



Evaluación físico, químico y microbiológico del suelo en cultivos de *Musa paradisiaca* Cavendish y *Elaeis guineensis* Jac. Provincia de los Ríos

Physical, chemical and microbiological evaluation of the soil in *Musa paradisiaca* Cavendish and *Elaeis guineensis* Jac crops. Los Ríos Province

Avaliação física, química e microbiológica do solo nas culturas *Musa paradisiaca* Cavendish e *Elaeis guineensis* Jac. Província dos Rios

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.252>

Javier Oswaldo Soto-Valenzuela¹
jsotov@upse.edu.ec

Manuel Salvador Álvarez-Vera²
alvemas73@hotmail.com

Jacinto Enrique Vázquez Vásquez²
jacintov70@hotmail.com

Génesis Brigitte Ricardo Ricardo¹
genesis.ricardoricardo@upse.edu.ec

¹Universidad Estatal Península de Santa Elena. La libertad, Ecuador

²Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador

Artículo recibido 12 de noviembre 2023 / Arbitrado 23 de diciembre 2023 / Publicado 20 de enero 2024

RESUMEN

El análisis físico, químico y microbiológico permite al productor determinar la condición del suelo, disponibilidad de nutrientes y estimar una planificación de fertilización remediando condiciones y mejorar el rendimiento del suelo para obtener una mejor producción. La investigación se realizó con el **objetivo** de evaluar y comparar el estado físico, químico y microbiológico del suelo en Banano (*Musa paradisiaca* Cavendish) y Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jac) Damasson 007, Provincia de los Ríos-Quevedo, Ecuador. Mediante un análisis físico químico realizado en AGROBIOLAB como servicio, y en el CEB, Universidad Estatal Península de Santa Elena para el análisis microbiológico, los parámetros considerados 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, 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. El cultivo de banano presentó niveles de P, K, Ca y Mg más altos que el cultivo de palma africana. Por otro lado, en la relación de UFC/g suelo seco se comprobó que el cultivo de banano posee mayores valores que el cultivo de palma africana.

Palabras clave: Análisis físico-químico; Microbiológico; Cultivo; Bacteria; Hongo

ABSTRACT

The physical, chemical and microbiological analysis allows the producer to determine the condition of the soil, availability of nutrients and estimate a fertilization plan to remedy conditions and improve soil performance to obtain better production. The research was carried out with the **objective** of evaluating and comparing the physical, chemical and microbiological state of the soil in Banana (*Musa paradisiaca* Cavendish) and African Palm (*Elaeis guineensis* Jac) Damasson 007, Provincia de los Ríos-Quevedo, Ecuador. Through a physical-chemical analysis carried out at AGROBIOLAB as a service, and at the CEB, Peninsula State University of Santa Elena for the microbiological analysis, the parameters considered were P, S, K, Ca and Mg, textural class, pH, organic matter and CFU /g dry soil of bacteria and fungi in 3 different batches per crop. The samples were collected at the Ruth farm, located in the Valencia-Los Ríos canton, for their evaluation the dilution method was used with three repetitions for microorganisms expressed in CFU/g dry soil. The **results** obtained determined that the soil of the banana and African palm crop has similar properties in terms of pH (LAc), texture (Fco, Fco – Arc – Li) and P level, while the African palm crop has greater amount of organic matter and S. 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 it was found that the banana crop has higher values than the African palm crop.

Key words: Physical-chemical analysis; Microbiological; Crop; Bacterium; Fungus

RESUMO

As análises físicas, químicas e microbiológicas permitem ao produtor determinar a condição do solo, disponibilidade de nutrientes e estimar um plano de fertilização para sanar condições e melhorar o desempenho do solo para obter melhor produção. A pesquisa foi realizada com o **objetivo** de avaliar e comparar o estado físico, químico e microbiológico do solo em Bananeira (*Musa paradisiaca* Cavendish) e Palmeira Africana (*Elaeis guineensis* Jac) Damasson 007, Província de los Ríos-Quevedo, Equador. Através de análises físico-químicas realizadas no AGROBIOLAB como serviço, e no CEB, Universidade Estadual da Península de Santa Elena para as análises microbiológicas, os parâmetros considerados foram P, S, K, Ca e Mg, classe textural, pH, matéria orgânica e UFC/g solo seco de bactérias e fungos em 3 lotes diferentes por cultura. As amostras foram coletadas na fazenda Ruth, localizada no cantão Valencia-Los Ríos, para sua avaliação foi utilizado o método de diluição com três repetições para microrganismos expressos em UFC/g de solo seco. Os **resultados** obtidos determinaram que o solo da cultura da bananeira e da palmeira africana possui propriedades semelhantes em termos de pH (LAc), textura (Fco, Fco – Arc – Li) e teor de P, enquanto a cultura da palmeira africana possui maior quantidade de matéria orgânica. e S. A cultura da banana apresentou maiores teores de P, K, Ca e Mg que a cultura da palma africana. Por outro lado, na relação UFC/g solo seco constatou-se que a cultura da banana apresenta valores superiores à cultura da palma africana.

Palavras-chave: Análise físico-química; Microbiológico; Cortar; Bactéria; Fungo

INTRODUCCIÓN

El cultivo banano es uno de los productos agrícolas de mayor exportación en el Ecuador, del género *Musa* donde la variedad Cavendish es el subgrupo dominante en el país (1,2). Este rubro junto al trigo, arroz, y maíz, además de su peso económico productivo, son de gran importancia, satisfacen en buena medida las necesidades alimenticias de la población, y en general son fuente de ingresos en la economía de países en vías de desarrollo como el Ecuador (3,4). Además, es una variedad que provee un alto rendimiento y un fruto de calidad de coloración verdoso. Por otra parte, en Ecuador después de Colombia es el principal productor de palma africana, del que se obtienen el aceite a partir de las plantas extractoras, convirtiéndose, en este caso, en un producto de relevancia económica y alimentaria (5,6).

La palma africana y banano son cultivados, y de gran producción, en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro y Los Ríos. En esta última provincia de Los Ríos se clasifica como un espacio con suelos fértiles, con un clima de tipo húmedo (7,8), donde se pueden sembrar diversos cultivos, entre lo que destacan el banano y palma africana, especies de tipo comercial que requieren de un manejo complejo y planificado del suelo (9). De manera que, un suelo bajo condiciones apropiadas permite el adecuado desarrollo y productividad de cultivo, por tanto, es de mucha importancia que posea buenas características físicas, químicas

y microbiológicas y las evaluaciones de estas propiedades sean actualizadas (10,11).

Las características físicas y químicas del suelo para el desarrollo óptimo del cultivo de banano, según Baridón y Villarreal (12) y Banchón (13), son el poseer un pH promedio de 6.5, una textura que varíe entre franco limosa y franco arenosa y buen drenaje, además deberían presentar altos contenidos de nutrientes como potasio, fósforo, boro, magnesio y zinc. Rosales (14) entre los microorganismos que deberían estar presentes en el suelo, en caso del cultivo de banano, están *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rodopholus similis* y *Helicot multicinctus*, entre otros.

En tanto que, un suelo apto para el cultivo de palma africana debería poseer las siguientes características físicas y químicas: presentar un pH entre 5.2 y 6, con una textura franco – arcillosa y franco limoso, con suficientes nutrientes como azufre, fósforo, calcio, hierro, potasio y poco drenaje, según Fernández (15), INIAP (8), López y Montalvo (16) e Ibáñez (17). Rosales (14) los microorganismos que deberían estar presentes en este tipo de cultivos están el *Fusarium* y *Rodopholus similis*.

En general, y con respecto a microorganismos, Silveria (18) en suelos agrícolas las UFC/g suelo seco, pueden registrar de 2500 UFC/g suelo seco de bacterias y 40 UFC/g suelo seco de hongos, por otra parte otros autores señalan que la población de bacterias no se puede estimar con precisión, solo por medio de evaluaciones a través de la técnica de dilución por placa.

Toro (19), en suelos del cultivo de banano que han mantenido un manejo tradicional se observan en promedio hasta 1457 UFC/g suelo seco total de bacterias aisladas en medio, estimadas con extracto de carne, agar, peptona, benomyl y agua destilada. Igualmente, con manejo tradicional menciona se ha observado un promedio de 59 UFC/g suelo seco total de hongos aislados, cultivados en medio con agar, dextrosa, papa pelada y trozada, sulfato de estreptomicina, agua destilada y tetraciclina. Bolaños (20) en el cultivo de palma africana con riego pueden identificarse hasta 7430 UFC/g suelo seco de bacterias aisladas y 5860 UFC/g suelo seco en cultivo sin riego. Y hasta 44 UFC/g suelo seco de hongos en suelo con riego y 18 UFC/g suelo seco sin riego.

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 (21); mientras que, y por analogía Naranjo et al. (22) los monocultivos y el sobreuso de químicos, en cultivos de banano provocaron acumulación de nutrientes en ciertas zonas, y generó como una de sus consecuencias, la disminución en su producción y alteración de fauna microbiológica del suelo.

Por otra parte, hoy en día, se están presentando numerosos avances tecnológicos en el área agrícola, donde el agricultor tiene a su disposición nuevos materiales, que le permiten un mejor

control de sus cultivos y realizar indagaciones vinculadas a las condiciones del cultivo y el suelo (23). Por tanto, en el caso del acompañamiento a estos avances es imprescindible el análisis físico, químico y microbiológico que orientan al productor, en conocer las condiciones del suelo, como la disponibilidad de nutrientes, entre otras y lograr una planificación en el uso de fertilización remediando las condiciones y mejoras del suelo para alcanzar mejores producciones (24).

Es así que el objetivo de la investigación es evaluar y comparar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo en los cultivos de banano Cavendish y palma africana Damasson 007, a fin de evidenciar las condiciones actuales que lleven a toma de decisiones posteriores orientadas a producción y problemas fitosanitarios, provincia de Los Ríos, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de campo, experimental, se realizó en los espacios de la hacienda "Ruth", emplazada en el cantón Valencia, parroquia Valencia, en la provincia de Los Ríos; su posición geográfica es a 0°54'46" latitud sur y 79°25'39" longitud oeste, en Ecuador. Se consideraron como las dimensiones de estudio las condiciones físicas, químicas y microbiológicas asociadas a las variables clase textural, fertilidad-básico (pH, S, P, K, Ca, Mg y materia orgánica), conteo de bacterias y hongos. La parte evaluación de las muestras fue elaborada en el laboratorio del Centro de Investigaciones Biotecnológicas (CEB),

en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, durante los meses de junio a julio del año 2022 y en el Laboratorio de Suelos, Plantas, y Aguas (AGROBIOLAB).

Por otra parte, el clima en espacio geográfico donde se emplaza la hacienda “Ruth” es de tipo tropical, con dos períodos uno seco y otro lluvioso; en el primero, y en término promedio, se presentan vientos con velocidades cercanas a los 2 m/seg, en dirección SO; mientras que, en el

periodo lluvioso los vientos llegan alcanzar una velocidad de 1,5 m/seg en dirección contraria, en promedio (25). La condición climática promedio anual de la zona de estudio de la hacienda Ruth se describieron en la Tabla 1. La frecuencia de ocurrencia de precipitaciones, su distribución en el año, igual el comportamiento de la temperatura del aire y la humedad relativa son variables que determinan en el crecimiento y desarrollo de las dos variedades.

Tabla 1. Características climáticas (promedio anual). Parroquia Valencia.

Parámetros	Promedio
Humedad relativa del aire	87,7 %
Temperatura del aire	24,1 °C
Precipitación media anual	2510 mm
Altitud	132 msnm

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (26).

El suelo del área pertenece al orden taxonómico Andisol, con textura franca en la parte superficial y textura franco arenoso en la profundidad, el drenaje natural se caracteriza por ser bueno, no es salino, fertilidad de altos valores, profundidad efectiva (es poco profunda), pedregosidad y toxicidad calificada de nula. Con respecto al régimen de temperatura del suelo es tipificado de isohipertérmico, y su régimen de capacidad de intercambio catiónico medio, con régimen de humedad údico y la presencia de materia orgánica es alta (27). La fertilización y control de malezas se realizó según las recomendaciones dadas en la planificación de fertilización y control, a partir de los análisis físicos y químicos del suelo.

Durante el desarrollo de las plantaciones de palma africana los fertilizantes empleados fueron azufre, bórax, muriato de potasio, nitrato, y sulfato de magnesio, 2 kilogramos por planta. En tanto que para el banano se empleó urea, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, nitrato de amonio, Nutrimenores 2, Orgevit, MESZ y Fix soil max, La palma africana es una especie que no demanda humedad constante, por tanto, no se empleó sistema de riego para el área en estudio. En tanto que, el cultivo de banano demanda humedad constante, se debió emplear un sistema de riego subfoliar (aspersores), que abarcó 9 metros a la redonda, y proporcionó 2.5 mm/hora, proporción que llevó a regar 2 horas por día, durante 3 días a la semana.

Los parámetros evaluados fueron de tipo físico-químico y microbiológico, en particular, la textura del suelo, pH, concentración de S, P, K, Ca, Mg, y proporción de materia orgánica, en cada uno de los lotes seleccionados para el estudio.

Material biológico y condiciones experimentales

Para el muestreo de suelo se seleccionaron tres áreas en cada cultivo de manera aleatoria, en la zona de estudio. De cada uno de suelos de los cultivos de banano y palma africana se tomó un 1

kg de material. Para obtener los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, las muestras seleccionadas fueron enviadas a AGROBIOLAB (laboratorio). En tanto que, para el estudio microbiológico, las muestras fueron enviadas al laboratorio (CEB), estos centros de análisis eran los más confiables y cercanos al área de estudio. Se hicieron tres repeticiones para el cultivo de hongos y bacterias, respectivamente como se describe a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción del procesamiento analítico de los datos.

Análisis	Variable	Método/ Equipo
Físico	Clase textural	
Químico	Fertilidad – básico: pH, S,P, K, Ca, Mg, Materia orgánica	Laboratorio AGROBIOLAB
Microbiológico	Conteo de bacterias	Medio de cultivo: levadura Manitol Agar (LMA)
	Identificación y conteo de hongos	Medio de cultivo: Agar dextrosa de patata (PDA)

Se colectaron 6 submuestras por lote, después se mezclaron hasta obtener una muestra. Para ello, previamente se recolectó un de kg de suelo de cada submuestra, a una profundidad hasta de 50

cm, después fueron mezcladas, y así se encontró el kg de suelo (28), ver tabla 3. Antes a la toma se eliminó la cobertura vegetal y materiales presentes (rocas, entre otros) en la superficie en el área.

Tabla 3. Descripción de las muestras y submuestras de suelo colectadas en los cultivos de banano y palma africana.

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

Las muestras de suelo muy húmedas se secaron al aire libre, por 24 horas aproximadamente, para luego ser analizadas en el laboratorio. Para el almacenamiento, se refrigeraron a 4°C, con el objeto de interrumpir los procesos biológicos y además se mantendrían las muestras por periodo conveniente (29). Seguido se pesaron 5 gramos de suelo por cada kilogramo de muestra (30), después se colocó en un matraz de 250 mL los 5 g (muestra madre) y 45 mL de solución salina al 0,85%, se repitió el proceso con las 6 muestras. Luego, se elaboraron diluciones 10:2, 10:3, 10:4 y 10:5, recomendadas por Zúñiga (30). Para la obtención de las diluciones, un 1 mL de la suspensión y se llevó a un tubo de ensayo con 9 mL de solución salina al 0,85% (10:2) y se repite hasta que alcanzó a la dilución (10:5).

Para aislar lo hongos se empleó el medio de cultivo Potato Dextrosa Agar (PDA); se elaboraron 1000 mL del medio, en dos matraces de 500 mL para completar lo requerido, antes se pesó el componente del medio de cultivo: 19.5 g de PDA, se diluyó en 500 mL agua destilada utilizando un agitador hasta lograr una mezcla homogénea. Después en un mortero se trituroó una cápsula de claritromicina de 250 g y se agregó en 150 mL de agua destilada, con el fin de añadir la mezcla al

medio PDA, siempre evitando la proliferación de bacterias (30).

Para la identificación y aislamiento de bacterias se empleó Levadura Manitol Agar (LMA), empleada para el caso de bacterias rizosféricas. Se elaboraron 1000 mL de medio en dos matraces de 500mL, antes se pesaron los componentes del medio de cultivo, fueron: 5 gramos de manitol, 0.25 g de extracto de levadura, 0.25 g K₂HPO₄, 0.05 g MgSO₄, 0.10 g NaCl, 7.5 g agar donde se diluyeron en 500 mL agua destilada con la ayuda de un agitador hasta conseguir una mezcla homogénea. Hechos los medios se colocaron en el plato agitador para homogenizar y luego fueron esterilizados a 121 °C por 15 min a 1 ATM (30).

Siembra de microorganismos

Se dispusieron aproximadamente 12 mL de medio de cultivo en capsulas de Petri, con su respectiva identificación. Para el cultivo de microorganismos, en asepsia, se colocaron 100 microlitros de la solución en cada caja Petri y después se esparció por el medio, se hicieron tres repeticiones por dilución – muestra para hongos y bacterias respectivamente, tal como se describe en la Tabla 4 (30).

Tabla 4. Esquema descriptivo de muestreo en el laboratorio.

Cultivo	Lote	Muestra	Tratamiento
Banano	L3	M1	M1 10 ⁻²
			M1 10 ⁻³
			M1 10 ⁻⁴
			M1 10 ⁻⁵
	L6	M2	M2 10 ⁻²
			M2 10 ⁻³
			M2 10 ⁻⁴
			M2 10 ⁻⁵
	L7	M3	M3 10 ⁻²
			M3 10 ⁻³
			M3 10 ⁻⁴
			M3 10 ⁻⁵
Palma africana	L3	M1	M1 10 ⁻²
			M1 10 ⁻³
			M1 10 ⁻⁴
			M1 10 ⁻⁵
	L7	M2	M2 10 ⁻²
			M2 10 ⁻³
			M2 10 ⁻⁴
			M2 10 ⁻⁵
	L5	M3	M3 10 ⁻²
			M3 10 ⁻³
			M3 10 ⁻⁴
			M3 10 ⁻⁵

Cultivadas las diluciones se sellaron y dispusieron en incubadora a una temperatura de 28 °C, al tercer día se hicieron las lecturas para hongos y al sexto día para las bacterias. Para revisar al microscopio, se emplearon preparaciones fijadas, se agregó una gota de azul de lactofenol, y con un asa de siembra esterilizada y flameada, se colocaron las tomas fungales obtenidas de los aislamientos, y luego se observó a 4, 10 y 40X (31).

En la identificación fenotípica de los hongos se utilizó el objetivo de 40X, usando azul de lactofenol y se empleó *Fungi Application* y las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (32) comparando las características morfológicas de los hongos en las muestras de suelo analizadas. En tanto para las bacterias se utilizó el medio selectivo LMA (30). Se usó el contador virtual APD *Colony Counter*.

De la data de los aislados de hongos y bacterias se levantó una hoja de Excel (Microsoft) que permitió generar la estadística descriptiva de los conteos de UFC de los microorganismos identificados en el suelo, y partir de ello se elaboraron tablas y gráficos correspondientes.

RESULTADOS

Con respecto a los análisis de las características físicas – químicas del suelo, y en el caso del cultivo de palma africana, en el lote 3 se identificó un suelo con textura Franco Arcilloso Arenoso–Franco Arenoso, con pH ligeramente ácido (5.60), y con un nivel alto de materia orgánica (4.02%), nivel suficiente de fósforo (P), proporciones medias de azufre (S) y potasio (K) y bajos valores de calcio (Ca) y magnesio (Mg). El lote 7 del mismo cultivo se observó una textura de suelo Franco Arenoso,

con un pH ligeramente ácido (5.90), suficientes valores de materia orgánica (3.54%), S, y bajas proporciones de P, K, Ca y Mg. En tanto que en el suelo del lote 5 se apreció una textura Franco, un pH ligeramente ácido (5.70), registros medios de materia orgánica (2.81%), S, Ca y Mg y altos valores de P y K (Tabla 5).

En el cultivo de banano (lotes 3, 6 y 7), con un manejo agronómico descrito y las condiciones climáticas señaladas anteriormente, se encontró que los suelos poseían niveles altos a medios de P, S, K; en tanto que, los niveles de Ca y Mg fueron de medios a bajos, los niveles de materia orgánica fueron suficientes, se observó el pH ligeramente ácido y texturas que fueron franco arcilloso limoso a franco arenoso (Tabla 5).

Tabla 5. Valores del análisis de suelo, por lotes. Cultivos palma africana y banano.

Características del suelo	Cultivo Palma africana			Cultivo de Banano		
	N° Lotes	L3	L5	L7	L3	L6
Textura	Fco. Arc. 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	18.60A	4.00 B	9.60 M	8.10 M	15.80 A
S (ppm)	22.10 M	18.70M	36.50S	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.

Las muestras de suelo del cultivo de banano se aislaron los hongos rizosféricos; los grupos fungales obtenidos se sembraron en el medio PDA por dilución, con tres replicas cada una. Se encontró en promedio de 38 unidades de formación de colonias por gramo de suelo seco (UFC/g suelo seco), en la primera muestra. En la segunda muestra se obtuvo un promedio de 51

UFC/g suelo seco aislados. Y en la tercera muestra se tuvo un promedio de 43 UFC/g suelo seco aislados, se evidencian en las muestras del cultivo de banano, con mayor promedio la segunda muestra de UFC/g suelo seco (pH 6.10), seguido de la muestra 3 (pH 6.30) y por último la primera muestra (pH 6.40) Figura 1.

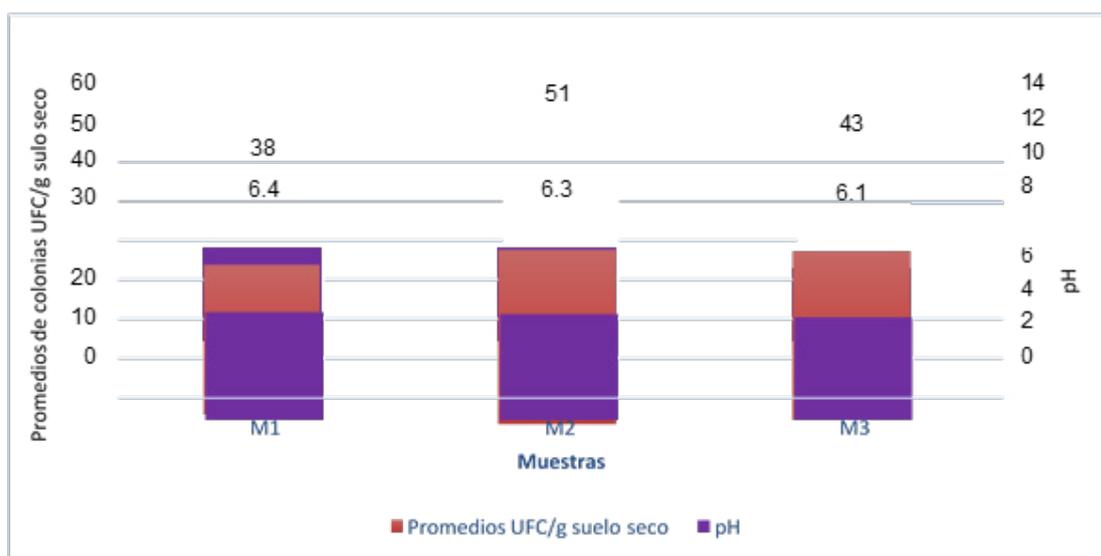


Figura 1. Número promedio de colonias de hongos rizosféricos UFC/g suelo seco. Cultivo de banano.

Análogamente, para el cultivo palma africana, en cada dilución en la primera, segunda y tercera muestra, se alcanzaron en promedio 39, 28 y 26 UFC/g suelo seco aislados, respectivamente. El mayor promedio de número de aislados UFC/g

suelo seco pertenece a la primera muestra (pH 5.60), seguido de la segunda muestra (pH 5.70) y por último la muestra 3 (pH 5.90) con el menor número promedio de aislados Figura 2.

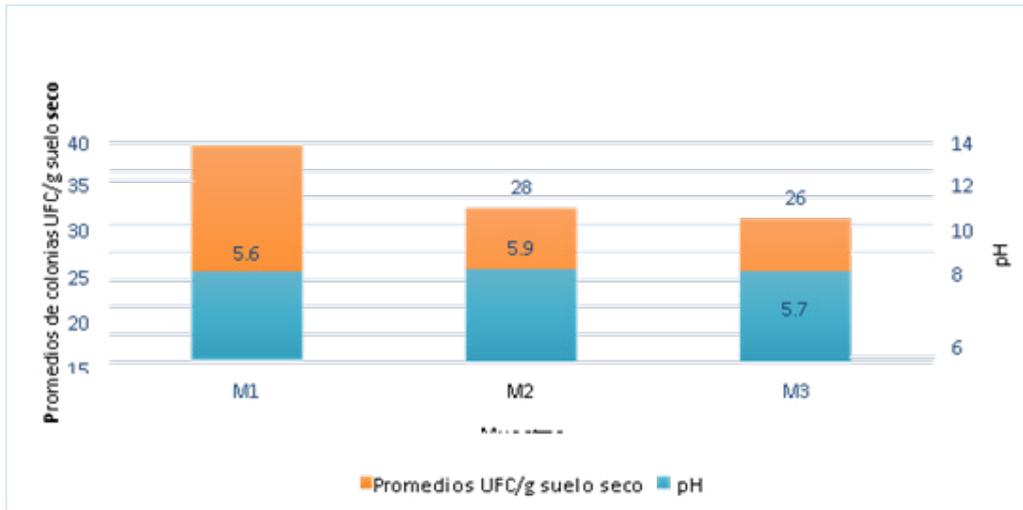


Figura 2. Número promedios de UFC/g suelo seco de hongos rizosféricos. Cultivo palma africana.

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

Se aislaron bacterias rizosféricas de las muestras de suelo en diferentes lotes del cultivo de Banano. Se sembraron en medio LMA por dilución con tres repeticiones de cada. De los promedios se encontró 1005 UFC/g suelo seco aislados para la primera muestra, para la segunda muestra se registraron 1235 UFC/g suelo seco aislados; y, en la tercera muestra fue un promedio de 1462 UFC/g

suelo seco aislados. Sin embargo, las UFC/g suelo seco de las muestras uno y dos difieren de las UFC/g suelo seco, descrito por Toro (19), quizás la explicación parcial estuvo también a causa del uso de diferentes medios de cultivo. Se reportó que el promedio mayor de UFC/g suelo seco fue en la muestra tres (pH 6.30 y MO 3.23), seguido de la muestra dos (pH 6.10 y MO 3.38); y por último, la primer muestra con menor UFC/g suelo seco (pH 6.40 y MO 3.71) Figura 3).

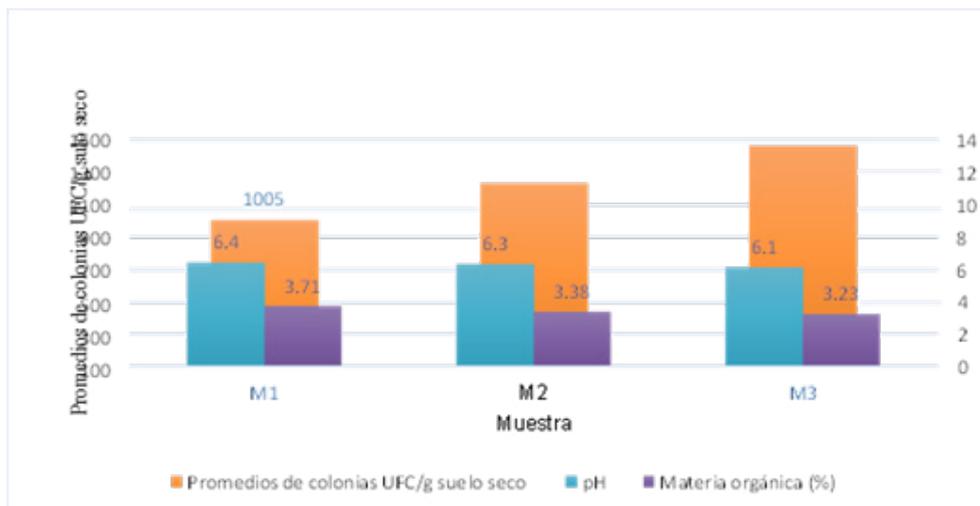


Figura 3. Número promedios de colonias de bacterias rizosféricas UFC/g suelo seco. Cultivo de banano

Para el cultivo de palma africana, los promedios de colonias fueron 993, 1235 y 980 UFC/g suelo seco aislados de bacterias rizosféricas, en cada dilución, en las muestras uno, dos y tres, respectivamente. Al comparar se tiene ya que el

mayor promedio de número de aislados UFC/g suelo seco pertenece a la muestra dos (pH 5.70 y MO 2.81), seguido de la tercera muestra (pH 5.90 y MO 3.54) y por último la muestra un (pH 5.60 y MO 4.02) Figura 4.

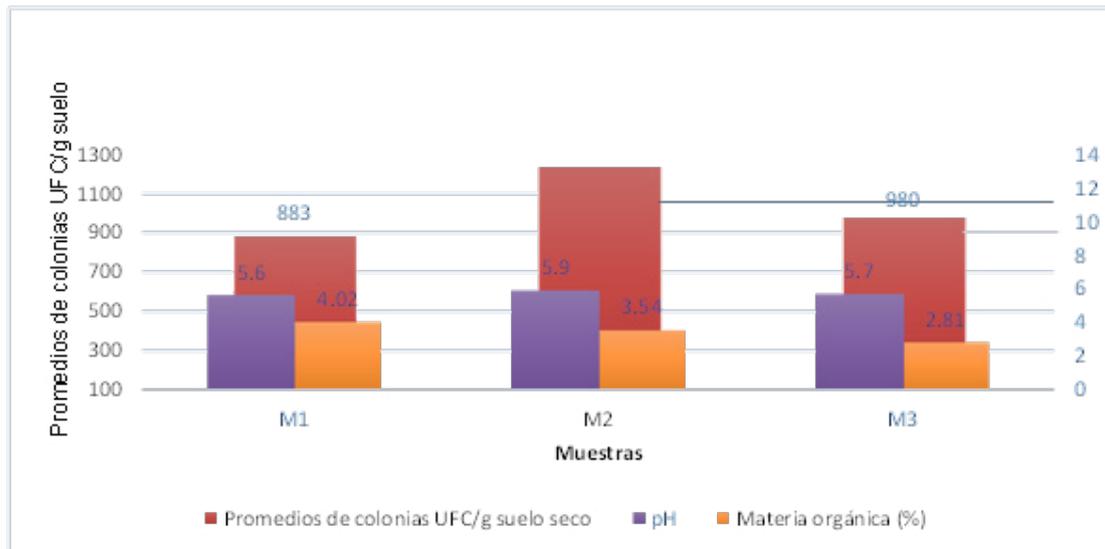


Figura 4. Número promedios de colonias de bacterias rizosféricas UFC/g suelo seco. Cultivo Palma Africana.

Al comparar entre las muestras de los suelos de los diferentes de los cultivos se tuvo como resultados que en los espacios del banano poseía mayores valores de UFC/g suelo seco de hongos y bacterias en relación con los suelos del cultivo de palma africana, añadiendo que este último poseía un suelo más ácido, niveles suficientes de materia orgánica y niveles de medios a altos de P, K, Ca y Mg, estado idóneo para la proliferación de hongos Figura 5.

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

Se identificaron cinco géneros de hongos entre los microorganismos aislados en el cultivo del banano, entre estos *Aspergillus* sp., en la muestra uno y dos, *Penicillium* en las muestras dos y tres, además de *Rhizopus*, *Pithomyces* y *Mucor*. En el cultivo de palma africana se encontraron tres géneros de hongos entre los microorganismos aislados, y son estos *Penicillium* en la muestra uno, *Aspergillus* sp., en la muestra tres, y *Alternaria solani* en la muestra dos Figura 5.

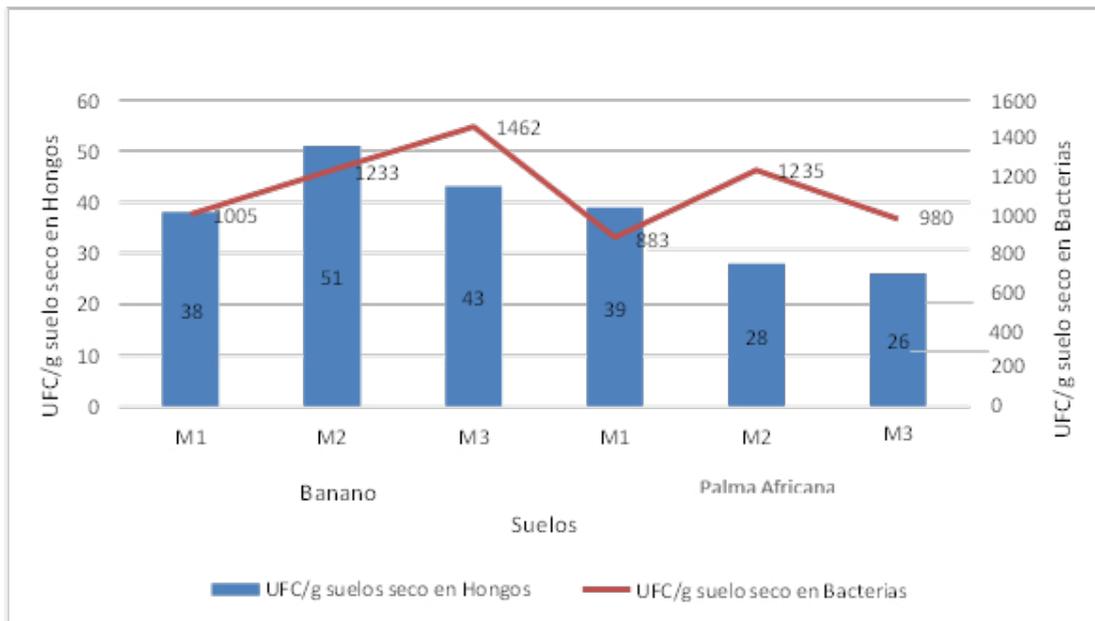


Figura 5. Comparación de promedios de colonias de Hongos y bacterias en los cultivos de banano y palma africana

DISCUSIÓN

Según estos resultados, de las muestras de suelos, en el caso de los bananos se tiene que valores análogos fueron encontrados por López y Montalvo (19), en estudio realizado para la caracterización de micorrizas con análisis físico-químicos. Así mismo, Ibáñez (19), cultivos de bananos y con relación al contenido nutritivo foliar, encuentra en evaluación realizada del suelo que las características concuerdan con la textura, pH, materia orgánica, y niveles de P, S, K, Mg y Ca a las estimadas en este trabajo. Ello permite señalar que el tratamiento dado a los suelos ha permitido sostener el margen de presencia de los elementos que aseguren los rendimientos de estos cultivos, dado que las características del suelo se presentaron entre suficiente a medio.

Otras experiencias en minerales y proporción de materia orgánica en cultivos de banano (33), bajo un sistema de riego subfoliar (aspersores), en la provincia de El Oro Acorde, y también en resultados presentados por Banchón (13) coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación, o sea, en las características físicas y en el nivel de Ca, pero señalaron que la materia orgánica presentaba un nivel bajo, el pH prácticamente neutro y valores suficientes de K y Mg, estos últimos elementos orientan que deben ser tomados en cuenta al momento de toma de decisiones en la planificación en búsqueda en la mejora de los rendimientos del cultivo en cuestión.

Toro (19) en estudios de suelos en cultivo de bananos, con manejo tradicional y condiciones edafoclimáticas similares, encontró un promedio

máximo de 59 UFC/g suelo seco, en tanto que Silveria (18) indica que la cantidad de UFC/g suelo seco se incrementa en suelos con pH ácido, ligeramente diferenciado al pH del área de estudio. Ello señala que los manejos agronómicos del suelo realizados en el área de estudio mantienen las aproximaciones a otros espacios geográficos, y sugiere una revisión de indicaros para asegurar las condiciones que demandan la producción del rubro en cuestión.

En el caso del cultivo de palma africana, pero sin riego, Bolaños (20) obtuvo un promedio de 18 UFC/g suelo seco, estos valores se encuentran debajo a los resultados apreciados en la investigación, para el área de estudio esto ocurrió quizás a los diferentes medios de cultivo empleados. Por otra parte, se deben considerar las condiciones microambientales (humedad del medio y temperatura del aire) presentes en el área de estudio. Igualmente, vinculado con lo definido por Silveria (18).

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

Toro (19) en recuento de bacterias en cultivos de banano encontró un promedio de 1457 UFC/g suelo seco total de bacterias, valor aproximado a los resultados en la presente investigación, lo que sugiere que las condiciones del suelo del área del estudio presentan las condiciones acordes para su producción. Igualmente, Silveria (18) para el mismo cultivo de la palma el pH es neutro y mayor porcentaje de materia orgánica, condición que

permite el crecimiento de bacterias en un número mayor en comparación a otros microorganismos, diferenciando en la presente investigación.

Bolaños (20), en palma africana sin riego existe un promedio de 5860 UFC/g suelo seco, cifras que difieren con los resultados obtenidos, diferencia que se estima a los diferentes medios de cultivo aplicados. Silveria (18) al comparar se tiene ya que el mayor promedio de número de aislados UFC/g suelo seco que pertenece a la muestra dos.

Igualmente, al comparar con resultados de Silveria (18) se tienen diferencias con los resultados obtenidos en la presente investigación, en particular los hongos, pero próximo 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 (18) que un suelo productivo – agrícola reportaba en 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 en la comparación con el cultivo de palma africana se aprecian valores que difieren con lo descrito por Silveria (18).

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

Con respecto a la identificación de hongos en un suelo con manejo apropiado en el cultivo de banano Araya et al. (34) se observó presencia de *Penicillium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces* y

Fusarium; mientras Barrios y Sandoval (35) en un suelo productivo-agrícola se observa presencia de *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Pytium* y *Penicillium*, de manera que se aprecia coincidencia con los resultados de esta investigación con organismos en coexistencia con el cultivo del banano. Vega *et al.* (36) en la identificación de hongos en palma indica la presencia de hongos fitopatógenos de importancia como *Colletotricum* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium decemcellulare* Brink, y *Alternaria solani*, en términos comparativos esto difiere en la presencia de los primeros hongos mencionados en el área de estudio, solo hubo coincidencia sólo la presencia de *Alternaria solani*.

Es necesario reiterar la importancia de los procedimientos considerados a través de los análisis físico, químico y microbiológico hecho en las muestras de suelo en plantaciones de cultivos de banano y palma, los cuales indicaron que estas condiciones se acercan a las demandas de las especies para su óptimo desarrollo, en consecuencia, así alcanzar mejores producciones agrícolas sustentables, de manera que se deben impulsar políticas de producción y orientación al productor en medidas, como la planificación de fertilización que lleven a las condiciones de mantener o mejorar la calidad del suelo.

CONCLUSIONES

El análisis de las propiedades físicas-químicas del suelo que permitió determinar diferencias en los niveles físicos por muestras, 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) donde los resultados coinciden entre muestras y otros estudios, los niveles encontrados son de medio a altos ideal para el desarrollo apropiado de los cultivos, mientras que el Mg está en niveles de bajos a medio lo que debe ser un punto de discusión al momento de la planificación agrícola y la toma de decisiones.

Los microorganismos presentes en cada una de las muestras en los cultivos de banano y palma africana, evidencian la existencia de ciertos hongos que coinciden 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 establece 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, que se hacen beneficiosos para mantener la fertilidad del suelo. Se evidencia que el suelo del cultivo de banano al poseer pH ligeramente ácido y niveles suficientes del %MO tiene menos dificultad de establecer colonias fungales rizosféricas.

A partir del estudio realizado y en base a los resultados obtenidos se recomienda realizar estudios 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.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Tirado J y Zalazar G. Banano (Cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesana. 2018; <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/892>
2. Aguilar R. La producción y exportación del banano y su incidencia en la economía ecuatoriana en el periodo 2008-2013. 2015; <https://acortar.link/a3FS1M>
3. Ciro H. Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). 2011; Desarrollo y Transversalidad. <https://acortar.link/o8ATVV>
4. Arteaga F. Origen y evolución del banano, 2015. Palmira. <https://acortar.link/UYW1fl>
5. Mora E. Análisis de la producción de palma africana en la provincia de Los Ríos periodo 2014-2017. 2018; <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34038>
6. Álvarez, E. Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), 2018. El Salvador: CENTA. <https://acortar.link/qHnXnZ>
7. Intagri. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de banano. Artículos Técnicos de INTRAGRI, Serie Frutales 2018; 33 (1). <https://acortar.link/upAwYV>
8. INIAP. Palma Africana. 2014; Ecuador. <https://acortar.link/nBT0ii>
9. Elbehri A, Calberto G, Staver C. Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador: Evaluación de impacto y directrices de política. FAO; 2015; <https://acortar.link/YjKOKI>
10. Durán N. Manejo de la nutrición y fertilización en Palma, Costa Rica: CIA. 1999; <https://acortar.link/xEko2U>
11. Valencia C. Bioquímica de suelos. México: Universidad Autónoma de México; 2010.
12. Baridón E, Villarreal J. Aula Virtual. UNLP; 2017. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/>
13. Banchón J. 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. 2021; <https://acortar.link/YJkCs7>
14. Rosales F. Bioersity International. 2008; FONTAGRO.
15. Fernández C. Caracterización físico-química de suelos y contenido de Nutrientes foliares y su relación con la incidencia de la Pudrición de cogollo en palma africana (*elaeis guineensis jacq*) en el municipio de zona bananera. Magdalena, 2021; Universidad de Cordoba. <https://acortar.link/KKJNio>
16. López R, Montalvo C. Características de micorrizas arbustivas en diferentes materiales genéticos de palma aceitera, Concordia - Ecuador. Revista científica Ecuador es Calidad, 2019; 6(1), 6-15. <https://acortar.link/Dsa2Ti>
17. Ibáñez C. Caracterización físico - químico de suelos y contenido de nutrientes foliares y su relación con la incidencia de la pudrición de cogollo en Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*). 2021; Monteiro. <https://acortar.link/OjYBMK>
18. Silveria E. Microbiología del ambiente. 1987;
19. Toro T. Evaluación poblacional de microorganismos en suelos con manejo orgánico y tradicional de banano en Porvenir, La Paz. UMSA; 2005. <https://acortar.link/dUxxc2>
20. Bolaños C. Investigaciones en Palma Aceitera. ANCUPA; 2013. <https://acortar.link/xhnIJ5>
21. Camacho S, Castrejón D, Pineda O, Silva D. Impacto de la palma africana en Ecuador. Proyecto sobre organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER). 2022; <https://acortar.link/wJO03Q>

- 22.** Naranjo J, Vera M, Mora A. Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador): Una revisión bibliográfica de algunos factores que intervienen en la salud y nutrición del cultivo. 2020; In Siembra. <https://acortar.link/vDWScl>
- 23.** Saéz N. Utilización de sustratos en viveros. *Tierra Latinoamericana*, 1999; 17(3), 231-235. <https://acortar.link/DTn3Yi>
- 24.** Salinas A. Utilidad e importancia del análisis de suelos. INTA; 2006. <https://acortar.link/32VzCz>
- 25.** Alarcón L. Proyecto de factibilidad para la producción, acopio y exportación de yuca fresca parafinada de la variedad Valencia. Mercado del Reino Unido; 2015. <https://acortar.link/JZe5zJ>
- 26.** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Biblioteca. Publicaciones Meteorológicas. 2020; <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca>
- 27.** Ministerio de Agricultura y Ganadería. Geoportales y Visores Geográficos. 2022; <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- 28.** Mendoza R, Espinoza, A. Guía técnica para muestro de suelos. UNA; 2017. <https://acortar.link/YvV4oO>
- 29.** UNC. Guía de actividades prácticas microbiológicas. FCA; 2015; <https://acortar.link/MXcKWq>
- 30.** Zúñiga D. Manual de Microbiología Agrícola. EDIAGRARIA; 2012. <https://acortar.link/TtMWHF>
- 31.** Cepero M. Biología de hongos. 2012. <https://elibro.net/es/ereader/upse/69414>
- 32.** Barnett H, Hunter B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 2002. <https://acortar.link/43nyap>
- 33.** Chabla J. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos de la compactación de suelos bananeros bajo sistemas de riego. 2018; <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/20296>
- 34.** Araya M, Tapia A, Mata R, Serrano E. 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*. 2014; 38(2), 93-105. <https://acortar.link/fvheJz>
- 35.** Barrios M, Sandoval C. Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 2018; 5(1), 9-21. <https://acortar.link/FwN8pU>
- 36.** Vega E, Taipe M, Ducicela J. Identificación de hongos y bacterias asociadas a la pudrición de cogollo en palma de aceite mediante el sistema biológico. *Ecuador es calidad*, 2017; I (10), 1-11. <https://acortar.link/5j5rTg>