

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL

Tema:

Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos.

AUTOR:

Laura Esthela Cruz Samaniego

DIRECTOR:

Dr. Roldán Torres Gutiérrez, PhD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2019

DECLARACION DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

AUTORÍA

Yo, **Laura Esthela Cruz Samaniego**, egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, responsable de las ideas expuestas en el presente proyecto de investigación sobre el tema: **Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos**, y manifestó que los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

Acepto y autorizo a la Universidad Estatal Amazónica, la publicación de mi proyecto de investigación en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:
Laura Esthela Cruz Samaniego

Cédula: 1600680803

Fecha: Puyo, 12 julio del 2019

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICA:

En calidad de director de proyecto, Yo: **Dr. Roldán Torres Gutiérrez, PhD**, certifico haber revisado el presente proyecto de investigación titulado “**Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos**”, la misma que cumple con todos los reglamentos que se ajustan de una manera a las normas establecidas por la Universidad Estatal Amazónica. Por lo que autorizo su presentación, disertación y defensa, para los fines legales que a bien tuvieran.

Atentamente,

.....

Dr. Roldán Torres Gutiérrez, PhD

Director de proyecto

0151345121

CERTIFICADO DE REPORTE DE HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIAS Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Yo, **Laura Esthela Cruz Samaniego** , declaro ser autora de la tesis titulada “**Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos**”, como requisito para optar al grado de Ingeniera Ambiental; autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Estatal Amazónica, con fines académicos muestre al universo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Estatal Amazónica, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, es dado en la ciudad de Puyo, a los 12 días del mes de julio del dos mil diez y nueve, firma la autora:

FIRMA:.....

AUTORA: Laura Esthela Cruz Samaniego

CÉDULA: 1600680803

DIRECCIÓN: Puyo

CORREO ELECTRÓNICO: lauritacruz011@gmail.com

TELÉFONO: 0984763936

DATOS COMPLEMENTARIOS

Tutor: **Dr. Roldán Torres Gutiérrez, PhD**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

El presente trabajo de investigación titulado: **“Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos”**, bajo la responsabilidad de **Laura Esthela Cruz Samaniego**, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Dr. Carlos Bravo, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ms. Sc. Edgar Chicaiza
MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Ms. Sc. Fernando Cofre
MIEMBROS DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por regalarme su bendición, sus dones de entendimiento y sabiduría, para recibir los conocimientos impartidos por los profesores en las aulas.

A la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, que me abrió sus puertas para formarme como profesional, a mis profesores y todos los docentes de la misma, que pacientemente me ilustraron con sus conocimientos.

A mis Padres, Hermanos, Hermanas, que siempre me acompañaron y apoyaron en los problemas que he tenido que enfrentar a lo largo de mi vida, por ello nunca me permitieron rendirme y me impulsaron a seguir adelante y cumplir con esta meta, que con su ejemplo y perseverancia me ha enseñado que las personas dependen de sí mismo para poder cumplir las metas y propósitos planteados en la vida, gracias mamá, papá y a mis queridos hermanos.

Al director del proyecto de investigación Dr. Roldan Torres que tuvo la dedicación tiempo y sobre todo paciencia me supo orientar por el desempeño y éxito de la culminación del proyecto de investigación.

Y finalmente a mis compañeros y amigos que compartieron sus conocimientos, alegría y tristezas durante cinco años estuvieron apoyándome y lograron que esta meta se cumpla.

A todos mil gracias.

Cruz Samaniego Laura Esthela

DEDICATORIA

A mi madre Samaniego Santiago Livia Victoria, quien me dio la vida; quien me ha dado todo su cariño, su amor, comprensión de forma incondicional, a ti mamita querida porque eres la mejor madre del mundo y porque te amo con todo mi corazón. Porque que con tu ejemplo, consejos y apoyo incondicional me has enseñado que la perseverancia y mucho trabajo es fundamental para cumplir con todos los objetivos que me he propuesto a lo largo de mi vida, por ti el presente trabajo es una realidad.

A mi padre Cruz López Wilson Gonzalo, quien siempre me ha dado su apoyo incondicional y ha sabido dar un consejo de perseverancia y de que constancia y dedicación podemos cumplir nuestras metas planteadas, a ti papi que me has demostrado el ejemplo de perseverancia para alcanzar lo que nos proponemos.

A mis hermanos, Deisy, Gabriel, Manuel, Melva, Rolando, Jerson y Owen, que de una u otra manera siempre me han apoyado en todas y cada una de las metas que me he planteado a lo largo de mi vida y es por ello que son la razón y el impulso para llegar a ser un profesional competente, responsable y útil para la sociedad.

En general a todas las personas que me han apoyado en toda mi etapa estudiantil, profesores, familiares, amigos, conocidos, para ellos también dedico el presente trabajo.

Cruz Samaniego Laura Esthela

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivos determinar la influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) sobre los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la diversidad de microorganismos de suelos en el cantón Palora de la provincia Morona Santiago. Se muestrearon los suelos de dos fincas con los sistemas de cultivos de pitahaya y té, este último no cuenta con la aplicación de agroquímicos. Las muestras se procesaron para la determinación de las propiedades físicas y químicas a profundidades de 0-10 cm y 10-30 cm. A la vez, se cuantificaron las comunidades de bacterias y hongos y la diversidad de estos grupos microbianos mediante los índices de Shannon y Simpson. Los datos se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de Tukey y Dunnett C según el caso, así como las correlaciones de Pearson entre todas las variables evaluadas. Los resultados para las propiedades físicas y la textura de los suelos no mostraron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas ni los valores de los rangos entre ambos cultivos. Las propiedades químicas demostraron la acidez de los suelos en esta región amazónica, así como una baja influencia de los sistemas de cultivo de pitahaya y té sobre las variables evaluadas, observándose solamente diferencias significativas para el % de nitrógeno total y el % de materia orgánica en el cultivo de té en comparación con pitahaya de 0-10 cm. Los parámetros microbiológicos demostraron la marcada influencia del sistema intensivo de pitahaya sobre la disminución de las comunidades de hongos y bacterias, evidenciándose un incremento de las UFC de bacterias de 67% y de hongos de 52% del cultivo de té respecto al cultivo de pitahaya. Sin embargo, no existieron diferencias marcadas entre los índices de diversidad para ambos cultivos. Las correlaciones demuestran que las comunidades bacterianas en el cultivo de té incrementan el contenido de materia orgánica de los suelos, demostrado también por la correlación que se obtuvo entre estas y el pH del suelo para este cultivo, por lo que se manifiesta claramente la adaptación de las bacterias a estos ecosistemas. Estos resultados se convierten en el primer reporte de la determinación de la factibilidad ecológica del cultivo de pitahaya, demostrando que, aunque no existe una marcada influencia sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo ni la diversidad microbiana, sí afecta negativamente la microflora fundamental en estos ecosistemas.

Palabras claves: pitahaya, monocultivo, agroquímicos, edafología, bacterias, hongos

SUMMARY

The objective of the present investigation was to determine the influence of the intensive cultivation of pitahaya (*Hylocereus triangularis*) on the physicochemical, microbiological parameters and the diversity of soil microorganisms in Palora municipality from Morona Santiago province. The soils of two farms were sampled with pitahaya and tea cultivation systems, the latter does not have the application of agrochemicals. Samples were processed for the determination of physical and chemical properties at depths of 0-10 cm and 10-30 cm. Furthermore, bacterial and fungal communities and the diversity of these microbial groups were quantified using the Shannon and Simpson indices. The data were processed statistically through analysis of variance (ANOVA) and Tukey and Dunnett C tests according to the case, as well as the Pearson correlations among all the variables evaluated. The results for the physical properties and texture of the soils did not show significant differences in any of the variables evaluated nor the values of the ranges between both crops. The chemical properties showed the acidity of the soils in this Amazonian region, as well as a low influence of the pitahaya and tea cultivation systems on the evaluated variables, only significant differences turned out for total nitrogen (%) and organic matter (%) in tea culture compared to pitahaya at 0-10 cm depth. The microbiological parameters showed the remarkable influence of the intensive system of pitahaya on the decrease of the communities of bacteria and fungi, having an increase of the CFU of bacteria of 67% and of fungi of 52% for tea crop with respect to pitahaya. However, there were no marked differences between the diversity indices for both crops. The correlations show that bacterial communities in tea culture increase the organic matter of the soils, also demonstrated by the correlation between bacteria and pH of the soil for this crop, showing the adaptation of the bacteria to these type of ecosystems. These results become the first report of the determination of the ecological feasibility of pitahaya cultivation, demonstrating that although there is no remarkable influence on soil physicochemical parameters or microbial diversity, it does negatively affect the fundamental microflora in these ecosystems.

Keyword: pitahaya, monoculture, agrochemicals, edaphology, bacteria, fungi

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
2 JUSTIFICACIÓN.....	3
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
5 OBJETIVOS.....	6
5.1 Objetivo general.....	6
5.2 Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II.....	7
6 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
6.1 Panorama internacional de la Pitahaya	7
6.2 La presencia de la pitahaya en Ecuador y en la Amazonía ecuatoriana	7
6.3 Factores que intervienen en la producción de pitahaya	9
6.4 Factor suelo.....	10
6.4.1 Factores fisicoquímicos del suelo.....	10
6.4.2 Factores microbiológicos (hongos y bacterias) en los sistemas agrícolas.....	11
6.5 Cultivo intensivo.....	11
CAPITULO III	13
7 MATERIALES Y MÉTODO	13
7.1 Localización.....	13
7.2 Tipo de investigación.....	14
7.3 Materiales a utilizar	15
7.4 Método de investigación	15
7.4.1 Muestreo	15
7.4.2 Análisis de muestras	17
7.4.3 Análisis químicos	17
7.4.4 Análisis físico:	19
7.4.5 Análisis microbiológico:	21
7.5 Análisis estadísticos.....	24
7.6 Recursos humanos	25
CAPÍTULO IV.....	26
8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26

8.1.1	Determinación de la influencia de sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las propiedades físicas de los suelos.....	26
8.1.2	Determinación de la influencia de sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las propiedades químicas de los suelos.....	29
8.1.3	Influencia de los sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las comunidades de hongos y bacterias de los suelos.....	33
8.1.4	Establecimiento de la factibilidad ecológica del cultivo de pitahaya (Hylocereus triangularis) mediante las correlaciones de las variables edáficas y microbiológicas evaluadas.	45
CAPÍTULO V		48
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
9.1	Conclusiones	48
9.2	Recomendaciones	49
CAPÍTULO VI.....		50
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	50
CAPÍTULO VII.....		58
ANEXOS.....		58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del Área de experimentación en el cantón Palora, Morona Santiago.	13
Figura 2. Esquema de la metodología empleada en la toma de las muestras compuestas. Los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 representan las muestras compuestas resultantes de cinco submuestras.	16
Figura 3. Metodología de la cuantificación microbiana basada en el Número Más Probable de microorganismos, mediante las diluciones cuantitativas y la siembra en cajas Petri.....	22
Figura 4. Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias en suelos con cultivo de pitahaya (A) por cada una de las muestras evaluadas. Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	33
Figura 5. Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias en suelos con cultivo de té (B) por cada una de las muestras evaluadas. Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	34
Figura 6. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) (A) en suelos con cultivo de pitahaya (MP) y té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	35
Figura 7. Comparación cinética del crecimiento bacteriano (B) en suelos con cultivo de pitahaya (MP) y té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	35
Figura 8. Unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos en suelos con cultivo de Pitahaya (A). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$. .	38
Figura 9. Unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos en suelos con cultivo de y Té (B). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	38
Figura 10. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) (A) en suelos con cultivo de Pitahaya (MP) y Té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	39
Figura 11. Comparación cinética del crecimiento de hongos (B) en suelos con cultivo de Pitahaya (MP) y Té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	40
Figura 12. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos totales en cultivo de pitahaya (MP) y cultivo de té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p<0.05$	41
Figura 13. Diversidad bacteriana para los cultivos de pitahaya y té, determinados por los índices de Shannon (H') y Simposon (D).....	43
Figura 14. Diversidad de hongos para los cultivos de pitahaya y té, determinados por los índices de Shannon (H') y Simposon (D).....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Georeferenciación del área de estudio.....	14
Tabla 2. Materiales usados para la investigación	15
Tabla 3. Recursos humanos que intervinieron en el proyecto de investigación.....	25
Tabla 4. Comparación de la textura de los suelos bajo los sistemas de cultivos con pitahaya y té.....	26
Tabla 5. Comparacion de las propiedades físicas del suelo bajo los sistemas de cultivo (pitahaya y té).....	27
Tabla 6. Comparación de las propiedades químicas de los suelos bajo los sistemas de cultivos con pitahaya y té.	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Criterios para la determinación de parámetros físicos.....	58
Anexo 2. Criterios para interpretación de parámetros químicos.	58
Anexo 3. Criterios para interpretar los análisis de suelo.	59
Anexo 4. Criterio para la interpretación de la textura	59
Anexo 5. Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el tamaño de las partículas, de acuerdo con el SSDS.....	60
Anexo 6. Correlaciones de Pearson en variables evaluadas para Pitahaya.	61
Anexo 7. Correlaciones de Pearson en variables evaluadas para Té.....	63
Anexo 8. Portada	65
Anexo 9. Pitahaya y sus propiedades	66
Anexo 10. Muestreo de suelo	67
Anexo 11. Análisis de propiedades químicas y físicas del suelo	68
Anexo 12. Análisis microbiológicos del suelo	69
Anexo 13. Resultados de la siembra de microorganismos	70
Anexo 14. Contraportada.....	71

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Hylocereus triangularis* (L.) Britton & Rose) es una planta perteneciente a la familia Cactacea, la cual tiene entre 1500 a 2000 especies. Este cultivo es una especie exótica tropical, ampliamente distribuida en América central, especialmente Nicaragua y parte de Costa Rica. En América del Sur se encuentra principalmente en Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y en América del Norte se cultiva más ampliamente en México (Huachi, *et al.*, 2015).

El cultivo de pitahaya requiere de factores ambientales específicos, estas se desarrollan en lugares donde existan características edáficas y climáticas ideales que inciden directamente a su desarrollo. El cultivo se adapta a un clima sub cálido húmedo, temperaturas ambientales, una humedad relativa que supere el 50% y una formación ecológica de bosque húmedo montano bajo (ECOFINSA, 2008).

En Ecuador el cultivo de pitahaya se ha incrementado por la demanda comercial ya que la especie *Hylocereus triangularis* presenta características medicinales y nutricionales. Según Rodríguez, (2015) esta especie ayuda a combatir el cáncer de colon y la diabetes, reduce los niveles de colesterol y presión arterial, los altos niveles de potasio, proteína, fibra, sodio y calcio que son nutrientes que genera ponen de manifiesto la importancia de esta fruta. En el año de 1988 se registran los primeros cultivos en la provincia de Pichincha, donde se introdujo la pitahaya comúnmente conocida como colombiana. En el país se puede encontrar dos variedades de pitahaya, la amarilla con pulpa blanca y la roja con pulpa blanca (MAGAP, 2015). Actualmente, las áreas cultivadas se encuentran principalmente en las provincias de Morona Santiago 69%, Guayas 16%, Pichincha 9%, Bolívar 2% y el resto de las provincias con el 4% (Castañeda, 2015)

La mayor cantidad de hectáreas destinadas a este cultivo en condiciones amazónicas se localizan en las provincias de Morona Santiago, cantón Palora, obteniéndose la mayor producción de pitahaya, liderando entre los productores nacionales. Según el primer

censo de pitahaya realizado por el MAGAP, (2018) se estimada que actualmente existe alrededor de 2.000 hectáreas de este cultivo exótico.

En este cultivo las características del suelo no han sido estudiadas. Como es conocido, el suelo es un cuerpo natural con una amplia heterogeneidad vertical, lateral y a través del tiempo, su estudio requiere evaluar parámetros que permitan medir su estatus y evolución (MAE 2015). La proporción en la que se encuentren los componentes le confiere al suelo propiedades físicas, químicas y biológicas propias. La productividad de un suelo no sólo depende de la evolución de las características química y de los contenidos nutrimentales sino también de las características físicas y biológicas del mismo, ya que el desarrollo de la parte aérea dependerá del desarrollo de la raíz (Mora, Mu oz, Meza, y Fonseca , 2015). El desarrollo de las plantas está fuertemente influido por el balance de las propiedades del suelo como químicas (materia orgánica, pH, fósforo, nitrógeno, bases cambiables), físicas (textura, densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total) y microbiológicas (bacterias y hongos). Por lo tanto, antes de iniciar cualquier actividad agrícola, es importante conocer las propiedades del suelo, con el fin de diseñar una estrategia de manejo sostenible de este recurso no renovable (Báez Pérez, *et al.*, 2017).

En los suelos agrícolas del cantón Palora, las continuas prácticas de cultivo implican una constante remoción del suelo y una alteración de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, la falta de incorporación de prácticas agrícolas sostenibles, han ocasionado un severo deterioro de las propiedades de los suelos. (Báez Pérez, *et al.*, 2017). Esta práctica trae como consecuencia, que los agricultores emplean dosis excesivas de fertilizantes químicos para tratar de aumentar la producción agrícola, lo que impacta directamente en los costos de producción y la contaminación ambiental.

A pesar de la importancia de este cultivo promisorio para las condiciones amazónicas ecuatorianas, no existen estudios encaminados a determinar la influencia del sistema intensivo del mismo sobre las propiedades fisicoquímicas, indicadores microbiológicos y la diversidad de los principales grupos microbianos en los suelos destinados a este cultivo. Es por ello que los resultados de esta investigación serán determinantes para diseñar estrategias de manejo de este cultivo en aras de reducir la aplicación de agroquímicos, conservar los suelos y establecer principios de agricultura sostenible.

2 JUSTIFICACIÓN

La diversificación de cultivos agrícolas adaptados a climas amazónicos, es una de las prioridades del sector productivo en el Ecuador, ya sea en la empresa privada, como estatal. Dentro de los cultivos promisorios que han ganado un espacio en los mercados internacionales se encuentra la pitahaya (*Hylocereus triangularis* (L.) Britton & Rose) Difilo (2017). Esta planta originaria de Centro América se ha distribuido en los últimos años vertiginosamente en países de Asia y América Latina (Santacruz *et al.*, 2009). En este último continente existen algunas regiones relativamente ricas en especies de este género, tales como en el suroeste de los Estados Unidos, el noreste de Brasil y la parte norte de Argentina junto con algunas regiones de Bolivia y Perú.

En Ecuador, el cultivo de pitahaya se lleva a cabo por pequeños y medianos productores, caracterizados por tener de 5 o más de 10 hectáreas de superficie de este producto por productor (MAGAP, 2015). A nivel nacional, la provincia Morona Santiago es una de las principales que ha desarrollado este cultivo, teniendo un 69% del total del área destinada a esta Cactaceae, en especial el cantón Palora, donde existen 677 ha, seguida por Guayas con un 10%, Pichincha un 9% y Bolívar con 2% (Vargas *et al.*, 2017). La producción de este cultivo aumentado cada año, teniendo un 13% de incremento del año 2016 al 2017, con un volumen de exportación de 1811 toneladas con destino al continente asiático principalmente (MAGAP, 2017).

Esta planta representa una gran oportunidad para la industria médica y alimenticia, debido al aporte de agentes metabólicos y nutrientes. Según (Huachi, y otros, 2015) la pitahaya tiene grandes beneficios medicinales, los cuales ayudan en el proceso de digestión, su frecuente consumo ayuda a prevenir el cáncer de colon y la diabetes, reduce los niveles de colesterol y presión arterial, además previene la tos y el asma. Nutricionalmente, los altos niveles de potasio, proteína, fibra, sodio y calcio ponen de manifiesto la importancia de esta fruta.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En varios países el incremento de las producciones se basa en la aplicación de paquetes tecnológicos para garantizar los rendimientos, esto conlleva un peligro potencial para los agroecosistemas, poniendo en detrimento los factores ecológicos de los suelos y agua en dichos agroecosistemas (López y Guido, 2009; Salinas 2011). En las áreas de mayor producción de pitahaya en Ecuador, como es el cantón Palora, la problemática es semejante a la región; sin embargo, se suma la falta de investigaciones encaminadas a evaluar la influencia de la aplicación de agroquímicos a este cultivo sobre el suelo y sus propiedades, lo que agrava las perspectivas del cultivo de esta planta.

La masificación de productores de pitahaya en el cantón Palora se hizo evidente en los tres últimos años, en los que se ha intensificado el desbroce de bosque secundario de los alrededores del cantón. Sus productores han incrementado la deforestación de varias hectáreas que anteriormente estaban dedicadas a otros sistemas agrarios, tales como la producción del té y la ganadería (MAGAP, 2015).

El crecimiento del cultivo de pitahaya ha tenido una significativa repercusión ecológica en el cantón Palora. Sin embargo, se carece de evidencias científicas que demuestren la problemática. Es por ello que se hace necesario la realización de investigaciones que contribuyan a la evaluación de las propiedades físicas y químicas de los suelos de la mayor área destinada a este cultivo, así como cuantificar y determinar la diversidad de comunidades de hongos y bacterias asociados a este cultivo, los cuales son determinantes para procesos de reciclaje de nutrientes y parámetros ecológicos de estos suelos.

Esta realidad pone de manifiesto la necesidad no solo de centrarse en la producción de la fruta en sí, sino en la repercusión del sistema de producción sobre recursos no renovables, tales como el suelo, y dentro de este, factores determinantes como son sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

Es por ello que mediante esta investigación se contribuirá al evaluar propiedades físicas y químicas de los suelos de la mayor área destinada a este cultivo en la amazonía ecuatoriana, así como cuantificar y determinar la diversidad de comunidades de hongos

y bacterias asociados a este cultivo, los cuales son determinantes para procesos de reciclaje de nutrientes y parámetros ecológicos en los suelos. Además de la generación de conocimiento, los resultados de estos estudios serán determinantes para diseñar estrategias de manejo de este cultivo en áreas de reducir la aplicación de agroquímicos, conservar los suelos y establecer principios de agricultura sostenible.

4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La intensificación del cultivo de la pitahaya y el uso inadecuado de agentes químicos para la producción de la misma, tanto en su proceso de siembra y cosecha ocasiona un deterioro del suelo y sus nutrientes naturales, e impacta negativamente en el frágil ecosistema amazónico.

Si no se realizan estudios que determinen los efectos de la intensificación del cultivo de pitahaya, basados en los parámetros fisicoquímicos (densidad aparente, conductividad hidráulica saturada y porosidad total, características morfológicas, pH, materia orgánica, aluminio intercambiable entre otros), microbiológicos (hongos y bacterias) y la diversidad de estos microorganismos del suelo en estos cultivos intensivos, el problema persistirá y se ahondará aún más. Teniendo en cuenta esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué impacto genera el sistema de cultivo intensivo de pitahaya sobre las propiedades fisicoquímicas y las comunidades de hongos y bacterias del suelo en el cantón Palora, provincia Morona Santiago?

5 OBJETIVOS

5.1 *Objetivo general*

Determinar la influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*), sobre las propiedades fisicoquímicas y parámetros microbiológicos de suelos amazónicos en el cantón Palora, provincia Morona Santiago.

5.2 *Objetivos específicos*

- Determinar la influencia de los sistemas de cultivo de pitahaya y un cultivo representativo del sector (té), sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en el área de estudio del cantón Palora.
- Cuantificar las comunidades de bacterias y hongos y la diversidad de estos en el suelo bajo el sistema de cultivo con pitahaya y el cultivo de té en el área de estudio.
- Establecer la factibilidad ecológica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) mediante las correlaciones de las variables edáficas y microbiológicas evaluadas.

CAPÍTULO II

6 FUNDAMENTO TEÓRICO

6.1 *Panorama internacional de la Pitahaya*

La pitahaya (*Hylocereus triangularis* (L.) Britton & Rose) de la familia Cactáceas originaria de América tropical, caribe y norte de Sudamérica, con 1500 a 2000 especies se distribuye desde Canadá hasta la Patagonia, son consideradas como alto valor comercial en varios países como EEUU parte de Europa y Asia (Cruz, y otros, 2015).

A nivel mundial las especies de pitahayas más cultivadas son: *Hylocereus undatus* que se encuentra distribuida en Vietnam (7350 ha), Tailandia (1050ha), Malasia (927 ha), México (504ha), Israel (125ha) en superficies menores esta Brasil y EEUU, *H. costaricensis* originaria de Costa Rica y Nicaragua se reportan (1070ha) en Tailandia, 1050ha Malasia, y (735ha), y la *H. megalanthus* (sinónimo *Selenicereus megalanthus*) originaria de Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador y Venezuela (Regalado, 2014).

6.2 *La presencia de la pitahaya en Ecuador y en la Amazonía ecuatoriana*

El cultivo de pitahaya en el Ecuador está dado por pequeños y medianos productores, caracterizados por tener de 5 a 10 hectáreas, pero en las actualidades se incrementado por la demanda de su fruta, las primeras pruebas de cultivo de pitahaya empezaron en los años 1988 con los agricultores la Delicia en el Noroccidente de Pichincha, ya en el año de 1990 se continuo con el trabajo experimental en la zona Gualea - Pacto siendo así el inicio e incentivo para las otras provincias (Regalado, 2014). Los cultivos más importantes se localizan en las provincias de Morona Santiago (Palora) como la mayor producción de pitahaya con el 69% liderando entre los productores nacionales, continuando con: Guayas 16%, Pichincha 9%, Bolívar 2% y el resto de las provincias con el 4% (Castañeda, 2015). Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015) las zonas para su siembra son las estribaciones exteriores de la cordillera, zonas subtropicales, pie de monte y amazonas como: Pacto, El Paraíso, Santa Isalies, Pallatanga, La Moná, Piñas, Intag, Zapotal, Lita y Palora.

Se describe a la pitahaya (*Hylocereus triangularis*) como una planta nativa del sur de la Amazonía Ecuatoriana que se adapta perfectamente al clima caliente de la región (14.5°C - 30°C) (Difilo, 2017). La pitahaya de tipo amarilla se encuentra en la Amazonía y se la registra con mayor producción en Morona Santiago (Palora). A diferencia de la colombina, esta variedad conocida como Palora, muestra más pulpa, mayor peso, más grados BRIX¹ (mide el porcentaje total de sólidos solubles) y mejor aspecto (Delgado Gutiérrez, 2015).

En Palora se producen 12 millones de kilos de pitahaya y cerca del 80% se exporta a mercados norteamericanos, europeos y asiáticos, que representa gran parte de la economía de Palora se centra en la producción de pitahaya, generando cerca de 30 millones de dólares (AGROECUADOR, 2016). Actualmente existe un promedio de 677 ha donde se evidencia un crecimiento del 13% respecto al año 2016 y se exportaron 1,811 toneladas, siendo el principal mercado de destino el continente asiático (MAGAP, 2017).

A pesar de la importancia de este cultivo, los suelos destinados a su producción en la región amazónica, en su mayoría son suelos pobres en nutrientes y tienen un bajo potencial de retención, especialmente en lo referente al calcio (Ca^{+2}), potasio (K^{+1}) y fósforo (P) (Bravo *et al.*, 2017). Sin embargo, sobre los suelos pobres crece una tupida vegetación, lo que confunde a muchos productores agrícolas, porque se supone que debajo de un bosque abundante existen suelos fértiles. El bajo contenido de nutrientes se debe a dos causas: la primera a las altas temperaturas y precipitaciones, y la segunda a la historia geológica de la región. Los suelos amazónicos también tienen una muy baja capacidad de retención de los nutrientes, que se originan de la descomposición de la materia orgánica. Esto se debe, en parte, a la alta concentración de aluminio e hidrógeno, que ocupan los espacios en que los nutrientes deberían ser retenidos (Bravo *et al.*, 2017).

Davila (2018) sostiene que la sobrevivencia de algunos cultivos como es el caso de la pitahaya (*Hylocereus triangularis* (L.) Britton & Rose) no es amenazada, porque los cultivos se han adaptado a suelos altamente meteorizados y lavados, una de las adaptaciones más importantes es la concentración de raíces en la superficie del suelo, que permiten capturar los nutrientes provenientes de la descomposición de la materia orgánica y evitar que se pierdan por lavado. Es por ello que surge la necesidad de

implementar fertilizantes químicos o enmiendas en el suelo que permitan que las propiedades fisicoquímicas se mantengan en rangos aceptables para la producción de calidad.

6.3 Factores que intervienen en la producción de pitahaya

La fertilización es un factor importante en el cultivo de la pitahaya, pues garantiza una alta productividad del cultivo, previo a administrar cualquier tipo de fertilizante se debe realizar un análisis del suelo para diagnosticar su calidad, la aplicación de fertilizantes de las plántulas durante el primer año de vida debe ser frecuente para impulsar el desarrollo de la planta, después de aplicar la poda de raleo se debe fertilizar la planta para fortificar los tallos y estimular la producción y el engrosamiento del fruto (Beltrán Torres, 2015). Los requerimientos nutricionales de la planta no son exigentes, siendo sus especificaciones de altas exigencias de potasio, medias de nitrógeno y bajas de fósforo y se debe añadir 500 g. de Boro por hectáreas ya sea al suelo o a las flores (Gaitán Téllez, 2016).

El suelo ideal para que la plantación de la pitahaya sea productiva son los suelos franco arenosos y bien drenados, la calidad del suelo debe ser óptima, es decir, el suelo previo a la siembra de las plantas de pitahaya requiere de una adecuada y oportuna arada y limpieza de desechos que en este se puedan encontrar (Alban Serrano y Alencastri Almeida, 2015).

La frecuencia e intensidad de precipitaciones afecta la productividad del cultivo de pitahaya con ello se origina una serie de sucesos fisiológicos y fitosanitarios que generan una pérdida del 50% al 80% de costos de producción por manejos. Estas condiciones de humedad favorece al desarrollo y proliferación de plagas y enfermedades como por ejemplo: la mosca negra, la mosca de botón que afectan la caída del botón prematuro de la flor y el hongo *Fusarium oxysporum* que causa la pudrición basal. Estas condiciones climáticas condicionan el desarrollo de la antracnosis que son manchas que producen necrosis y pérdida considerable de la lámina foliar (Castro, 2011).

Los problemas sanitarios en el cultivo de pitahaya son causados la mayor parte por microorganismos patógenos impidiendo el transporte de alimento y agua, a más altera el metabolismo debido a las toxinas del patógeno causando enfermedades como la

podricion de la penca y la podricion basal del fruto, que genera una perdida considerable de costos de produccion por manejo de fitosanitario (Trujillo Regalado , 2014).

6.4 Factor suelo

El suelo es el manto superior de la corteza terrestre compuestos por minerales, materia orgánica, organismos biológicos, agua y aires, esto permite que los procesos interactúen deferentes variables fisicoquímica y biológicas que dan como resultado una distribución de capas bien diferenciadas (MAE, 2015).

Cuando se analiza la actividad agrícola de un área y la necesidad de establecer prácticas de manejo de suelos, es necesario evaluar diferentes factores importantes que involucra la eficiencia de la producción de un cultivo tales como: clima, topografía, tiempo de suelo y parámetros físicos, químicos y biológicos a fin de determinar las consecuencias que implica la adaptación de ciertas prácticas de manejo agrícola, un suelo ideal debe contener (25% de agua, 45% de minerales, 25% de aire, 5% de MO (Mora, Mu oz, Meza, y Fonseca , 2015).

Mediante la clasificación de la soil taxonomy los suelos más predominantes en el cantón Palora corresponde a la clasificación taxonómica de orden Inceptisol, estos suelos son de origen aluviales y presencia de materia volcánica (MAGAP, 2015).

6.4.1 Factores fisicoquímicos del suelo

Los indicadores fisicoquímicos se relacionan con el crecimiento y desarrollo de los cultivos, las cantidades de cada uno de estos compuestos varían para cada suelo y con el contenido de humedad. Estos cultivos dependen de diversos factores, entre ellos la disponibilidad de nutrientes del suelo (micro y macronutrientes), cuando estos nutrientes no cubren con la necesidad que exige la planta surge la implementación de fertilizantes químicos o enmiendas para el rendimiento del cultivo (Moreno , Gonzales, y Egido, 2015).

Para evaluar la dinámica y el diagnóstico del suelo es necesario el análisis de estos indicadores que son un instrumento de análisis que permite la cuantificación, simplificación y comunican fenómenos complejos, esto recolección de datos permite la implementación de un buen manejo agrícola (Vallejo Quintero , 2013).

Dentro de los más importantes que debe conocer el productor agrícola para la determinación del crecimiento y desarrollo de los cultivos y las condiciones de fertilidad esta, la textura, proporción de arena, arcilla y limo, la densidad aparente que indica el peso del volumen del suelo y espacio poroso, la conductividad hidráulica saturada que proporciona la retención de agua que almacena el suelo para la planta, y otros como (pH, materia orgánica, nitrógeno total, calcio, magnesio, potasio, fósforo y acidez aluminio intercambiable) permiten la interpretación de relación suelo y planta (Abad Santano, 2014).

6.4.2 Factores microbiológicos (hongos y bacterias) en los sistemas agrícolas.

Los microorganismos en general son seres vivos que se encuentran en diversos grupos de organismos como son las bacterias, cianobacterias, microalgas, protozoos, levaduras y hongos filamentosos, de todos ellos, las bacterias, levaduras y hongos filamentosos son los más utilizados en agricultura, tanto para su aplicación como fertilizantes y fitosanitarios, las bacterias constituyen el grupo más numeroso y más importante (el 98 %) de los microorganismos del suelo, se estima que existen unas 30.000 especies de bacterias y 1.500.000 de hongos, aunque sólo se han identificado el 8 % y el 1 % respectivamente, el estado del suelo es en gran medida, consecuencia de las actividades químicas de estos seres vivos, su existencia garantiza los ciclos de la materia y los fenómenos de descomposición y mineralización de la materia orgánica (AEFA, 2017).

Algunos procesos que cumplen los microorganismos sobre el suelo son: la mineralización (bacterias), inmovilización (hongos micorrízicos), eficiencia de ciclo de nutrientes, la descomposición y síntesis de materia orgánica, capacidad del intercambio catiónico, reservas de Nitrógeno, Sulfato y Fósforo, acidez, toxicidad, capacidad e retención de humedad etc. (Alvarez, Tuca, Quispe , y Meza, 2018).

6.5 Cultivo intensivo

Los cambios edáficos por el uso del suelo, no sólo surgen por la expansión agrícola o modificaciones en el sistema de labranza utilizado, la secuencia y rendimiento de los cultivos implantados, también pueden afectar (Díaz-Zorita y Álvarez, 2004); así, los cultivos intensivos degradan el suelo debido a la reducción y/o eliminación de su

cobertura, estabilidad de agregados, cantidad de materia orgánica; además promueven la erosión, compactación y reduce la productividad (Toledo et al., 2013).

En el caso del suelo con cultivo intensivo se encontró alta compactación, significando serios problemas por pérdida de espacio poroso de aireación y dificultad para el desarrollo de raíces y microorganismos, lo cual afecta el contenido de COS (carbón orgánico del suelo). En la alteración de la microestructura por concepto del cultivo intensivo influyen también los cambios en las actividades microbianas (Novillo Espinoza, y otros, 2018).

Según (Silva Arredondo, 2014) en su tesis denominada “Efectos de la agricultura intensiva en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y sus implicaciones en la conservación de pastizales nativos, menciona en esta investigación se evaluó el cambio en las propiedades físicas y químicas del suelo, incluida la presencia de algunos microorganismos fitopatógenos presentes después de un ciclo de cultivo de papa bajo manejo intensivo, de acuerdo a los resultados presentados, existe una cantidad igual o mayor de los principales nutrientes del suelo, tras un ciclo intensivo de papa, debido a la alta cantidad de fertilizantes químicos que son aplicados en este cultivo.

Este tipo de cultivo por otro lado tiene gran influencia en la contaminación de suelos por metales pesados y pesticidas, debido al usos continuos de plaguicidas y fertilizantes químicos, para tener mayor producción, esta práctica influye sobre la calidad y sostenibilidad del suelo (Andrade , Fernández Covelo , y Alanso Vega , 2005)

CAPITULO III

7 MATERIALES Y MÉTODO

7.1 Localización

El área de estudio se localizó en dos zonas en la finca San Gabriel y en la propiedad de la compañía te Sangay ubicado en el cantón Palora la cual se localiza al Noroccidente de la Provincia de Morona Santiago, Ecuador, (Figura 1). Este cantón posee una superficie de 145.670 ha encontrándose dentro de esta extensión el Parque Nacional Sangay, según el Plan de ordenamiento territorial (PDOT) de la estación meteorológica Sangay comprende el cantón con una altura de 880 m.s.n.m. temperaturas de 14.5 °C min y 30°C max, humedad de 88 min y 91max, y precipitaciones constantes por lo que no hay una estación seca bien definida entre los 2800 a 3000 mm/año (PDOT, 2015).

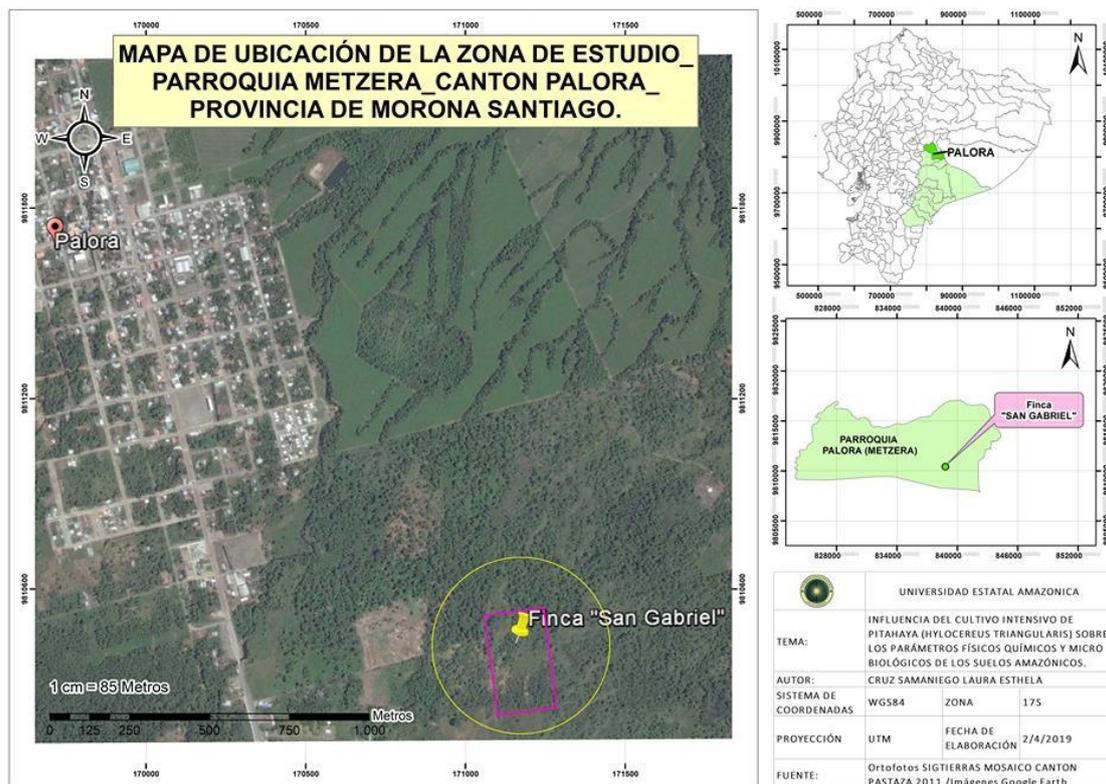


Figura 1. Mapa de localización del Área de experimentación en el cantón Palora, Morona Santiago.

Fuente: Autor 2019.

Las coordenadas del área experimental se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 1 . Georreferenciación del área de estudio.

Cultivos	Punto	Coordenadas GPS			Zona
		X	Y	Altura	
Pitahaya (<i>Hylocereus triangularis</i>)	P1	171120	9810358	886	
	P2	171159	9810358	887	
	P3	171147	9810306	888	
	P4	171120	9810237	891	
	P5	171158	9810241	891	18M
Té (<i>Camellia sinensis</i>)	P1	170606	9811351	879	
	P2	170610	9811403	879	
	P3	170584	9811381	879	
	P4	170555	9811406	876	
	P5	170549	9811363	877	

Fuente: Autor 2019.

7.2 Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental, donde se diseñaron dos tratamientos: la primera muestra de suelos en áreas destinadas al cultivo intensivo de pitahaya y la segunda muestras en áreas donde predominan cultivos de té. El análisis de estas muestras se basó en metodologías regidas por previos estudios para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los suelos. Los análisis estadísticos se realizaron para determinar la diferencia de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas entre ambos sistemas de producción de cultivos.

7.3 *Materiales a utilizar*

A continuación, en la (**Tabla 2**) se describe los materiales a utilizar en la investigación.

Tabla 2. Materiales usados para la investigación

		Materiales	
Campo	Fundas ziplos y jabladeras limpias	Camisas	Palas balde
	Marcadores transparentes	Papel aluminio	Papel de cocina
	Libreta de apuntes	Machete	
	GPS	Cuchillo	
	Esferos	Cinta métrica	
	Cilindros metálico		
	Agitador magnético	Caja Petri	
Laboratorio de microbiología	Balanza analítica	Tubo de ensayo	
	Papel aluminio	Gradillas	
	Papel de cocina	Autoclave	
	Probeta de 1000ml	Incubadora	
	Pipeta	Flujo laminar de gas	
	Micropipeta	Frasco de boca ancha	
	Pipetas de 100 y 1000ml	Filtro de papel Whatman #1	
	Vaso de precipitación	Agitador	
	Balanza analítica	Termómetro	
	Estufa	Hidrómetro	
Laboratorio de suelo	Crisoles	Pie de rey	
	Tamices	Tenacillas	
	Mezcladora	Frasco lavador	
	Matraz Erlenmeyer	Embudos	
	Matraz Kjeldahl	Platos porosos	

Fuente: Autor 2019

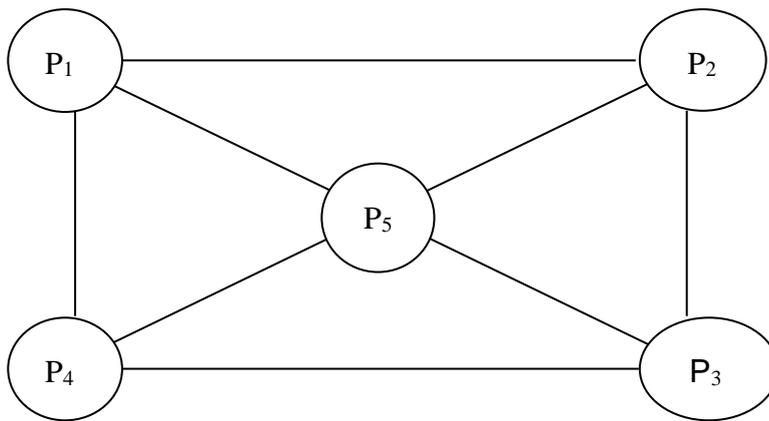
7.4 *Método de investigación*

7.4.1 *Muestreo*

Para el estudio se seleccionaron dos sitios representativos del sistema agrícola del cantón Palora, uno basado en el manejo mediante la aplicación de agroquímicos (cultivo de pitahaya) y otro bajo el sistema de manejo sin agroquímicos (cultivo de té). Para ello se realizó el muestreo de suelo de forma alterada y no alterada. Las muestras no alteradas se toman en empaques y se maneja de tal manera que no alteren las condiciones

naturales del suelo (densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad, entre otras). Las muestras alteradas no requieren una forma especial de muestreo ya que en laboratorio la mayoría de los análisis químicos se hacen sobre muestras secas al aire libre, molida y tamizada por 2mm (Grupo Latino s.f).

Figura 2. Esquema de la metodología empleada en la toma de las muestras compuestas. Los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 representan las muestras compuestas resultantes de cinco submuestras.



La realización del muestreo de suelos se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Mendoza y Espinosa (2017). Esta metodología se basa en la realización de puntos de muestreos y toma de muestras compuestas (cinco submuestras) en cada uno de ellos a profundidades de 0-10 cm y de 10-30 cm respectivamente. El recorrido se ejecutó en forma de X que es un método sencillo y apropiado para zonas planas y homogéneas, en donde se recolectó de extremo opuesto a extremo esquinero. Como se muestra en la figura 2.

Una vez recolectadas las muestras se etiquetaron con la simbología F1.PIT.P 0-10 F1.PIT.P 10-30 para la finca uno (pitahaya) para cada punto y profundidad, F2.PIT.P 0-10 y F2.PIT.P.10-30 para la finca dos (té). Para las muestras alteradas se puso en fundas ziploc con un peso de 2 kg. Para las muestras no alteradas se utilizó cilindros a profundidades de 0-10, 10-30 y se etiquetó con la misma simbología.

7.4.2 Análisis de muestras

Una vez finalizada la toma de muestra, estas fueron llevadas a laboratorio de suelos y laboratorio de microbiología de la Universidad Estatal Amazónica. En los análisis se determinaron los siguientes parámetros según la metodología propuesta por Bravo *et al.* 2017.

7.4.3 Análisis químicos

El análisis químico de suelo se hace sobre las muestras alteradas de suelo, se toma 2 kg de muestra.

7.4.3.1 Secado

Una vez procesada la muestra es necesario secar para poder tomar las respectivas alícuotas, se seca a temperatura ambiental durante 72 horas.

7.4.3.2 Tamizado

Con la finalidad de homogenizar la muestra una vez secada, la muestra se muele manualmente con un rodillo de metal y luego se pasa por un tamiz de 2mm de diámetro.

7.4.3.3 Determinación Materia orgánica del suelo (MO)

Para la determinación de MO por LOI (calcinación) se siguió el método propuesto por Schulte y Hopkins (1996), El cálculo de MO se realiza por diferencia de peso en las distintas temperaturas.

Calculo:

$$\%MO = (peso\ 105^{\circ}C - peso\ 360^{\circ}C) / peso\ 105^{\circ}C \quad (1)$$

7.4.3.4 *Determinación de pH del suelo*

Método de potenciómetros (relación suelo-agua 1:2,5) de López Parraga y Zamora Mera (2016),

7.4.3.5 *Determinación de aluminio intercambiable*

Para la determinación se realizó por el método de titulación con NaOH (hidróxido de sodio) de Bremmer y Milyaney 1994 citado por Kenyi & Rodriguez (2017).

Cálculo:

$$H^+ \text{intercambiable} = V \times N \times 100$$

$$Al^{+3} = Al^{+3} + H^+ - H^+ \quad (2)$$

Dónde:

V= volumen NaOH utilizados al titular con el rojo metileno

N= Normalidad del NaOH (0.01)

Al⁺³= meq/100ml ó Cmol/kg

7.4.3.6 *Determinación de acidez intercambiable del suelo*

Para la determinación se utilizó el método de titulación con NaOH (hidróxido de sodio) de Bremmer y Milyaney 1994, citado por (Dezzeo, 2013).

Calculo:

$$H^+ + Al^+ (\text{cmol/kg}) = [(mlNaOHmuestra - mlNaOHblanco) \times NaOH \times 0.1] / kg \quad (3)$$

7.4.3.7 *Determinación de contenido de nitrógeno total (NT) en el suelo*

Para la determinación de NT se emplea el método de Kjeldahl por CHEMILAB (2015).

Calculo:

$$N\% = \frac{(V - B) \times N \times 14}{PM \times 10} \quad (4)$$

Dónde:

V= volumen del ácido sulfúrico utilizado para titular la muestra.

B= volumen del ácido sulfúrico utilizado en la titulación del blanco.

N= Normalidad exacta del ácido sulfúrico

14= peso equivalente del N

PM= peso de la muestra en gramos

10= Factor para convertir a porcentaje

7.4.3.8 Determinación de bases cambiables (calcio Ca, magnesio Mg, potasio K) y fósforo (P).

Se utilizó el método de Olsen modificado de (Bravo, 2015).

7.4.4 Análisis físico:

Para la caracterización de los parámetros físicos del suelo en función de la parte sólida, espacio poroso y contenido de agua entre otros y en que proporciones se encuentra. Dentro de los más importantes para el desarrollo de la planta y las condiciones de fertilidad se determina los parámetros como:

7.4.4.1 Determinación de conductividad hidráulica saturada

Para la determinación se basó por el método de carga variable de Gabriels, Lobo, y Pulido, (2013).

Calculo:

$$K_s = (Q/At)(LN/\Delta H) \quad (5)$$

Dónde:

K_s= Conductividad hidráulica saturada

Q= volumen del agua recogida en la probeta graduada (cm³)

A= área de la sección circular horizontal del cilindro (cm²)

t= tiempo que transcurre desde que comenzó a recogerse el agua hasta la medición final del volumen Q de esta (hora).

ΔH= carga del agua que se mantiene constante por encima del nivel superior del cilindro del suelo (cm).

7.4.4.2 *Determinación de distribución de tamaños de poros (porosidad total de aireación y retención)*

Se utilizó el método de mesa de tención realizado por Centro Agropecuario “Granja” (2013),

Calculo: (6)

Porosidad total	Porosidad de aireación	Porosidad de retención
$Pt = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100\%$	$Pa = Pt - Pr$	$Pr = It \times Da$
$Dr = \frac{Ms}{Vs}$	<p>Donde: Pa: Porosidad de aireación Pt: Porosidad total Pr: Porosidad de retención</p>	$It = Padh - 1/5 \text{ arena}$ <p>Donde: Pr: Porosidad de retención It: Índice de textura Da: Densidad aparente Padh: Punto de adherencia</p>
<p>Donde: Pt: Porosidad total Da: Densidad aparente Dr: densidad real Ms: peso solido Vs: volumen solido</p>		

7.4.4.3 *Determinación de densidad aparente.*

Para la determinación se empleó el método de cilindro metálico (Kiessling, 2012).

Calculo:

$$Da = \frac{Ms}{Vt} \quad (7)$$

Dónde:

Da: Densidad aparente
 Ms: Masa solida
 Vt: Volumen del solido

7.4.4.4 *Determinación de textura*

Para la determinación se utilizó el método del hidrómetro de BOUYOUCUS es una reforma del método de Day (1965) y ASTM (1985), citado por (Burt, 2004).

Calculo:

$$LC = (Ltm \pm \text{factor de corrección}) - (LB \pm \text{factor de corrección}) \quad (8)$$

$$\%Arena = 100 - (LC \text{ a los } 40s \times \frac{100}{\text{gramos muestra}})$$

$$\%Arcilla = LC \text{ a las } 2 \text{ horas} \times \frac{100}{\text{gramos muestra}}$$

$$\%Limo = 100 - (\%Arena + Arcilla)$$

Dónde:

LC= Lectura corregida

Ltm= Lectura tomada de la muestra

LB= Lectura blanca

7.4.5 Análisis microbiológico:**7.4.5.1 Cuantificación de comunidades de bacterias y hongos**

Se cuantificaron las comunidades de bacterias y hongos totales de cada muestra de suelo objeto de estudio. Para ello se dispuso de medios de cultivos generales para bacterias (Agar Nutritivo-NA) y para hongos (Agar Rosa Bengala-ARB). Para la elaboración de los medios de cultivos se siguió las instrucciones del manual del fabricante (28 g L⁻¹ para NA y 33.7 g L⁻¹ para ARB).

Se realizó el método del Numero Más Probable (NMP) y diluciones cuantitativas y siembra en cajas Petri para la cuantificación de las comunidades microbianas (Chandrapati y Williams, 2014). Este consiste en la realización de diluciones cuantitativas de 1 g de suelo de las muestras en agua peptonda estéril desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶. Al primer tubo de ensayo se le adicionó 1 g de suelo de las muestras, constituyendo este la muestra inicial para la realización de las diluciones cuantitativas (Figura 3).

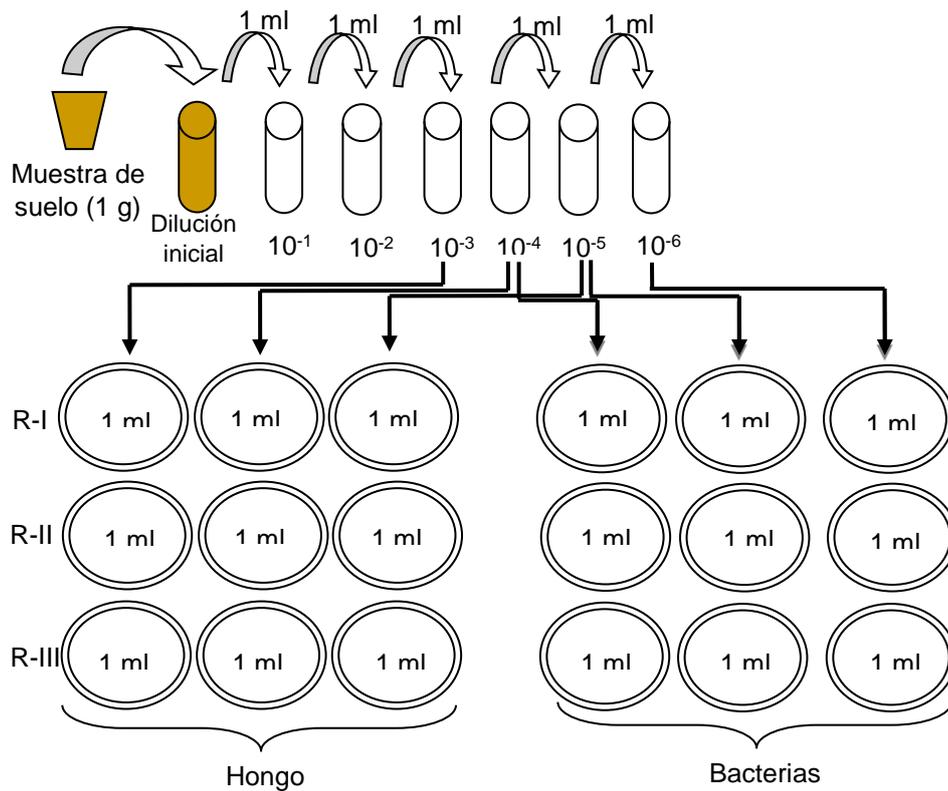


Figura 3. Metodología de la cuantificación microbiana basada en el Número Más Probable de microorganismos, mediante las diluciones cuantitativas y la siembra en cajas Petri.

Las diluciones que se emplearon para la determinación de bacterias fueron 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} , mientras que para hongos se sembraron de las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , considerándose estas como un estándar para la determinación de las unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC g suelo⁻¹) para cada grupo microbiano.

La siembra consistió en tomar de cada dilución 1 ml de la dilución en cuestión, para luego ser depositados uniformemente en cajas Petri y posteriormente adicionando el medio de cultivo respectivo para bacterias u hongos en una relación de 20 ml por caja aproximadamente. Para la siembra se tomaron 3 réplicas por cada dilución. Inoculadas las cajas Petri con cada dilución, estas se incubaron a 30 °C para bacterias y 28 °C para hongos durante 72 horas para la cuantificación de la UFC g suelo⁻¹ y la diversidad de los grupos microbianos por el análisis de parámetros morfoculturales.

La cuantificación de las colonias (UFC) tanto para bacterias como hongos se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$UFC \text{ g suelo} = \frac{\left(\frac{\sum N^{\circ}CpC}{N^{\circ}C}\right)}{V} * FD \quad (9)$$

Donde:

$\sum N^{\circ}CpC$: Sumatoria del número de colonias por cada caja Petri

$N^{\circ}C$: número de cajas Petri

V: Volumen inoculado en la caja Petri

F.D: Factor de dilución

7.4.5.2 *Diversidad microbiana*

La diversidad de hongos y bacterias de las muestras de suelos se llevaron a cabo mediante la metodología propuesta por Pla, (2006) y Torres-Gutiérrez (2008). Para el análisis morfocultural de las colonias de bacterias se midió: color, crecimiento, elevación, producción de mucus, bordes y tinción de Gram, mientras que para las colonias de hongos se evalúa el color, crecimiento radial y tipo de micelio.

La diversidad microbiana se evaluó mediante los índices de Simpson (D_{Si}) (Simpson, 1949) y Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1949). Ambos índices incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitabilidad. En algunos casos el valor del índice de diversidad estimado puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitabilidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitabilidad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitabilidad.

Este índice se determinó según las características morfoculturales obtenidas de las comunidades de hongos y bacterias y se calculan mediante las siguientes formulas:

Índice de Simpson

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (10)$$

Dónde:

p_i : abundancia proporcional de la i ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (11)$$

n_i : número de individuos de la especie i

N : número total de individuos para todas las S especies en la comunidad

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i) \quad (12)$$

Índice de Shannon

Dónde:

p_i : abundancia proporcional de la i ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

7.5 *Análisis estadísticos*

Tanto a las variables fisicoquímicas como microbiológicas evaluadas se realizó análisis estadísticos para comparar las muestras de suelos destinados al cultivo intensivo de la pitahaya, como en el sistema agrícola de té. Se analizó mediante el paquete estadístico SPSS v.22 y se procesaron los datos mediante el Análisis de Varianza (*One Way Anova*) y la prueba de Tuckey o Dunnett C, según corresponda a datos de valores paramétricos o no paramétricos respectivamente, con nivel de significación $p < 0.05$. Los datos obtenidos se correlacionaron mediante pruebas de regresión y el coeficiente de correlación de Pearson con niveles de significación $p < 0.05$ o $p < 0.01$.

7.6 Recursos humanos

A continuación, se detallan en la (Tabla 3) las personas que colaboran en el proyecto:

Tabla 3. Recursos humanos que intervinieron en el proyecto de investigación.

	PERSONAS	CARGO
Muestras en campo	Wilson Cruz y Gabriel Cruz	Propietario de área de estudio
	Dr. Roldan Torres	Director de proyecto
	Laura Cruz	Autora del proyecto
Laboratorio de suelo	Ing. Deisy Changoluisa	Encargada de laboratorio
	Ing. Tonny huera	
	Villarroel Abigail	Egresada de la UEA
Laboratorio de microbiología	Dr. Roldan Torres	Director de proyecto
	Laura Cruz	Autora del proyecto

Fuente: Autor 2019

CAPÍTULO IV

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1.1 Determinación de la influencia de sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las propiedades físicas de los suelos.

La textura, es una propiedad que expresa la proporción de partículas de diferentes tamaños en el suelo influyendo sobre los índices estructurales de tal manera que los suelos arenosos y arcillosos contrastan en cantidad y tipo de porosidad (Nacevillo Pallo, 2016). En cuanto a los resultados para los dos sistemas de cultivo, no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), con un comportamiento textural para la profundidad superficial (profundidad 0-10cm) y subsuperficial (profundidad 10-30cm). Para los sistemas de cultivo de pitahaya (49.4%; 57.6%) y té (58%; 62.2) presentaron una textura con partículas medianas (franco arenoso) (Tabla 4). Según (Aquini Yaringaño, 2002; Davila , 2018) el cultivo de té y pitahaya deben tener un buen drenaje, disponibilidad de humedad, por esta razón los suelos de textura franco y franco arenoso son de mejores características para la implementación de estos cultivos.

Tabla 4. Comparación de la textura de los suelos bajo los sistemas de cultivos con pitahaya y té.

Sistema de cultivos	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
Profundidad 0-10cm				
Pitahaya	49,4±6.57	28.0±1.58	16,6±2.76	Franco arenoso
Té	58±1.37	30,8±0.86	11,2±1.15	Franco arenoso
Profundidad 10-30cm				
Pitahaya	57,6±8.45	29,6±1.93	6,8±0.96	Franco arenoso
Té	62,2±4.58	25,2±2.61	12,6±2.50	Franco arenoso

Los valores en las columnas son el resultado de cinco réplicas por cada tratamiento \pm el error estándar del valor promedio de la variable. No existieron diferencias significativas en las variables evaluadas para $p < 0.05$ por Tukey HSD.

El análisis de las propiedades físicas de los suelos por cada muestra determina en gran medida la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las

raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes (Toboada & Alvarez , 2008). Estas variables son importantes conocer para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks., *et al.*, 2004). Es por ello que la determinación de las variables estructurales por cada uno de los puntos de muestreo representa relevante información.

Tabla 5. Comparación de las propiedades físicas del suelo bajo los sistemas de cultivo (pitahaya y té).

Sistema de cultivos	Da (mg*m⁻³)	K_{sat} (cm*h⁻¹)	Pt (%)	Pa (%)	Pr (%)
Profundidad 0-10cm					
Pitahaya	0,41±0.06	25.86a±21.87	91,05±21.76	24,21±8.59	87,04±13.20
Té	0,32±0.007	15,61a±6.05	86,14±2.25	17,10a±3.21	69,04b±3.41
Profundidad 10-30cm					
Pitahaya	0,38±0.01	0,36b±0.15	87,32±0.89	8,51±0.27	78,81±0.83
Té	0,33±0.02	0,10b±0.01	89,72±1.54	7,84b±0.38	81,88a±1.22

Da: Densidad aparente; **K_{sat}:** conductividad hidráulica saturada; **Pt:** Porosidad total; **Pa:** Porosidad total; **Pr:** porosidad de retención. Los valores en las columnas son el resultado de cinco réplicas por cada tratamiento ± el error estándar del valor promedio de la variable. No existieron diferencias significativas en las variables evaluadas para $p < 0.05$ por Tukey HSD.

Al comparar los dos sistemas de cultivos en la zona de estudio (Tabla 5) y las dos profundidades consideradas (0-10; 10-30cm) no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) en todos los parámetros estructurales evaluados. De forma general los suelos de los sistemas de cultivo muestran donde sus propiedades físicas se encuentran muy cercanas a rangos de referencia establecidos como alto que se refleja en los índices estructurales evaluados (Da, K_{sat}, Pt, Pa, Pr), con mejores valores en la parte superficial en relación a la subsuperficial.

La comparación de la densidad aparente (Da) en la zona de estudio (Tabla 5), los resultados en los dos sistemas de cultivo (pitahaya y té) en cuanto a la profundidad superficial difirió estadísticamente ($p \leq 0.05$), obteniéndose el menor valor en el sistema de cultivo Té (0,32 mg cm⁻¹) mientras que las mayores densidades se obtuvieron Pitahaya (0.41mg cm⁻¹). Los valores de la (Da) se disminuyen a medida que el suelo se

profundiza. Según (Bravo, y otros, 2017) a través de los índices estructurales sugieren que la mayoría de los usos de la tierra se caracterizan por presentar bajos valores de D_a , alta capacidad de infiltración y captación de agua relacionada con los altos valores de K_{sat} y de los poros de retención (P_r , microporos) y una alta capacidad de aireación reflejada por su porosidad total y de aireación (P_a , macroporos).

La conductividad Hidráulica del suelo (K_{sat}) asociada a la permeabilidad del suelo fue alta en los dos sistemas de cultivo pitahaya ($25,86\text{cm}^*\text{h}^{-1}$) y té ($15,51\text{cm}^*\text{h}^{-1}$). Mientras se puede apreciar valores bajos a medida que el suelo se vuelve profundo estableciendo una diferencia estadística significativa ($p\leq 0,05$). Esta diferencia al comparar con el valor señalado por (Pla, 2010) como crítico para la K_{sat} $0,5\text{cm}^*\text{h}^{-1}$ el mismo que se encuentra relacionado con el comportamiento textural demuestran que dichos valores en las profundidades de 10-20cm estarían desfavoreciendo la penetración y movimiento del agua en la profundidad subsuperficial. Estos valores a su vez están asociados a las condiciones climáticas (precipitación elevada en la zona).

En cuanto a la distribución y tamaño de poros fue afectada significativamente por los dos sistemas de cultivo ($p\leq 0,05$). Los valores de porosidad total obtenidos estuvieron relacionados con la (D_a) ya que a medida que disminuye la densidad aumenta la porosidad total. La (P_t) oscilo entre el 91,5% en cultivo de pitahaya y 86,14% en té de 0-10cm y 87,32% y 89,72% de 10-30cm de profundidad (Tabla 5), con una gran fracción de volumen representada por los poros de retención (P_r) confiriéndoles a estos suelos una alta capacidad de retención de humedad indistintamente del sistema de cultivo. Se observa que para P_a para la profundidad superficial (0-10cm) los mayores datos porcentuales en el cultivo de pitahaya (24,21%) mientras que el menor valor fue para el cultivo de té (17,10%).

No obstante, estos valores van cambiando a medida que el suelo se profundiza y los rangos van disminuyendo de 10-30cm (pitahaya: 8,51% y té: 7,84%) (Tabla 5). Según (Romero, Aristizabal, y Jaramillo, 1998). El cultivo intensivo provoca cambios singulares en el estado físico del suelo, ha provocado cambios en el volumen total de poros, determinando a partir del valor de la capacidad máxima de absorción de agua, el incremento de la densidad del suelo está muy relacionada con las variaciones

experimentadas en la porosidad total de $1,15 \text{ mg cm}^{-3}$ a $1,32 \text{ mg/cm}^{-3}$, de este análisis se explica el comportamiento de la porosidad de aireación.

8.1.2 Determinación de la influencia de sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las propiedades químicas de los suelos

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los análisis químicos llevados a cabo para ambos sistemas de cultivos.

Tabla 6. Comparación de las propiedades químicas de los suelos bajo los sistemas de cultivos con pitahaya y té.

Variables	Sistema de Cultivo	
	Pitahaya	Té
	0-10 cm	
Ph	5,06±0.13	4,90±0.09
Al+H	1,14±0.24	1,5±0.23
Al ⁺	0,42±0.07	0,54a±0.10
%NT	0,55b±0.02	0,71a±0.02
P	6,14±1.76	8,10a±1.25
K ⁺¹	0,19±0.21	0,16±0.03
Ca ⁺²	1,47±0.81	0,54a±0.04
Mg ⁺²	0,37a±0.07	0,29a±0.02
%MO	27,06a±1.42	33,3a±1.73
	10-30 cm	
pH	5,16±0.08	4,93±0.08
Al+H	0,68±0.15	0,84±0.06
Al ⁺	0,32±0.07	0,38b±0.04
%NT	0,79a±0.07	0,50b±0.21
P	3,54±1.60	2,42b±0.37
K ⁺¹	0,19±0.04	0,09±0.01
Ca ⁺²	0,81±0.23	0,34b±0.03
Mg ⁺²	0,19b±0.006	0,18b±0.008
%MO	22,38b±1.43	24,52b±0.63

Al+H: acidez intercambiable (meq/100g de suelo); **Al⁺:** aluminio intercambiable (meq/100g de suelo); **%NT:** Porcentaje de nitrógeno total; **P:** Fosforo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$); **K⁺¹:** Potasio (meq/100g de suelo); **Ca⁺²:** Calcio (meq/100g de suelo); **Mg⁺²:** Magnesio (meq/100g de suelo); **%MO:** porcentaje de materia orgánica. Los valores en las columnas son el resultado de cinco réplicas por cada tratamiento \pm el error estándar del valor promedio de la variable. Letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0.05$ por Tukey HSD.

En cuanto a los resultados químicos para los dos sistemas de cultivo en el cantón Palora se observó que el pH presenta un aumento según disminuye la profundidad. Esto puede estar influido por el régimen pluviométrico de la zona de estudio y a la acidificación que puede darse debido a que las constantes lluvias logran que reaccione el CO₂ en la atmosfera para formar ácido carbónico, afectando en cierta medida la disponibilidad de nutrientes en los sistemas de cultivo pitahaya y té. Según (Nacevillo Pallo, 2016), hace referencia que los suelos a medida que se profundizan el pH aumenta esto puede estar atribuido a las precipitaciones que presenta la región amazónica, con lluvia de pH 5.7 y la interrelación con otros componentes del suelo.

Según (Tipantiza, 2018) por lo general los suelos de la región amazonía son pobres en nutrientes y tienen un bajo potencial de retención, especialmente en calcio, en potasio y en fósforo. Para (Bravo, y otros, 2017) menciona en la región amazónica el bajo contenido de nutrientes, alta acidez de los suelos sugiere que un cambio de uso de la tierra de bosque a sistemas agrícolas, implica la aplicación de enmiendas y nutrientes para satisfacer la demanda de los cultivos.

En este sentido el pH en la profundidad 0-10cm en la pitahaya: 5,06 (Tabla 6) clasificándolo como suelos ácidos, y té: 4,9 clasificado de suelos muy ácidos, lo que indica que el pH de los dos sistemas de cultivos de referencia en la profundidad mencionada es estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$). Para la profundidad subsuperficial (10-30cm) se detectaron de igual manera diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) registrándose en el cultivo de pitahaya, el mayor valor 5,16 clasificado de igual forma como ácido y té (4,93) a valores catalogados como muy ácidos. Los valores bajos en la profundidad de 10-30cm se podría deber a la falta de descomposición del material vegetal de la profundidad de 0-10cm. Según Navarro y Pérez (2014) al utilizar agroquímicos en el suelo el pH es ácidos, por lo que Najera Veintimilla (2011) señala que para los cultivos de pitahaya los suelos óptimos deben presentar un pH entre 5.5 a 6.5, considerándoles ligeramente ácido. Según Aquini Yaringaño (2002) para los cultivos de té se puede encontrar pH de 4.0 considerándose muy ácido.

De las propiedades de la acidez intercambiable en los dos sistemas de cultivo los valores se encuentran altos en el cultivo de pitahaya (1.14 meq 100g s⁻¹) y té (1.5 meq 100 g s⁻¹), en la profundidad subsuperficial variaron de contenidos medio como se aprecia en la

(Tabla 6), para ambas profundidades se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Para la variable de aluminio intercambiable en los dos sistemas de cultivo los valores se encuentran medio en la pitahaya ($0.42 \text{ meq } 100 \text{ g s}^{-1}$) y te ($0.54 \text{ meq } 100 \text{ g s}^{-1}$), estos valores se mantienen a medida que se profundiza, para ambas profundidades no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Según (Jaramillo, 2002) el mayor valor de acidez intercambiable en la profundidad de 0-10cm puede estar relacionado con la descomposición de materia orgánica y de pH entre 6.1 y 6.5 son óptimos para el crecimiento de la planta, con valores de pH < 5.5 en estos suelos la posibilidad de que se presenten toxicidades, principalmente por aluminio.

En cuanto al porcentaje de nitrógeno total del suelo (% NT), no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en ninguna de las profundidades, sin embargo, en función del uso del suelo para la profundidad superficial oscilando de valores medios en los dos sistemas de cultivo (pitahaya: 0,55%; té: 0,79%) lo cual indica que están asociado a los mayores contenidos de materia orgánica. Para la profundidad subsuperficial los contenidos no variaron en los sistemas de cultivos se mantiene valores medios.

En relación al fósforo (P), si bien no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), los valores estuvieron de contenidos bajos ($< 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en los dos sistemas cultivo evaluados. Los rangos en la profundidad superficial fueron (pitahaya: $6,14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a (té: $8,10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) y en la profundidad subsuperficial de (pitahaya: $3,54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a (té: $2,42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Tabla 6). Las diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los dos cultivos pueden estar relacionadas con la falta de aplicación de fertilizantes para incrementar la producción, sin embargo, esta aplicación no significaría daños hacia el recurso suelo ya que al comparar con los valores de los dos cultivos de la (Tabla 6) no son considerables ya que ninguno de ellos es considerado como alto. Al comparar los altos contenidos de materia orgánica de estos suelos con el contenido de esta variable, se podría señalar que el P aportado por los residuos orgánicos inmediatamente es utilizado por las plantas, impidiendo su acumulación en el suelo en grandes cantidades.

La concentración de las bases intercambiables como potasio (K^{+1}), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}), muestran en la zona de estudio, que independientemente del sistema

de cultivo evaluados para la profundidad superficial y subsuperficial los niveles en la (Tabla 6) se encuentran bajos, lo que indica una condición de baja fertilidad química, encontrando el único problema ambiental en esta condición la acidez del suelo que se ve muy relacionada por efectos de la precipitación (2800 a 3000 mm/año) muy común en la zona de estudio.

Según (Rodríguez y Muñoz Hernández, 2012) en los resultados de su trabajo con la aplicación de productos orgánicos muestran que, en los agroecosistemas, el pH del suelo redujo la acidez, incrementó la disponibilidad de Ca, Mg, K, N, y P, y favoreció la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y el porcentaje de materia orgánica. Para (Pérez, Céspedes, y Núñez, 2008) los resultados mostrados en su investigación de las características físicas, químicas y biológicas de las enmiendas orgánicas evaluadas varían con las condiciones de manejo, tipo de material utilizado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración. De los análisis de suelo realizado en los cultivos de té según (Paredes G, 1994 citado por Aquini Yaringaño, 2002) se muestran contenido de materia orgánica media (2.7%) y nitrógeno (0.12%), contenido de potasio bajo (180 kg*ha); con CIC efectiva de 13.6 cmol (p+) kg de suelo; porcentaje de saturación de aluminio 44.12o/o que es tolerable por la mayoría de los cultivos y particularmente por el té que puede tolerar hasta 80% de saturación aluminica. En cuanto al cultivo de pitahaya según (Davila , 2018) se ha determinado que tiene altas exigencias de potasio, medias de nitrógeno y bajas de fósforo, además, responde muy bien a aportes de materia orgánica.

Al analizar el porcentaje de materia orgánica (%MO) se obtuvieron mayores valores en la profundidad superficial (té:33.3%), (pitahaya: 27.06%), sin embargo, en la primera muestra (0-10cm), los valores son categorizados como altos por encima del 5%; mientras que para profundidad 10-30cm no variaron de contenidos altos, como se aprecia en la (Tabla 6), para ambas profundidades no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en los dos sistemas de cultivo registraron el mayor %MO en el suelo. Según (Bernal , y otros, 2015) %MO es importante no solo para la fertilidad además de estos %MO dependen otros parámetros como la Da, Pt, Pa, humedad, el coeficiente de dispersión de partículas, actividad biológica, la capacidad del suelo para retener cationes y la cantidad de nutrientes, a más cumple como función protectora al fijar los contaminantes ya se ha orgánicos, pesticidas o minerales. También

manifiesta que, en las regiones tropicales por cultivos, los suelos pierden rápidamente el %MO (5, 19%) y en un período de 20-30 años puede reducirse de 5-6 % bajo vegetación de bosques a 1-2 % bajo cultivo intensivo es por ello la implementación de fertilizantes en los cultivos.

8.1.3 Influencia de los sistemas de cultivos con pitahaya y té sobre las comunidades de hongos y bacterias de los suelos.

8.1.3.1 Cuantificación de UFC y cinética de bacterias en los cultivos de pitahaya y té.

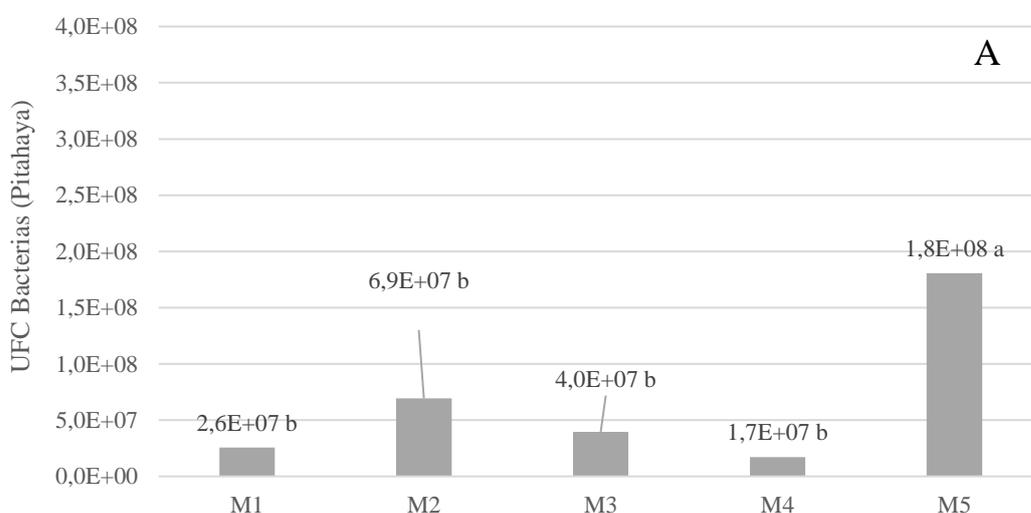


Figura 4. Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias en suelos con cultivo de pitahaya (A) por cada una de las muestras evaluadas. Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

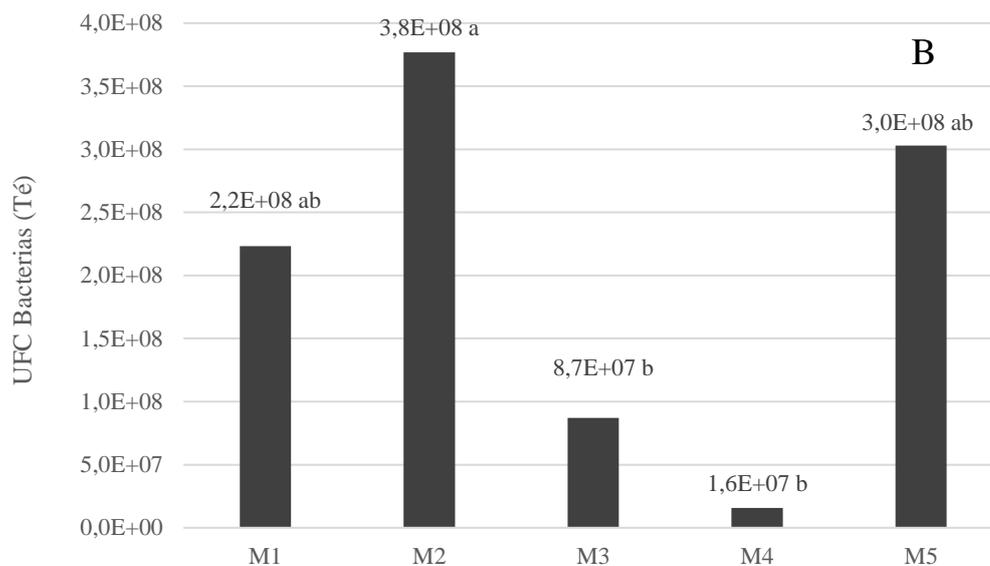


Figura 5. Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias en suelos con cultivo de té (B) por cada una de las muestras evaluadas. Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

El análisis de las UFC de bacterias y hongos por cada muestra pone de manifiesto la distribución espacial del número de estos microorganismos en el área de estudio, tanto para el cultivo de pitahaya como el de té. Es por ello que la determinación de la cantidad de microorganismo por cada uno de los puntos de muestreos representa relevante información. Como se aprecia en la (figura 4 panel A), la cantidad de bacterias por cada una de las muestras procesadas difirió estadísticamente ($p \leq 0.05$), encontrándose $1.8E+08$ UFC en la muestra 5 (M5) en comparación con el resto de las muestras para el cultivo de pitahaya. Para el cultivo de té (figura panel 5 B), también se observaron diferencias significativas entre las muestras, aunque para este cultivo los resultados fueron más homogéneos para las muestras M1, M2 y M5, las cuales no tuvieron diferencias estadísticas entre ellas. No obstante, la muestra M2 ($3.8E+08$) fue la única que tuvo diferencias con las de menores valores obtenidos para bacterias (M3 y M4).

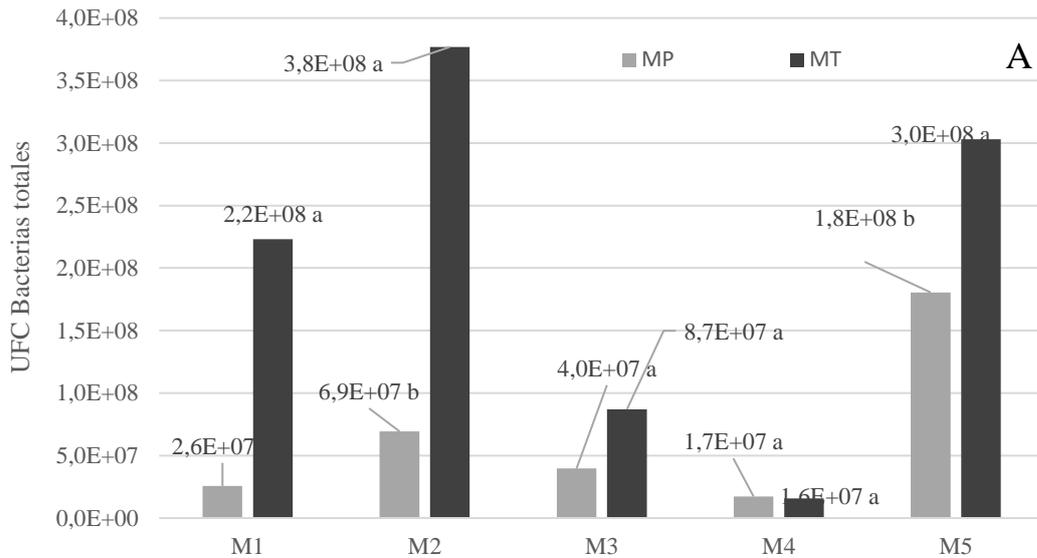


Figura 6. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) (A) en suelos con cultivo de pitahaya (MP) y té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p \leq 0.05$.

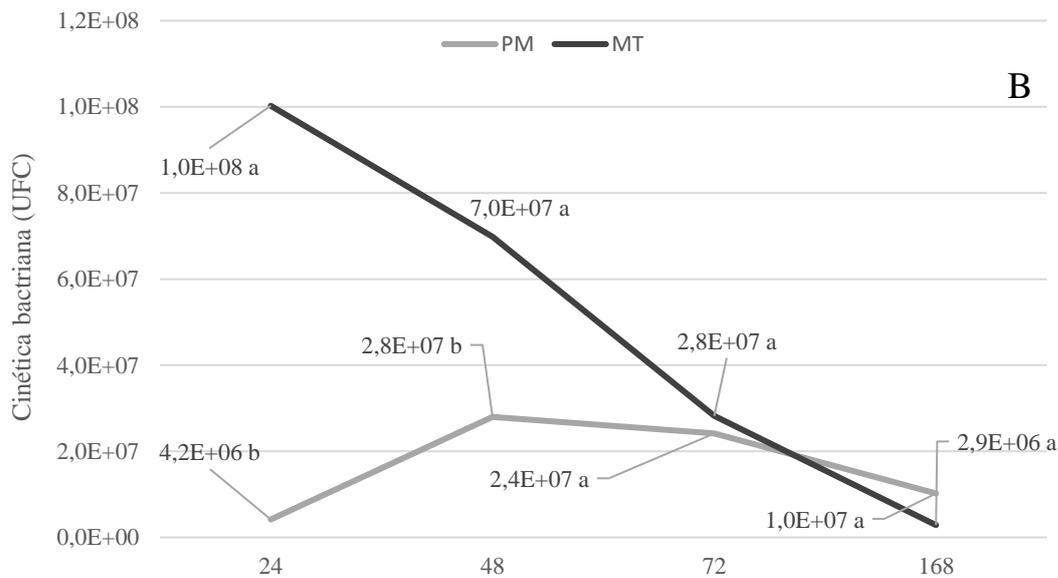


Figura 7. Comparación cinética del crecimiento bacteriano (B) en suelos con cultivo de pitahaya (MP) y té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p \leq 0.05$.

La comparación de las UFC de bacterias para ambos cultivos por cada uno de los puntos de muestreos se muestra en la (figura 6 panel A). En esta se aprecia que para las muestras M3 y M4, no hubo diferencias significativas entre las UFC de bacterias para los cultivos

de pitahaya y té, aunque aún en la muestra M3 hay un incremento de las UFC para té en comparación con pitahaya. En el resto de las muestras se evidencia el incremento de esta variable significativamente para el cultivo de té en comparación de la pitahaya. Estos resultados demuestran la abundancia de las comunidades bacterianas el cultivo del té en comparación con el cultivo de pitahaya, los cuales pueden estar influidos por el sistema de cultivo y la aplicación de agroquímicos en el cultivo de la pitahaya en comparación con el cultivo de té, al cual no se le aplica ningún tipo de agroquímicos.

En este sentido, varios estudios han puesto de manifiesto la acción negativa de la aplicación de agroquímicos sobre la estabilidad y prevalencia de las comunidades microbianas. Thiour-Mauprivez *et al.* (2019) reportan que la persistencia de residuos de pesticidas en lo suelos es identificada como la mayor amenaza para los microorganismos que viven en estos ecosistemas, los cuales soportan un importante número de servicios ecosistémicos. Estos autores señalan que, aunque los pesticidas solo se liberan al mercado luego de una cuidadosa y exhaustiva evaluación, el riesgo para los organismos que viven en lo suelos son insuficientes y particularmente para los microorganismos, para los cuales la toxicidad a pesticidas solamente considerada una prueba global de medición de la actividad de mineralización de nitrógeno.

Un ejemplo fehaciente son los estudios realizados por Newman *et al.*, (2016), los cuales demostraron el efecto inhibitorio de comunidades bacterianas por la aplicación de glifosato en los suelos. En este estudio se realizaron análisis metagenómicos en diferentes periodos en los suelos, determinándose un decrecimiento en las poblaciones de Acidobacterias, las cuales juegan un rol determinante en la funcionalidad de los suelos, salud de las plantas y la productividad de los cultivos.

En el panel B de esta figura 7 se representa la cinética de crecimiento de las bacterias en diferentes tiempos (24 h, 48 h, 72 h y 7 días). Estas evaluaciones se realizaron con el objetivo de determinar la velocidad de crecimiento de estos microorganismos autóctonos de la zona, lo cual pone de manifiesto su adaptabilidad al medio (Yang *et al.*, 2019). En la figura se demuestra que las comunidades bacterianas del cultivo de té, logran adaptarse mejor que en el cultivo de pitahaya, obteniendo un incremento significativo en el número de UFC para las 24 y 48 horas de cultivadas las muestras en medio Agar Nutritivo, mientras que para las 72 horas y 7 días no hubo diferencias estadísticas entre

ambos cultivos. Se destaca que, en el cultivo de té, debido al elevado número de UFC a las 24 horas, se llega muy rápidamente a la fase estacionaria de las colonias bacterianas, logrando un decrecimiento para todos los demás tiempos evaluados. Sin embargo, aún a los 7 días de evaluación, no se observan diferencias estadísticas en la UFC en comparación con aquellas obtenidas en el cultivo de pitahaya, demostrando que, aunque haya una reducción de las UFC en el tiempo, siempre que haya nutrientes en el medio, tal como puede ocurrir en los suelos, existirá un incremento en la cuantificación de estos procariotas. Otro factor determinante en este comportamiento lo constituye la acidez de los suelos para ambos cultivos, en especial para el té (pH 4.90 para la profundidad de 0-10 cm y pH 4.93 para la profundidad de 10-30), sin embargo, se demuestra claramente la adaptación de las comunidades bacterianas a estas condiciones.

Juyal *et al.*, (2019), señalan que no se conoce lo suficiente acerca de cuáles son los agentes controladores de la distribución espacial y temporal de las bacterias en los suelos. Estos autores reportan que el estudio de los patrones espaciales y temporales a microescala pueden determinar los factores concretos que controlan las comunidades microbianas y su actividad. Kuzyakov y Blagodatskaya (2015) enfatizan que las bacterias tienden a formar agregados en los ambientes donde habitan y forman lo que se ha referido como “Hotspots microbianos”. Estos Hotspots son zonas en las cuales la actividad microbiana es más rápida e intensa comparada con las condiciones promedio de los suelos. Al vincular estos resultados a nuestro estudio, se deduce que en el cultivo del té se crean “Hotspots bacterianos” que aceleran la actividad de las colonias, proporcionando un elevado número de UFC en comparación con aquellas derivadas del cultivo de pitahaya.

8.1.3.2 Cuantificación de UFC y cinética de hongos en los cultivos de pitahaya y té.

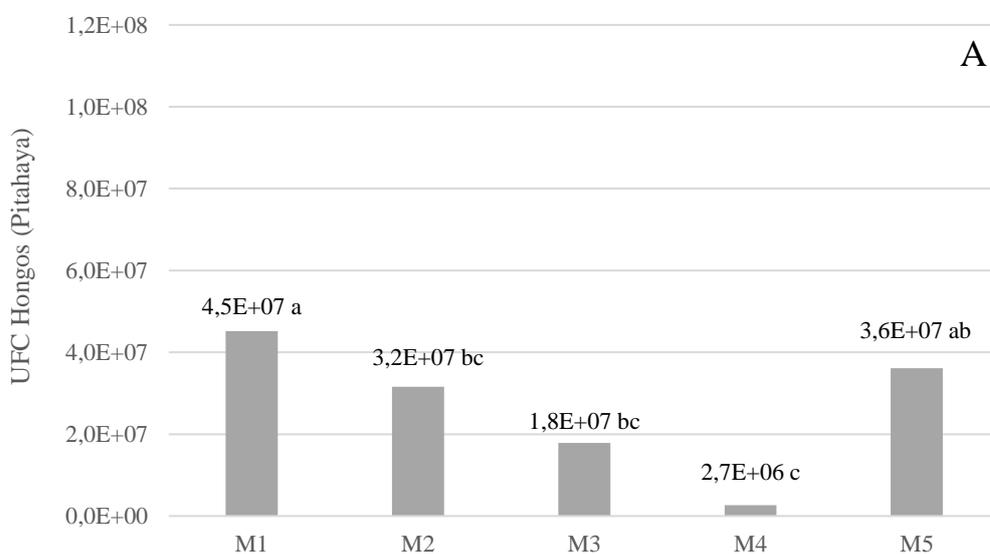


Figura 8. Unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos en suelos con cultivo de Pitahaya (A). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

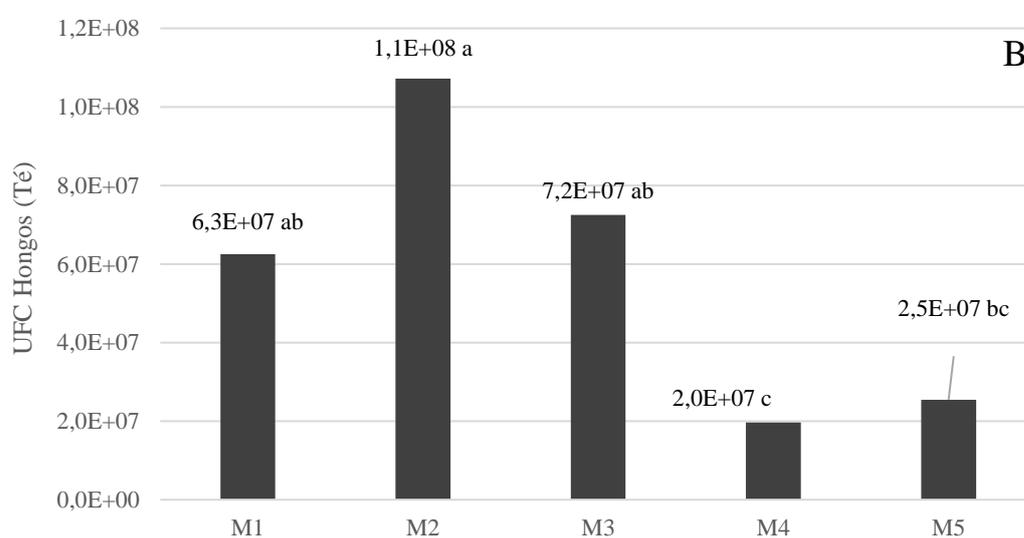


Figura 9. Unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos en suelos con cultivo de y Té (B). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

Para la cuantificación de las comunidades de hongos también se realizaron los análisis por cada una de las muestras objeto de estudio. La figura 8 pone de manifiesto las

cantidades de estos microorganismos para el cultivo de pitahaya (panel A) y té (figura 9 panel B) respectivamente.

En ambos cultivos se encontraron diferencias estadísticas entre las muestras, obteniéndose los mejores resultados significativos para las muestras M1 y M5 para pitahaya; mientras que para el cultivo de té las muestras M1, M2 y M3, no tuvieron diferencias estadísticas entre ellas. Al igual que para las comunidades de bacterias, el cultivo de té mostró mejores valores en cuanto a la abundancia de las UFC por muestras y más uniformidad en la mayoría de estas.

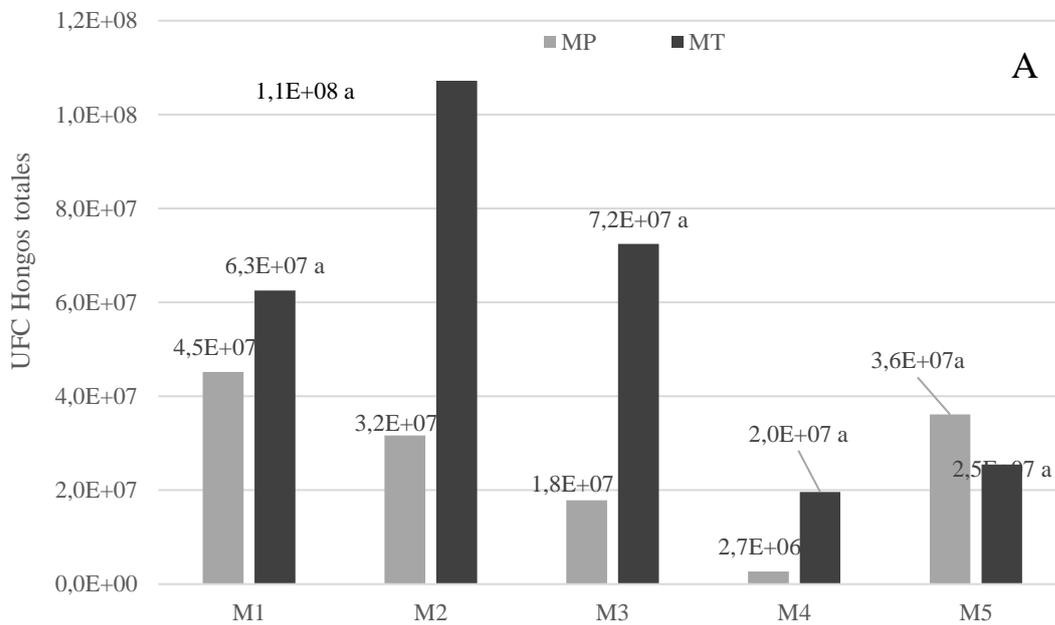


Figura 10. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) (A) en suelos con cultivo de Pitahaya (MP) y Té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

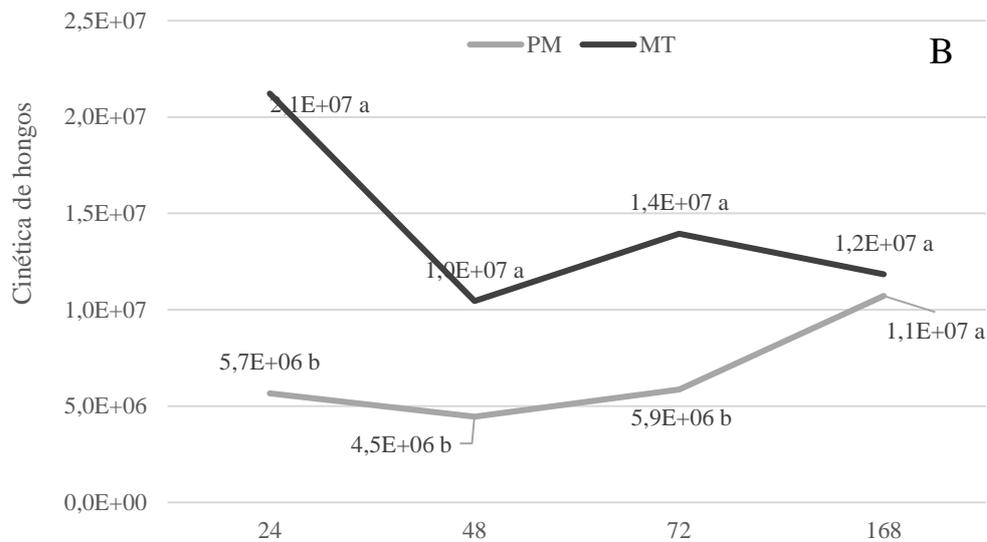


Figura 11. Comparación cinética del crecimiento de hongos (B) en suelos con cultivo de Pitahaya (MP) y Té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

Al comparar las UFC entre las muestras para ambos cultivos (figura 10 panel A), se evidencia que en la mayoría de las muestras existe un marcado incremento significativo en esta variable para el cultivo de té (M2, M3 y M4) en comparación con pitahaya, no existiendo diferencias estadísticas para las muestras M1 y M5. Estos valores obtenidos están en correspondencia con los descritos por otros autores, los cuales han demostrado que en suelos donde existe una intervención antropogénica mayor, y mucho más cuando se aplican agroquímicos, se observa una reducción en la cantidad de microorganismos, siendo los hongos uno de los grupos que mayormente se pueden ver afectados debido a que estos son descomponedores de materia orgánica por excelencia, con especial énfasis las micorrizas y pueden verse afectados negativamente por la presencia de sustancias adversas en el medio. (Ockleford, *et al.*, 2017).

Estos resultados se pueden corroborar en el panel B de la misma (figura 11), donde se observa que, para el cultivo del té, las UFC de hongos en los diferentes tiempos evaluados muestran el mismo incremento significativo respecto al cultivo de pitahaya, tanto a las 24, 48 y 72 horas de inoculadas las muestras en el medio Agar Rosa Bengala. Aunque a los 7 días de la inoculación no se observan diferencias estadísticas, se muestra un incremento de estas UFC para el cultivo de té en comparación con pitahaya.

Es de destacar el comportamiento de la curva de crecimiento de aquellos hongos provenientes del cultivo de pitahaya, destacándose no solo la reducción en las UFC, sino también un crecimiento lento, el cual va en aumento en el tiempo, pudiendo estar influido por la adaptación de estas cepas a las condiciones adversas del medio donde se desarrollan. Este lento crecimiento y establecimiento de las cepas nativas de hongos en los suelos puede dar lugar a varios problemas para la degradación de materia orgánica y absorción de nutrientes (Lin *et al.*, 2019; Silva-Sánchez, Soares y Rousk, 2019), además de crear las condiciones idóneas en el nicho ecológico para la proliferación de agentes patógenos que se pueden desarrollar más rápidamente y ocasionar pérdidas en los cultivos (Kee, *et al.*, 2019; Le Bellec y Vaillant, 2011).

Luego del procesamiento por cada una de las muestras para obtener las UFC de bacterias y hongos en ambos cultivos, se obtuvieron los resultados para la comparación de la cuantificación de las comunidades microbianas total para ambos cultivos, resultados que se muestran en la figura 12.

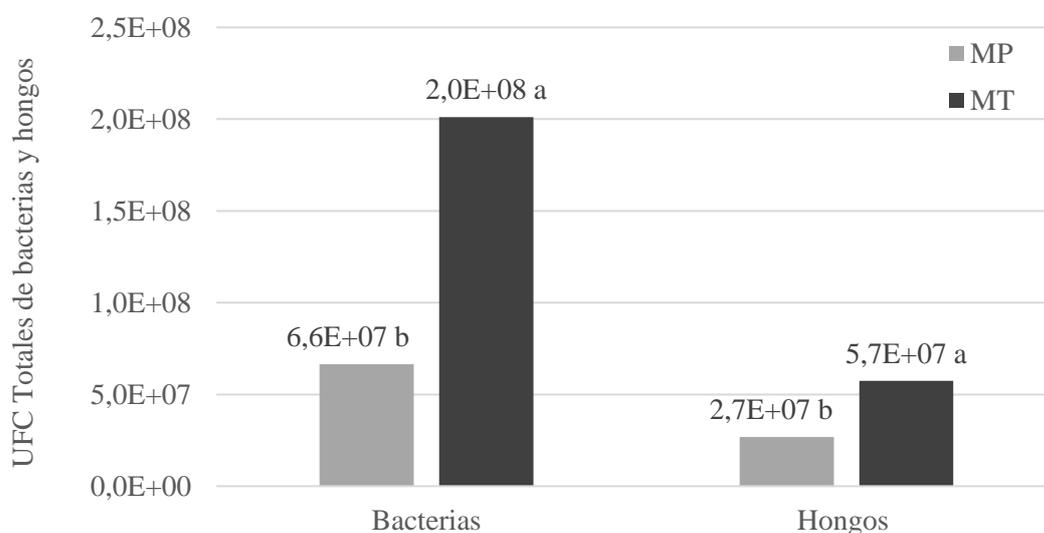


Figura 12. Comparación de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos totales en cultivo de pitahaya (MP) y cultivo de té (MT). Letras desiguales en las columnas difieren por Dunnett C para $p < 0.05$.

Al comparar las UFC totales para ambos cultivos, se demuestra que, tanto para bacterias como hongos, las UFC se ven incrementadas significativamente en el té respecto al cultivo de pitahaya. Además de las diferencias estadísticas que se obtuvieron en la comparación entre ambos cultivos, al analizar las comunidades bacterianas se pone de

manifiesto un elevado incremento de $1.3E+08$ UFC (67 %) en el cultivo de té en comparación con las obtenidas en pitahaya. Para hongos también se obtuvieron diferencias significativas para ambos cultivos. El incremento de las UFC de hongos en el cultivo de té fue de $3.0E+07$ (52 %) respecto a pitahaya.

Aunque se han reportado investigaciones que ponen a la luz la influencia negativa de los sistemas intensivos de producción agropecuaria (dependientes de la aplicación de paquetes de agroquímicos) sobre la microflora de los suelos (Imfeld y Vuilleumier, 2012; Ockleford, *et al.*, 2017), estos resultados se convierten en los primeros en demostrar la reducción significativa de las comunidades de bacterias y hongos en el cultivo de pitahaya en la Amazonía ecuatoriana. Es por ello que el establecimiento de sistemas de producción donde no existan perturbaciones en las condiciones edáficas, tal como el caso del cultivo de té, contribuirá a mantener el balance de estos factores biológicos determinantes en los suelos y por consiguiente se revertirá en favorables servicios ecosistémicos, tales como la influencia en ciclos biogeoquímicos, que brindan estos microorganismos para reducir la dependencia de insumos externos (Smith *et al.*, 2015).

8.1.3.3 *Determinación de la diversidad de bacterias y hongos en los sistemas de cultivos de pitahaya y té*

Posteriormente a la obtención de los resultados de las UFC para bacterias y hongos, se realizó la determinación de la diversidad de cada grupo microbiano por cada una de las muestras colectadas para ambos cultivos. Para las bacterias se analizaron varios parámetros que se tuvieron como base para la determinación de la diversidad de las colonias bacterianas. Estas variables fueron: color de las colonias, apariencia, forma, elevación, bordes y tipo de crecimiento. Para la diferenciación de las colonias de hongos se tomaron en cuenta el color de las colonias, tipo de micelio y el crecimiento. Cada colonia, tanto para bacterias como hongos, fueron evaluadas según las variables anteriormente mencionadas para determinar el número de individuos diferentes por cada muestra. Contando con el número de individuos diferentes de bacterias y hongos en las muestras para cada cultivo, se procedió a la determinación de los índices de Simpson (D) y Shannon (H') por muestra y el índice total por cada grupo microbiano. La (figura

13) muestra los resultados obtenidos sobre la diversidad total de bacterias para cada uno de estos índices, respectivamente.

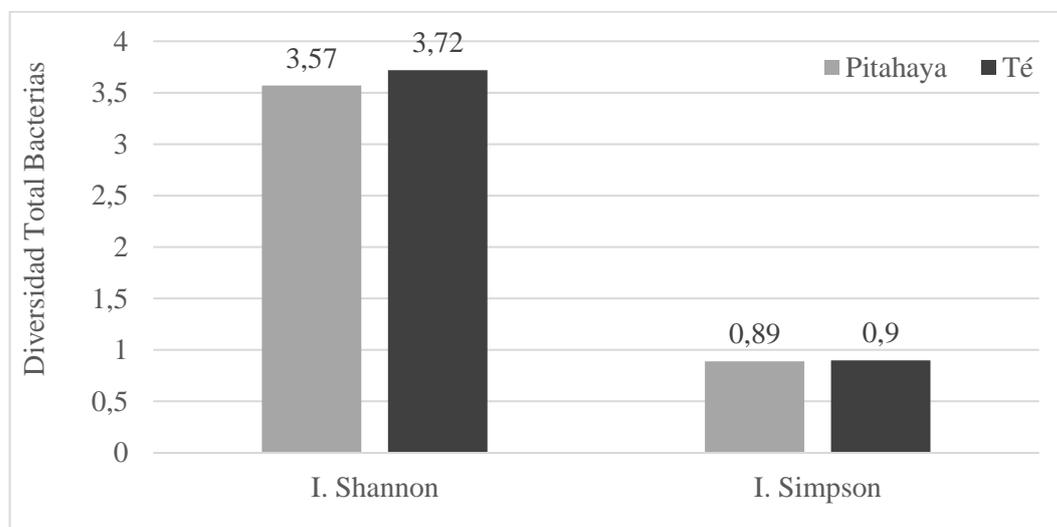


Figura 13. Diversidad bacteriana para los cultivos de pitahaya y té, determinados por los índices de Shannon (H') y Simpson (D).

En esta figura se aprecia que para ambos cultivos la diversidad de bacterias no tuvo notables diferencias en ninguno de los dos índices calculados, aunque para el índice de Shannon existió una diferencia de 0.15 favorable a la diversidad de bacterias en el cultivo de té respecto a pitahaya. Para el índice de Simpson se obtuvieron semejantes resultados, pero con menor incremento (0.01). Sin embargo, se destaca la elevada diversidad bacteriana en ambos cultivos, obteniendo un valor mayor a 3 en Shannon y relativamente cercano a 1 para Simpson.

Valores similares se obtuvieron para el análisis de la diversidad de los hongos (figura 14). En este grupo microbiano también se obtuvieron altos valores de diversidad, siendo el cultivo de té el que fluctuó positivamente en comparación con pitahaya, aunque las diferencias no fueron marcadas, obteniéndose 0.12 de incremento en el cultivo de té para el índice de Shannon y 0.01 para el índice de Simpson.

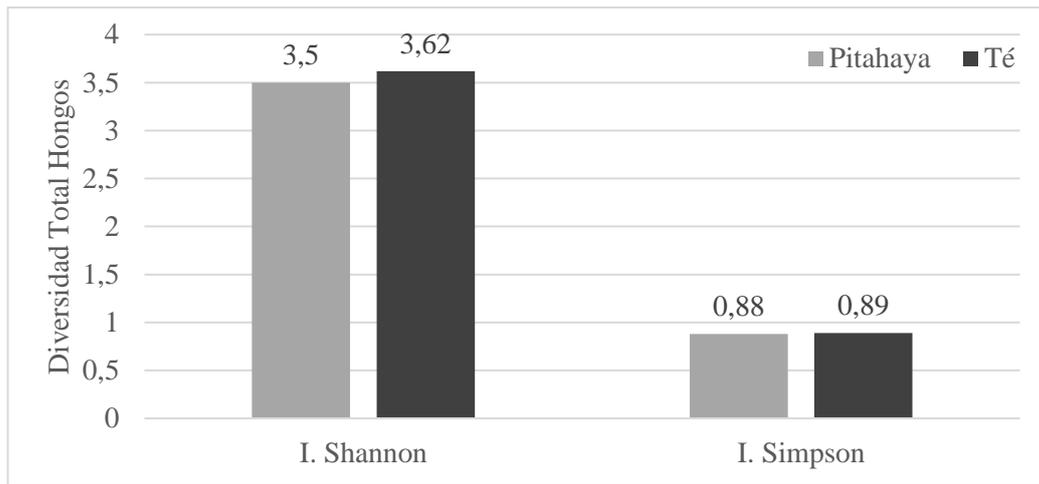


Figura 14. Diversidad de hongos para los cultivos de pitahaya y té, determinados por los índices de Shannon (H') y Simpson (D).

Aunque en nuestro estudio no pretendió llegar a la tipificación de los géneros y especies de bacterias y hongos presentes en cada muestra, estos resultados ponen de manifiesto que existe una abundante diversidad de bacterias y hongos en los cultivos de pitahaya y té, así como una distribución muy homogénea de estos grupos microbianos en el área de estudio. Sin embargo, es evidente que no existe influencia de los sistemas de cultivos o el manejo de estos sobre la diversidad de los microorganismos.

Son muy escasas las investigaciones que evalúen la diversidad microbiana basada en sistemas agrícolas en el cultivo de pitahaya. Sin embargo, en otros sistemas de cultivos se obtuvieron similares resultados a los mostrados en nuestro estudio. Manjunath *et al.* (2018) evaluaron diferentes fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la diversidad funcional de comunidades microbianas en diferentes sistemas de producción agrícola, mostrando que el índice de Shannon tuvo valores más elevados en los tratamientos orgánicos, pero sin diferencias significativas con los tratamientos inorgánicos. Similares resultados fueron reportados por Saad *et al.* (2018), quienes evaluaron dos tipos de suelos con fertilización y sin fertilización química y diferentes rotaciones de cultivos y cultivo intercalado en *Vicia sativa*, poniendo de manifiesto que el índice de Shannon se redujo en aquellos tratamientos donde se aplicó tratamientos químicos. Sin embargo, la abundancia relativa del phylum *Chloroflexi* fue significativamente mayor para el tratamiento de rotación con fertilización, mientras que la abundancia relativa de subphylum β -*Proteobacteria* se incrementó, pero sin diferencias significativas con el tratamiento donde se plantó la leguminosa.

8.1.4 Establecimiento de la factibilidad ecológica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) mediante las correlaciones de las variables edáficas y microbiológicas evaluadas.

La factibilidad ecológica del sistema de cultivo de pitahaya se evaluó mediante las correlaciones de los datos obtenidos de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y de diversidad que fueron objeto de estudio. Estas correlaciones se llevaron a cabo con el objetivo de determinar si el sistema intensivo de pitahaya tiene en cuenta que se mantengan elementos importantes para servicios ecosistémicos y ecológicos, tales como la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, su diversidad y las propiedades fisicoquímicas de estos nichos.

En los (anexos 6) se pueden observar la tabla general de correlaciones para cada uno de los cultivos mediante el coeficiente de correlación de Pearson con niveles de significación de 2 colas (** $p \leq 0.01$ y * $p \leq 0.05$).

En la (anexo 6) para las correlaciones realizadas para el cultivo de pitahaya se observa que no existieron correlaciones entre muchas de las variables evaluadas, no encontrándose correlaciones respecto al nitrógeno total (NT), el porcentaje de materia orgánica (MO), la arcilla y la conductividad del suelo. El pH solo correlaciona positivamente con las UFC de bacterias con significación $p \leq 0.05$ (0.903*). Este resultado pone de manifiesto lo anteriormente planteado, mostrando la adaptabilidad de las cepas nativas de bacterias a las condiciones de pH bajo. Sin embargo, algo notable es que las UFC de bacterias no correlacionaron con la acidez intercambiable (Al+H). Esta última variable solamente correlacionó positivamente con el contenido de aluminio (Al) del suelo (0.944*).

El contenido de Al⁺ se correlacionó positivamente con la acidez intercambiable (Al+H, 0.944*), pero negativamente con las UFC de bacterias (-0.902*). El contenido de fósforo (P) fue una de las variables químicas, al igual que el calcio (Ca) que tuvieron mayores correlaciones, especialmente con las variables físicas, sin embargo, no en todas las variables fueron correlaciones positivas. El contenido de P se ve favorecido con los niveles de Ca (0.983**), magnesio (Mg 0.893*) la densidad aparente (0.982**), la

porosidad total (0.977**), porosidad de aireación (0.974**) y la porosidad de retención (0.977**); mientras que correlaciona negativamente con el contenido de arena (-0.901). El contenido de Ca se comportó similar, obteniéndose correlaciones positivas con P (0.983**), la densidad aparente (1.00**), la porosidad total (0.994**), porosidad de aireación (0.990**) y la porosidad de retención (0.994**); sin embargo, también correlacionó negativamente con el contenido de arena (-0.936*).

El potasio (K) presenta solamente correlaciones con los índices de Shannon (-0.971**) y Simpson (-0.956*) para hongos, pero negativamente, poniendo de manifiesto que la diversidad de hongos es inversamente proporcional a los niveles de K de estos suelos. El Mg solamente correlaciona positivamente con los niveles de P (0.893*).

Los resultados obtenidos en el contenido de arena del suelo solamente correlacionan positivamente con el índice de Simpson para bacterias (0.892*); mientras que con todas las demás variables correlaciona negativamente: P (-0.0901*), Ca (-0.936*), densidad aparente (-0.933*), porosidad total (-0.967**), porosidad de aireación (-0.971**) y porosidad de retención (-0.961**). El contenido de limo tampoco ejerce una adecuada relación en este suelo con el resto de las variables, este solo correlacionó negativamente con las UFC de hongos (-0.956*).

Entre las variables físicas como la Da presenta correlaciones positivamente con Pt (0.992**), Pa (0.990**) y Pr (0.992**). El Pt tiene relación positiva: Da (0.992**), Pa (0.998**) y Pr (0.999**). Mientras Pa la relación positiva: Da (0.990**), Pt (0.998**) y Pr (0.994**). Para Pr la correlación positiva tuvo con: Da (0.992**), Pt (0.999**) y Pa (0.994**).

Los resultados obtenidos en la diversidad microbiana por el índice de Simpson para hongos presentan correlaciones positivamente con el índice de Shannon para hongos (0.995**). Los índices de Simpson para bacterias presentes en el suelo tienen correlación positiva; Shannon para bacterias (0.973**). Mientras para los índices de Shannon para hongos la correlación es positiva con: el índice Simpson para hongos (0.995**) y para el índice Shannon para bacterias presenta relación positiva con Simpson para bacterias (0.973**).

En los (anexos 7) se puede visualizar la tabla de correlaciones para el cultivo de té, se observa que no existieron correlaciones entre muchas de las variables químicas evaluadas, no encontrándose correlaciones respecto al nitrógeno total (NT), P, a las bases cambiante del suelo. El pH solo correlaciona negativamente con la arcilla con significación $p < 0.05$ (-0.992**) y índice de Simpson para bacterias (-0.882*). Este resultado pone de manifiesto lo anteriormente planteado, mostrando la adaptabilidad de las cepas nativas de bacterias a las condiciones de pH bajo.

El contenido de Al^+ se correlacionó positivamente con la acidez intercambiable ($Al+H$, 0.911*) y Da (0.922*). En cuanto al $Al+H$ correlaciona positivamente con Al^+ (0.911*). Para %MO se correlaciona negativamente con la UFC para bacterias (-0.881*).

De los resultados de las variables físicas evaluadas se presentaron correlaciones con niveles de significación (** $p < 0.01$ y * $p < 0.05$). para la arcilla se correlaciono positivamente con el pH (0.992**) y índice de Shannon para bacterias (0.884**). En cuanto a la Pt se correlaciona positivamente con Al^+ (0.922*). Para Pr se correlaciona positivamente con K_{sat} (0.936*). El comportamiento de K_{sat} correlaciona positivamente con Pa (0.936*). En cuanto a la Pa se correlaciona negativamente con índice de Simpson para hongos (-0.937*) y el índice Shannon para hongos (-0.918*). Los resultados obtenidos en la de la cuantificación microbiológica y diversidad la UFC para bacterias presento correlación positiva con el índice de Simpson para hongos (0.945*) y el índice de Shannon para hongos (0.966**). De los resultados de la diversidad microbiana por el índice de Simpson para hongos presentan correlaciones positivamente con el índice de Shannon para hongos (0.997**) y UFC para hongos (0.945*) al igual se correlaciona negativamente con %MO (-0.881*) y Pa (-0.937*). Para el índice de Shannon para hongos presento correlaciones negativamente en el pH (0.882*), Pa (-0.918*) y se correlaciona positivamente con la arcilla (0.884*), UFC para bacterias (0.966**) y el índice de Shannon para hongos (0.997**).

CAPÍTULO V

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

De la determinación de las propiedades fisicoquímicas no presentaron una marcada influencia, en cuanto a los análisis físicas se caracterizaron suelos con textura franco arenoso para los dos sistemas de cultivo, los niveles de D_a independiente de los dos sistemas son bajos y esto influye en la infiltración y captación de agua esto se relaciona con los altos niveles de K_{sat} , P_a , P_r reflejado por la P_t , estos indicadores son influenciados por la profundidad del suelo. El sistema de cultivo intensivo de pitahaya no presenta una marcada influencia sobre las propiedades químicas del suelo al compararlo con el sistema de cultivo de té. Sin embargo, en variables determinantes, tales como el % de nitrógeno total (% NT) y el % de materia orgánica (% MO), este sistema de cultivo ejerce un efecto negativo, obteniéndose los mejores resultados en ambas variables para el cultivo de té a la profundidad de 0-10 cm, aunque el cultivo de pitahaya incrementó el % NT en la profundidad de 10-30 cm.

El sistema intensivo del cultivo de pitahaya ejerce un marcado efecto negativo sobre las comunidades de bacterias y hongos del suelo, determinándose una reducción de las UFC de ambos grupos microbianos en comparación con el cultivo de té. En este último cultivo se incrementan las UFC de bacterias en un 67% y las UFC de hongos en un 52%. Los sistemas de cultivos evaluados no ejercen efecto sobre la diversidad de bacterias y hongos del suelo. Aunque en ambos grupos microbianos los índices de Shannon y Simpson fueron mayores para el cultivo de té que para pitahaya, las diferencias no superaron los valores de 0.15 para Shannon y 0.01 para Simpson.

La mayoría de las variables químicas, físicas y microbiológicas no mostraron estrechas correlaciones. Sin embargo, se observa que para el cultivo de pitahaya es donde más correlaciones existen entre las propiedades químicas (especialmente el contenido de P y Ca) con la densidad aparente, porosidad total, de aireación y de retención. Las correlaciones entre las UFC de bacterias y el pH del suelo demuestran la adaptación de estos microorganismos a estos ecosistemas. En el cultivo de té se destaca la significativa

correlación entre el % de MO y las UFC de bacterias, ejerciendo esta un marcado efecto en el establecimiento de este grupo microbiano y por consiguiente en los beneficiosos procesos que pueden aportar a los ecosistemas.

9.2 Recomendaciones

Luego de obtenidos los resultados y conclusiones de nuestra investigación se recomienda:

Realizar estudios en otras zonas de producción del cultivo de pitahaya en condiciones amazónicas para analizar propiedades fisicoquímicas y validar nuestros resultados.

Realizar la identificación molecular de los aislados prominentes de hongos y bacterias obtenidos en nuestra investigación para la determinación de potenciales biofertilizante y biocontroladores adaptados a estas condiciones zonas de producción.

Dar a conocer a los productores el efecto negativo del sistema intensivo de pitahaya sobre microorganismos del suelo, así como sobre las propiedades químicas notorias, tales como el % de nitrógeno total y el % de materia orgánica.

CAPÍTULO VI

10. BIBLIOGRAFÍA

AEFA, Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. (2017). Uso de microorganismos en la agricultura. Obtenido de <https://aefa-agronutrientes.org/uso-de-microorganismos-en-la-agricultura>

ABAD SANTANO, F. J. (2014). Evaluación Cuantitativa Mediante Cromatografía, de la Fertilidad de Cinco Suelos con Diferentes Manejos Orgánicos y Convencionales . Cuenca : Universidad de Cuenca .

AGRICULTURERS. (2016). Las Bacterias Beneficiosas de la Rizosfera, el Fruto de la Agricultura. Obtenido de Red de Especialistas en Agricultura: <https://agriculturers.com/las-bacterias-beneficiosas-de-la-rizosfera-el-futuro-de-la-agricultura/>

AGROECUADOR. (2016). Ecuador: Denominación de Origen para la Pitahaya Amazónica de Palora. Obtenido de <http://www.agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/140-ecuador-denominacion-de-origen-para-la-pitahaya-amazonica-de-palora>

ALBAN SERRANO, P. E., Y ALENCASTRI ALMEIDA, D. A. (2015). Plan de exportación de pulpa de Pitahaya al mercado de Berlín en Alemania a través de un comercio justo.

ALVAREZ , M., TUETA, F., QUISPE, E., Y MEZA , V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). *Scientia Agropecuaria* , Vol.9 (1).

ANDRADE , M., FERNÁNDEZ COVELO , E., & ALANSO VEGA , M. F. (2005). Influencia del manejo agrícola intensivo en la contaminación del suelo. *Revista Pilquen- Sección Agronomía*, (7) 2-17.

AQUINI YARINGAÑO, S. (2002). Fertilización Nitrogenada - Potásica en el Rendimiento del Cultivo de Té (*Camellia sinensis L.*). Tingo María- Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

BÁEZ PÉREZ, A., LIMÓN ORTEGA, A., GONZÁLEZ MOLINA, L., RAMÍREZ BARRIENTOS, C. E., Y BAUTISTA CRUZ, A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los Vertisoles. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , Vol. 8 Núm. 4 p. 759-772 .

BELTRÁN TORRES, V. N. (2015). Desarrollo de un proyecto para la creación de una microempresa de producción y comercialización de pitahaya ubicada en la comunidad de Chinimpí, del cantón Palora, provincia de Morona Santiago. Obtenido de www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7412/3/T-UCE-0003-AE019-2015.pdf

BERNAL , A., HERNANDEZ , A., MESA, M., RODRÍGUEZ , O., GONZÁLEZ , P. J., Y REYES, R. (2015). Caracterización de los Suelos y sus Factores Limitantes de la Región de Murgas, Provincia la Habana. *Cultivo Tropical* , Vol 36(2) 30-40.

BERTSH, F. (1995). *La Fertilidad de los suelos y su manejo*. San José, Costa Rica. ACCS, 157p.

BRAVO MEDINA , C., MARIN , H., MARRENO , L. P., RUIZ , P., TORRES NAVARRETE, B., NAVARRETE ALVARADO , H., Y CHANGOLUISA VARGAS , D. (2017). Evaluación de la Sustentabilidad Mediante Indicadores en Unidades de Producción de la Provincia de Napo Amazonía Ecuatoriana . 29(1):23-36: Bioagro.

BRAVO, C. (2015). *Sustentabilidad y Calidad de Suelo en Sistemas Agroforestales de la Region Amazonia Ecuatoriana. Estudio de caso: Provincia de Pastaza y Napo. Pastaza.*

BRAVO, C., RAMÍRE, A., MARÍN, H., TORRES, B., ALEMÁN, R., TORRES, R., Y CHANGOLUISA, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana . *Revista Electrónica de Veterinaria*, Vol. 18, núm.11 1-16.

BURT, R. (2004). *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 4.0 . United States Department of Agriculture .*

CASTAÑEDA, X. F. (Julio de 2015). “Cultivo y Exportación de Pitahaya (*Hylocereus ocamponis*) en el Ecuador Periodo, 2010 - 2014”.

CASTRO , D. P. (2011). *El Cultivo de la Pitahaya Selenicereus magalanthus Haw en Ttemporada Invernal . Colombia : ICA.*

CENTRO AGROPECUARIO "GRANJA" (2013). *Manual de Prácticas en Campo y del Laboratorio de Suelos . ESPINAL – TOLIMA : SENA .*

CRUZ, J., RODRIGEZ, L., ORTIZ PEREZ, R., FONSECA FLORES, M.A., RUÍZ HERREA, G., Y GUEVARA HERNANDEZ, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un Recurso Fitogenético con Historia y Futuro para el Trópico Seco México. *Culton*. Vol 32 (1).

CHANDRAPATI, S., Y WILLIAMS, M. G. (2014). Total viable counts | Most Probable Number (MPN). In C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 621-624). Oxford: Academic Press.

CHIMICAB Chemical Laboratory. (2014). *Análisis de suelos*. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de *Análisis de suelos*.

DAVILA , K. (2018). *Manejo Agrónomico del Cultivo de Pitahaya . Guayaquil : Ecuatoriana, Agricultura.*

DELGADO GUTIÉRREZ, A. I. (2015). Estudio Defactibilidad para la Creación de una Empresa Productora de Pitahaya en la Parroquia Sangay, Cantón Palora, Provincia Morona Santiago y su Comercialización en el Distrito Metropolitano de Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9874/1/UPS-QT07809.pdf>

DEZZEO, N. (2013). Protocolo metodológico para la caracterización de suelo. Ecuador : MCPEC/UEA.

DÍAZ-ZORITA, M. ÁLVAREZ, C. Y BARRACO, M. (2004). Efectos de doce años de labranzas en un Hapludol del Noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Revista Ciencia del Suelo*, 22(1), 11-18.

DIFILO, A. I. (2017). Fortalecimiento Asociativo de los Actores de la Economía Popular y Solidaria para el Aprovechamiento de Oportunidades de Negocios en Mercados Internacionales. Caso: Asociación de Productores y Comercializadores de Pitahaya y otros Productos Palora, provincia de Morona Santiago – Ecuador, 2015 – 2016. Pontificia Universidad Católica del Ecuador

ECOFINSA. (2008). Paraíso frutas ecuatorianas de calidad, pitahaya. Obtenido de <http://www.ecofinsa.com/pitahaya.html>

GABRIELS, D., LOBO, D., Y PULIDO, M. (2013). Métodos para Determinar la Conductividad Hidráulica Saturada y no Saturada de los Suelos. Universidad de Gante, Bélgica. Universidad Central de Venezuela., Venezuela .

GAITÁN TÉLLEZ, J. F. (Abril de 2016). Análisis del Sistema de Producción de Pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt and Rose) e Identificación de Riesgos Potenciales a la Calidad e Inocuidad de Fruto para Exportación, La Concepción, Masaya. Obtenido de repositorio.una.edu.ni/3416/1/tnf01t275a.pdf

GRUPO LATINO. (s.f.). Análisis de Laboratorio de Selos y Agua. Primera Edición Tomo I. Colombia: Printer Colombiana S.A.

HUACHI, L., YUGSI, E., PAREDES, M., CORONEL, D., VERDUGO, K., Y COBA SANTAMARÍA, P. (2015). Desarrollo de la Pitahaya (*Cereus SP.*) en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencia de la Vida*, 50-58.

IMFELD, G., Y VUILLEUMIER VUILLEUMIER, S. (2012). Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, 49, 22-30. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.11.010>.

JARAMILLO, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo . Medellín: Universidad Nacional de Colombia .

JUYAL, A., OTTEN, W., FALCONER, R., HAPCA, S., SCHMIDT, H., BAVEYE, P. C., Y EICKHORST, T. (2019). Combination of techniques to quantify the distribution

of bacteria in their soil microhabitats at different spatial scales. *Geoderma*, 334, 165-174. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.031>.

KEE, Y. J., HAFIFI, A. B. M., HUDA-SHAKIRAH, A. R., WONG, K. L., JIN, X. L., SITI NORDAHLI WATE, M. S., Y MOHD, M. H. (2019). First report of reddish brown spot disease of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) caused by *Nigrospora lacticola* and *Nigrospora sphaerica* in Malaysia. *Crop Protection*, 122, 165-170. . Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.006>.

KENYI, N., RODRIGUEZ, P. (2017). Analisis Quimico de Suelos (Determinacion de Aluminio Intercambiable). Universidad de los Llanos. Colombia , 2-3.

KIESSLING, R. J. (2012). Cambios en Algunas Propiedades Químicas y Físicas del Suelo en Sistemas Productivos del Sudoeste Bonaerense: Efecto del Sistema de Labranza, Nivel de Fertilizacion Nitrogenada y Pastoreo Directo . Argentina : Universidad Nacional del Sur.

KUSTIAWATI, N., SAKDIYAH, H., Y FELANI, H. (junio de 2014). Model of development from organic farming dragon fruit: an implementation of sustainable agriculture. Obtenido de [http://www.savap.org.pk/journals/ARInt./Vol.5\(1\)/2014\(5.1-12\).pdf](http://www.savap.org.pk/journals/ARInt./Vol.5(1)/2014(5.1-12).pdf)

KUZYAKOV , Y., BLAGODATSKAYA, E. (2015). Microbial hotspots and hot moments in soil: Concept & review. *Soil Biology & Biochemistry*, Vol 83 184-199.

LE BELLEC, F., Y VAILLANT, F. (2011). Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus* spp.). In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 247-273e): Woodhead Publishing.

LIN, Y., YE, G., KUZYAKOV, Y., LIU, D., FAN, J., Y DING, W. (2019). Long-term manure application increases soil organic matter and aggregation, and alters microbial community structure and keystone taxa. *Soil Biology and Biochemistry*, 134, 187-196. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.03.030>.

LÓPEZ PARRAGA , G. M., Y ZAMORA MERA , A. R. (Julio de 2016). Diagnostico de la Fertilidad del Suelo en el Área de Investigación Innovación y Desarrollo de la ESPAM-MFL. Obtenido de <repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/270/1/TA54.pdf>

LÓPEZ, T. O., Y GUIDO, M. A. (2009). Evaluacion de dosis de Nitrogeno y fosforo en cultivos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agronomia Mesoamericana* 9(1).

MAE, Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 061. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Ligeslacion Secundaria. Quito Picchinchá Ecuador : Edicion Especial n° 270.

MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2018). En Palora, Morona Santiago, se realiza el primer censo de pitahaya.

MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). Estudio de producción de Pitahaya.

MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (Junio de 2015). Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25.000, Lote 1". Obtenido de Cobertura y Uso de la Tierra Sistemas Productivos Zonas Homogénias de Cultivo: metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_PALORA_20150601.pdf

MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2017). Boletín Situacional Pitahaya.

MANJUNATH, M., KUMAR, U., YADAVA, R. B., RAI, A. B., Y SINGH, B. (2018). Influence of organic and inorganic sources of nutrients on the functional diversity of microbial communities in the vegetable cropping system of the Indo-Gangetic plains. *C R Biol*, 341(6), 349-357.

MENDOZA, R., ESPINOZA, A. (2017). Guía Técnica para Muestras de Suelo. Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services.

MOLINA, R. (2002). Apuntes de fitotécnica general. Ciudad Real: E.U.I.T.A.

MORA, F., MUÑOZ, R., MEZA, V., Y FONSECA, W. (27 de Marzo de 2015). Factores Edáficos que Influyen en el crecimiento *Vochysia guatemalensis* en la Región Huasteca Norte de Costa Rica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/436/43638524006/>

MORENO, C., GONZALES, M. I., Y EGIDO, J. A. (2015). Influencia de Manejo sobre la Calidad del suelo. *Ecuador es Calidad*, Vol. 2. No.1. pag 35.

NACEVILLO PALLO, D. A. (2016). Influencia de los Factores Ambientales y Edáficos, Sobre la Productividad de los Suelos con Cacao Fino de Aroma (*Theobroma cacao*) en la Parroquia Ahuano, Cantón Tena Provincia de Napo. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

NAJERA VEINTIMILLA, J. A. (2011). Exportación de la Pitahaya en Conserva Procesada en Ecuador hacia el mercado de EEUU. Universidad de las Américas.

NAVARRO, O., Y PÉREZ, R. (2014). Efecto de la fertilización sobre algunos parámetros físicos y químicos de suelos establecido con pastura angletón (*Dichanthium aristatum*) en el municipio de Tolú – Sucre-Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animal*, Vol 6(1).

NEWMAN, M. M., HOILETT, N., LORENZ, N., DICK, R. P., LILES, M. R., RAMSIEER, C., Y KLOEPPER, J. W. (2016). Glyphosate effects on soil rhizosphere-associated bacterial communities. *Science of The Total Environment*, 543, 155-160. Obtenido de <https://doi.org/10.1016>

NOVILLO ESPINOZA, I. D., CARRILLO ZENTENO, M. D., CARGUA CHAVEZ, J. E., NABEL MOREIRA, V., ALBÁN SOLARTE, K. E., Y MORALES INTRIAGO, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. TEMAS AGRARIOS , Vol. 23:(2) (177 - 187) .

OCKLEFORD C., ADRIAANSE P., BERNY P., BROCK T., DUQUESNE S., GRILLI S., HERNANDEZ-JEREZ A.F., BENNEKOU SH., KLEIN M., KUHL T., LASKOWSKI R., MACHERA K., PELKONEN O., PIEPER S., STEMMER M., SUNDH I., TEODOROVIC I., TIKTAK A., TOPPING CJ., WOLTERINK G., CRAIG P., JONG F., MANACHINI B., SOUSA P., SWAROWSKY K., AUTERI D., ARENA M., Y ROB S. (2017). Scientific opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for in-soil organisms. EFSA J. 15, e04690.

PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Palora . (2015). evaluacion, actualizacion y fortalecimiento del PDOT Palora.

PÉREZ, A., CÉSPEDES, C., NUÑEZ, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, Vol 8 (3) 10-28.

PLA, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos: dificultades y errores más frecuentes. Suelos Ecuatoriales, 75-93.

PLA , L.,TORRES, R, (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia,.

REGALADO, D. X. (2014). Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador. Tumbaco - Pichincha. Obtenido de www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2494/1/T-UCE-0004-77.pdf

RODRIGUEZ, A. (2015). Guia Técnica para la Produccion de Pitahaya. Mexico: Universidad Autonoma de Chapingo.

RODRÍGUEZ, R. O., MUÑOZ HERNÁNDEZ, R. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. Dialnet, Vol 25(1).

ROMERO, G., ARISTIZABAL, D., JARAMILLO, C. (1998). Encuentro Nacional de Lambraza de Conservacion. En R. Lorenzo Ortiz, Física de suelos, un enfoque moderno en la agricultura actual. El caso de la degradación física por efectos de la mecanización. Bogotá Colombia : Ed. Guadalupe Ltda. (pág. 46).

RUCKS, L., GARCÍA., F., KAPLÁN, A., PONCE DE LEÓN., J., Y HILL, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. ,Montevideo, Universidad de la Republica.

SAAD, R. F., KOBALSI, A., ECHEVARRIA, G., KIDD, P., CALUSINSKA, M., GOUX, X., Y BENIZRI, E. (2018). Influence of new agromining cropping systems on soil bacterial diversity and the physico-chemical characteristics of an ultramafic soil. *Science of The Total Environment*, 645, 380-392. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.106>

SALINAS , O. (2011). Evaluación de Materiales Orgánicos como Fuente de Fertilización para la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México., 82PP.

SANTACRUZ VÁZQUEZ, C., SANTACRUZ VÁZQUEZ, V., y HUERTA ESPINOSA, V.M. (2009). Agro industrialización de pitahaya. Ed. Universitaria. La Habana. 133 p

SILVA ARREDONDO, F. (2014). Efectos de la agricultura intensiva en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y sus implicaciones en la conservación de pastizales nativos . Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León.

SILVA-SÁNCHEZ, A., SOARES, M., Y ROUSK, J. (2019). Testing the dependence of microbial growth and carbon use efficiency on nitrogen availability, pH, and organic matter quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 134, 25-35. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.03.008>.

SCHULTE, EE., Y BG HOPKINS. (1996). Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. In: FR Magdoff et al.(ed) *Soli organic matter: Analysis and interpretation*. SSSA Spec. Publ. 46. SSSA, Madison, WI. P 21-31.

SMITH, P., COTRUFO, M. F., RUMPEL, C., PAUSTIAN, K., KUIKMAN, P. J., ELLIOTT, J. A., Y SCHOLE, M. C. (2015). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. . *SOIL*, 1(2), 665-685., doi: 10.5194/soil-1-665-2015.

SSDS. Soil Survey Division Staff. (1993). "Examination and Descriptions of Soils" . Washidton: Soil survey manual .

THIOUR-MAUPRIVEZ, C., MARTIN-LAURENT, F., CALVAYRAC, C., Y BARTHELMEBS, L. (2019). Effects of herbicide on non-target microorganisms: Towards a new class of biomarkers? *Science of the total environment*, 684, 314-325. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.230>

TIPANTIZA, G. (2018). Suelos de la Amazonía Ecuatoriana. Obtenido de <https://prezi.com/-ssbdjndket/suelos-de-la-amazonia-ecuatoriana/>

TOBOADA, M., ALVAREZ, C. (2008). Fertilidad física de los suelos. Buenos Aires : Facultad de Agronomía .

TOLEDO, D., GALANTINI, J., FERRECCIO, E., ARZUAGA, S., GIMENEZ, L. Y VÁZQUEZ, S. (2013). Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Revista Ciencia del suelo*, 31(2), 201-2012.

TORREZ GUTIÉRREZ, R. (2008). Phytostimulatory effect of Rhizobium and Plant Growth Promoting Rhizobacteria in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) interaction. *Dissertationes de Agricultura*. Katholieke Universiteit Leuven. 180pp.

VALLEJO QUINTERO , V. E. (2013). Importacia y Utilidad de la Evaluacion de Suelo Mediante el Componente Microbiana: Experiencia de Sistemas Silvopastoreo. *Colombia Forestal* , Vol 16(1):83-99.

VARGAS, Y., ALVÍVAR, W., NICOLALDE, J., SÁNCHEZ, M., & SOTOMAYOR , A. (2017). Determinación de la Fenología e Indices de Madurez para la Cosecha y Conservación al Ambiente de la Fruta de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus*).

YANG, L., JIANG, M., ZHU, W., HAN, L., Y QIN, L. (2019). Soil bacterial communities with an indicative function response to nutrients in wetlands of Northeastern China that have undergone natural restoration. *Ecological Indicators*, 101, 562-571. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.037>.

ZAVALETA, A. (1992). *Edafologia: el suelo en relacion con la produccion*. Lima.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Criterios para la determinación de parámetros físicos

Criterios para interpretar los parámetros físicos		
Parámetros	Unidades	Valores
Conductividad hidráulica saturada (K_{sat})	cm h ⁻¹	0,5
Porosidad Total (Pt)	%	45
Porosidad de aireación (Pa)	%	10
Porosidad de retención (Pr)	%	25
Densidad aparente (Da)	mg m ⁻³	1,2

Fuente: (Pla, 2010).

Anexo 2. Criterios para interpretación de parámetros químicos.

Rangos de interpretación de parámetros químicos					
Parámetros	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Toxico
Aluminio (Al+H)	meq/100	<0,5	0,5-1,0	>1,5	
Aluminio Intercambiable(Al+)	meq/100	<0,3	0,3-1,0	>1,0	
Nitrógeno Total (NT9)	%	<0,2	0,2-0,8	>0,8	>3,2
Materia Orgánica (MO)	%	<3,0	3,0-5,0	>5,0	
Fosforo (P)	Ppm	<10	10-20,0	>20,0	
Potasio (k)	meq/100	<0,2	0,2-0,4	>0,4	
Calcio (Ca)	meq/100	<4,0	4,0-8,0	>8,0	
Magnesio (Mg)	meq/100	<1,0	1,0-2,0	>2,0	

Fuente: (Bertsh, 1995).

Anexo 3. Criterios para interpretar los análisis de suelo.

Niveles críticos para interpretar los análisis de suelo									
	Muy Acid o(M Ac)	Acid o (Ac)	Mediana mente Acido (Me Ac)	Ligera mente Acido (L Ac)	Prácticam ente Neutro (P N)	Neu tro (N)	Ligeram ente Alcalino (L Al)	Medianam ente Alcalino (Me Al)	Alcal ino (Al)
pH	0,0- 0,5	>5,0- 5,5	>5,5-6,0	>6,0-6,5	>6,5-7,5	7,0	>7,5-8,0	>8,0-8,5	>8,5- 14,0
Elementos	Unidad		Bajo	Medio	Alto	Toxico			
P	ppm		<10	10,0-20,0	>20				
K	meq/100		<0,2	0,2-0,38	>0,38				
Ca	meq/100		<2	2,0-5,0	>5				
Mg	meq/100		<0,5	0,5-1,5	>1,5				
MO	%		<3	3,0-5,0	>5				
Al+H	meq/100		<0,5	0,5-1,5	>1,5	>1,5			
Al+	meq/100		<03	0,3-1,0	>1	>1,0			

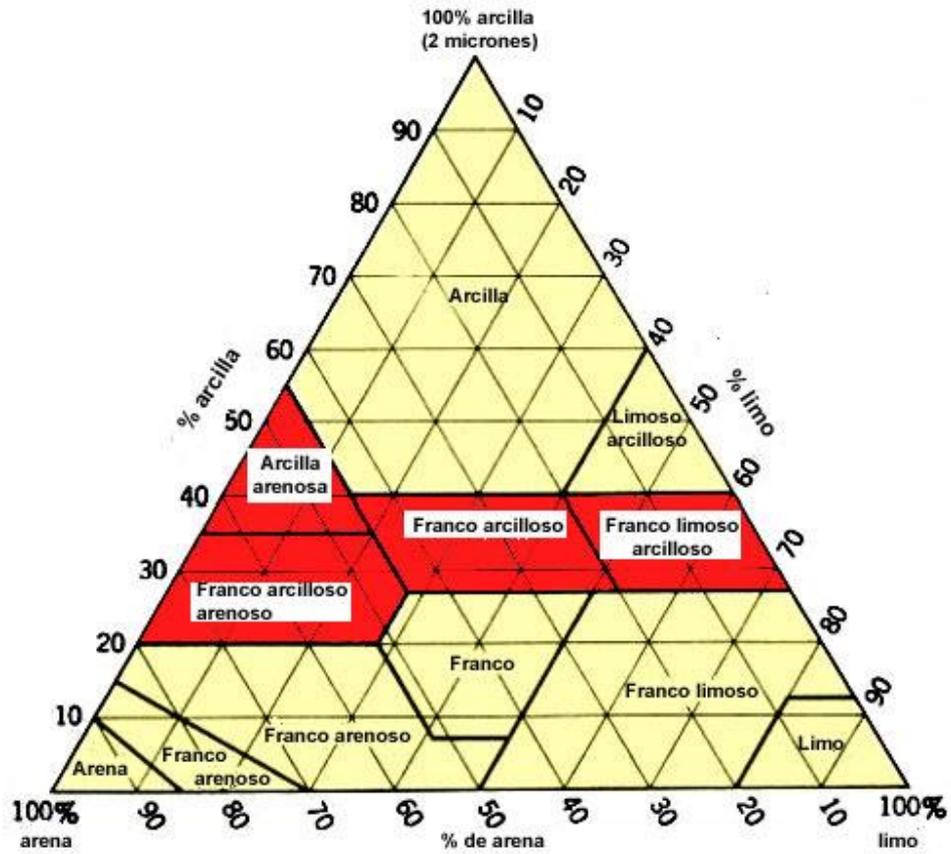
Fuente: (Molina, 2002)

Anexo 4. Criterio para la interpretación de la textura

Criterios para la determinación de textura		
Partículas	Unidad	Diámetro
Arena	mm	0,05-2,00
Limo	mm	0,002-0,05
Arcilla	mm	<0,002

Fuente: (Zavaleta, 1992).

Anexo 5. Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el tamaño de las partículas, de acuerdo con el SSDS



Fuente: (SSDS, 1993).

Anexo 6. Correlaciones de Pearson en variables evaluadas para Pitahaya.

Variables		Correlaciones												
		pH	AL+H	Al	NT	P	K	Ca	Mg	MO	Arena	Limo	Arcilla	Cond.
pH	Pearson	1	-,665	-,739	,665	,768	-,375	,864	,755	-,161	-,768	,139	-,069	-,522
	Sig.		,221	,154	,221	,129	,534	,059	,140	,796	,130	,823	,912	,366
AL+H	Pearson	-,665	1	,944*	,008	-,191	,583	-,356	-,146	-,064	,447	,496	-,584	,629
	Sig.	,221		,016	,990	,759	,303	,557	,815	,918	,451	,395	,302	,255
Al	Pearson	-,739	,944*	1	-,020	-,310	,319	-,449	-,384	,170	,441	,258	-,310	,596
	Sig.	,154	,016		,975	,611	,601	,448	,524	,785	,458	,675	,612	,288
NT	Pearson	,665	,008	-,020	1	,645	-,320	,663	,591	-,190	-,508	,310	-,406	-,335
	Sig.	,221	,990	,975		,240	,600	,223	,294	,760	,383	,612	,498	,581
P	Pearson	,768	-,191	-,310	,645	1	,016	,983**	,893*	,111	-,901*	,660	-,346	,124
	Sig.	,129	,759	,611	,240		,979	,003	,041	,859	,037	,225	,569	,842
K	Pearson	-,375	,583	,319	-,320	,016	1	-,135	,286	-,389	,319	,712	-,717	,585
	Sig.	,534	,303	,601	,600	,979		,829	,641	,518	,601	,178	,173	,300
Ca	Pearson	,864	-,356	-,449	,663	,983**	-,135	1	,866	,110	-,936*	,516	-,223	-,033
	Sig.	,059	,557	,448	,223	,003	,829		,058	,860	,019	,373	,718	,958
Mg	Pearson	,755	-,146	-,384	,591	,893*	,286	,866	1	-,326	-,649	,737	-,621	-,019
	Sig.	,140	,815	,524	,294	,041	,641	,058		,592	,236	,156	,264	,975
MO	Pearson	-,161	-,064	,170	-,190	,111	-,389	,110	-,326	1	-,435	-,145	,643	,496
	Sig.	,796	,918	,785	,760	,859	,518	,860	,592		,464	,816	,242	,395
Arena	Pearson	-,768	,447	,441	-,508	-,901*	,319	-,936*	-,649	-,435	1	-,332	-,094	-,058
	Sig.	,130	,451	,458	,383	,037	,601	,019	,236	,464		,585	,881	,926
Limo	Pearson	,139	,496	,258	,310	,660	,712	,516	,737	-,145	-,332	1	-,811	,591
	Sig.	,823	,395	,675	,612	,225	,178	,373	,156	,816	,585		,096	,294
Arcilla	Pearson	-,069	-,584	-,310	-,406	-,346	-,717	-,223	-,621	,643	-,094	-,811	1	-,200
	Sig.	,912	,302	,612	,498	,569	,173	,718	,264	,242	,881	,096		,747
Cond.	Pearson	-,522	,629	,596	-,335	,124	,585	-,033	-,019	,496	-,058	,591	-,200	1
	Sig.	,366	,255	,288	,581	,842	,300	,958	,975	,395	,926	,294	,747	
Densid.	Pearson	,866	-,347	-,438	,682	,982**	-,146	1,00**	,864	,105	-,933*	,513	-,229	-,043
	Sig.	,058	,567	,461	,204	,003	,815	,000	,059	,866	,021	,376	,711	,946
P.Total	Pearson	,831	-,366	-,437	,612	,977**	-,161	,994**	,820	,214	-,967**	,495	-,148	,027
	Sig.	,081	,545	,462	,273	,004	,796	,001	,089	,729	,007	,397	,813	,966
P.Air.	Pearson	,820	-,342	-,397	,643	,974**	-,197	,990**	,796	,245	-,971**	,482	-,135	,031
	Sig.	,089	,573	,508	,242	,005	,750	,001	,107	,691	,006	,411	,829	,961
P.Ret.	Pearson	,836	-,381	-,461	,591	,977**	-,137	,994**	,833	,194	-,961**	,502	-,155	,024
	Sig.	,078	,527	,434	,294	,004	,826	,001	,080	,755	,009	,389	,803	,969
UFC-H	Pearson	,050	-,707	-,520	-,337	-,525	-,674	-,362	-,559	,076	,198	-,956*	,812	-,663
	Sig.	,936	,182	,369	,579	,363	,212	,549	,327	,903	,749	,011	,095	,222
UFC-B	Pearson	,930*	-,869	-,902*	,439	,502	-,503	,645	,524	-,198	-,592	-,186	,179	-,721
	Sig.	,022	,056	,036	,459	,389	,388	,240	,365	,749	,293	,765	,773	,170
I.Simp-H	Pearson	,458	-,707	-,458	,243	,101	-,971**	,255	-,195	,487	-,469	-,656	,780	-,510
	Sig.	,438	,182	,438	,694	,871	,006	,678	,753	,406	,425	,229	,119	,380
I.Simp-B	Pearson	-,641	,505	,570	-,133	-,807	,032	-,825	-,645	-,382	,892*	-,387	-,101	-,205
	Sig.	,244	,386	,315	,832	,099	,959	,086	,240	,525	,042	,520	,872	,740
I.Sh-H	Pearson	,445	-,759	-,515	,165	,054	-,956*	,215	-,221	,463	-,433	-,701	,817	-,535
	Sig.	,453	,137	,374	,791	,931	,011	,728	,721	,432	,467	,188	,091	,353
I.Sh-B	Pearson	-,527	,560	,622	,091	-,655	-,018	-,680	-,521	-,389	,776	-,284	-,206	-,222
	Sig.	,361	,327	,263	,885	,230	,977	,207	,368	,517	,123	,644	,739	,720

Variables	Correlaciones										
		Densid.	P.Total	P.Air.	P.Ret.	UFC-H	UFC-B	I.Simp-H	I.Simp-B	I.Sh-H	I.Sh-B
pH	Pearson	,866	,831	,820	,836	,050	,930*	,458	-,641	,445	-,527
	Sig.	,058	,081	,089	,078	,936	,022	,438	,244	,453	,361
ALH	Pearson	-,347	-,366	-,342	-,381	-,707	-,869	-,707	,505	-,759	,560
	Sig.	,567	,545	,573	,527	,182	,056	,182	,386	,137	,327
Al	Pearson	-,438	-,437	-,397	-,461	-,520	-,902*	-,458	,570	-,515	,622
	Sig.	,461	,462	,508	,434	,369	,036	,438	,315	,374	,263
NT	Pearson	,682	,612	,643	,591	-,337	,439	,243	-,133	,165	,091
	Sig.	,204	,273	,242	,294	,579	,459	,694	,832	,791	,885
P	Pearson	,982**	,977**	,974**	,977**	-,525	,502	,101	-,807	,054	-,655
	Sig.	,003	,004	,005	,004	,363	,389	,871	,099	,931	,230
K	Pearson	-,146	-,161	-,197	-,137	-,674	-,503	-,971**	,032	-,956*	-,018
	Sig.	,815	,796	,750	,826	,212	,388	,006	,959	,011	,977
Ca	Pearson	1,000**	,994**	,990**	,994**	-,362	,645	,255	-,825	,215	-,680
	Sig.	,000	,001	,001	,001	,549	,240	,678	,086	,728	,207
Mg	Pearson	,864	,820	,796	,833	-,559	,524	-,195	-,645	-,221	-,521
	Sig.	,059	,089	,107	,080	,327	,365	,753	,240	,721	,368
MO	Pearson	,105	,214	,245	,194	,076	-,198	,487	-,382	,463	-,389
	Sig.	,866	,729	,691	,755	,903	,749	,406	,525	,432	,517
Arena	Pearson	-,933*	-,967**	-,971**	-,961**	,198	-,592	-,469	,892*	-,433	,776
	Sig.	,021	,007	,006	,009	,749	,293	,425	,042	,467	,123
Limo	Pearson	,513	,495	,482	,502	-,956*	-,186	-,656	-,387	-,701	-,284
	Sig.	,376	,397	,411	,389	,011	,765	,229	,520	,188	,644
Arcilla	Pearson	-,229	-,148	-,135	-,155	,812	,179	,780	-,101	,817	-,206
	Sig.	,711	,813	,829	,803	,095	,773	,119	,872	,091	,739
Cond.	Pearson	-,043	,027	,031	,024	-,663	-,721	-,510	-,205	-,535	-,222
	Sig.	,946	,966	,961	,969	,222	,170	,380	,740	,353	,720
Densid.	Pearson	1	,992**	,990**	,992**	-,365	,644	,261	-,811	,219	-,661
	Sig.		,001	,001	,001	,546	,241	,672	,096	,724	,224
P.Total	Pearson	,992**	1	,998**	,999**	-,345	,615	,295	-,864	,256	-,727
	Sig.	,001		,000	,000	,570	,270	,630	,059	,678	,164
P.Aer.	Pearson	,990**	,998**	1	,994**	-,349	,596	,322	-,841	,277	-,695
	Sig.	,001	,000		,001	,565	,289	,597	,074	,652	,192
P.Ret.	Pearson	,992**	,999**	,994**	1	-,341	,626	,277	-,877	,241	-,746
	Sig.	,001	,000	,001		,574	,259	,652	,051	,696	,148
UFC-H	Pearson	-,365	-,345	-,349	-,341	1	,396	,673	,176	,735	,054
	Sig.	,546	,570	,565	,574		,510	,213	,778	,157	,931
UFC-B	Pearson	,644	,615	,596	,626	,396	1	,586	-,527	,604	-,480
	Sig.	,241	,270	,289	,259	,510		,300	,362	,281	,413
I.Simp-H	Pearson	,261	,295	,322	,277	,673	,586	1	-,250	,995**	-,219
	Sig.	,672	,630	,597	,652	,213	,300		,685	,000	,724
I.Simp-B	Pearson	-,811	-,864	-,841	-,877	,176	-,527	-,250	1	-,252	,973**
	Sig.	,096	,059	,074	,051	,778	,362	,685		,683	,005
I.Sh-H	Pearson	,219	,256	,277	,241	,735	,604	,995**	-,252	1	-,242
	Sig.	,724	,678	,652	,696	,157	,281	,000	,683		,695
I.Sh-B	Pearson	-,661	-,727	-,695	-,746	,054	-,480	-,219	,973**	-,242	1
	Sig.	,224	,164	,192	,148	,931	,413	,724	,005	,695	

Anexo 7. Correlaciones de Pearson en variables evaluadas para Té

Variables		Correlaciones												
		pH	AL+H	Al	NT	P	K	Ca	Mg	MO	Arena	Limo	Arcilla	Cond.
pH	Pearson	1	-,771	-,796	-,687	-,518	,139	,412	,212	,612	,749	,135	-,992**	,190
	Sig.		,127	,107	,200	,371	,824	,490	,732	,273	,145	,828	,001	,759
AL+H	Pearson	-,771	1	,911*	,704	,658	,323	,201	,025	-,573	-,588	-,173	,829	-,326
	Sig.	,127		,031	,185	,227	,596	,746	,968	,313	,297	,780	,083	,592
Al	Pearson	-,796	,911*	1	,548	,862	,484	-,085	-,248	-,367	-,775	,079	,864	-,467
	Sig.	,107	,031		,338	,060	,409	,892	,687	,543	,124	,899	,059	,428
NT	Pearson	-,687	,704	,548	1	,441	-,168	,171	,555	-,282	-,662	,126	,694	,425
	Sig.	,200	,185	,338		,457	,787	,783	,331	,645	,224	,840	,193	,476
P	Pearson	-,518	,658	,862	,441	1	,680	-,059	-,125	,154	-,859	,558	,608	-,266
	Sig.	,371	,227	,060	,457		,207	,925	,841	,804	,062	,329	,277	,666
K	Pearson	,139	,323	,484	-,168	,680	1	,342	-,205	,322	-,213	,367	-,019	-,536
	Sig.	,824	,596	,409	,787	,207		,573	,741	,597	,731	,544	,976	,352
Ca	Pearson	,412	,201	-,085	,171	-,059	,342	1	,675	,060	,358	-,102	-,350	,178
	Sig.	,490	,746	,892	,783	,925	,573		,211	,924	,554	,870	,563	,775
Mg	Pearson	,212	,025	-,248	,555	-,125	-,205	,675	1	,235	,042	,216	-,211	,826
	Sig.	,732	,968	,687	,331	,841	,741	,211		,704	,946	,727	,733	,084
MO	Pearson	,612	-,573	-,367	-,282	,154	,322	,060	,235	1	-,052	,863	-,579	,399
	Sig.	,273	,313	,543	,645	,804	,597	,924	,704		,933	,060	,307	,506
Arena	Pearson	,749	-,588	-,775	-,662	-,859	-,213	,358	,042	-,052	1	-,548	-,783	-,038
	Sig.	,145	,297	,124	,224	,062	,731	,554	,946	,933		,339	,117	,951
Limo	Pearson	,135	-,173	,079	,126	,558	,367	-,102	,216	,863	-,548	1	-,090	,384
	Sig.	,828	,780	,899	,840	,329	,544	,870	,727	,060	,339		,885	,523
Arcilla	Pearson	-,992**	,829	,864	,694	,608	-,019	-,350	-,211	-,579	-,783	-,090	1	-,240
	Sig.	,001	,083	,059	,193	,277	,976	,563	,733	,307	,117	,885		,698
Cond.	Pearson	,190	-,326	-,467	,425	-,266	-,536	,178	,826	,399	-,038	,384	-,240	1
	Sig.	,759	,592	,428	,476	,666	,352	,775	,084	,506	,951	,523		,698
Densid.	Pearson	-,223	-,064	,349	-,181	,604	,364	-,693	-,587	,434	-,610	,642	,249	-,281
	Sig.	,719	,918	,565	,771	,280	,547	,194	,298	,466	,274	,243	,686	,647
P.Total	Pearson	-,514	,798	,922*	,261	,860	,769	,073	-,342	-,208	-,582	,109	,612	-,654
	Sig.	,376	,106	,026	,671	,061	,129	,907	,573	,737	,304	,862	,273	,231
P.Air.	Pearson	-,559	,525	,223	,854	-,057	-,535	,219	,581	-,562	-,237	-,319	,520	,463
	Sig.	,327	,364	,718	,065	,927	,353	,723	,304	,324	,701	,601	,369	,432
P.Ret.	Pearson	,161	-,479	-,486	,276	-,223	-,563	-,145	,586	,516	-,138	,520	-,223	,936*
	Sig.	,796	,415	,407	,654	,718	,323	,816	,299	,374	,825	,369	,719	,019
UFC-H	Pearson	-,521	,798	,605	,306	,172	,176	,282	-,167	-,857	-,028	-,701	,554	-,575
	Sig.	,368	,106	,280	,617	,782	,777	,646	,788	,063	,965	,188	,333	,311
UFC-B	Pearson	-,041	,526	,189	,222	-,135	,142	,742	,279	-,612	,356	-,673	,076	-,239
	Sig.	,948	,362	,760	,719	,829	,820	,151	,649	,273	,556	,213	,904	,699
I.Simp-H	Pearson	-,418	,430	,350	-,130	-,115	-,031	-,150	-,598	-,881*	,187	-,848	,408	-,762
	Sig.	,484	,470	,564	,835	,854	,961	,810	,287	,049	,764	,070	,495	,134
I.Simp-B	Pearson	-,240	,458	,370	-,211	-,027	,246	,099	-,537	-,754	,264	-,780	,265	-,846
	Sig.	,698	,438	,539	,733	,965	,690	,874	,350	,141	,668	,120	,667	,071
I.Shan-H	Pearson	-,882*	,630	,781	,278	,511	,054	-,605	-,642	-,585	-,619	-,197	,884*	-,576
	Sig.	,048	,255	,119	,651	,379	,931	,280	,242	,300	,265	,751	,047	,309
I.Shan-B	Pearson	-,285	,458	,375	-,196	-,040	,191	,039	-,562	-,787	,243	-,798	,303	-,840
	Sig.	,642	,438	,534	,752	,949	,758	,951	,324	,114	,693	,106	,620	,075

Variables	Correlaciones										
		Densid.	P.Total	P.Air.	P.Ret.	UFC-H	UFC-B	I.Simp-H	I.Simp-B	I.Sh-H	I.Sh-B
pH	Pearson	-,514	-,559	,161	-,521	-,041	-,418	-,240	-,882*	-,285	-,223
	Sig.	,376	,327	,796	,368	,948	,484	,698	,048	,642	,719
ALH	Pearson	,798	,525	-,479	,798	,526	,430	,458	,630	,458	-,064
	Sig.	,106	,364	,415	,106	,362	,470	,438	,255	,438	,918
Al	Pearson	,922*	,223	-,486	,605	,189	,350	,370	,781	,375	,349
	Sig.	,026	,718	,407	,280	,760	,564	,539	,119	,534	,565
NT	Pearson	,261	,854	,276	,306	,222	-,130	-,211	,278	-,196	-,181
	Sig.	,671	,065	,654	,617	,719	,835	,733	,651	,752	,771
P	Pearson	,860	-,057	-,223	,172	-,135	-,115	-,027	,511	-,040	,604
	Sig.	,061	,927	,718	,782	,829	,854	,965	,379	,949	,280
K	Pearson	,769	-,535	-,563	,176	,142	-,031	,246	,054	,191	,364
	Sig.	,129	,353	,323	,777	,820	,961	,690	,931	,758	,547
Ca	Pearson	,073	,219	-,145	,282	,742	-,150	,099	-,605	,039	-,693
	Sig.	,907	,723	,816	,646	,151	,810	,874	,280	,951	,194
Mg	Pearson	-,342	,581	,586	-,167	,279	-,598	-,537	-,642	-,562	-,587
	Sig.	,573	,304	,299	,788	,649	,287	,350	,242	,324	,298
MO	Pearson	-,208	-,562	,516	-,857	-,612	-,881*	-,754	-,585	-,787	,434
	Sig.	,737	,324	,374	,063	,273	,049	,141	,300	,114	,466
Arena	Pearson	-,582	-,237	-,138	-,028	,356	,187	,264	-,619	,243	-,610
	Sig.	,304	,701	,825	,965	,556	,764	,668	,265	,693	,274
Limo	Pearson	,109	-,319	,520	-,701	-,673	-,848	-,780	-,197	-,798	,642
	Sig.	,862	,601	,369	,188	,213	,070	,120	,751	,106	,243
Arcilla	Pearson	,612	,520	-,223	,554	,076	,408	,265	,884*	,303	,249
	Sig.	,273	,369	,719	,333	,904	,495	,667	,047	,620	,686
Cond.	Pearson	-,654	,463	,936*	-,575	-,239	-,762	-,846	-,576	-,840	-,281
	Sig.	,231	,432	,019	,311	,699	,134	,071	,309	,075	,647
Densid.	Pearson	1	-,089	-,681	,582	,252	,348	,479	,622	,460	,374
	Sig.		,887	,206	,303	,683	,566	,414	,263	,435	,535
P.Total	Pearson	-,089	1	,260	,417	,439	,107	-,032	,145	-,006	-,574
	Sig.	,887		,673	,485	,460	,864	,959	,816	,992	,312
P.Aer.	Pearson	-,681	,260	1	-,770	-,559	-,801	-,937*	-,449	-,918*	,024
	Sig.	,206	,673		,128	,328	,104	,019	,449	,028	,970
P.Ret.	Pearson	,582	,417	-,770	1	,816	,824	,861	,518	,860	-,402
	Sig.	,303	,485	,128		,092	,086	,061	,371	,062	,503
UFC-H	Pearson	,252	,439	-,559	,816	1	,524	,658	-,069	,629	-,792
	Sig.	,683	,460	,328	,092		,365	,227	,912	,255	,110
UFC-B	Pearson	,348	,107	-,801	,824	,524	1	,945*	,618	,966**	-,204
	Sig.	,566	,864	,104	,086	,365		,015	,267	,007	,742
I.Simp-H	Pearson	,479	-,032	-,937*	,861	,658	,945*	1	,470	,997**	-,244
	Sig.	,414	,959	,019	,061	,227	,015		,425	,000	,693
I.Simp-B	Pearson	,622	,145	-,449	,518	-,069	,618	,470	1	,513	,458
	Sig.	,263	,816	,449	,371	,912	,267	,425		,377	,437
I.Sh-H	Pearson	,460	-,006	-,918*	,860	,629	,966**	,997**	,513	1	-,228
	Sig.	,435	,992	,028	,062	,255	,007	,000	,377		,712
I.Sh-B	Pearson	,374	-,574	,024	-,402	-,792	-,204	-,244	,458	-,228	1
	Sig.	,535	,312	,970	,503	,110	,742	,693	,437	,712	



**Influencia del cultivo intensivo de
pitahaya (*Hylocereus triangularis*)
sobre propiedades fisicoquímicas y
microbiológicas de suelos amazónicos**



Anexo 9. Pitahaya y sus propiedades



Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus* propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de suelos amazónicos



En Palora se producen 12 millones de kilos de pitahaya y cerca del 80% se exporta a mercados norteamericanos, europeos y asiáticos, que representa gran parte de la economía de Palora se centra en la producción de pitahaya, generando cerca de 30 millones de dólares (AGROECUADOR, 2016). Actualmente existe un promedio de 677 ha donde se evidencia un crecimiento del 13% respecto al año 2016 y se exportaron 1,811 toneladas, siendo el principal mercado de destino el continente asiático (MAGAP, 2017).

La pitahaya (*Hylocereus triangularis* (L.) Britton & Rose) de la familia Cactáceas originaria de América tropical, caribe y norte de Sudamérica, con 1500 a 2000 especies se distribuye desde Canadá hasta la Patagonia, son consideradas como alto valor comercial en varios países como EEUU parte de Europa y Asia (Cruz, y otros, 2015).

A nivel mundial las especies de pitahayas más cultivadas son: *Hylocereus undatus* que se encuentra distribuida en Vietnam con 7350 ha, Tailandia 1050ha, Malasia 927 ha, México 504ha, Israel 125ha en superficies menores esta Brasil y EEUU, *H. costaricensis* originaria de Costa Rica y Nicaragua se reportan 1070ha en Tailandia, 1050ha Malasia, y 735ha Nicaragua, *H. megalanthus* (sinónimo *Selenicereus megalanthus*) originaria de Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador y Venezuela (Regalado, 2014).



Anexo 10. Muestreo de suelo



Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus*) propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de suelos amazónicos



Muestreo del Suelo

Para el estudio se seleccionaron dos sitios representativos del sistema agrícola del cantón Palora, uno basado en el manejo mediante la aplicación de agroquímicos (cultivo de pitahaya) y otro bajo el sistema de manejo sin agroquímicos (cultivo de té). Para ello se realizó el muestreo de suelo de forma alterada y no alterada. Las muestras no alteradas se toman en empaques y se maneja de tal manera que no alteren las condiciones naturales del suelo (densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad, entre otras). Las alteradas no requieren una forma especial de muestreo ya que en laboratorio la mayoría de los análisis químicos se hacen sobre muestras secas al aire libre, molida y tamizada por 2mm (Grupo Latino s.f).



Anexo 11. Análisis de propiedades químicas y físicas del suelo



Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus*) propiedades fisicoquímicas y microbiológicos de suelos amazónicos

Análisis de las propiedades químicas de suelo



El análisis químico de suelo se hace sobre las muestras alteradas de suelo, se toma 2 kg de muestra, previo a ello se secan y se tamizan para la determinación de las propiedades como materia orgánica, pH, aluminio intercambiable, nitrógeno total y bases cambiables como calcio magnesio, potasio y fósforo

Análisis de las propiedades físicas del suelo

Para la caracterización de los parámetros físicos del suelo en función de la parte sólida, espacio poroso y contenido de agua entre otros y en que proporciones se encuentra. Dentro de los más importantes para el desarrollo de la planta y las condiciones de fertilidad se determina los parámetros como: conductividad hidráulica saturada, distribución de tamaños de poros, porosidad total, porosidad de aireación y retención, densidad aparente y textura



Anexo 12. Análisis microbiológicos del suelo



Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus* propiedades fisicoquímicas y microbiológicos de suelos amazónicos

Análisis microbiológicos (bacterias y hongos) del suelo

- Se cuantificaron las comunidades de bacterias y hongos totales de cada muestra de suelo objeto de estudio. Para ello se dispuso de medios de cultivos generales para bacterias (Agar Nutritivo-NA) y para hongos (Agar Rosa Bengala-ARB). Para la elaboración de los medios de cultivos se siguió las instrucciones del manual del fabricante (28 g L⁻¹ para NA y 33.7 g L⁻¹ para ARB). Ambos medios serán autoclavados a 121 °C y 200ATM durante 15 min.

Este consiste en la realización de diluciones cuantitativas de 1 g de suelo de las muestras en agua peptonda estéril desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶. Al primer tubo de ensayo se le adicionó 1 g de suelo de las muestras, constituyendo este la muestra inicial para la realización de las diluciones cuantitativas.

La siembra consistió en tomar de cada dilución 1 ml de la dilución en cuestión, para luego ser depositados uniformemente en cajas Petri y posteriormente adicionando el medio de cultivo respectivo para bacterias u hongos en una relación de 20 ml por caja aproximadamente.

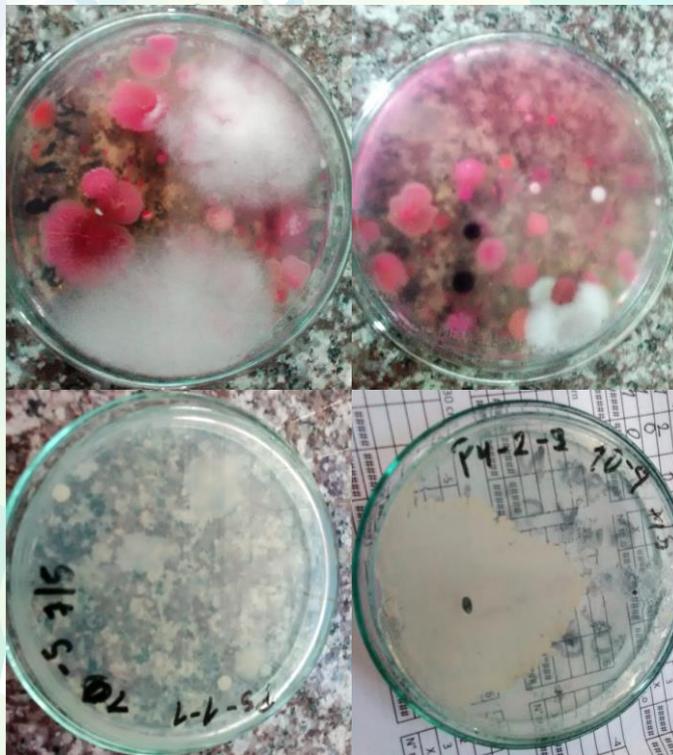


Anexo 13. Resultados de la siembra de microorganismos



Influencia del cultivo intensivo de pitahaya (*Hylocereus*) propiedades físicoquímicas y microbiológicas de suelos amazónicos

Resultados de la siembra de microorganismos (hongos y bacterias)



Anexo 14. Contraportada



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

**Influencia del cultivo intensivo de pitahaya
(*Hylocereus triangularis*) sobre propiedades
físicoquímicas y microbiológicos de suelos
amazónicos.**

Autora: Laura Esthela Cruz Samaniego

Director: Dr. Roldán Torres Gutiérrez, PhD.

Año 2019

