esparció por todo el medio, con tres repeticiones por cada dilución – muestra para hongos y bacterias respectivamente, como se muestra en la Tabla 4 (Zuñiga, 2012).

Tabla 4. Esquema de muestreo en el laboratorio.

Cultivo	Lotes	Muestras	Tratamientos	N° Repeticiones por tipo de microorganismo
Banano	L3	M1	M1 10 ⁻²	3
			M1 10 ⁻³	3
			M1 10 ⁻⁴	3
			M1 10 ⁻⁵	3
	L6	M2	M2 10 ⁻²	3
			M2 10 ⁻³	3
			M2 10 ⁻⁴	3
			M2 10 ⁻⁵	3
	L7	M3	M3 10 ⁻²	3
			M3 10 ⁻³	3
			M3 10 ⁻⁴	3
			M3 10 ⁻⁵	3
Palma africana	L3	M1	M1 10 ⁻²	3
			M1 10 ⁻³	3
			M1 10 ⁻⁴	3
			M1 10 ⁻⁵	3
	L7	M2	M2 10 ⁻²	3
			M2 10 ⁻³	3
			M2 10 ⁻⁴	3
			M2 10 ⁻⁵	3
	L5	M3	M3 10 ⁻²	3
			M3 10 ⁻³	3
			M3 10 ⁻⁴	3
			M3 10 ⁻⁵	3

2.4.7 Incubación para la proliferación de microorganismos.

Una vez sembradas las diluciones en cada una de las cajas Petri, se procedió a sellar y colocarlas en la incubadora a una temperatura de 28 °C la lectura se realizó al tercer día para hongos y al sexto día para las bacterias (Zuñiga, 2012).

2.4.8 Preparación de muestras para la observación de hongos al microscopio

Para la observación al microscopio, se utilizaron preparaciones fijadas, se añadió una gota del colorante azul de lactofenol y con la ayuda de un asa de siembra previamente esterilizada y flameada, se colocaron las muestras fungales obtenidas de los aislamientos, y se procedió a colocar el cubreobjeto, se observó a 4, 10 y 40X acorde a Cepero (2012).

2.4.9 Identificación de microorganismos

Para la identificación fenotípica de los hongos se utilizó el objetivo de 40X, coloreado con el azul de lactofenol y se utilizó la aplicación Fungi Application y las claves taxonómicas de (Barnett y Hunter, 2002) comparando las características morfológicas de los hongos encontrados en las muestras de suelo analizadas. Mientras que para las bacterias se utilizó el medio selectivo LMA (Zuñiga, 2012). También se empleó el contador virtual APD Colony Counter.

2.5 Parámetros evaluados

2.5.1 Físicos – Químicos y Microbiológico

Textura, pH, S, P, K, Ca, Mg, Materia orgánica: mediante análisis físico – químicos realizados, se evaluó la textura del suelo que caracteriza a cada uno de los lotes escogidos.

La presencia de bacterias y hongos encontradas en las muestras de suelo se realizó con las herramientas descritas anteriormente.

2.6 Análisis de los resultados

De la data obtenida de los aislados de hongos y bacterias se elaboró una hoja de Excel (Microsoft) que permitió generar los promedios de los conteos de UFC de los microorganismos encontrados en el suelo, con lo cual se elaboraron tablas y gráficos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Muestreo de suelos

Se logró coleccionar muestras de suelo en lotes o sitios diferentes de dos cultivos localizados en la hacienda Ruth ubicada en la Provincia de los Ríos, que incluyen tres lotes del cultivo de banano (lotes 3, 6 y 7) y tres en el cultivo de palma africana (lotes 3, 5 y 7) (Figura 3). Con un manejo agronómico mencionado anteriormente y en condiciones meteorológicas detalladas en la Tabla 1.



Figura 3. Cultivo de Palma Africana. **A,** Cultivo de Banano. **B,** Etiquetado de muestras. **C,** Muestras en el cultivo por lote de los cultivos. **D.**

3.2 Análisis de suelo

Las características físicas – químicas del suelo del lote 3 en el cultivo de palma africana de la hacienda Ruth presenta un suelo con textura Franco Arcilloso Arenoso – Franco Arenoso, pH ligeramente ácido (5.60), nivel alto de materia orgánica (4.02%), nivel suficiente de fósforo (P), niveles medio de azufre (S) y potasio (K) y niveles bajos de calcio (Ca) y magnesio (Mg). El lote 7 del mismo cultivo presenta una textura Franco Arenoso, un pH ligeramente ácido (5.90), niveles suficientes de materia orgánica (3.54%), y S, y niveles bajos de P, K, Ca y Mg. El suelo del lote 5 tiene una textura Franco, un pH ligeramente ácido (5.70), niveles medios de materia orgánica (2.81%), S, Ca y Mg y niveles altos de P y K (Tabla 5). Resultados similares fueron encontrados por López Ulloa y Montalvo Orrico (2019), en su estudio realizado para la caracterización de micorrizas con analisis fisico – quimico anteriormente citados. Asi mismo, Ibañez Fernandez (2021), en su investigación al mismo cultivo con relación al contenido nutritivo foliar, el suelo posee características que concuerdan con la textura, pH, materia orgánica, y niveles de P,S, K, Mg y Ca obtenidas en este trabajo.

En el cultivo de banano (lotes 3, 6 y 7), con un manejo agronómico y condiciones meteorológicas detalladas anteriormente, los suelos poseen niveles altos a medios de P, S, K, niveles de medios a bajos de Ca y Mg, niveles suficientes de materia orgánica, pH ligeramente ácido y texturas franco arcilloso limoso a franco arenoso (Tabla 5). Acorde a Chabla (2018) en su estudio de suelo realizado en la provincia de El Oro en el mismo cultivo bajo un sistema de riego subfoliar (aspersores), y los resultados descritos por Banchón (2021) del suelo productivo bananero posee características físicas y nivel de Ca que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. Por el contrario, mencionan que la materia orgánica posee un nivel bajo, pH prácticamente neutro, niveles suficientes de K y Mg citado anteriormente.

Tabla 5. Valores del análisis de suelo obtenidos por lotes en el cultivo de palma africana y banano.

Características del suelo	Cultivo de palma africana			Cultivo de banano		
	L3	L5	L7	L3	L6	L7
Nº Lotes	FCO. ARC.			FCO.		
Textura	AS – FCO. AS.	FCO	FCO. AS.	FCO. ARC – FCO. AS	FCO. ARC. LI	FCO. AS.
Nivel pH	5.60 LAc	5.70 LAc	5.90 LAc	6.40 LAc	6.10 LAc	6.30 LAc
MO %	4.02 A	2.81 M	3.54 S	3.71 S	3.38 S	3.23 S
P (ppm)	12.10 S	18.60 A	4.00 B	9.60 M	8.10 M	15.80 A
S (ppm)	22.10 M	18.70 M	36.50 S	15.60 M	13.20 M	12.40 M
K (meq/100mL)	0.23 M	0.45 A	0.11 B	0.67 M	0.63 M	1.48 A
Ca (meq/100mL)	3.46 B	5.01 M	1.46 B	5.22 M	6.06 M	4.36 B
Mg (meq/100mL)	0.76 B	1.58 M	0.47 B	1.00 B	1.57 M	1.12 B

FCO=Franco, ARC=Arcilloso, Li=Limoso, AS=Arenoso, LAc=Ligeramente ácido, S=Suficiente, M=Medio, B=Bajo, A= Alto.

3.3 Recuento de hongos del suelo en los cultivos de Banano y Palma Africana

Se aislaron hongos rizosféricos a partir de las muestras de suelo del cultivo de banano. Las colonias fungales obtenidas se sembraron en medio PDA por dilución con tres repeticiones cada una. Se obtuvo un promedio de 38 UFC/g suelo seco, en la muestra 1. En la muestra 2 se obtuvo un promedio de 51 UFC/g suelo seco aislados en total. Y en la muestra 3 se obtuvo un promedio total de 43 UFC/g suelo seco aislados. En otro estudio realizado por Toro (2005), en el mismo cultivo con manejo tradicional y condiciones edafoclimaticas similares obtuvo un promedio máximo de 59 UFC/g suelo seco, acorde con lo reportado en este trabajo, ya que las UFC/g suelo seco.

Por otro lado, Silveria (1987) menciona que la cantidad de UFC/g suelo seco aumenta en suelos con pH ácido, lo que se evidenció en las muestras del cultivo de banano, con mayor promedio la muestra 2 de UFC/g suelo seco (pH 6.10), seguido de la muestra 3 (pH 6.30) y por último la muestra 1 (pH 6.40) (Figura 4).

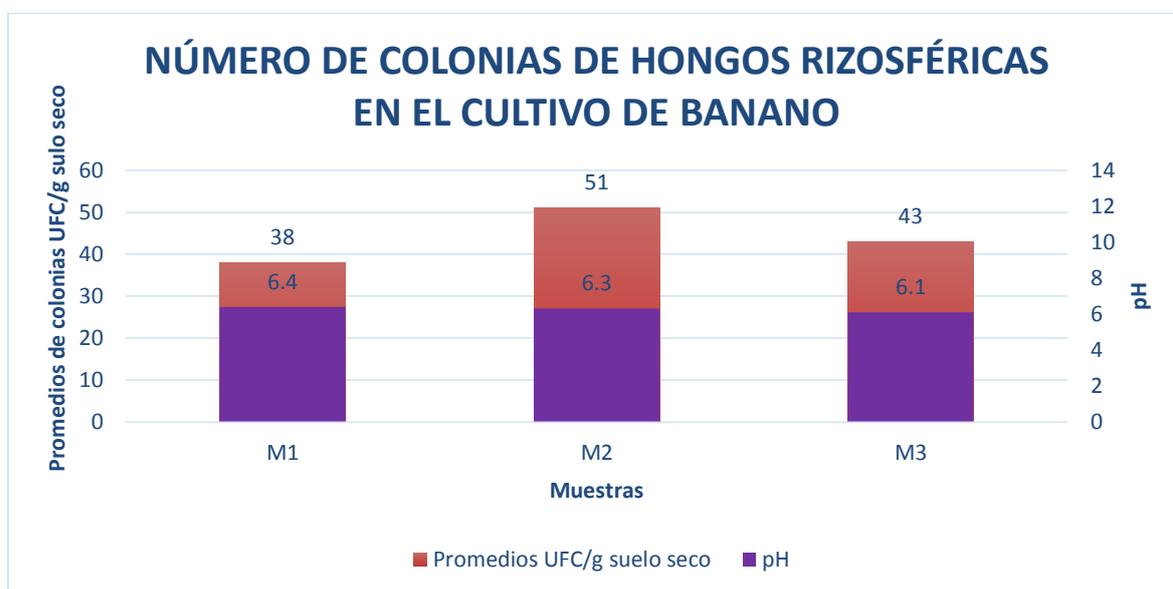


Figura 4. Promedios de colonias de hongos rizosféricos UFC/g suelo seco por muestras en el cultivo de banano.

Para el cultivo el cultivo de palma africana, se obtuvieron promedios de 39, 28 y 26 UFC/g suelo seco aislados de cada dilución en las muestras 1, 2, y 3 respectivamente. Acorde a Bolaños (2013), en el mismo cultivo sin riego obtuvo un promedio de 18 UFC/g suelo seco datos diferentes a los resultados obtenidos en esta investigación, quizás debido a los distintos medios de cultivo utilizados. Asi mismo relacionado con lo definido por Siveria (1987) el mayor promedio de número de aislados UFC/g suelo seco pertenece a la muestra

1 (pH 5.60), seguido de la muestra 2 (pH 5.70) y por último la muestra 3 (pH 5.90) con el menor número de aislados (Figura 5). Cada uno de los promedios de los conteos de UFC mencionados se calculó a partir de datos que se encuentran detallados la tabla del Anexo A3

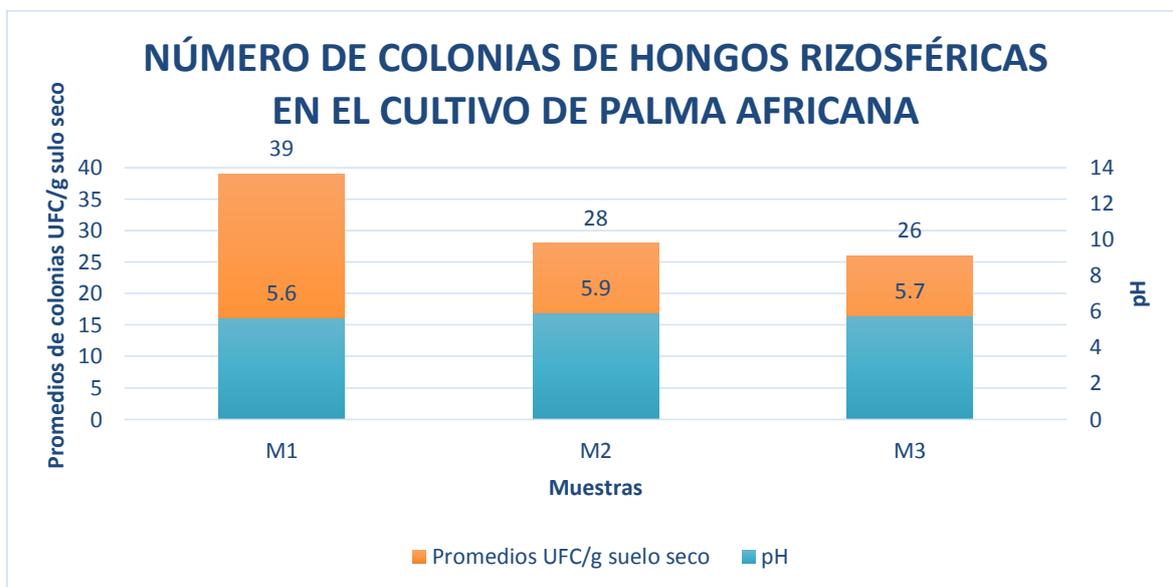


Figura 5. Promedios de UFC/g suelo seco de hongos rizosféricos por muestras obtenidos en el cultivo de palma africana.

3.4 Recuento de bacterias de suelo en los cultivos de Banano y Palma Africana

En el cultivo de banano se aislaron bacterias rizosféricas a partir de las muestras en diferentes lotes. Las colonias obtenidas se sembraron en medio LMA por dilución con tres repeticiones cada una. Se obtuvo a partir de los promedios de conteos por dilución, un promedio de 1005 UFC/g suelo seco aislados para la muestra 1, para la muestra 2 se registró 1235 UFC/g suelo seco aislados en total; y, un promedio total de 1462 UFC/g suelo seco aislados se obtuvo en la muestra 3. En la investigación realizada por Toro (2005), se obtuvo un promedio de 1457 UFC/g suelo seco total de bacterias, promedio aproximado a los resultados obtenidos en la presente investigación (Muestra 3). Sin embargo, las UFC/g suelo seco en la muestra 1 y 2 difieren de las UFC/g suelo seco descrito por Toro (2005) quizás también a causa del uso de diferentes medios de cultivo. Silveria (1987) indica que, un pH neutro y mayor porcentaje de materia orgánica permite el crecimiento de bacterias en un número mayor a otros microorganismos, discrepando en la presente investigación, reportando que el promedio mayor de UFC/g suelo seco fue de la muestra 3 (pH 6.30 y MO 3.23), seguido de la muestra 2 (pH 6.10 y MO 3.38) y por último, la muestra 1 con menor UFC/g suelo seco (pH 6.40 y MO 3.71) (Figura 6).

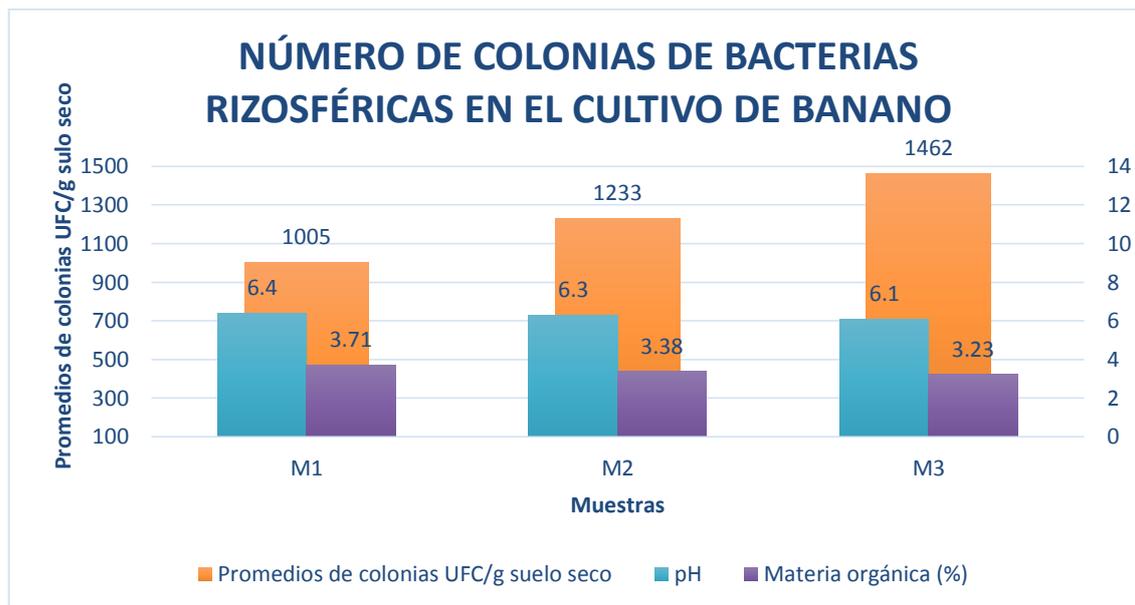


Figura 6. Promedios de conteo de colonias de bacterias rizosféricas UFC/g suelo seco por muestras en el cultivo de banano.

Se obtuvieron promedios de 993, 1235 y 980 UFC/g suelo seco aislados en total de los promedios de cada dilución en las muestras 1, 2 y 3 respectivamente en el cultivo de palma africana. Bolaños (2013), en palma africana sin riego obtuvo un promedio de 5860 UFC/g suelo seco, datos que difieren con los resultados obtenidos en esta investigación en consecuencia a los diferentes medios de cultivo aplicados, y a la investigación de Silveria (1987) anteriormente mencionada, ya que el mayor promedio de número de aislados UFC/g suelo seco pertenece a la muestra 2 (pH 5.70 y MO 2.81), seguido de la muestra 3 (pH 5.90 y MO 3.54) y por último la muestra 1 (pH 5.60 y MO 4.02) (Figura 7). Cada uno de los promedios mencionados de los cultivos se calculó a partir de los datos detallados en el Anexo A4.

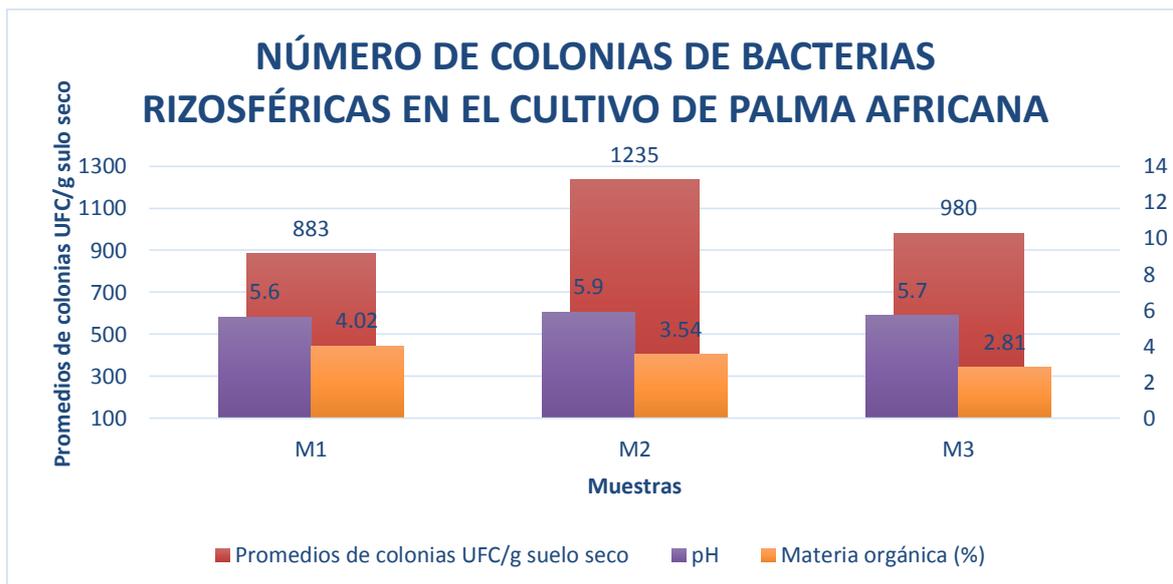


Figura 7. Promedios de colonias de bacterias rizosféricas UFC/g suelo seco por muestras en el cultivo de Palma Africana.

Se obtuvieron resultados que evidencian que el cultivo de banano posee mayores valores de UFC/g suelo seco de hongos y bacterias en relación al cultivo de palma africana, añadiendo que este último posee un suelo más ácido, niveles suficientes de materia orgánica y niveles de medios a altos de P, K, Ca y Mg lo idóneo para la proliferación de hongos (Figura 8). Acorde a Silveria (1987) difiere con los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a hongos, pero concuerda con los resultados en UFC/g suelo seco de bacterias. Sin embargo la cantidad de UFC/g suelo seco de hongos y bacterias en el cultivo de banano coincide con lo mencionado con Silveria (1987) que un suelo productivo – agrícola reporta un promedio de 40 UFC/g suelo seco de hongos aislados, y 2500 UFC/g suelo seco de bacterias aislada al tratarse de valores aproximados, mientras que el cultivo de palma africana posee valores que difieren con lo descrito por Silveria (1987).

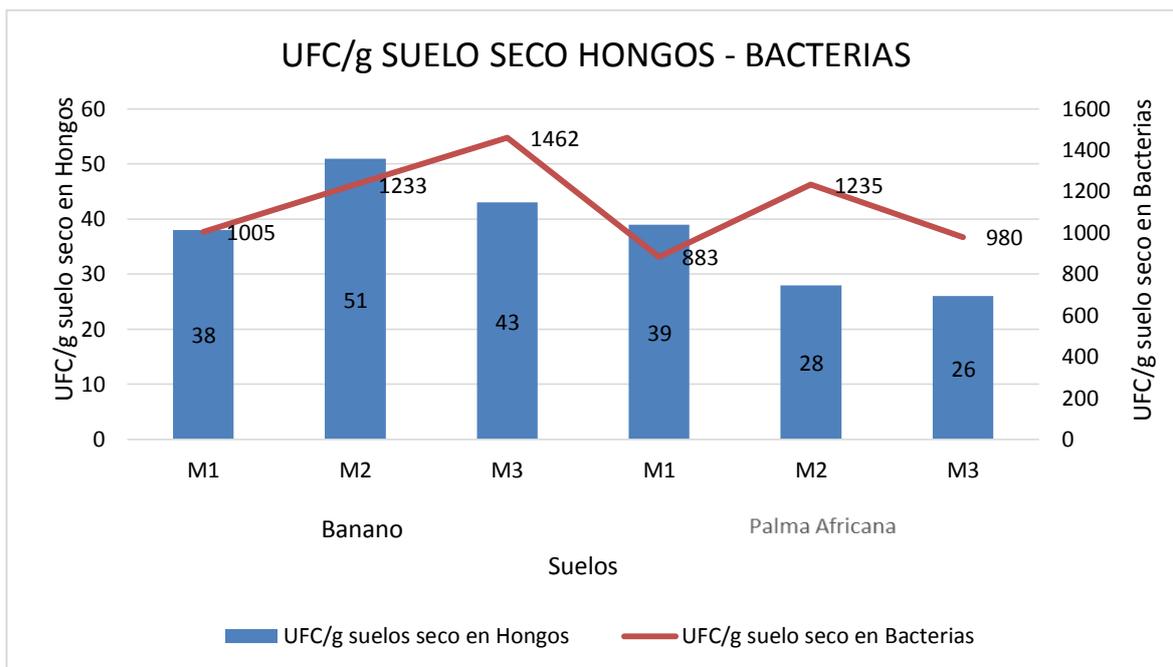


Figura 8. Comparación de promedios en los cultivos de banano y palma africana.

3.5 Identificación de hongos del suelo en los cultivos de Banano y Palma Africana

Se observaron cinco géneros de hongos entre los microorganismos aislados en el cultivo de banano, entre estos *Aspergillus* sp., con presencia en la muestra 1 y 2 (Figura 9), *Penicillium* muestra 2 y 3 (Figura 10), además de *Rhizopus*, *Pithomyces* y *Mucor* (Figura 11). Acorde a Araya et al. (2014) en los resultados de identificación obtenidos en su investigación menciona que en un suelo con manejo apropiado en el cultivo de banano, se observa presencia de *Penicillium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces* y *Fusarium*, mientras que Barrios y Sandoval (2018) en su estudio de identificación de hongos indica que en un suelo productivo – agrícola se observa presencia de *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Pytium* y *Penicillium* coincidiendo con los resultados de esta investigación.

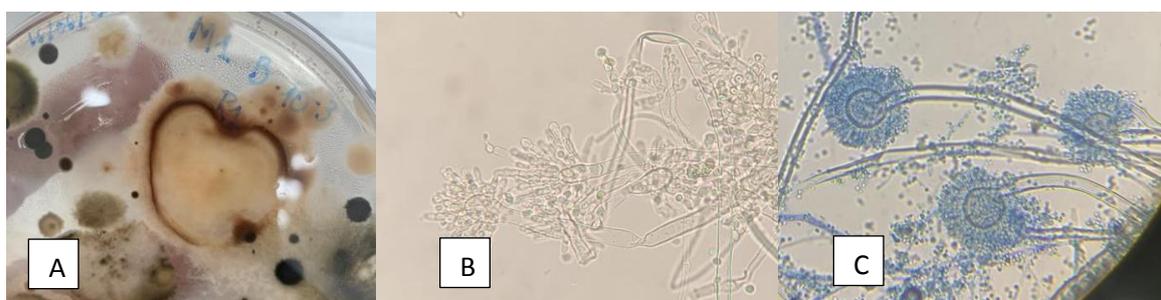


Figura 9. Identidad de hongos aislados *Aspergillus* sp. **A, B** *Aspergillus* sp. en dilución 10^{-3} muestra 1, **C** *Aspergillus* sp. en dilución 10^{-4} muestra 3.



Figura 10. Identidad de hongos aislados *Penicillium*. **A, B** *Penicillium*. en dilución 10^{-5} muestra 2, **C** *Penicillium*. en dilución 10^{-3} muestra 3.

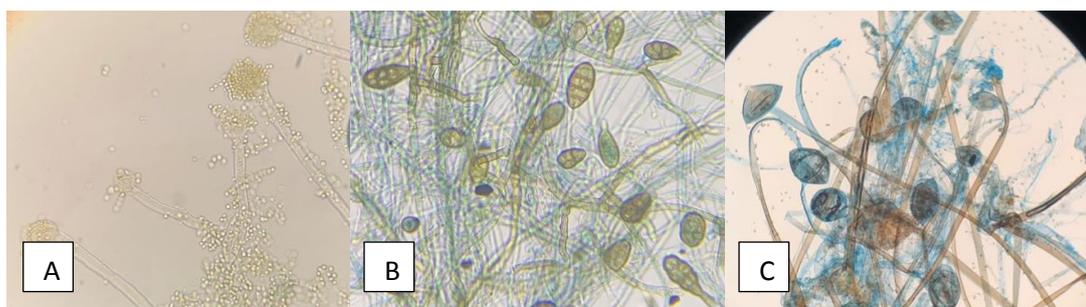


Figura 11. Identidad de hongos aislados del suelo en el cultivo banano **A** *Mucor.*, **B** *Pithomyces.* y **C** *Rhizopus.*

Se observaron tres géneros de hongos entre los microorganismos aislados en el cultivo de palma africana, entre estos *Penicillium* en la muestra 1 (Figura 12), *Aspergillus sp.*, muestra 3 (Figura 13), y *Alternaria solani* en la muestra 2 (Figura 14). Acorde a Vega *et al.* (2017), en la identificación de hongos en palma, realizado en su investigación indica que existe presencia de hongos fitopatógenos de importancia como *Colletotricum spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium decemcellulare* Brink, y *Alternaria solani*, lo que difiere en la presencia de los primeros hongos mencionados, y concuerda sólo con la presencia de *Alternaria solani* de la presente investigación.

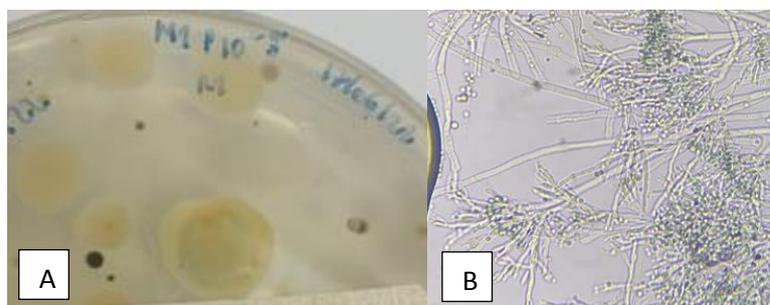


Figura 12. Identidad de hongos aislados *Penicillium*. **A, B** *Penicillium*. en dilución 10^{-4} muestra 1.

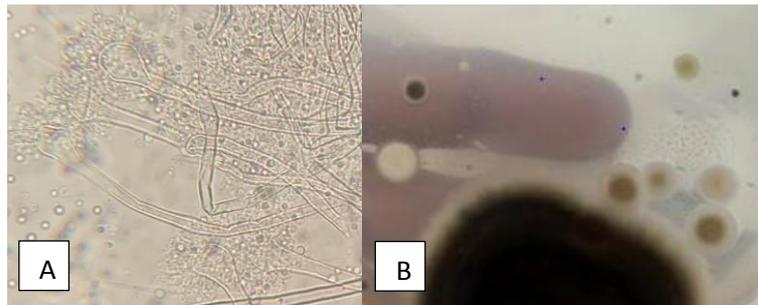


Figura 13. Identidad de hongos aislados *Aspergillus* sp. **A, B** *Aspergillus* sp. en dilución 10^{-5} muestra 3.

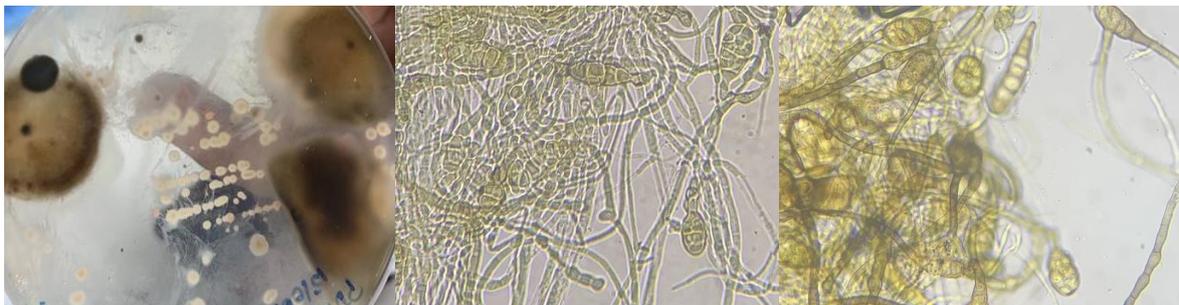


Figura 14. Identidad de hongos aislados *Alternaria solani*. **A, B** *Alternaria solani*. en dilución 10^{-2} , **C** *Alternaria solani*. en dilución 10^{-4} en muestra 2.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se obtuvieron 6 muestras en total, procedentes de lotes diferentes en el cultivo de banano y palma africana localizados en la hacienda Ruth de la provincia de Los Ríos, y a partir de esto se evaluó el estado físico, químico y microbiológico del suelo.

Se realizó un análisis de las propiedades físicas – químicas del suelo, que determinó diferencias en los niveles físicos por muestra en el suelo del cultivo de palma africana y cultivo de banano, así mismo las características químicas como pH, materia orgánica los niveles de nutrientes (S, K, Ca y Mg) coinciden entre muestras, y se encuentran en niveles de nutrientes de medio a altos, ideal para el correcto desarrollo del cultivo mientras que, el P se encuentra en niveles de bajos a medio.

Se identificaron los microorganismos presentes en cada una de las muestras en los cultivos de banano y palma africana, evidenciando la presencia de ciertos hongos en ambos cultivos como *Penicillium* y *Aspergillus* sp. Y otros como *Mucor*, *Pithomyces* y *Rhizopus* en el cultivo de banano y *Alternaria solani* en el cultivo de palma africana.

Se estableció mediante conteo de UFC/g suelo seco una probable relación con los niveles de pH, y materia orgánica del suelo. Siendo estos factores de gran importancia en la proliferación de microorganismos del suelo y a la vez estos microorganismos beneficiosos para mantener la fertilidad del suelo. Se evidenció que el suelo del cultivo de banano al poseer pH ligeramente ácido y niveles suficientes del %MO tiene menos dificultad de establecerse colonias fungales rizosféricas.

Recomendaciones

A partir del estudio realizado en el siguiente trabajo y en base a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente para futuras investigaciones:

- Realizar esta investigación con otros medios de cultivos nutritivos para hongos y bacterias, además de probar con el uso de antibióticos diferentes añadidos al medio de cultivo para evitar la proliferación de bacterias.
- Evaluar en diferentes tiempos de incubación las muestras aisladas en el medio de cultivo para lograr una probable mayor diversidad de grupos de microorganismos de los suelos en producción.

- Se recomienda ejecutar investigaciones sobre otras poblaciones de microorganismos en los cultivos de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Ramón, R. R., 2015. *La producción y exportación del banano y su incidencia en la economía ecuatoriana en el periodo 2008-2013*, Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Alarcón, L., 2015. *Proyecto de factibilidad para la producción, acopio y exportación de yuca fresca parafinada de la variedad Valencia*, s.l.: Mercado del Reino Unido.
- Almache, E. R., 2008. *Cultivo de Palma Africana*, Guayaquil-Ecuador: ESPOL.
- Álvarez Córdova, E., 2018. *Cultivo de plátano (Musa paradisiaca)*, El Salvador : CENTA.
- Aquiles, S., 2006. *Utilidad e importancia del análisis de suelos*, s.l.: INTA.
- Araya, M., Tapia, A., Mata, R. y Serrano, E., 2014. Efecto de la aplicación de compost y nematicida sobre la dinámica de las poblaciones de microorganismos, nematodos fitoparásitos del suelo y la salud del sistema radical en el cultivo del banano (Musa AAA) sembrado en domos.. *Agronomía Costarricense*, 38(2), p. 13.
- Arteaga Alcivar , F. J., 2015. *Origen y evolución del banano*, Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Banchón Chonillo , J., 2021. *Diseño de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de banano para la "Finca El Garrido" en el cantón pasaje, Provincia Del Oro*. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6363/1/UPSE-TIA-2021-0079.pdf>
- Barea, J. y Olivares, J., 1998. *Manejo de las propiedades biológicas del suelo*. Madrid: Mundi Prensa.
- Baridón , E. y Villarreal, J., 2017. *Aula Virtual UNLP*. Disponible en: <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/10196/course/section/2634/CULTIVO%20DE%20BANANO%202017.pdf>
- Barnett, H. y Hunter, B., 2002. *Illustrated Genera Of Imperfect Fungi*. s.l.:s.n.
- Barrios, M. y Sandoval, C., 2018. Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 5(1), p. 9.
- Benintende, S. y Sánchez, C., 2000. *Microorganismos del suelo*. s.l., Universidad Nacional de Entre Ríos.
- Bolaños Carriel , C., 2013. *Investigaciones en Palma Aceitera*. Primera ed. Santo Domingo de los Tsáchilas: ANCUPA.
- Carvajal, M. y Murgueitio, F., 2017. *Características de las proteínas de la cascara de plátano tipo Williams (Giant Cavendish)*, Ecuador : Universidad de Guayaquil .
- CEDAF, 2001. *El cultivo de Plátano*. 2da Edición ed. Santo Domingo: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.
- Cepero, M., 2012. *Biología de hongos*. Bogotá: Universidad de los Andes. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/upse/69414>
- Chabla Carrillo, J., 2018. *Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos de la compactación de suelos bananeros bajo sistemas de riego*, Coruña: Universidad de Coruña.

- Ciro Velásquez , H. J., 2011. Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). En: L. F. G. Giraldo, ed. *Desarrollo y Transversalidad* . s.l.:Board , pp. 163-191.
- Durán, N., 1999. *Manejo de la nutrición y fertilización en Palma* , Costa Rica : CIA, Facultad de Agronomía .
- Elbehri, A., Elbehri, A., Calberto, G. y Staver, C., 2015. *Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador*, Roma: FAO.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E., 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2 ed. Costa Rica: IICA.
- Fernandez, C. I., 2021. *Caracterización físico - químico de suelos y contenido de nutrientes foliáres en Palma Africana.*, Montería: Universidad de Córdoba.
- Geoportales y Visores Geográficos, 2022. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Disponible en: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- Guzmán, C., González, M. y Sevilla, E., 2000. *Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible*. España: Grupo Mundiprensa.
- Ibañez Fernandez, C., 2021. *Caracterización físico - químico de suelos y contenido de nutrientes foliares y su relacion con la incidencia de la pudrición de cogollo en Palma Africana (Elaeis guineensis Jacq)*, Monteiro: Universidad de Córdoba.
- INIAP, 2014. *Palma Africana*. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/molea/rpalma#>
- Intagri, 2018. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de banano. *Artículos Técnicos de INTRAGRI*, Serie Frutales (33), p. 3.
- Loaiza, S., 2016. *Respuesta de tres variedades de rosa (Rosa sp.) a diferentes dosis de compost biocatalítico microbiano*, Quito: s.n.
- López Ulloa , R. y Montalvo Orrico, C., 2019. Características de micorrizas arbustivas en diferentes materiales genéticos de palma aceitera, Concordia - Ecuador. *Revista científica Ecuador es Calidad*, 6(1), p. 6.
- López, A. y Espinoza, J., 1995. *IPNI*. Disponible en: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf)
- Marín García, M., 2004. *Análisis químico de suelos y aguas. Transparencias y problemas*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/upse/60572>
- Mendoza , R. y Espinoza, A., 2017. *Guía técnica para muestro de suelos*, Nicaragua: UNA.
- Mora, E. C., 2018. *Analisis de la producción de palma africana en la provincia de Los Ríos periodo 2014-2017*, Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Moreno, H., Gisbert, J. y Ibañez, I., 2010. *Estructura del suelo*, Valencia-España: s.n.
- Mujica, C., Torres, E. y Vargas , M., 2010. *Universidad de investigación y desarrollo*. Disponible en: <https://www.udi.edu.co/investigaciones/142-publicaciones/973-publicaciones>

- Naranjo, J., Vera, M. y Mora, A., 2020. Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador). *In Siembra*.
- Ocegueda, M., 2007. *Efecto de la aplicación de compostas sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo en el cultivo de frijol*, Jalisco: s.n.
- Rosales, F., 2008. *Bioversity International*, Costa Rica: FONTAGRO.
- Saéz, N. P., 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Tierra Latinoamericana* , 17(3), pp. 231-235.
- Silveria, E., 1987. *Microbiología del ambiente*, s.l.: Universidad central de Villas.
- Tirado Vera, J. W. y Zalazar Rosado, G. M., 2018. *Banano (Cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal*, Calceta: s.n.
- Toro Moreira, T., 2005. *Evaluación poblacional de microorganismos en suelos con manejo orgánico y tradicional de banano en Porvenir, La Paz, Bolivia*: UMSA.
- UNC, 2015. *Guía de actividades prácticas microbiológicas* , s.l.: FCA.
- Valencia, C., 2010. *Bioquímica de suelos*, México : Universidad Autónoma de México.
- Vega, E., Taípe, M. y Ducicela, J., 2017. Identificación de hongos y bacterias asociadas a la pudrición de cogollo en palma de aceite mediante el sistema biológico.. *Ecuador es calidad*, I(10), p. 11.
- Vera, C. G. R., 2014. *Respuesta de vitro-plantas de Banano (Musa spp.) variedad velry en la fase de aclimatación de vivero en diferentes sustratos*, Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Vizueta, O., 2008. *Estudio del efecto de la movilidad de agua a diferentes estados de madurez en la deshidratación osmótica del banano*, Guayaquil, Ecuador: Universidad ESPOL.
- Zuñiga, D., 2012. *Manual de Microbiología Agrícola*. Primera Edición ed. Peru: EDIAGRARIA.

ANEXOS

Anexo 1A. Análisis de suelo en el cultivo de banano de la hacienda la Ruth.



AGROBIOLAB
Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.
 LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025
 Baldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador
 Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

SUELOS

Datos del Cliente				Referencia		Interpretación			
Cliente : COELLO ALFONSO Prop / Dir : HDA RUTH Cultivo : BANANO Ingreso : 22/05/2022 No. Lab. : Desde : 160089				No. Doc.: 54804 Emisión: 27/05/2022 Impreso: 27/05/2022 Página: 1 de 4		Textura <small>Boul, S.W. 1973</small> Fco = Franco Arc = Arcilloso As = Arenoso Li = Limoso Are = Arena Fca = Franca	Elementos <small>INCAP, Inf. Téc. 1975</small> B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso	pH <small>Koel, J.E. 1962</small> Ac = Acido LAc = Lig. Acido Pn = Prac. Neutro LAl = Lig. Alcalino Al = Alcalino	
**Ensayo : 25/05/2022 Hasta : 160093									

Nombre : LOTES 3 y 4,
 No. Lab. : 160090 Profund (cm): 0-20

*pH	*C. E. <small>mmbhos/cm</small>	*M. O. %	*NH4 ppm		P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.40LAc	0.25B	3.71S	47.60M		9.60M ± 1.53	0.67M ± 0.12	5.22M ± 0.93	1.00B ± 0.17	0.08B	6.97B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
5.70E ± 1.14	119.70E ± 34.12	3.90B CL.C.	5.30M ± 2.01	0.40B	15.80M	30.69E	5.22E	1.49B	9.28M	

Nombre : LOTES 5 y 6,
 No. Lab. : 160089 Profund (cm): 0-20

*pH	*C. E. <small>mmbhos/cm</small>	*M. O. %	*NH4 ppm		P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.10LAc	0.29B	3.38S	51.60M		8.10M ± 1.29	0.63M ± 0.11	6.06M ± 1.09	1.57M ± 0.26	0.20M	8.46B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
4.90A ± 0.98	127.60E ± 38.17	4.80B CL.C.	6.20M ± 2.35	1.15M	13.20M	26.58E	3.86A	2.49B	12.11A	

Nombre : LOTES 7 y 8,
 No. Lab. : 160092 Profund (cm): 0-20

*pH	*C. E. <small>mmbhos/cm</small>	*M. O. %	*NH4 ppm		P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.30LAc	0.85B	3.23S	50.30M		15.80A ± 2.52	1.48A ± 0.26	4.36B CL.C.	1.12B ± 0.19	0.08B	7.04B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
6.30E ± 1.25	126.10E ± 38.75	5.50M ± 1.48	5.20M ± 1.97	0.77B	12.40M	22.92E	3.89A	0.75B	3.70B	

Anexo 2A. Análisis de suelo en el cultivo de palma africana de la hacienda la Ruth.



AGROBIOLAB

Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025

Aldumbide N49-204 y Luis Callisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador

Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

SUELOS

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación		
Cliente : ACOWIL S.A. Prop / Dir : ACOWIL S.A. Cultivo : PALMA AFRICANA Ingreso : 22/05/2022 No. Lab. : Desde :160053	No. Doc.: 54762 Emisión: 27/05/2022 Impreso: 27/05/2022 Página: 1 de 4	Textura <small>Boul, S.W. 1973</small> Fco = Franco Arc = Arcilloso As = Arenoso Li = Limoso Are = Arena Fca = Franca	Ejementos <small>INAP, Int. Téc. 1978</small> B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso	pH <small>Knoel, J.E. 1962</small> Ac = Acido LAc = Lig. Acido Ph = Prac. Neutro LAI = Lig. Alcalino AI = Alcalino
**Ensayo : 25/05/2022 Hasta : 160057				

Nombre : LOTE 3 -

No. Lab. : 160056 Profund (cm): 0-20 Arena % : 62.000 Arcilla % : 20.000 Limo % : 18.000 Clase Textural: FCO. ARC. AS. -FCO. AS.

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
5.60LAc	0.27B	4.02A	71.30A	12.10S ± 1.93	0.23M ± 0.04	3.46B <L.C.	0.76B ± 0.12	0.05B	4.50B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4
2.20M ± 0.44	132.20S ± 34.37	5.20M ± 1.40	1.00B	6.63E	22.10M	25.42E	4.55E	3.30E	18.34E

Nombre : LOTE 5 -

No. Lab. : 160058 Profund (cm): 0-20 Arena % : 44.000 Arcilla % : 24.000 Limo % : 32.000 Clase Textural: FCO.

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
5.70LAc	0.33B	2.81M	57.40S	18.60A ± 2.97	0.45A ± 0.08	5.01M ± 0.90	1.58M ± 0.26	0.05B	7.09B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4
2.50M ± 0.50	166.00E ± 49.16	5.70M ± 1.53	1.20B ± 0.45	0.01B	18.70M	29.12E	3.17E	3.51E	14.64E

Nombre : LOTE 7 -

No. Lab. : 160060 Profund (cm): 0-20 Arena % : 62.000 Arcilla % : 18.000 Limo % : 20.000 Clase Textural: FCO. AS.

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
5.90LAc	0.19B	3.54S	74.40A	4.00B ± 0.64	0.11B ± 0.01	1.46B <L.C.	0.47B <L.C.	0.06B	2.10B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*S ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4
1.90M ± 0.38	110.00E ± 26.60	3.10B <L.C.	1.20B ± 0.45	0.01B	36.50S	35.48E	3.10E	4.27E	17.54E

Anexo 3A. Tabla de valores con los promedios de UFC/g suelo seco de hongos por muestra.

Tipo de cultivo	Muestras	Submuestras	Repeticiones	Hongos	Promedio de repeticiones por dilución	Promedio de diluciones por muestra (ufc/g suelo seco)
Palma Africana	M1 B	SM 10-2	R1	52	39	38
			R2	38		
			R3	27		
		SM 10-3	R1	37	35	
			R2	36		
			R3	31		
		SM 10-4	R1	49	41	
			R2	43		
			R3	32		
	SM 10-5	R1	29	25		
		R2	27			
		R3	20			
	M2 B	SM 10-2	R1	66	58	51
			R2	57		
			R3	51		
		SM 10-3	R1	59	53	
			R2	50		
			R3	49		
SM 10-4		R1	39	37		
		R2	38			
		R3	35			
SM 10-5	R1	41	42			
	R2	44				
	R3	42				
			R1	67	66	43

Continuación...							
M3 B	SM 10-2	R2	64				
		R3	66				
		R1	52	50			
	SM 10-3	R2	49				
		R3	50				
		R1	41	45			
	SM 10-4	R2	48				
		R3	47				
		R1	39	35			
	SM 10-5	R2	34				
		R3	31				
		R1	63	55	39		
	M1 P	SM 10-2	R2	51			
			R3	50			
			R1	60	58		
SM 10-3		R2	56				
		R3	58				
		R1	37	36			
SM 10-4		R2	40				
		R3	31				
		R1	33	27			
SM 10-5		R2	25				
		R3	24				
		R1	67	60	28		
M2 P		SM 10-2	R2	54			
			R3	58			
			R1	48	39		
	SM 10-3	R2	38				
		R3	31				

Continuación...

Banano

Cavendish

M3 P	SM 10-4	R1	24	22	
		R2	25		
		R3	18		
	SM 10-5	R1	25	24	
		R2	21		
		R3	26		
	SM 10-2	R1	54	58	26
		R2	56		
		R3	63		
	SM 10-3	R1	26	26	
		R2	28		
		R3	23		
	SM 10-4	R1	32	33	
		R2	37		
		R3	29		
SM 10-5	R1	27	19		
	R2	17			
	R3	14			

Anexo 4A. Tabla de valores con los promedios de UFC/g suelo seco de bacterias por muestra.

Tipo de cultivo	Muestras	Submuestras	Repeticiones	Bacterias	Promedio de repeticiones por dilución	Promedio de diluciones por muestra (ufc/g suelo seco)
PALMA AFRICANA	M1 B	SM 10-2	R1	#i VALOR!	1060	1005
			R2	#i VALOR!		
			R3	1060		
		SM 10-3	R1	1188	1166	
			R2	#i VALOR!		
			R3	1144		
		SM 10-4	R1	768	789	
			R2	812		
			R3	788		
		SM 10-5	R1	316	416	
			R2	352		
			R3	580		
	M2 B	SM 10-2	R1	1444	1352	1233
			R2	1260		
			R3	#i VALOR!		
		SM 10-3	R1	976	1252	
			R2	1528		
			R3	#i VALOR!		
	SM 10-4	SM 10-4	R1	1204	1095	
			R2	1280		
			R3	800		
		SM 10-5	R1	752	639	
			R2	776		
			R3	388		

Continuación...					
		R1	1992	1886	1462
	SM 10-2	R2	#¡VALOR!		
		R3	1780		
		R1	1308	1398	
	SM 10-3	R2	1488		
M3 B		R3	#¡VALOR!		
		R1	1024	1101	
	SM 10-4	R2	824		
		R3	1456		
		R1	568	716	
	SM 10-5	R2	768		
		R3	812		
		R1	1232	1396	559
	SM 10-2	R2	1568		
		R3	1388		
		R1	696	710	
	SM 10-3	R2	724		
M1 P		R3	#¡VALOR!		
		R1	592	544	
	SM 10-4	R2	504		
		R3	536		
		R1	336	424	
	SM 10-5	R2	304		
		R3	632		
		R1	#¡VALOR!	1676	1235
	SM 10-2	R2	#¡VALOR!		
		R3	1676		
		R1	1344	1299	

Continuación...							
BANANO CAVENDISH	M2 P	SM 10-3	R2	1324			
			R3	1228			
		SM 10-4	R1	1092	731		
			R2	616			
			R3	484			
		SM 10-5	R1	448	440		
	R2		500				
	R3		372				
	SM 10-2	R1	1504	1692		547	
		R2	1880				
		R3	#¡VALOR!				
	M3 P	SM 10-3	R1	704	680		
			R2	828			
			R3	508			
		SM 10-4	R1	564	569		
R2			540				
R3			604				
SM 10-5		R1	356	391			
		R2	452				
		R3	364				

Anexo 5A. Preparación de medios de cultivos PDA y LMA.



Anexo 6A. Medios de cultivo (PDA y LMA) en cajas Petri para la siembra de microorganismos.



Anexo 7A. Muestras madres 10^{-1} por cultivo y lotes, para la preparación de diluciones.



Anexo 8A. Preparación de diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} .



Anexo 9A. Siembra de microorganismos en los respectivos medios de cultivo.



Anexo 10A. Incubación de muestras para la proliferación de microorganismos.

