

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO CON ESPECIES  
FORESTALES Y SU RELACION CON LOS MICROORGANISMOS**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

PRESENTADO POR:

VASQUEZ ACUÑA, DOLIBETH

Tingo María – Perú

**2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de Enero del 2019, a horas 8:15 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO CON ESPECIES FORESTALES Y SU RELACION CON LOS MICROORGANISMOS”

Presentado por la Bachiller: **VASQUEZ ACUÑA, Dolibeth**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**BUENO**”

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 05 de Febrero del 2019.

Ing. MSc. **ROBERTO OBREGON PEÑA**  
PRESIDENTE

Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**  
VOCAL

Ing. MSc. **SANDRO J. RUIZ CASTRE**  
VOCAL



Ing. **RENGIFO TRIGOZO JUAN PABLO**  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida.

A mis padres Rosas Vasquez, Florinda Acuña por su apoyo incondicional, por enseñarme con su ejemplo, que la humildad y el esfuerzo son la clave del éxito.

A mis hermanos Roberto, Anaro, Nelson, Eulalia, Aiden, Nicanor, Jesús, Segundo Rosas, Joidely, Flor Dalic, Jarli, porque siempre he contado con ellos ya que sin ellos esto no se aria posible.

A Cristian Yauri por apoyarme en todo momento y por la extraordinaria persona que es.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haberme brindado esta oportunidad y guiarme en todo momento.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser el alma Mater que me brindó la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y docentes del departamento de conservación de suelos y agua que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

A mi asesor: Ing. Rengifo Trigozo, Juan Pablo, por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Rachar Sias Rodríguez, por su apoyo y por su paciencia durante el trabajo microbiológico.

Al Ing. Roberto Obregón Peña presidente, Ing. Jaime Torres García, y al Ing. Sandro Ruiz Castre, miembros de jurado de esta investigación, por la amistad, exigencia, orientación y confianza que me brindaron en la realización del presente trabajo.

A mis amigos Gustavo Espiritu, Paolo Alomia, Sheila Obregon, por su apoyo en campo y por su amistad que me brindaron durante todo el tiempo de mi formación profesional.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Los bosques tropicales.....	3
2.2.1. Riqueza de especies de los bosques tropicales .....	3
2.2. Parcelas permanentes de medición importancia.....	4
2.3. Propiedades físicas del suelo.....	4
2.2.2. Textura .....	5
2.2.3. Densidad aparente .....	6
2.2.4. Resistencia del suelo a la penetración .....	7
2.2.5. Temperatura .....	8
2.4. Propiedades químicas del suelo.....	8
2.4.1. El pH del suelo.....	8
2.4.2. El pH y los organismos del suelo.....	9
2.4.3. Materia orgánica del suelo.....	10
2.4.4. Nitrógeno disponible .....	11
2.4.5. Fosforo disponible del suelo .....	12
2.4.6. Potasio intercambiable.....	13
2.4.7. Capacidad intercambiable de cationes .....	14

2.4.8. Calcio intercambiable.....	15
2.4.9. Magnesio intercambiable.....	16
2.4.10. Microorganismos del suelo.....	17
2.4.11. Las bacterias del suelo.....	17
2.4.12. Hongos del suelo.....	18
2.5. Relación entre las propiedades del suelo y los procesos ecosistémicos.....	18
2.6. Antecedentes de otras investigaciones.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.1.1. Ubicación política.....	21
3.1.2. Ubicación geográfica.....	23
3.1.3. Zona de vida.....	23
3.1.4. Clima.....	23
3.1.5. Pendiente.....	24
3.1.6. Fisiografía.....	24
3.1.7. Recursos hídricos.....	24
3.1.8. Accesibilidad.....	25
3.1.9. Materiales y equipos.....	25
3.1.10. Materiales de campo.....	25
3.1.11. Equipos de campo.....	25

3.1.12. Materiales de laboratorio .....	26
3.1.13. Equipos de laboratorio .....	26
3.1.14. Reactivos .....	26
3.1.15. Medios de cultivo .....	27
3.2. Metodología.....	28
3.2.1. Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo .....	28
3.2.1.1. Reconocimiento del área de estudio .....	28
3.2.1.2. Identificación de los puntos de muestreo .....	28
3.2.1.3. Muestreo de suelos .....	29
3.2.1.4. Análisis de las muestras de suelos .....	29
3.2.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo .....	30
3.2.2.1. Muestreo de suelos en la ppm .....	31
3.2.2.2. Identificación de microorganismos .....	31
3.2.3. Relacionar las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo .....	36
3.2.4. Coeficiente de correlación en R.....	36
IV. RESULTADOS .....	39
4.1. Determinación de las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies dominantes en el BRUNAS, Tingo María.....	39
4.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo.....	45

4.3. Relación de las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo.....	50
3.3.1. Relación en un suelo con especies de <i>Cedrelinga</i> <i>cateniformis</i> .....	50
3.3.2. Relación en un suelo con <i>Pourouma minor</i> .....	52
3.3.3. Relación en un suelo con <i>Senefeldera inclinata</i> .....	53
V. DISCUSIÓN.....	56
5.1. Para la determinación de las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies dominantes en el BRUNAS, Tingo María .....	56
5.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo .....	60
5.3. Para la relación de las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES .....	63
VIII. ABSTRACT.....	64
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
ANEXO .....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo .....	6
2. Niveles de resistencia a la penetración del suelo.....	7
3. Rangos interpretativos para el pH.....	9
4. Intervalos de materia orgánica en el suelo.....	10
5. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.....	12
6. Rangos interpretativos para el fósforo disponible. ....	13
7. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable.....	14
8. Rangos interpretativos para la CIC. ....	15
9. Rangos interpretativos para calcio (Ca) intercambiable .....	16
10. Rangos interpretativos para magnesio (Mg) intercambiable. ....	16
11. Coordenadas parcela permanente de medición (4). ....	23
12. Métodos para la determinación de los parámetros físicos del suelo .....	30
13. Métodos para la determinación de los parámetros químicos .....	30
14. Textura de suelos en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	39

15. Densidad aparente en las parcelas con especies vegetales dominantes. ....	40
16. Resistencia a la penetración en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	41
17. Temperatura de las subparcelas con especies vegetales dominantes. .	42
18. pH en suelos de las subparcelas con especies vegetales dominantes. .	42
19. Porcentaje de materia orgánica en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	43
20. Nitrógeno en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	43
21. Fósforo en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	44
22. Potasio en las subparcelas con especies vegetales dominantes. ....	44
23. Bases cambiables del suelo con especies vegetales dominantes. ....	45
24. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de <i>Senefeldera inclinata</i> .....	46
25. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de <i>Pourouma minor</i> . ....	47
26. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de <i>Cedrelinga cateniformis</i> . ....	48
27. Actinomicetos en suelos con especies vegetales dominantes. ....	49

28. Bacterias en suelos con especies vegetales dominantes. ....	49
29. Mohos y levaduras en suelos con especies vegetales dominantes. ....	49
30. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de <i>Cedrelinga cateniformis</i> .....	50
31. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de <i>Pourouma minor</i> .....	53
32. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de <i>Senefeldera inclinata</i> .....	54
33. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba <i>Cedrelinga cateniformis</i> . ....	79
34.. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba <i>Pourouma minor</i> . ....	80
35. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba <i>Senefeldera inclinata</i> . ....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Relación de los constituyentes de tierra por tamaño, definiendo las clases texturales y sub clases de arena. ....	5
2. Subparcelas con mayor predominancia de especies .....	29
3. Correlación entre el contenido de aluminio y la cantidad de especies de microorganismos en un suelo con <i>Cedrelinga cateniformis</i> . ....	51
4. Correlación entre el contenido de hidrógeno y el número de actinomycetos en un suelo con <i>Cedrelinga cateniformis</i> . ....	51
5. Correlación entre el contenido de magnesio y el número de bacterias en un suelo con <i>Cedrelinga cateniformis</i> . ....	52
6. Correlación entre el contenido de potasio y el número de actinomycetos en un suelo con <i>Pourouma minor</i> . ....	53
7. Correlación entre el contenido de hidrógeno y el número de especies de microorganismos en un suelo con <i>Senefeldera inclinata</i> . ....	54
8. Correlación entre el contenido de potasio y el número de bacterias en un suelo con <i>Senefeldera inclinata</i> . ....	55
9. Forma en la se encuentra colocadas las placas en las plantas .....	74
10. Medida de resistencia a la penetración del suelo.....	74

11. Preparación del caldo BHI.....	75
12. Siembra de los microorganismos en las placas Petri.....	75
13. Aislamiento de los microorganismos en diferentes medios.....	76
14. Bacteria identificada <i>Bacillus sp.</i> .....	76
15. Bacterias identificadas <i>Staphylococcus sp.</i> .....	77
16. Bacteria identificada <i>Actinomicetos sp.</i> .....	77
17. Hongo identificado <i>Geotrichum sp.</i> .....	78
18. Hongos identificado <i>Fusarium sp.</i> .....	78

## RESUMEN

En los bosques tropicales se tiene limitada información sobre las condiciones físicas y químicas en que se encuentra el suelo, motivo por el cual se realizó la investigación con el objetivo de determinar las características físicas, químicas y su relación con los microorganismos presentes en el suelo con especies forestales dominantes (BRUNAS), donde se encuentran establecidas las PPM-4, cuyas dimensiones son de 100 m x 100 m, subdivididas en 25 subparcelas, los puntos de muestreo se llevó por el (IVI), siendo estas 14, 16, 17, 22 *Senefeldera inclinata*, 25, 4, 2, 19 *Pouroma minor*, 1, 11, 19, 23 *Cedrelinga cateniformis*.

El muestreo de las propiedades físicas químicas del suelo se realizó en forma de z a una profundidad de 20 cm, las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de suelos de la UNAS. Así mismo algunas propiedades fueron determinadas in situ, las muestras del análisis microbiológico fueron recolectado al costado de cada especie dominante, a una profundidad de 20 cm, el cual se realizó en el laboratorio de microbiología de la UNAS, la correlación se determinó con el coeficiente de correlación r.

Los parámetros físicos y químico, clase textural en *Cedrelinga* (franco arcilloso, franco arcilloso limoso, franco), con *Pouroma* (franco, franco arcilloso) y con *Senefeldera* (Franco arcillo, arcilloso), densidad presenta un mínimo de 0.99 (g/cc), un máximo de 1.17 (g/cc), resistencia a la penetración se encuentra en niveles de suelos duros, la temperatura en un mínimo de

23.40 °C, un máximo de 24.60 °C, el pH presentan rangos de extremadamente ácido a fuertemente ácidos, el porcentaje de materia orgánica niveles de bajo y medio, el fósforo en un nivel muy bajo, el potasio nivel bajo, el CIC en un nivel medio. Se identificó mayor cantidad especies de microorganismos en *Senefeldera* subparcela (16 y 22), *Pourouma* subparcela (4), *Cedrelinga* subparcela (11). En la enumeración Actinomicetos existe mínimo de  $1 \times 10^3$  Mo/g en *Senefeldera*, máximo de  $63 \times 10^3$  en *cedrelinga*, bacterias con mínimo de  $11 \times 10^3$  Mo/g en *Cedrelinga*, máximo de  $86 \times 10^3$  Mo/g *Senefeldera*, fungis un mínimo de  $4 \times 10^3$  Mo/g en *Senefeldera*, máximo de  $32 \times 10^3$  Mo/g. Correlación en *cedrelinga* el aluminio con la cantidad de especies de microorganismos, el hidrógeno con los actinomicetos y el magnesio con las bacterias, *Pourouma* el potasio con el número de actinomicetos, *Senefeldera*, el hidrógeno con la cantidad de especies de microorganismos, el potasio con la cantidad de bacterias.

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación se realizó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) donde se encuentra establecido las parcelas permanentes de medición (4), realizando mediante un estudio cuantitativo las características físicas y químicas del suelo con especies forestales, a fin de correlacionar con los microorganismos presentes.

Las propiedades químicas, físicas, biológicas y climáticas que actúan normalmente en la relación son las que identifican la fertilidad de los suelos. Entre estos factores, quizás los componentes biológicos sean los últimos que se han tomado en cuenta en investigaciones y producción de los cultivos, además hoy se acepta que la actividad de los microorganismos no solo es un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas naturales como los agroecosistemas (TRASAR *et al.*, 2000).

Los resultados servirán para futuras investigaciones donde se fomenten sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo en la cuenca del Huallaga. Ante el desconocimiento de la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con los microorganismos.

En base a lo mencionado se genera la interrogante como hipótesis. Ha: "Existe alguna relación entre las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies foréstaes con los microorganismos". Ho: "No existe alguna relación entre las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies foréstale con los microorganismos". Ante lo expuesto, se plantean los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo general**

Determinar las características físicas, químicas y su relación con los microorganismos presentes en el suelo con especies forestales dominantes en el BRUNAS.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas (textura, densidad aparente, resistencia a la penetración, temperatura), químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio disponible, CIC) de un suelo con especies dominantes en el BRUNAS, Tingo María.
- Caracterizar los microorganismos presentes en el suelo.
- Relacionar las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo por predominancia de especies.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Los bosques tropicales**

Los bosques tropicales son uno de los ecosistemas más complejos en término de diversidad de especies. Desde el ámbito de la ecología se define a los bosques tropicales húmedos, como la vegetación climácica ideal. Los bosques tropicales, por sus características medioambientales, resultan ser ecosistemas muy complejos, pero, a su vez, de una enorme fragilidad (LAMPRECHT, 1990).

#### **2.2.1. Riqueza de especies de los bosques tropicales**

Se denomina riqueza al número total de especies de cualquier tamaño y forma de vida en un área dada. Por otro lado, la diversidad florística se refiere a la distribución de los individuos entre el total de especies presentes. Al igual que la riqueza florística, este valor va a depender del límite mínimo de medición y la referencia del área (HERNÁNDEZ, 1999).

VÁSQUEZ y ROJAS (2006) mencionan que, la Amazonía peruana esta representadas por 6,237 especies, distribuidas en 1,406 géneros y 182 familias, que resulta ser el 36.6% de la flora fanerógama del Perú; del total

de especies amazónicas, 650 son especies endémicas de la Amazonía y representa el 12.14% de las especies endémicas de Perú.

DÍAZ (2018) menciona que en el Brunas se registró 117 especies forestales con dap mayor o igual a 10 cm en la PPM-4, de los cuales 10 especies representaron el 51,65 % de individuos forestales y las 107 especies restantes alcanzaron un valor representativo del 48,35 % debido a su baja densidad de los individuos.

## **2.2. Parcelas permanentes de medición importancia**

VALLEJO. J *et al.* (2005) sostienen que las parcelas permanentes se han empleado extensivamente por ecólogos, biólogos y silvicultores en distintos bosques del mundo para estudiar su funcionamiento, incluyendo los ecosistemas naturales y los plantados por el hombre. PINELO (2000) afirma que, es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada

## **2.3. Propiedades físicas del suelo**

Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (PORTA *et al.*, 2003).

## 2.2.2. Textura

Es una expresión cualitativa de la granulometría o distribución del tamaño de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla). El valor numérico de los componentes texturales se determina en el laboratorio y la combinación de estos genera 12 grupos texturales (SCHARGEL y DELGADO, 1990).

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0 mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura

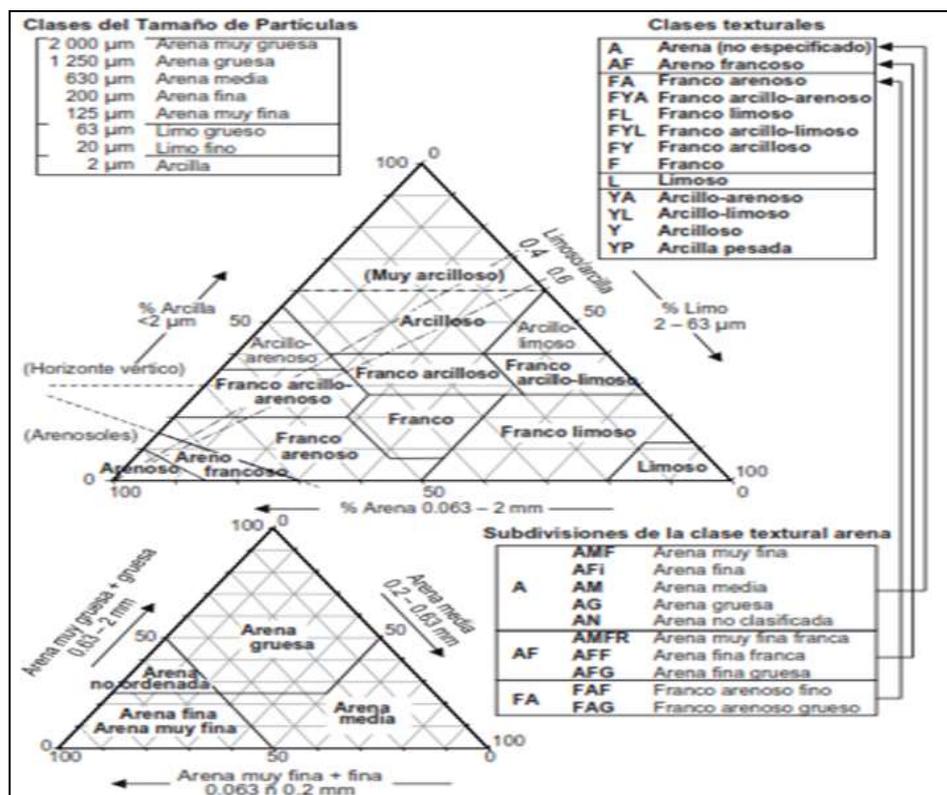


Figura 1. Relación de los constituyentes de tierra por tamaño, definiendo las clases texturales y sub clases de arena.

### 2.2.3. Densidad aparente

SAGARPA (2012) señala que la densidad aparente es una propiedad incluida para evaluar la calidad de un suelo como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo. Los cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate.

Cuadro 1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo

Textura	Ideal (g cm <sup>-3</sup> )	Aceptable (g cm <sup>-3</sup> )	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm <sup>-3</sup> )	Restringe el crecimiento radicular (g cm <sup>-3</sup> )
Arena, areno-franco	Dap < 1.6	1.6 ≤ Dap <1.69	1.69 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arenosa, franco	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.63	1.63 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arcilla-arenosa franco-arcillosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.70
Limosa	Dap < 1.3	1.3 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.75
Franco-limosa, franco- arcillo-limosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.55	1.55 ≤ Dap <1.65	Dap >1.65
Arcillo-arenosa, arcillo- limosa	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.58	Dap >1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.47	Dap >1.47

Fuente: USDA (1999)

#### 2.2.4. Resistencia del suelo a la penetración

La resistencia a la penetración es un indicador del nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de que disponen las raíces (HERRICK y JONES, 2002). La resistencia a la penetración del suelo, la materia orgánica, el pH y el nivel de nutrientes pueden contribuir a explicar el estado de la actividad biológica del suelo.

Wolkowski (1990), citado por PALOMINO (2015) afirma que el suelo compactado tiene una reducida capacidad para el movimiento del aire, agua y ofrece una gran resistencia a la penetración de las raíces, incrementando la tasa de difusión de los nutrientes por el acercamiento entre las partículas. La compactación causa cambios en las propiedades físicas del suelo, aumentando la resistencia a la penetración y la densidad aparente, reduciendo la porosidad (MENDOZA, 2011).

Cuadro 2. Niveles de resistencia a la penetración del suelo

K/cm <sup>2</sup>	Nivel de resistencia
< 1	Suelos muy suaves
1 – 2	Suelos suaves
2 – 3	Suelos duros
3 – 4	Suelos muy duros
> 4	Suelos extremadamente duros

Fuente: Bazán (1996)

### **2.2.5. Temperatura**

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo floración y fructificación de los cultivos. PALOMINO (2015) donde la temperatura del suelo dependerá de la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre y de la cobertura vegetal, pues a mayor cobertura menor será la temperatura del suelo.

## **2.4. Propiedades químicas del suelo**

Los indicadores de la calidad del suelo incluyen propiedades que afectan la relación suelo-planta, calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos ACEVERO *et al.* (2005).

### **2.4.1. El pH del suelo**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad, por lo general se considera como una propiedad muy importante ya que tiende a estar correlacionado con otras propiedades, tales como el grado de saturación de base. La determinación de la concentración de iones hidronios ( $H^+$ ) y iones hidróxilo ( $OH^-$ ) permite medir la acidez o alcalinidad. Si hay mayor concentración de iones  $H^+$ , se dice que la relación es ácida, pero si hay predominancia de iones  $OH^-$ , la relación es alcalina. La relación será neutra cuando la concentración de iones  $H^+$  sea igual a los iones  $OH^-$  (ENRÍQUEZ y CABALCETA, 1999).

PALOMINO (2015) hace referencia que los suelos ácidos ( $\text{pH} < 5$ ), normalmente tienen bajo contenido de fósforo disponible para la planta y requieren niveles altos de fertilización con fósforo. De esta manera, teniendo en cuenta los valores de pH de suelo obtenidos para cada sistema de uso, los cuales están en el rango de ácido, es posible manifestar el porqué del nivel bajo de fósforo disponible en cada uno de ellos. Al respecto HUAMANI y MANSILLA (1995) reportan que la disponibilidad de fosforo es baja en pH bajos (ácidos) y esto acompañada de altas precipitaciones hacen que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

Cuadro 3. Rangos interpretativos para el Ph

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6-5.4
Moderadamente ácido	5.5-6.5
Neutro	6.6-7.3
Moderadamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: Porta *et al.*, 1999.

#### 2.4.2. El pH y los organismos del suelo

Las bacterias y actinomicetos actúan mejor en suelos minerales con valores de pH 5.0 a 6.5 y  $< 5.0$ . Su actividad se reduce notablemente cuando el pH es inferior a 5.5. La nitrificación y la fijación del nitrógeno

atmosférico, por ejemplo, solo se producen cuando el pH es superior a 5; y la aminización y amonificación se reducen considerablemente a pH más bajos. Por otra parte, las plantas crecen dentro de intervalos de pH muy amplios, lo cual dificulta el poder determinar la reacción más adecuada (NAVARRO, 2003).

### 2.4.3. Materia orgánica del suelo

Después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO<sub>2</sub> y de los nutrimentos contenidos en los residuos orgánicos. Del 75 a 90 % de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de la materia orgánica del suelo está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas (STEVENSON y COLE, 1999).

Cuadro 4. Intervalos de materia orgánica en el suelo.

Nivel	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2 a 4
Alto	>4

Fuente: Porta *et al.* 1999.

### **2.4.3.1. Contenido y distribución de la materia orgánica en el suelo**

Los factores que determinan el contenido de materia orgánica y nitrógeno son determinados, en primera instancia, por el clima y la vegetación, pero también sufren el efecto de otros factores locales, como el relieve, material parental, el tipo y duración de la explotación de los suelos, y algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas (JENNY, 1941).

### **2.4.4. Nitrógeno disponible**

El nitrógeno es un nutriente esencial más crítico en el crecimiento de las plantas, ya que es uno de los constituyentes principales de los compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así también de las paredes celulares, clorofila en los vegetales y otras sustancias de la planta (DONAHUE *et al.*, 1981).

#### **2.4.4.1. Contenido del nitrógeno total en suelos tropicales**

En los suelos de áreas con climas tropical, el contenido de nitrógeno total varía ampliamente entre 0.02 y 0.4 %, con valores muy altos en los suelos desérticos y semidesérticos; en casos extremos, como en los suelos muy ricos en materia orgánica, puede llegar hasta el 2 %. Comúnmente el nitrógeno orgánico representa el 85 y 95 % del nitrógeno total. Entre el 20 y el 40 % del nitrógeno de los suelos se presenta en forma de aminoácidos.

USDA (1999) menciona que la cantidad de nitrógeno en el suelo, en un momento dado, es una función de la velocidad a la cual los microorganismos descomponen la materia orgánica del suelo y esta velocidad va depender de la temperatura, humedad, aireación, tipo de residuos orgánicos, pH y otros factores. Asimismo, una vez formados, los nitratos del suelo están sujetos a lixiviación, fijación, desnitrificación y consumos por las plantas. Por eso es difícil de interpretar el contenido de nitrógeno (nitratos) en términos de cuanto y donde estará disponible para responder a los requerimientos de los cultivos.

Cuadro 5. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.

Nivel	% N total
Bajo	$N < 0.1$
Medio	$0.1 \leq N < 0.2$
Alto	$N \geq 0.2$

Fuente: Bazán (1996)

#### 2.4.5. Fosforo disponible del suelo

Este elemento es escaso en el suelo y además gran parte no está en formas disponibles para las plantas. El fósforo posee baja solubilidad, causante de la deficiencia en la disponibilidad de la planta, que las absorben en forma de fosfatos derivados del ácido fosfórico; el contenido total de fósforo también depende de la materia orgánica en suelos, al aumentar predominan los fosfatos orgánicos y se obtiene una mayor cantidad de fósforo disponible. Todos los fosfatos son derivados del ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y se encuentra en

dos formas generales: orgánicos e inorgánicos; el fósforo orgánico se encuentra como: fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfato de inositol; el fósforo inorgánico se encuentra principalmente como fosfatos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , y  $\text{Mn}^{2+}$  predominando en suelos ácidos; estos suelos además de ser normalmente pobres en fósforo, tienden a retener o fijar este elemento en formas no solubles, difícilmente asimilables por las plantas (BORNEMISZA, 1982).

Cuadro 6. Rangos interpretativos para el fósforo disponible.

Nivel	P ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Muy bajo	$P \leq 5$
Bajo	$5.1 \leq P \leq 15$
Medio	$15.1 \leq P \leq 30$
Alto	$30.1 \leq P \leq 40$
Muy Alto	$P \geq 40.1$

Fuente: Bazán (1996)

#### 2.4.6. Potasio intercambiable

El potasio es un elemento que procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos, junto a estos hay que añadir aquellos provenientes de la descomposición de restos vegetales y animales. El potasio en el suelo se halla en cantidades relativamente grandes. Su contenido como  $\text{K}_2\text{O}$ , depende de su textura. La fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos

arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos (BORNEMISZA, 1982).

SAGARPA (2012) indica que, junto con el nitrógeno y el fósforo, el potasio es uno de los nutrientes minerales que requiere la planta en mayor cantidad. Este elemento es absorbido de la solución del suelo en forma del catión  $K^+$ . Factores como tipo de arcillas presentes, pH, temperatura y humedad del suelo, cantidad extraída por el cultivo, lixiviación etc. pueden hacer variar considerablemente la reserva de potasio del suelo (De los Ángeles, 2007, citado por PALOMINO, 2015).

Cuadro 7. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable

Nivel	(Kg/ha)
Bajo	Menor de 300
Medio	300 – 600
Alto	Mayor de 600

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS

#### 2.4.7. Capacidad intercambiable de cationes

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC. Los cationes que tienen mayor importancia en lo que se

refiera a las plantas son el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{M}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) e hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) (JARAMILLO, 2002).

SANCHEZ (1981) menciona que la capacidad de intercambio catiónico está relacionada con una mejora de la estructura de los suelos, la cual favorece la aireación, retención de agua, actividad microbiana y la fertilidad del suelo. Por ello, se necesita un CIC de por lo menos  $7 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$ , para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación.

Cuadro 8. Rangos interpretativos para la CIC.

Nivel	CIC ( $\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$ )
Alta	$\text{CIC} \geq 30$
Medio	$4 \leq \text{CIC} < 30$
Baja	$\text{CIC} < 4$

Fuente: Bazán (1996).

#### 2.4.8. Calcio intercambiable

SAGARPA (2012) menciona que, entre los cationes intercambiables relacionados directamente con cambios en la degradación del suelo por el fenómeno de salinización, se encuentra el calcio. Este es un elemento relativamente abundante particularmente en suelos de regiones semiáridas. Sin embargo, suele estar presente en formas químicas de baja solubilidad, por lo que su disponibilidad en la solución del suelo resulta ser baja. Incluso en suelos desarrollados bajo condiciones de precipitación más abundante puede haber pérdida de bases por efecto de la lixiviación.

Cuadro 9. Rangos interpretativos para calcio (Ca) intercambiable

Nivel	CIC (Cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )
Muy bajo	Ca <2
Baja	2 ≤ Ca < 5
Medio	5 ≤ Ca < 10
Alto	Ca ≥ 10

Fuente: SAGARPA (2012).

#### 2.4.9. Magnesio intercambiable

SAGARPA (2012) menciona que este elemento resulta de particular interés dado que forma parte de la molécula de clorofila, por lo que está asociado a la fotosíntesis. Resulta muy común encontrar deficiencias de Mg en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC). Así mismo, en suelos ácidos existen bajos niveles de magnesio.

Cuadro 10. Rangos interpretativos para magnesio (Mg) intercambiable.

Nivel	Mg (Cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )
Muy bajo	Mg < 0.5
Baja	0.5 ≤ Mg < 1.3
Medio	1.3 ≤ Mg < 3.0
Alto	Mg ≥ 3.0

Fuente: SAGARPA (2012).

#### **2.4.10. Microorganismos del suelo**

El número y tipos de microorganismos presentes en el suelo, depende de diversos factores ambientales como son los nutrientes, humedad, aireación, temperatura, pH, prácticas agrícolas, (WILD, 1992). La actividad biológica en los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo.

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales deriva de su cantidad, diversidad y, sobre todo, de su gran espectro de actividades que, en la mayoría de los casos, repercuten en los seres superiores. Concretamente en el suelo, los microorganismos desarrollan una amplia gama de acciones que inciden en el desarrollo y nutrición vegetal.

#### **2.4.11. Las bacterias del suelo**

Son los microorganismos más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Pueden ser aerobias (crecen con oxígeno), anaerobias (crecen sin oxígeno) o facultativas (crecen con o sin oxígeno). Pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas) o pH neutro (neutrófilas). En suelos ácidos algunas bacterias neutrófilas tienen la capacidad de neutralizar el suelo donde se están desarrollando para cumplir su función.

THOMPSON y TROEH (1998) mencionan que las bacterias son organismos procariotas unicelulares; la mayor parte presenta forma esférica cocos o de bastón bacilos y son importantes debido a que algunas realizan

funciones específicas como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos.

#### **2.4.12. Hongos del suelo**

Conforman una importante fracción de la biomasa total microbiana del suelo. Crecen en forma de red extendiéndose como micelio hasta su estado reproductivo donde dan origen a esporas sexuales o asexuales. Son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición en suelos ácidos. Producen enzimas y metabolitos que contribuyen al ablandamiento y a la transformación de sustancias orgánicas. También estas enzimas forman parte de la actividad de otros microorganismos.

### **2.5. Relación entre las propiedades del suelo y los procesos ecosistémicos**

La relación entre las propiedades del suelo y la función ecosistémica depende en gran medida de las complejas interacciones entre las plantas y el suelo, ya que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo determinan la composición vegetal y afectan de forma considerable la productividad y composición de los ecosistemas terrestres (BARDGETT, 2005). Las relaciones entre las plantas y el suelo han sido documentadas ampliamente, pero muchos de los mecanismos subyacentes son aún desconocidos (EHRENFELD *et al.*, 2005).

Dentro de las propiedades biológicas los microorganismos han cobrado importancia debido a su gran abundancia y diversidad en el suelo y a que se sabe que los hongos y bacterias controlan muchos de los procesos vitales para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres (ORIANNS *et al.*, 1996). Un simple puñado de suelo puede contener más de 10000 millones de bacterias pertenecientes a cientos de especies diferentes, muchas de los cuales son aún desconocidas (TORSVIK y OVREAS, 2002).

Dentro de las propiedades físicas del suelo, la humedad y la temperatura tienen efectos importantes sobre la comunidad vegetal, mientras que la agregación del suelo parece estar fuertemente relacionada con el ciclaje de nutrientes y por lo tanto con el crecimiento vegetal. Por otro lado, las interacciones de las propiedades químicas del suelo con las plantas son mucho más complejas ya que involucran factores tanto físicos como biológicos. El pH, los cationes, el contenido de C y N influyen a las comunidades vegetales de los ecosistemas terrestres (EHRENFELD *et al.*, 2005).

## **2.6. Antecedentes de otras investigaciones**

LOZANO (2014), realizó estudios de Interacciones entre plantas y microorganismos del suelo y su consecuencia para la dinámica de comunidades vegetales, en esta tesis pretendemos comprobar si las comunidades microbianas están determinando interacciones negativas y/o positivas entre plantas; si tras el abandono de tierras dedicadas al cultivo, las plantas y los microorganismos del suelo siguen patrones sucesionales, y si los microorganismos asociados a las especies vegetales son los que determinan

su éxito competitivo en una comunidad vegetal. Para evaluar esto realizamos diferentes experimentos en campo y en invernadero apoyados por una serie de análisis físicos, químicos, biológicos y moleculares del suelo y de sus comunidades microbianas.

LIETOR *et al* (2003) Relaciones Suelo-Planta en Bosques de Abies pinsapo Boiss. Disponibilidad de Nutrientes y Estatus Nutricional. Se han evaluado las relaciones entre las propiedades del suelo y el estado nutricional de los árboles en pinsapares del Paraje Natural los Reales de Sierra Bermeja y del Parque Natural Sierra de las Nieves (Málaga-España). Seleccionaron pinsapares que difieren en cuanto a su estado sucesional (masas agradativas versus maduras) y sustrato litológico (serpentininas versus calizas), en los que se evaluaron variables morfoedáficas de perfiles de suelo, y se analizaron las concentraciones de nutrientes en muestras de suelo, hojarasca y acículas.

QUINTO (2016) Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José creso y castillo, y encontrar la correlación. Cada sistema de uso de la tierra consistió en un tratamiento: ex cocal (T1), bosque primario (T2), y sistema agroforestal (T3); cada uno de ellos consistió en una parcela de 75 x 75 m, de donde se extrajo 11 muestras de suelo para determinar las propiedades físicas y químicas, y 10 muestras de suelo a 10, 20 y 30 cm de profundidad, para la determinación de la diversidad de microorganismos, meso y macrofauna.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación se llevó a cabo en las parcelas permanente de medición (PPM-4) establecidas en el BRUNAS, representa una de las zonas boscosas poco intervenidas en la provincia Leoncio Prado. El BRUNAS fue creado por Resolución N° 1502 – UNASTM, el 31 de diciembre de 1971, a fin de conservar los recursos naturales: flora, fauna, suelos, agua y diversidad biológica, existentes en este bosque (PUERTA y CÁRDENAS, 2012).

##### **3.1.1. Ubicación política**

El BRUNAS se encuentra ubicada en la ciudad de Tingo María en el margen izquierdo de la carretera Central tramo Tingo María – Huanuco, políticamente pertenece al distrito Rupa Rupa; provincia Leoncio Prado; región Huánuco. Cuenta con una extensión de 217,22 ha, de las cuales solo 185 ha presentan cobertura boscosa, la superficie restante ha sido perturbada por actividades antrópicas como cultivos ilícitos en las partes altas (PUERTA y CÁRDENAS, 2012).

### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la PPM-4, se localiza a 9° 17'08 de latitud Sur y 75° 59'52 de longitud Oeste, a 660 m, temperatura promedio anual de 24 °C y en las siguientes coordenadas UTM en el datum WGS 1984, zona 18:

Cuadro 11. Coordenadas parcela permanente de medición (4).

	Coordenadas		Altitud
	Este	Norte	
PPM 4	391560	8970320	875m

Fuente propia

### 3.1.3. Zona de vida

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zona de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1987), el BRUNAS se encuentra en la formación vegetal bosque húmedo premontano Tropical transicional a bosque muy húmedo pre-montano tropical y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la selva alta o Rupa Rupa (PULGAR, 1987).

### 3.1.4. Clima

Respecto al clima del área de estudio, se consideró datos de precipitación anual de 3353 mm. Las mayores precipitaciones se produjeron entre los meses desde enero hasta marzo y entre noviembre a diciembre. Con una humedad relativa de 82.5%, de temperatura máxima de 32.1 °C, mínima

19.0 °C, y media anual de 25.7 °C (Estación meteorológica Daniel Alcides Carrión UNAS, 2017).

### **3.1.5. Pendiente**

Respecto a la pendiente del área total del BRUNAS presenta una pendiente cuyos valores superan al 25%, lo que indica que pertenece a una zona eminentemente de protección.

### **3.1.6. Fisiografía**

Presenta tres unidades fisiográficas bien definidas: Colina Baja con una extensión de 22,91 ha, seguida de colina alta con 150,74 ha, que representa la geoforma con mayor superficie y finalmente la zona montañosa con 43,57 ha, esta unidad lleva el nombre de “Cerro Cachimbo”. el área se encuentra ubicada desde los 667 hasta los 1092 msnm determinándose (PUERTA, 2007).

### **3.1.7. Recursos hídricos**

El BRUNAS cuenta con seis quebradas: Córdova, Cocheros, Naranjal, Asunción Saldaña, Del Águila y Zoocriadero, que se inician en la parte montañosa y desembocan en el río Huallaga. En sus recorridos de Este a Oeste proveen de agua a la UNAS, así a los pueblos ubicados adyacentes a esta área como: Buenos Aires, Asunción Saldaña, Stiven Ericsson, Mercedes Alta, Quebrada del Águila y San Martín (DUEÑAS, 2009).

### **3.1.8. Accesibilidad**

Para acceder a la PPM-4, nos ubicamos en el centro de producción de aves de la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, existe una trocha, que recorren el bosque por sus diferentes áreas y en diferentes direcciones, llegando hasta a una casa, luego por el camino que está al lado derecho se camina 200 m. y finalmente llegando a la PPM-4.

### **3.1.9. Materiales y equipos**

#### **3.1.10. Materiales de campo**

- Guantes
- Cuaderno
- Marcador
- Bolsa plástica de 10 x 15 cm
- Pala recta
- Machete
- Wincha

#### **3.1.11. Equipos de campo**

- Termómetro de suelo
- Penetrómetro

- Cámara fotográfica
- Sistema de posicionamiento global (GPS)

### **3.1.12. Materiales de laboratorio**

- Vaso de precipitación
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL
- Placas Petri
- Tubos de ensayo
- Porta objetos
- Cubre objetos

### **3.1.13. Equipos de laboratorio**

- Balanza
- Estufa eléctrica

### **3.1.14. Reactivos**

- Alcohol
- Reactivo del Indol según Kovacs
- Rojo de metilo
- Alfa naftol

- Azul lacto glicerol.

### **3.1.15. Medios de cultivo**

- Agar M77
- Agar manitol salado
- Agar plate count
- Agar sabouraud dextrose al 4% más antibiótico
- Agar cled,
- Agar macConkei
- Brainheartbroth (BHI),
- Agar actinomiceto
- Caldo peptona 0.1%,
- Caldo rojo de metilo y Voges-Proskauer (RMVP)
- Agar hierro-triple azúcar (TSI)
- Agar lisina hierro (LIA)
- Agar citrato de simmons
- Caldo malonato
- Agar urea

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo**

#### **3.2.1.1. Reconocimiento del área de estudio**

Se realizó mediante visitas al Brunas donde se encuentran ubicadas la Parcelas Permanente de Muestreo (PPM-4) cuyas dimensiones son de 100 m x 100 m, subdivididas en 25 subparcelas.

#### **3.2.1.2. Identificación de los puntos de muestreo**

La identificación de los puntos de muestreo en la parcela se llevó a cabo con el índice de valor de importancia (IVI) ecológica de las especies de cada subparcela.

DIAZ, (2017) menciona entre las especies con mayor promedio respecto a la dominancia se encuentran las subparcelas 14, 16, 17, 22 *Senefeldera inclinata*, las subparcelas 25, 4, 2, 19 *Pourouma minor*, y las subparcelas 1, 11, 19, 23 *Cedrelinga cateniformis* siendo estos los puntos de muestreo (figura 2).

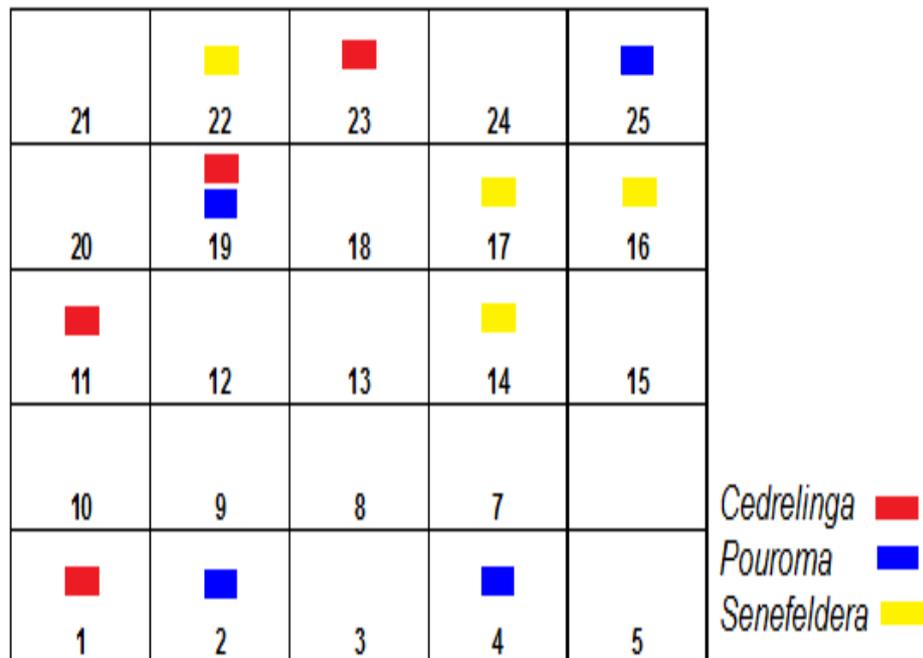


Figura 2. Subparcelas con mayor predominancia de especies

### 3.2.1.3. Muestreo de suelos

Muestreo de suelos se realizó en forma de zig-zag, a una profundidad de 20 cm, empleando una pala recta en cada punto determinado, se tomó 1 kg de suelo, el cual se colocó en bolsas plásticas y rotuladas con stickers.

### 3.2.1.4. Análisis de las muestras de suelos

Las muestras obtenidas se enviaron al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis físico - químico. Así mismo algunas propiedades fueron determinadas in situ.

Cuadro 12. Métodos para la determinación de los parámetros físicos del suelo

<b>Indicadores físicos</b>	<b>Método de su determinación</b>
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrometro)
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)

Fuente: Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al* (2005)

Cuadro 13. Métodos para la determinación de los parámetros químicos

<b>Indicadores químicos</b>	<b>Método de su determinación</b>
Materia orgánica	Métodos de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fosforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del ácido sulfúrico

Fuente: Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al* (2005).

### **3.2.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo**

Para la caracterización de los microorganismos presentes se realizaron a través de las siguientes actividades: Identificación y recuento de fungí y bacterias.

### **3.2.2.1. Muestreo de suelos en la ppm**

El muestreo se realizó según la guía de actividades prácticas microbiología agrícola siendo una muestra simple el cual se realizó al costado de cada especie dominante en las subparcelas 1, 2, 4, 11, 14,16, 19, 17, 22, 25, 23, para él cual se utilizó una pala recta en cada punto determinado, a una profundidad de 0 – 20cm, obteniendo de esta manera un pedón del suelo que fue cortado en promedio de 500 g, se depositó en bolsas de plástico transparente, luego llevado al laboratorio de microbiología para su respectiva análisis microbiológico.

### **3.2.2.2. Identificación de microorganismos**

#### **- Preparación del caldo BHI (infusión de cerebro corazón)**

El caldo BHI para las 11 muestras de suelo en 11 matraces, utilizando 90 mL de agua destilada y se adicionó 3.3 g BHI granulado. Los matraces con medio BHI se incubo a 37 °C por un tiempo de 48 horas. Se pesó 10 g de suelo el cual se colocó en el matraz con BHI luego se filtró.

#### **- Medios de cultivos para la siembra de los microorganismos**

Se preparó los medios de cultivo para el crecimiento de bacterias, utilizando 300 mL de agua destilada con 33.3 g del agar Cled, 300 mL de agua destilada con 50.03 g del agar MacConkey, 300 mL de agua destilada con 7.5 g del agar m77, 300 mL de agua destilada con 15 g del agar Manitol Salado.

Para el crecimiento de hongos se utilizaron 19.5 g Agar Sabouraud Destrose al 4% más antibiótico en 300 mL de agua destilada, se coloca en matraces individuales se mezcló y se llevó a esterilizar a la autoclave a 15 lb de presión por 15 minutos, se dejó enfriar para plaquear.

- **Siembra en las placas Petri con medios enriquecedores**

Del matraz que contiene BHI se sacó una alícuota con la ayuda del aza bacteriológica el cual se sembró en las placas Petri plaqueadas con los diferentes agares. El método de siembra por estrías; las placas Petri ya sembradas fueron llevadas a incubación por 48 horas a una temperatura de 37 °C.

Del matraz que contiene BHI se sacó una alícuota con el aza bacteriológica y sembrar Agar Sabouraud Destrose al 4% más antibiótico. Luego se incubo a una temperatura ambiente y se observa de 3 a 5 días.

- **La identificación de bacteria se realizó con el método de pruebas bioquímicas**

Las pruebas bioquímicas que se utilizaron para la identificación de bacterias está constituida por las siguientes pruebas: Indol, rojo de metilo, Voges-Proskauer, TSI, LIA, citrato de Simmons, caldo malonato, urea. La metodología es de la siguiente manera:

Después de haber incubado las placas petri para el crecimiento de bacterias, se realizaron las pruebas bioquímicas:

Indol: Se vierte aproximadamente 9 mL de caldo peptona al 0.1% a un tubo de ensayo, y luego se realizó la siembra de bacterias con el anza de siembra por el método de enjuague. Se incubo por 48 horas, para la determinación se usa el reactivo de Kovacs, de 2 – 3 gotas.

Rojo de metilo: Se utilizó el caldo rojo de metilo y voges-proskauer (RMVP), aproximadamente 9 mL en cada tubo de ensayo, se siembra mediante el método de enjuague; se incuba por 48 horas y como reactivo se adiciona el rojo de metilo de 2 -3 gotas.

Voges-Proskauer: Se vierte en el tubo de ensayo el caldo RMVP, se sembró mediante el método de enjuague y se incuba por 48 horas; como reactivo se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) al 4% de 2 - 3 gotas y se adiciona el reactivo de alfa naftol de 2 – 3 gotas.

TSI: Se vertió el agar a 45°C hasta la tercera parte de los tubos de ensayo, se dejó enfriar en pico de flauta, luego se sembró con puntura y estrías, se incubo a 37°C por 48 horas; el tipo de reacción positivo o negativo se conoció por el cambio de color. se conoce por el cambio de color.

LIA: Se vertió el agar a los tubos de ensayo a una temperatura de 45°C y se dejó enfriar en pico de flauta, para proceder a sembrar la colonia de bacteria seleccionada mediante el método de puntura y estrías; la reacción se muestra mediante el cambio de color.

Citrato de Simmons: Se vierte el agar en los tubos de ensayo y se dejó enfriar en modo inclinado para luego se sembró por el método de estrías. Pasada las 48 horas de incubación, el cambio a color azul indica reacción positiva.

Caldo Malonato: Se vertió el caldo en los tubos de ensayo y se realizó la siembra por el método de enjuague, después de incubar por 48 horas se observó si hubo o no reacción, es positivo si cambia a color azul.

Urea: Se distribuyó el agar en tubos de ensayo, se siembro la colonia de bacterias por el método de puntura, al cabo de las 48 horas el cambio de color nos dirá si hubo reacción positiva.

#### - **Identificación de bacterias tinción de Gram**

Se tomó una pequeña muestra de la cepa y se diluyó en el portaobjetos. Posteriormente se fijó la muestra al calor flameándola en el mechero, cuidando no quemar la muestra. Se colocó el portaobjetos sobre un soporte, se cubrió la muestra con cristal violeta. Se esperó que transcurra 1.30 minuto. Se escurrió y enjuagó a chorro. Luego se cubrió la muestra con solución de lugol y se esperó que transcurra 1.30 minuto. Luego se escurrió y enjuago a chorro. Se cubrió la muestra con alcohol cetona y se esperó que transcurran 5 segundos y en movimiento de vaivén. Se escurrió y enjuago. luego se cubrió la muestra con safranina, y espero que transcurra 30 segundos. Se escurrió y se enjuago. Se dejó secar la muestra. Se agregó una gota de aceite de inmersión y observo en

el microscopio a 100 X. Para observar las características morfológicas, y si son gran positivos y gran negativo.

#### - **Identificación de hongos Microcultivo**

En una placa Petri que conteniendo un soporte de vidrio en forma de U con un porta y cubre objeto, todo esterilizado un días antes, con la ayuda de un ansa micológica se eligió diferentes tipos de colonias por cada placa de microcultivo. se tomó un inculo de la misma y se traslada sobre el cubito de medio de sabouraud que se ha colocado sobre la porta objeto dentro de la placa de microcultivo.

Se colocó el cubre sobre el cubito de agar, luego se pone dentro de la placa un algodón húmedo para asegurar la humedad y el crecimiento del hongo. La placa de microcultivo se llevó a incubar a temperatura ambiente por un tiempo de 5 – 7 días.

#### - **Medios de cultivos para el recuento de microorganismos**

Se preparó 3.7 g de Agar Actinomiceto en 400 mL de agua destilada, y 9 g Agar Plate Coun en 400 mL de agua destilada, Agar saburaud al 4% más antibiótico. Todo agar se colocó individualmente en diferente matraz mesclamos bien y se llevó a baño maría para que hiervan hasta la disolución total, luego se esterilizo en la autoclave a 15 lb de presión por 15 minutos dejamos enfriar.

### - Enumeración de bacterias y fungí

Se pesó 10 g de la muestra suelo, adicionamos en caldo peptonado y filtro, se sacó 1 ml para las diluciones  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$  de la última dilución ( $10^3$ ), se sembró por profundidad un inóculo de 1 ml utilizando los siguientes agares: agar Actinomiceto más glicerina, agar Saburaud al 4% más antibiótico, dejamos incubar a temperatura ambiente de ( $26^{\circ}\text{C}$  a  $29^{\circ}\text{C}$ ) por 48 horas y se realizó el recuento de colonias utilizando el equipo para contar las colonias, aplicamos la fórmula de enumeración de microorganismos por gramo (LOPEZ, 1990).

$$\text{M.O / g de muestra} = C \times I \times F$$

Dónde: m.o / g = es microorganismos por gramo de suelo

C = Numero de colonias

I = Inóculo de siembra

F = Factor de dilución

### **3.2.3. Relacionar las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo**

### **3.2.4. Coeficiente de correlación en R**

Se realizo el análisis de los datos recolectados tanto en campo y laboratorio, se procedió a ordenar y realizar el procesamiento de los datos para la obtención de los cuadros mediante el programa spss. Para determinar la relación entre las propiedades físico, químicos y biológicos, se usará la prueba

estadísticas correlación de Pearson (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006). Las variables a evaluar en la investigación serán:

- **Variables independientes**

Suelo con especies dominantes de PPM4.

- **Variables dependientes**

Parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.

- **Análisis de datos**

Para determinar grado de relación entre las características del suelo y los microorganismos, se realizó el análisis de correlación, basado en los siguientes modelos matemáticos.

Ecuación de regresión

$$Y_i = a + bX_i + \varepsilon_i$$

Coefficiente de correlación

El coeficiente r de Pearson puede variar de -1.00 a + 1.00, donde:

-1.00 = correlación negativa perfecta. ("A mayor X, menor Y", de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica "a menor X, mayor Y".

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

-0.75 = Correlación negativa considerable.

-0.50 = Correlación negativa media.

-0.25 = Correlación negativa débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies dominantes en el BRUNAS, Tingo María

#### 4.1.1. Propiedades físicas del suelo

##### - Textura del suelo

PPM4 las muestras texturales subparcelas, presentan en mayor proporción textura franca arcilloso, franco; y en menor proporción la textura arcillosa (Cuadro 14).

Cuadro 14. Textura de suelos en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	Parcela	Arena	Arcilla	Limo	Textura
<i>Cedrelinga</i>	P1	25	36	39	Franco arcilloso
<i>Cedrelinga</i>	P11	27	28	45	Franco arcilloso limoso
<i>Cedrelinga</i>	P19	33	26	41	Franco
<i>Cedrelinga</i>	P23	23	36	41	Franco arcilloso
<i>Pouroma</i>	P2	31	26	43	Franco

<i>Pouroma</i>	P4	33	30	37	Franco arcilloso
<i>Pouroma</i>	P19	33	26	41	Franco
<i>Pouroma</i>	P25	23	38	39	Franco arcilloso
<i>Senefeldera</i>	P14	29	38	33	Franco arcillo
<i>Senefeldera</i>	P16	29	44	27	Arcilloso
<i>Senefeldera</i>	P17	27	36	37	Franco arcilloso
<i>Senefeldera</i>	P22	29	28	43	Franco arcilloso

#### - Densidad aparente del suelo

La densidad aparente de las subparcelas presenta un mínimo de 0.99 (g/cc), un máximo de 1.17 (g/cc) notándose una media que va desde 1.02 (g/cc) hasta 1.11 (g/cc), y un coeficiente de variación homogénea (Cuadro 15).

Cuadro 15. Densidad aparente en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (g/cc)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	1.01	1.11	1.07	3.89
<i>Pourouma minor</i>	4	1.05	1.17	1.11	4.42
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	0.99	1.06	1.02	2.53

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Resistencia a la penetración del suelo

La resistencia a la penetración presenta datos homogéneos en todas las subparcelas encontrándose dentro de los niveles de suelos duros con un mínimo de 2.50 (kg/cm<sup>2</sup>) y un máximo de 3.00 (kg/cm<sup>2</sup>) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resistencia a la penetración en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	2.60	3.00	2.76	6.27
<i>Pourouma minor</i>	4	2.68	3.00	2.85	6.30
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	2.50	2.98	2.76	7.18

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Temperatura del suelo

La temperatura del suelo en las subparcelas presenta un mínimo de 23.40 °C, un máximo de 24.60 °C, notándose una media que va de desde 23.83 °C hasta 24.45 °C, dichos valores presentaron un coeficiente de variación homogénea (Cuadro 17).

Cuadro 17. Temperatura de las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (°C)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	23.70	24.60	24.10	1.62
<i>Pourouma minor</i>	4	24.20	24.60	24.45	0.71
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	23.40	24.50	23.83	2.01

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

#### 4.1.2. Propiedades químicas

##### - pH

Con relación al pH del suelo las parcelas evaluadas presentan rangos de extremadamente ácido a fuertemente ácidos (Cuadro 18).

Cuadro 18. pH en suelos de las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	3.94	4.65	4.25	8.53
<i>Pourouma minor</i>	4	3.92	4.47	4.26	5.71
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	4.21	4.43	4.34	2.18

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica en los suelos de las subparcelas presentaron rangos de niveles bajo a medio (Cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de materia orgánica en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	1.62	2.84	2.13	24.61
<i>Pourouma minor</i>	4	1.15	2.70	1.89	35.05
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	2.09	2.84	2.45	12.75

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Nitrógeno

Al igual que la materia orgánica, se reporta menor contenido de nitrógeno en los suelos están en niveles bajos y medio (Cuadro 20).

Cuadro 20. Nitrógeno en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	0.07	0.13	0.10	25.64
<i>Pourouma minor</i>	4	0.05	0.12	0.08	36.19
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	0.09	0.13	0.11	14.85

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Fósforo

Los contenidos de fósforo de todas las parcelas muestreadas se encontraron en un nivel muy bajo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Fósforo en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (ppm)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	2.52	4.77	3.95	25.80
<i>Pourouma minor</i>	4	2.99	4.58	3.74	17.44
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	3.18	3.83	3.58	8.06

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Potasio

El contenido de potasio del suelo de todas las subparcelas se encuentran en el nivel bajo (Cuadro 22).

Cuadro 22. Potasio en las subparcelas con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (ppm)	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	50.48	79.17	65.49	21.32
<i>Pourouma minor</i>	4	52.48	89.09	75.23	21.01
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	56.98	89.96	70.78	20.76

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

### - Capacidad de intercambio catiónico

El CIC en todas las parcelas se encuentran en un nivel medio debido a que las bases cambiables presentan niveles bajos (Cuadro 23).

Cuadro 23. Bases cambiabiles del suelo con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media (ppm)	CV (%)
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	8.4	14.99	10.34	30.1
<i>Pourouma minor</i>	4	8.81	10.78	9.75	10.4
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	8.95	11.17	9.84	9.3

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

## 4.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo

### - Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas

Se identificó mayor número de especies de microorganismos en la subparcela con *Senefeldera inclinata* (16 y 22) encontrándose las especies de bacterias, *Staphylococcus sp*, *Actinomicetos sp*, *Lactobacillus sp*, *Serratia rubidaea*, *Proteos mirabilis*, *Enterobacter cloreae* y el hongo de *candida sp* en la subparcela 16 y *Epidermophyton sp.*, en la subparcela 22, haciendo un total de 6 especies, 5 de bacterias y 1 de hongo (Cuadro 24).

Cuadro 24. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de *Senefeldera inclinata*

subpa rcelas	Especies de Bacterias	Número de bacterias	Especies De Hongos	Numero de hongos	Total de especies
17	<i>Cocobacilos sp,</i> <i>Bacillus sp, Pantoea</i> <i>agglomerans</i>	3	<i>Geotrich</i> <i>um sp</i>	1	4
16	<i>Staphylococcus sp,</i> <i>Bacillus sp,</i> <i>Lactobacillus, Serratia</i> <i>rubidaea, Proteos</i> <i>mirabilis</i>	5	<i>Candida</i> <i>sp</i>	1	6
14	<i>Staphylococcus sp,</i> <i>Bacillus sp, Serratia</i> <i>rubidaea</i>	3	<i>Geotrich</i> <i>um sp</i>	1	4
22	<i>Staphylococcus sp</i> <i>Actinomicetos sp,</i> <i>Lactobacillus sp,</i> <i>Serratia rubidaea,</i> <i>Enterobacter cloreae</i>	5	<i>Epiderm</i> <i>ophyton</i> <i>sp</i>	1	6

Mayor cantidad de especies de microorganismos se identificaron en la subparcela con *Pourouma minor* (4), encontrándose 5 especies de bacterias: *Staphylococcus sp,* *Bacillus sp,* *Proteus mirabilis,* *Pantoea agglomerans,* *Clostridium sp.* 1 especies de hongos: *Geotrichum sp* (Cuadro 25).

Cuadro 25. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de *Pourouma minor*.

Subpar cela	Especies de Bacterias	Numero de bacteria	Especies de hongos	Número de especies	Total de especies
25	<i>Staphylococcus sp</i> , , <i>Bacillus esporulados</i> , <i>Actinomicetos sp</i>	3	<i>Oidum sp</i> , <i>Penicillium</i> <i>sp</i> ,	2	5
4	<i>Staphylococcus sp</i> , <i>Bacillus sp</i> , <i>Proteus</i> <i>mirabilis</i> , <i>Pantoea</i> <i>agglomerans</i> , <i>Clostridium sp</i>	5	<i>Geotrichum</i> <i>sp</i>	1	6
2	<i>Staphylococcus sp</i> , <i>Bacillus sp</i> , <i>Serratia</i> <i>liquefaciens</i>	3	<i>Fusarium</i> <i>sp</i>	1	4
19	<i>Staphylococcus sp</i> , <i>Bacillus sp</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>sp</i> , <i>Pantoea</i> <i>agglomerans</i>	4	<i>Geotrichum</i> <i>sp</i>	1	5

Se identificó mayor cantidad de especies de microorganismos en la subparcela (11) con *Cedrelinga cateniformis* encontrándose 5 especies de bacterias: *Cocobacilos sp*, *Staphylococcus sp*, *Bacilus sp*, *Pantoea agglomerans*, y 2 especies de hongos: *Epidermophyton sp*, *Rhizopus sp*, mientras que en la subparela (23) se encontraron las especies de bacterias: *Cocobacilos sp*, *Staphylococcus sp*, *Bacilos sp*, *Serratia rubidaea*, 1 especie de hongos: *Geotrichum sp* (Cuadro 26).

Cuadro 26. Identificación de bacterias y fungís en las subparcelas de *Cedrelinga cateniformis*.

Sub parcela	Especies de Bacterias	Numero de Bacterias	Especies de Hongos	Especies de hongos	Total de especies
1	<i>Bacilos sp</i>	1	<i>Epidermophyton sp</i>	1	2
11	<i>Cocobacilos sp,</i> <i>Staphylococcus sp,</i> <i>Bacillus sp,</i> <i>Pantoea agglomerans</i>	4	<i>Epidermophyton sp,</i> <i>Rhizopus sp</i>	2	6
19	<i>Bacillus sp,</i> <i>Pantoea agglomerans,</i> <i>Actinomicetos sp</i>	3	<i>Geotrichum sp</i>	1	3
23	<i>Staphylococcus sp,</i> <i>Bacillus sp,</i> <i>cocobacilos,</i> <i>Serratia rubidaea</i>	4	<i>Geotrichum sp</i>	1	5

#### - Enumeración de microorganismos

Existe un mínimo de  $1 \times 10^3$  Mo/g de suelo en la subparcela con *Senefeldera inclinata*, y un máximo de  $63 \times 10^3$  Mo/g con *Cedrelinga cateniformis* (Cuadro 27).

Cuadro 27. Actinomicetos en suelos con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	3x10 <sup>3</sup>	63 x10 <sup>3</sup>	2 x10 <sup>3</sup>	154.62
<i>Pourouma minor</i>	4	3x10 <sup>3</sup>	21 x10 <sup>3</sup>	8 x10 <sup>3</sup>	116.14
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	1 x10 <sup>3</sup>	15 x10 <sup>3</sup>	8 x10 <sup>3</sup>	87.50

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

El Cuadro 28 muestra un mínimo que de 11 x10<sup>3</sup> Mo/g de suelo en la subparcela con *Cedrelinga*, un máximo de 86 x10<sup>3</sup> Mo/g en *Senefeldera*.

Cuadro 28. Bacterias en suelos con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	11x10 <sup>3</sup>	81 x10 <sup>3</sup>	42 x10 <sup>3</sup>	83.51
<i>Pourouma minor</i>	4	13 x10 <sup>3</sup>	72 x10 <sup>3</sup>	41 x10 <sup>3</sup>	71.98
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	19 x10 <sup>3</sup>	86 x10 <sup>3</sup>	43 x10 <sup>3</sup>	78.94

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

El Cuadro 29 muestra un mínimo de fungís de 4 x10<sup>3</sup> Mo/g en la subparcela de *Senefeldera inclinata*, un máximo de 32 x10<sup>3</sup> Mo/g en *Pourouma minor*.

Cuadro 29. Mohos y levaduras en suelos con especies vegetales dominantes.

Especies	N	Mínimo	Máximo	Media	CV (%)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	11x10 <sup>3</sup>	25 x10 <sup>3</sup>	17 x10 <sup>3</sup>	41.32
<i>Pourouma minor</i>	4	15 x10 <sup>3</sup>	32 x10 <sup>3</sup>	24 x10 <sup>3</sup>	35.44
<i>Senefeldera inclinata</i>	4	4 x10 <sup>3</sup>	20 x10 <sup>3</sup>	11 x10 <sup>3</sup>	72.92

N: repeticiones de muestras de suelos; CV: Coeficiente de variación.

#### 4.3. Relación de las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo

##### 3.3.1. Relación en un suelo con especies de *Cedrelinga cateniformis*

En un suelo con especies de *Cedrelinga cateniformis* existe una correlación estadística significativa entre el contenido de aluminio con la cantidad de especies de microorganismos presentes en los suelos, mientras que el hidrógeno está correlacionado con los actinomicetos y en caso del magnesio existe una correlación con las bacterias (Cuadro 30).

Cuadro 30. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de *Cedrelinga cateniformis*

Estadísticos	Al/especies	H/actinomicetos	Mg/bacterias
Correlación de Pearson	-0.973	-0.981	0.988
Sig. (bilateral)	0.027*	0.019*	0.012*
N	4	4	4

N: cantidad de datos; \*: Presenta correlación significativa.

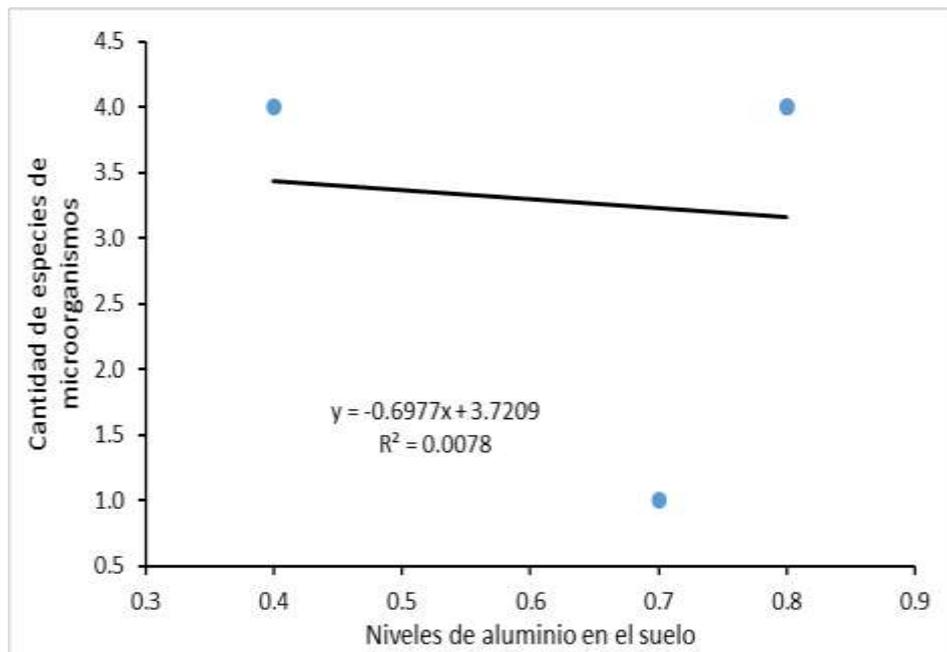


Figura 3. Correlación entre el contenido de aluminio y la cantidad de especies de microorganismos en un suelo con *Cedrelinga cateniformis*.

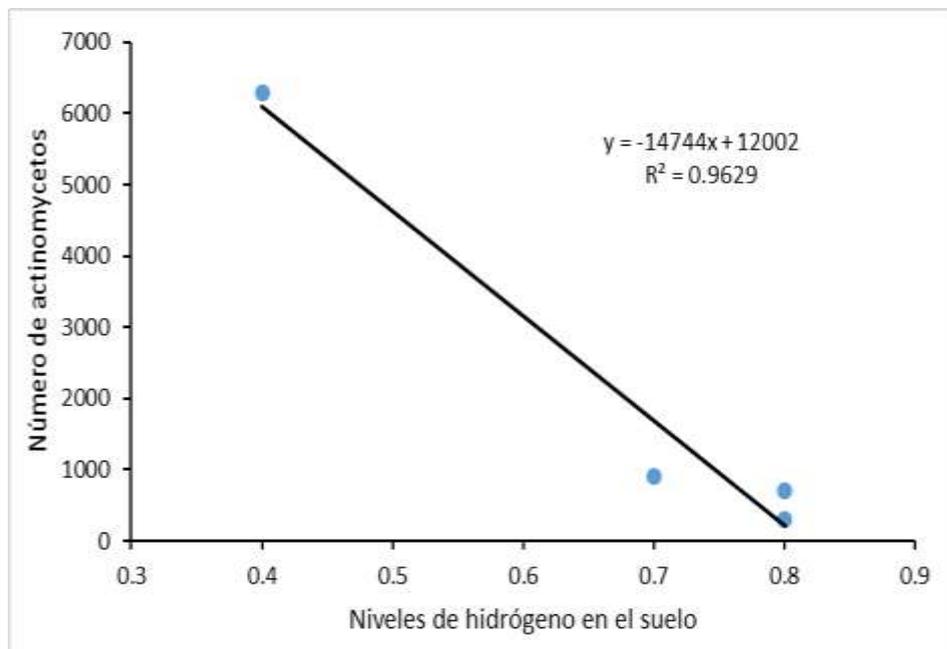


Figura 4. Correlación entre el contenido de hidrógeno y el número de actinomycetos en un suelo con *Cedrelinga cateniformis*.

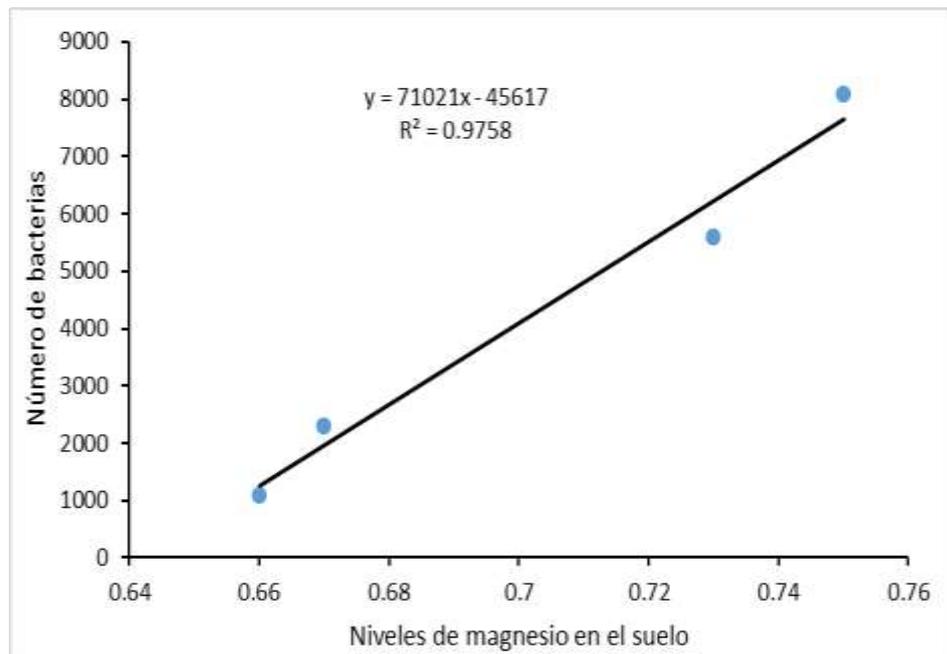


Figura 5. Correlación entre el contenido de magnesio y el número de bacterias en un suelo con *Cedrelinga cateniformis*.

### 3.3.2. Relación en un suelo con *Pourouma minor*

En el suelo de la subparcela con especie *Pourouma minor*, estadísticamente el potasio con el número de actinomicetos, presenta una correlación negativa muy fuerte, donde a medida que aumenta el potasio, disminuye los actinomicetos, donde el comportamiento inversamente proporcional entre cada variable mencionada (Cuadro 32).

Cuadro 31. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de *Pourouma minor*.

Estadísticos	Potasio/ Número de Actinomycetos
Correlación de Pearson	-0.952
Sig. (bilateral)	0.048*
N	4

N: cantidad de datos; \*: Presenta correlación significativa.

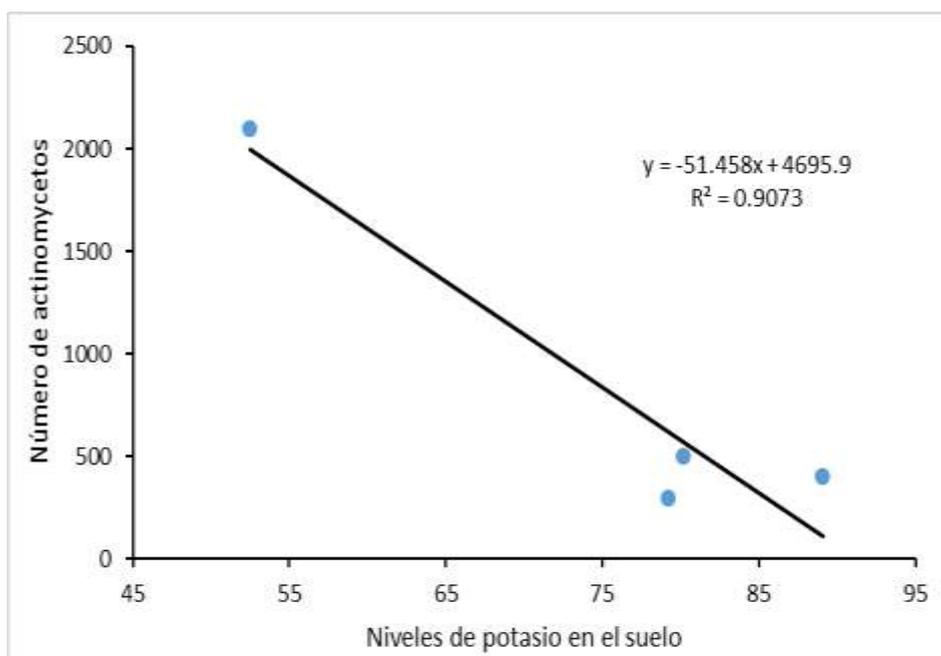


Figura 6. Correlación entre el contenido de potasio y el número de actinomicetos en un suelo con *Pourouma minor*.

### 3.3.3. Relación en un suelo con *Senefeldera inclinata*

En el suelo de la subparcela con especie *Senefeldera inclinata*, estadísticamente una correlación del hidrógeno con la cantidad de especies de

microorganismos presentes en el suelo, mientras que el potasio se correlacionó con la cantidad de bacterias (Cuadro 33).

Cuadro 32. Correlación entre propiedades químicas y microorganismos del suelo con predominancia de *Senefeldera inclinata*.

Estadísticos	H/ N° especies	K/ N° bacterias
Correlación de Pearson	0.966	0.988
Sig. (bilateral)	0.034*	0.012*
N	4	4

N: cantidad de datos; \*: Presenta correlación significativa.

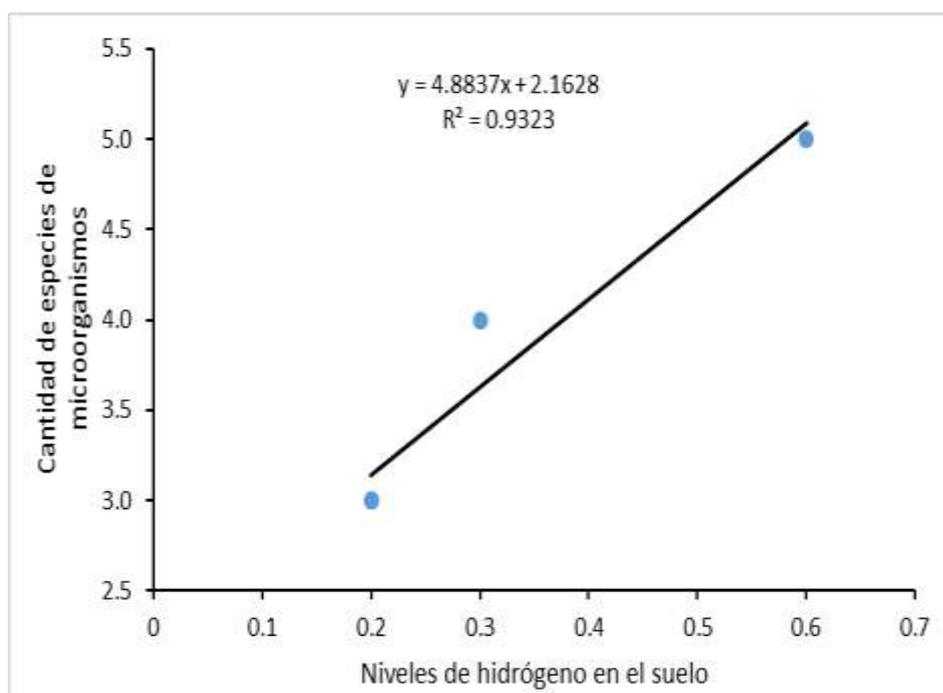


Figura 7. Correlación entre el contenido de hidrógeno y el número de especies de microorganismos en un suelo con *Senefeldera inclinata*.

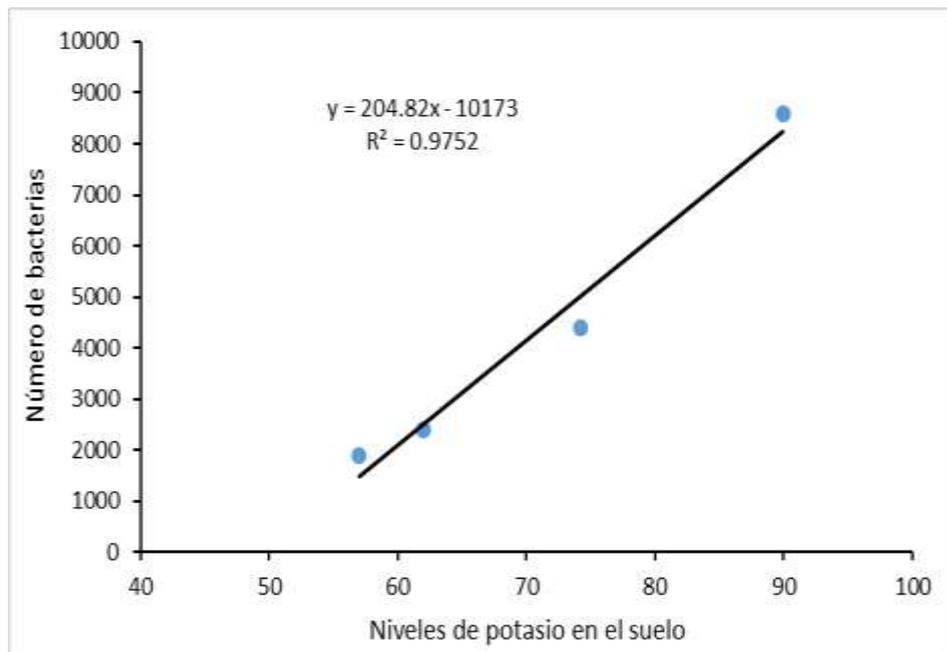


Figura 8. Correlación entre el contenido de potasio y el número de bacterias en un suelo con *Senefeldera inclinata*.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Para la determinación de las propiedades físicas y químicas de un suelo con especies dominantes en el BRUNAS, Tingo María

Textura es una expresión cualitativa de la granulometría o distribución del tamaño de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla). El valor numérico de los componentes texturales se determina en el laboratorio y la combinación de estos genera 12 grupos texturales (SCHARGEL y DELGADO, 1990). Las muestras texturales de las subparcelas, presentan en mayor proporción textura franca arcilloso, franco; y en menor proporción la textura arcillosa (Cuadro 14).

Las densidades aparentes del suelo donde se encontraban las subparcelas fueron muy similares con un rango mínimo de 0.99 hasta el rango máximo 1.2 g/cc el cual se califica la densidad aparente, según USDA (1999) es rango ideal (Cuadro 15), MENDOZA (2011) clasifica la relación entre la densidad aparente y la porosidad del suelo, donde los suelos con especies forestales se encuentran en porcentaje de porosidad 1 g/cc: 63%, 1.1 g/cc: 59%. En relación a esto, en un incremento de la densidad aparente la porosidad del suelo disminuye; esto concuerda con lo mencionado por SAGARPA (2012) que, en un incremento de la densidad

aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo disminuye.

Los suelos donde de las subparcelas en estudio registraron valores promedios muy similares para la resistencia a la penetración, siendo estos datos muy homogéneos (Cuadro 16), PALOMINO (2015) afirma que el suelo compactado tiene una reducida capacidad para el movimiento del aire, agua y ofrece una gran resistencia a la penetración de las raíces, incrementando la tasa de difusión de los nutrientes por el acercamiento entre las partículas. La compactación causa cambios en las propiedades físicas del suelo, aumentando la resistencia a la penetración y la densidad aparente, reduciendo la porosidad (MENDOZA, 2011).

La temperatura del suelo fue ligeramente inferior en donde predominaba *Senefeldera inclinata* subparcela 16, 17, 14, 22 (Cuadro 17), este comportamiento se puede atribuir a que esta especie presenta un porte menor (altura) y el sombreado fue mayor en comparación a las demás especies en estudio. Esto concuerda con lo mencionado por PALOMINO (2015) donde la temperatura del suelo dependerá de la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre y de la cobertura vegetal, pues a mayor cobertura menor será la temperatura del suelo.

El pH del suelo fue mayor en la subparcela 23 con 4.65 encontrándose en el rango interpretativo fuertemente ácido, a comparación de las otras parcelas los cuales presentaron pH extremadamente ácido (Cuadro 18). El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución

del suelo y disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas, así como a muchos procesos del suelo (FAO *et al* 2009)

El porcentaje de materia orgánica en los suelos de las subparcelas 4, 11 y 19 presentan nivel bajo, las muestras 23, 25, 22,17, 16, 14, 2, 1 se encuentran en los niveles medios (Cuadro 19). Los factores que determinan el contenido de materia orgánica y nitrógeno son determinados, en primera instancia, por el clima y la vegetación, pero también sufren el efecto de otros factores locales, como el relieve, material parental, el tipo y duración de la explotación de los suelos, y algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas (JENNY, 1941).

Teniendo en consideración lo descrito con respecto a la materia orgánica, se reporta menor contenido de nitrógeno en los suelos de las subparcelas 2, 4, 19, 16, 11, encontrándose en niveles bajos y nivel intermedio las muestras 23, 25, 22, 17, 14, 1 (Cuadro 20). Esto se debe a que los factores, esto concuerda en lo estipulado por el USDA (1999) que la cantidad de nitrógeno en el suelo, en un momento dado, es una función de la velocidad a la cual los microorganismos descomponen la materia orgánica del suelo y esta velocidad va depender de la temperatura, humedad, aireación, tipo de residuos orgánicos, pH y otros factores.

Los contenidos de fósforo de todas las parcelas muestreadas se encontraron en nivel muy bajo (Cuadro 21). Esto confirma lo mencionado por los Ángeles (2007); citado por PALOMINO (2015) hace referencia que los suelos ácidos ( $\text{pH} < 5$ ), normalmente tienen bajo contenido de fósforo disponible

para la planta y requieren niveles altos de fertilización con fósforo. Al respecto HUAMANI y MANSILLA (1995) reportan que la disponibilidad de fosforo es baja en pH bajos (ácidos) y esto acompañada de altas precipitaciones hacen que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

El contenido de potasio del suelo de todas las subparcelas se encuentran en el nivel bajo (Cuadro 22). Este elemento procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos, junto a estos hay que añadir aquellos provenientes de la descomposición de restos vegetales y animales. El potasio en el suelo se halla en cantidades relativamente grandes. Su contenido como  $K_2O$ , depende de su textura. La fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos (BORNEMISZA, 1982).

Con respecto a los Cuadros 8 según Bazán (1996), correspondiente a rangos interpretativos en un nivel medio de estos elementos. Esto se debe a que el suelo de los sistemas en estudio al presentar pH bajos indica que estos elementos se encuentran en bajos niveles, aparte de ello las condiciones ambientales influyen sobre estos. Esto concuerda en lo mencionado por la SAGARPA (2012), que suelos desarrollados bajo condiciones de precipitación más abundante puede haber pérdida de bases por efecto de la lixiviación y por extracción de los cultivos. Esto puede traer como consecuencia la reducción del pH y la escasez de nutrientes para los cultivos.

## **5.2. Caracterización de los microorganismos presentes en el suelo**

En la identificación de microorganismos se encontró como máximo 6 especies, de bacterias en las subparcelas 4, 19, 16, y 2 especies de hongos en la subparcela 4,11 en todo las nuestras se observa que las bacterias son más que los hongos, excepto en la subparcela 1 donde se encuentra solo una especie de ambos microorganismos. En el conteo de microorganismos encontrándose mayor cantidad de bacterias en todas las muestras, con los resultados se puede observar que bacterias son más abundantes que los hongos, estaría confirmando lo dicho BARDGETT (2005), los microorganismos solubilizadores de fosfatos son ubicuos en el suelo y su abundancia varía según el tipo de suelo; pueden ser tanto hongos como bacterias, pero las bacterias superan en número a los hongos entre 1- 250 veces.

## **5.3. Para la relación de las propiedades físicas y químicas con los microorganismos del suelo**

En un suelo con *Cedrelinga cateniformis* se registró que existe correlación estadística significativa entre el contenido de aluminio con la cantidad de especies de microorganismos de los suelos, mientras que el contenido de hidrógeno esta correlacionado con la cantidad de actinomicetos y en caso del magnesio se reportó correlación con la cantidad de bacterias (Cuadro 30). En caso del suelo con *Pourouma minor*, se encontró correlación estadística y significativa entre el contenido de potasio con el número de actinomicetos, dicha correlación es negativa muy fuerte, el cual indica un

comportamiento inversamente proporcional entre cada variable mencionada (Cuadro 31), En el suelo que se encontraba *Senefeldera inclinata*, el contenido de hidrógeno estuvo correlacionado con la cantidad de especies, mientras que el potasio se correlacionó con la cantidad de bacterias (Cuadro 32). La relación entre las propiedades del suelo y la función ecosistémica depende en gran medida de las complejas interacciones entre las plantas y el suelo, ya que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo determinan la composición vegetal y afectan de forma considerable la productividad y composición de los ecosistemas terrestres (BARDGETT, 2005. Las relaciones entre las plantas y el suelo han sido documentadas ampliamente, pero muchos de los mecanismos subyacentes son aún desconocidos (EHRENFELD *et al.*, 2005).

## VI. CONCLUSIONES

1. Los suelos con mejores condiciones para los microorganismos son las de *Senefeldera inclinata*, y *Pourouma minor*.
2. Suelos de *Cedrelinga cateniformis* contiene mayor número de actinomicetos, los suelos con *Senefeldera inclinata* mayor número de bacterias, suelos con *Pourouma minor* presentó mayor número de mohos y levaduras
3. Los microorganismos se encuentran relacionados con las propiedades químicas del suelo, y no con las físicas, los suelos con mayor correlación son de *Cedrelinga cateniformis*

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Tener en cuenta la fisiografía del terreno con la finalidad de obtener mejores datos correspondientes a las propiedades físicas y químicas del suelo.
2. Tener en cuenta poblaciones biológica del suelo (macro y micro fauna).
3. Continuar con las investigaciones en otras especies agrícolas y forestales, a fin de generar mayor información sobre la relación de los microorganismos con las propiedades físicas y químicas del suelo.

## VIII. ABSTRACT

### PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL WITH FOREST SPECIES AND ITS RELATIONSHIP WITH MICROORGANISMS

The tropical forests have limited information regarding the physical and chemical conditions in which the soil is found, the motive for which the research was done, with the objective of determining the physical and chemical characteristics and their relationship with the microorganisms present in the soil with the dominant forest species (BRUNAS – acronym in Spanish), where the PPM-4 is established, the dimensions of which are 100 m x 100 m, subdivided into twenty five sub parcels, the sampling points were taken by the (IVI), which were 14, 16, 17, 22 *Senefeldera inclinata*, 25, 4, 2, 19 *Pouroma minor*, 1, 11, 19, 23 *Cedrelinga cateniformis*.

The sampling of the physicochemical properties of the soil was done in a “z” shape at a depth of 20 cm, the obtained samples were sent to the UNAS’s (acronym in Spanish) soil laboratory. At the same time, some properties were determined in situ, the samples of the microbiological analysis were collected beside each of the dominant species at a depth of 20 cm, which was done in the UNAS’s microbiology laboratory, the correlation was determined with the r correlation coefficient.

The physical and chemical parameters, texture classification of *Cedrelinga* (frank clay, loamy frank clay, frank), with *Pouroma* (frank, frank clay) and with *Senefeldera* (frank clay, clay), the density presented a minimum of

0.99 (g/cc), a maximum of 1.17 (g/cc), penetration resistance is found to be at the level of hard soils, the temperature at a minimum of 23.40 °C, a maximum of 24.60 °C, the pH presented ranges from extremely acidic to strongly acidic, the percentage of organic matter, low and average levels, the phosphorous at a very low level, the potassium a low level and the CEC at an average level. The greatest quantity of species of microorganisms was identified in the sub parcel of *Senefeldera* (16 and 22), *Pourouma* sub parcel (4) and *Cedrelinga* sub parcel (11).

For the enumeration, actinomycetes exist at a minimum of  $1 \times 10^3$  Mo/g in *Senefeldera*, a maximum of  $63 \times 10^3$  in *cedrelinga*, bacteria with a minimum of  $11 \times 10^3$  Mo/g in *Cedrelinga*, maximum of  $86 \times 10^3$  Mo/g *Senefeldera*, fungi at a minimum of  $4 \times 10^3$  Mo/g in *Senefeldera*, maximum of  $32 \times 10^3$  Mo/g. For the *cedrelinga* there is correlation between the aluminum and the quantity of species of microorganisms, the hydrogen and the actinomycetes and the magnesium with the bacteria, for the *Pourouma*, the potassium with the number of actinomycetes and for the *Senefeldera*, the hydrogen with the quantity of species of microorganisms and the potassium with the quantity of bacteria.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E., CARRASCO, M., LEÓN, O., MARTÍNEZ, E., SILVA, P., CASTILLO, G., AHUMADA, I., BORIE, G., GONZÁLES, S. 2005. Criterios de calidad de suelo agrícola. [En Línea]: SAG, ([http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/1\\_portada\\_indice.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/1_portada_indice.pdf), 20 Dic. 2011).
- BARDGETT, R. 2005. Impacts of Soil Faunal Community Composition on Model Grassland. *Ecosystems. Science*, 298(5593), 615p.
- BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la química de suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 74 p.
- DIAZ, Q. 2017. Análisis estructural del bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva mediante parcelas permanentes de medición tesis. Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias en Agroecología. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de Selva. 150 p.
- DONAHUE, R., MILLER, W., SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Prentice/Hall Internacional. Madrid, España. 624p.

- DORAN, J.W., PARKIN, T.B., (1996). Indicadores cuantitativos de la calidad del suelo: un conjunto mínimo de datos. Métodos para evaluar la calidad del suelo. Soil Science Society of America Publicación Especial, vol. 49, pp.25-37. Madison, WI.
- DUEÑAS, A; BETANCUR, J; GALINDO, G. 2007. Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del parque nacional natural Catatumbo Barí, Colombia. Revista Colombia forestal, 10(20):1-4.
- FAO 2015 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. [EN LINEA]: (<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/es/>).
- FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina. 2da Ed. IICA. San José-Costa Rica. 420 p.
- ENRÍQUEZ C., CABALCETA G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola. ACCS. 1 ed. San José, Costa Rica. 111 p.
- HERNÁNDEZ, Z. 1999. Cronosecuencia del bosque seco tropical en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica: ITCR. 72 p.
- HERRICK Y JONES, 2002. Resistencia a la penetración. México, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 20p

- HUAMANI, H., y MANSILLA, L. 1995 Caracterización del estado nutricional de los suelos degradados del alto huallaga. En *tropicultura*, vol no 1-2,7-17p. Tingo María, Perú.
- JARAMILLO, D. 2002. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 613 p.
- JENNY, H. 1941. *Factors of soil formation: A system of quantitative pedology*. Dover Publications. New York, NY, USA. ISBN: 0-486-68128-9.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenible*. GTZ. 355 p.
- LIETOR. J., LINARES. J., MARTÍN. G., GARCÍA. R. (2003) *Relaciones suelo-planta en bosques de abies pinsapoboiss disponibilidad de nutrientes y estatus nutricional*. Málaga. 16p.
- LOPEZ, C. 1990. *Manual teórico practico microbiología, Bioquímica Clínica Chiclayo, Perú* 193 p
- LOZANO, B. 2014. *Interacciones entre plantas y microorganismos del suelo: Consecuencias para la dinámica de comunidades vegetales*. Almería. Universidad de Almería. 140p.
- MENDOZA, R. 2011. *Manejo de suelos utilizando indicadores de calidad de suelo*. Nicaragua. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria. Managua. Guía técnica 120 p.

- NAVARRO, S.; NAVARRO, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España 250 p.
- ORIAN, G.H., DIRZO R., CUSHMAN, J.H. (1996). Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests, (Ecological Studies Vol. 122). New York: Springer Verlag.) 229p.
- PALOMINO, T. 2015. Calidad de los suelos en vegetación de diferentes edades en la localidad Caracol - distrito Chinchao- Huánuco. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 94 p.
- PINELO, G. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. (Serie técnica Manual técnico N° 40).
- PORTA CASANELLAS, J 1999/ edafología para la agricultura y el medio ambiente/ catedrático de edafología 2da edición impreso en España / pág. 460-849.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. Y ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición, Mundi-Prensa, Madrid, 2003.
- PUERTA, R., CÁRDENAS, P. 2012. Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva alberga la plantación más antigua de tornillo (*Cedrelinga cateniformis*). Xilema. 25(1):18-21.

- PULGAR, J. 1987. Geografía del Perú. Lima, Perú. 26 p
- QUINTO, C. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado. Tingo María, Perú. 106p.
- SAGARPA 2012 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. [EN LINEA]: SMYE, ([http://smye.info/rn/ind\\_fin/suelos/Documento metodologico\\_suelos.pdf](http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf), 02 noviembre 2015).
- SÁNCHEZ, P.A. 1981. Suelos del Trópico, Características y Manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 634p.
- SCHARGEL, R., DELGADO, F. 1990. Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. En VI Cursillo sobre Bovinos de Carne. FCV-UCV, Maracay, Venezuela. p. 187-220.
- STEVENSON, F.J., COLE, M.A. (1999). Cycles of Soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2nd Edition. Wiley. New York, 427p
- THOMPSON, L. M.; TROEH, F. R. 1998. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona España, 135-169p.
- TORSVIK, V, OVREÅS, L. (2002). Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. Current Opinion in Microbiology, 5(3), 240-245.

- TRASAR, M. C.; LEIRÓS, M. C.; GIL, F. 2000. Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos en Suelos: Medida de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. Mundi-Prensa, 372 p.
- USDA.1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Pág. 88.
- LIETOR. J., LINARES. J., MARTÍN. G., GARCÍA. R.
- VALLEJO. J.; LÓPEZ. C.; GALEANO G; ÁLVAREZ-DÁVILA, E; DEVIA., Á. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 310 p.
- VÁSQUEZ, R., ROJAS, R. 2006. Plantas de la Amazonía Peruana. Claves para Identificación las Familias de Gymnospermae y Angiospermae. Missouri Botanical Garden. Segunda edición 13(1). Trujillo – Perú. Arnaldoa. 258 p.
- WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi - Prensa. Madrid – España. 1045p.
- WOLKWSKI, G. 1990. Los Suelos, Su Origen, Constitución y Clasificación, Ediciones Omega S.A. Barcelona. McGraw-Hill Interamericana quinta edición 2005 impreso en México. 731-739 p.

ZARCO-ESPINOSA, V; VALDEZ-HERNÁNDEZ, J; ÁNGELES-PÉREZ, G;  
CASTILLO-ACOSTA, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación  
arbórea del parque estatal Agua blanca, Macuspana, Tabasco. Revista  
Uciencia, 26(1):1-17.

**ANEXO**

**Anexo A: Datos registrados**

Figura 9. Forma en la se encuentra colocadas las placas en las plantas



Figura 10. Medida de resistencia a la penetración del suelo.



Figura 11. Preparación del caldo BHI.



Figura 12. Siembra de los microorganismos en las placas Petri.

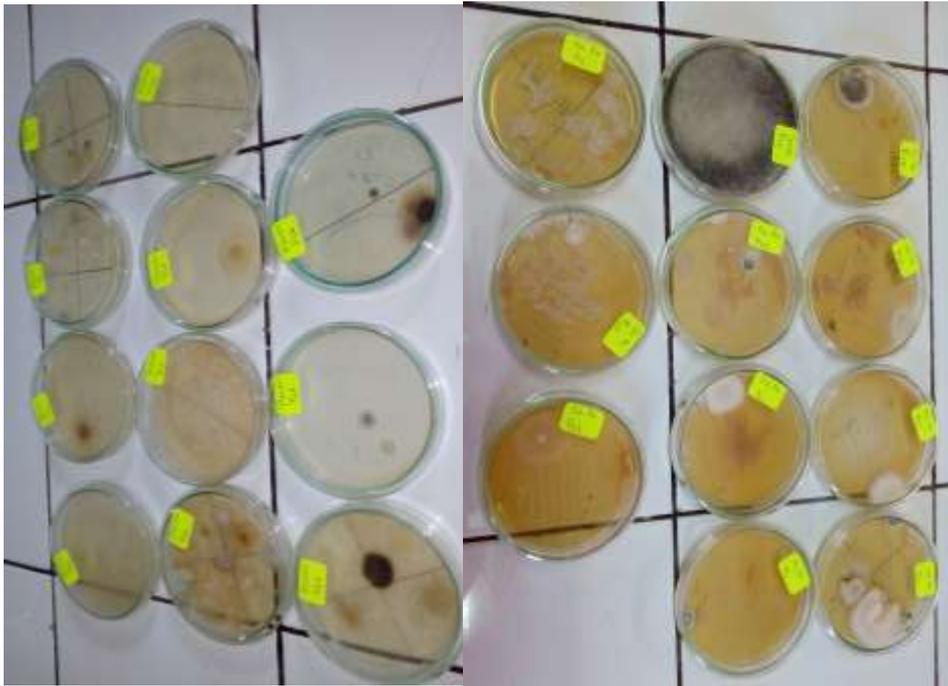


Figura 13. Aislamiento de los microorganismos en diferentes medios.

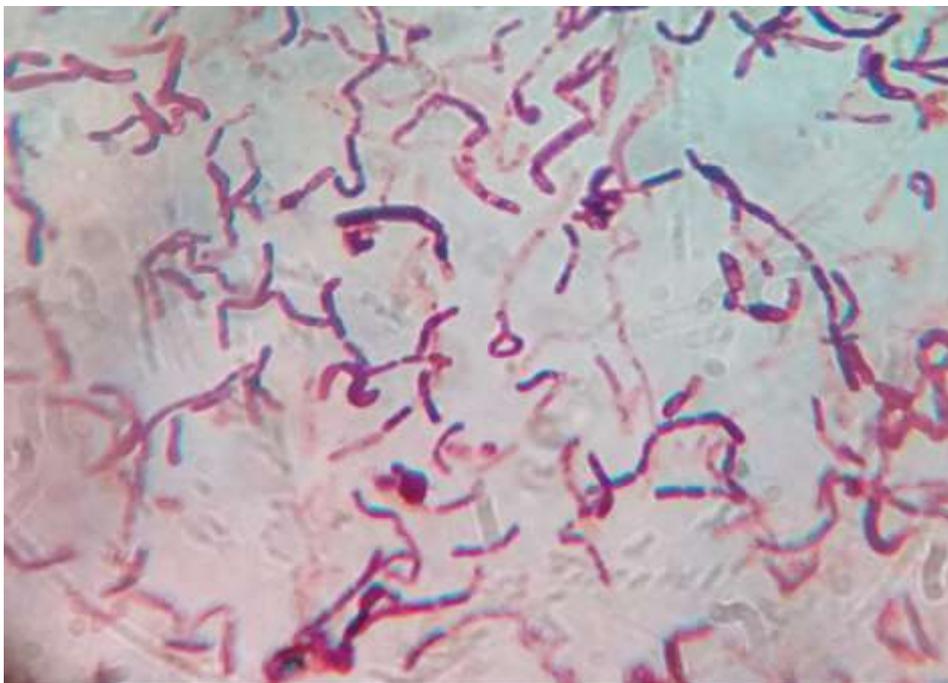


Figura 14. Bacteria identificada *Bacillus sp*

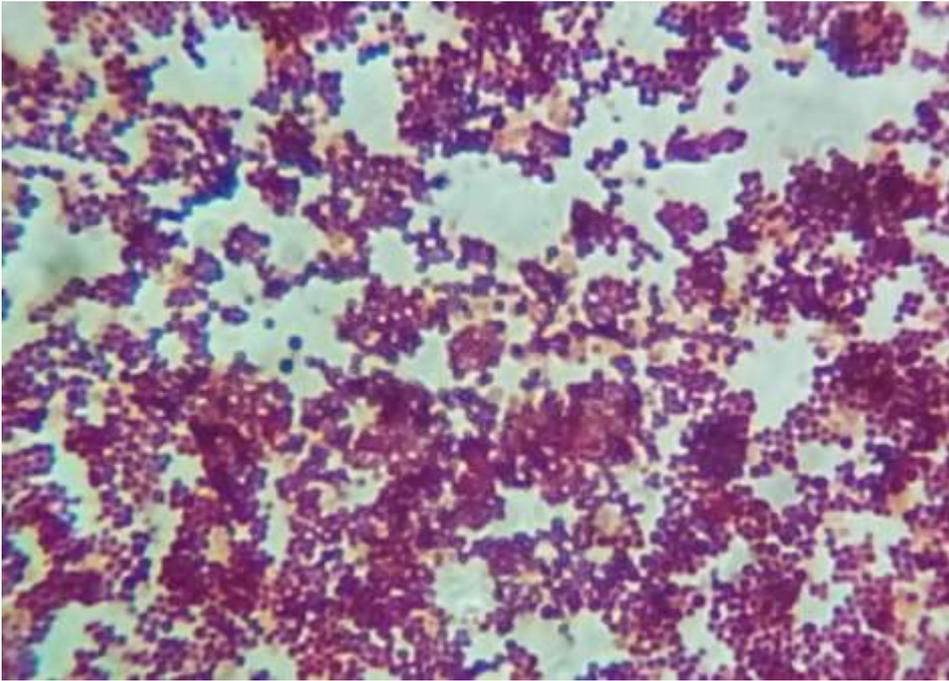


Figura 15. Bacterias identificadas *Staphylococcus sp.*

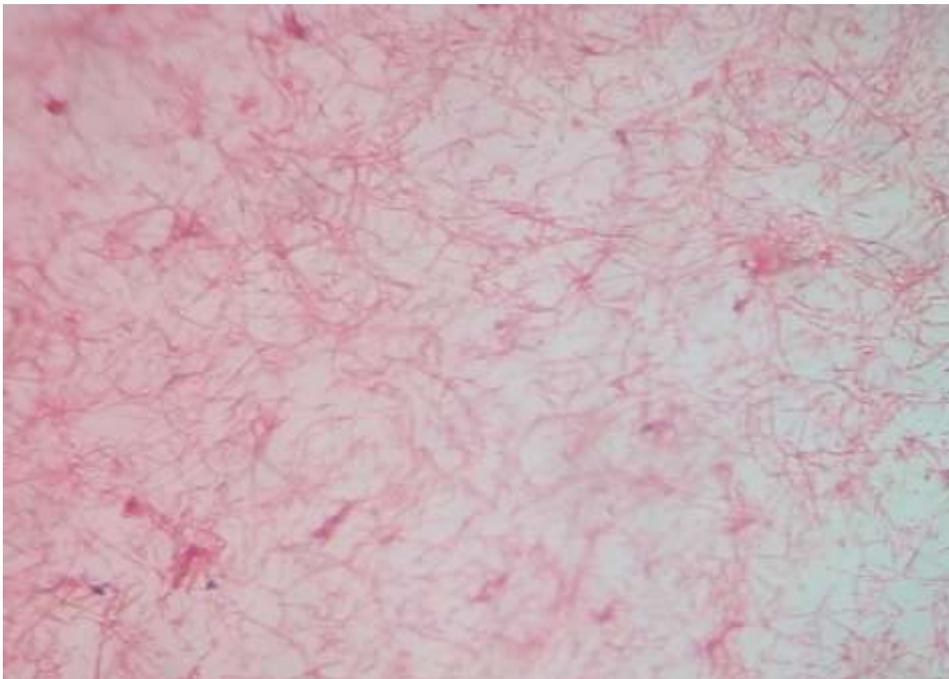


Figura 16. Bacteria identificada *Actinomicetos sp.*

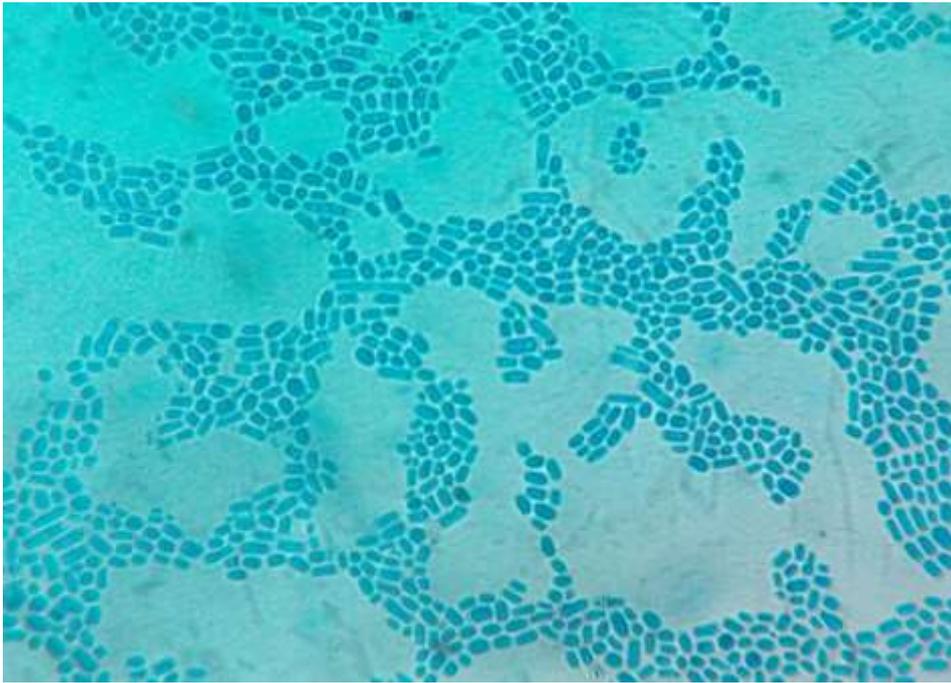


Figura 17. Hongo identificado *Geotrichum sp.*

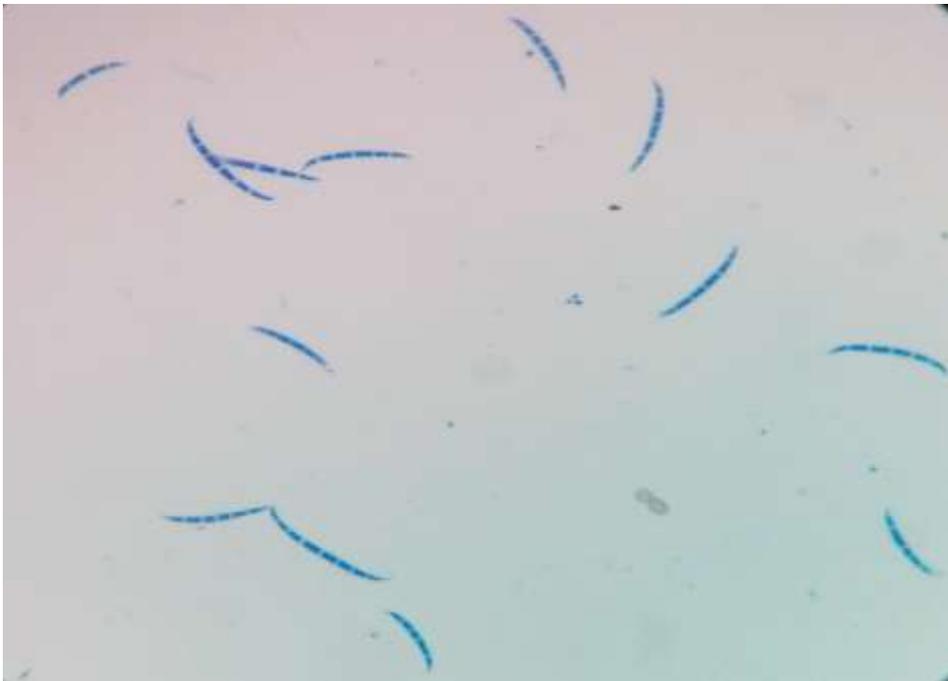


Figura 18. Hongos identificado *Fusarium sp*

## Anexo B: Datos registrados

Cuadro 33. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba *Cedrelinga cateniformis*.

		Especies	N Actinomycetos	N Bacterias	N Mohos y Levaduras
ARENA	Correlación de Pearson	0.309	-0.684	-0.601	<0.001
	Sig. (bilateral)	0.691	0.316	0.399	1.000
	N	4	4	4	4
ARCILLA	Correlación de Pearson	-0.570	0.631	0.899	0.449
	Sig. (bilateral)	0.430	0.369	0.101	0.551
	N	4	4	4	4
LIMO	Correlación de Pearson	0.662	-0.144	-0.847	-0.939
	Sig. (bilateral)	0.338	0.856	0.153	0.061
	N	4	4	4	4
pH	Correlación de Pearson	0.556	0.672	-0.020	-0.080
	Sig. (bilateral)	.444	.328	0.980	.920
	N	4	4	4	4
M.O.	Correlación de Pearson	-0.907	0.118	0.905	0.661
	Sig. (bilateral)	0.093	0.882	0.095	0.339
	N	4	4	4	4
Nitrogeno %	Correlación de Pearson	-0.867	0.148	0.862	0.564
	Sig. (bilateral)	0.133	0.852	0.138	0.436
	N	4	4	4	4
P	Correlación de Pearson	0.936	0.466	-0.572	-0.608
	Sig. (bilateral)	0.064	0.534	0.428	0.392
	N	4	4	4	4
K	Correlación de Pearson	0.716	0.395	-0.330	-0.208
	Sig. (bilateral)	0.284	0.605	0.670	0.792
	N	4	4	4	4
Ca	Correlación de Pearson	-0.883	0.088	0.839	0.564
	Sig. (bilateral)	0.117	0.912	0.161	0.436
	N	4	4	4	4
Mg	Correlación de Pearson	-0.716	0.467	<b>0.988</b>	0.698
	Sig. (bilateral)	0.284	0.533	<b>0.012*</b>	0.302
	N	4	4	<b>4</b>	4

Al	Correlación de Pearson					.678
	Sig. (bilateral)	0.027*	0.652	0.312	0.322	
N		4	4	4	4	
H	Correlación de Pearson	-0.088	<b>-0.981</b>	-0.505	-0.008	
	Sig. (bilateral)	0.912	<b>0.019*</b>	0.495	0.992	
	N	4	4	4	4	
DA (gr/cc)	Correlación de Pearson	-0.405	-0.921	-0.088	0.493	
	Sig. (bilateral)	0.595	0.079	0.912	0.507	
	N	4	4	4	4	
Temperatura °C	Correlación de Pearson	-0.170	-0.389	0.107	0.640	
	Sig. (bilateral)	0.830	0.611	0.893	0.360	
	N	4	4	4	4	
RP (kg/cm <sup>2</sup> )	Correlación de Pearson	0.029	0.941	0.573	0.161	
	Sig. (bilateral)	0.971	0.059	0.427	0.839	
	N	4	4	4	4	

Cuadro 34.. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba *Pouroma minor*.

		Especies	N Actinomycetos	N Bacterias	N Mohos y Levaduras
ARENA	Correlación de Pearson	-0.485	0.057	-0.477	0.625
	Sig. (bilateral)	0.515	0.943	0.523	0.375
	N	4	4	4	4
ARCILLA	Correlación de Pearson	0.408	-0.386	0.079	-0.597
	Sig. (bilateral)	0.592	0.614	0.921	0.403
	N	4	4	4	4
LIMO	Correlación de Pearson	0.000	0.741	0.708	0.156
	Sig. (bilateral)	1.000	0.259	0.292	0.844
	N	4	4	4	4
pH	Correlación de Pearson	0.476	0.332	0.485	-0.310
	Sig. (bilateral)	0.524	0.668	0.515	0.690
	N	4	4	4	4

M.O.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.471 0.529	0.264 0.736	0.758 0.242	-0.533 0.467
N		4	4	4	4
Nitrogeno %	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.483 0.517	0.232 0.768	0.736 0.264	-0.552 0.448
N		4	4	4	4
P	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.664 0.336	-0.819 0.181	-.0745 0.255	-0.579 0.421
N		4	4	4	4
K	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.324 0.676	-0.952 .048*	-.867 .133	-0.415 0.585
N		4	4	4	4
Ca	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0.079 0.921	0.458 0.542	.766 .234	-0.064 0.936
N		4	4	4	4
Mg	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.314 0.686	0.372 0.628	.821 .179	-0.394 0.606
N		4	4	4	4
Al	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0.432 0.568	-0.489 0.511	-.787 .213	0.347 0.653
N		4	4	4	4
H	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.457 0.543	-0.521 0.479	-.620 .380	-0.298 0.702
N		4	4	4	4
DA (gr/cc)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0.576 0.424	0.210 0.790	.717 .283	-0.612 0.388
N		4	4	4	4

Temperatura °C	Correlación de Pearson	-0.333	0.101	-0.378	0.511
	Sig. (bilateral)	0.667	0.899	.622	0.489
	N	4	4	4	4
RP (kg/cm2)	Correlación de Pearson	-0.032	0.644	.933	-0.045
	Sig. (bilateral)	0.968	0.356	.067	0.955
	N	4	4	4	4

Cuadro 35. Correlaciones entre las propiedades de los suelos con los microorganismos donde predominaba *Senefeldera inclinata*.

		Especies	N Actinomycetos	N Bacterias	N Mohos y Levaduras
ARENA	Correlación de Pearson	0.522	0.862	-0.935	0.647
	Sig. (bilateral)	0.478	0.138	0.065	0.353
	N	4	4	4	4
ARCILLA	Correlación de Pearson	0.342	0.339	-0.395	0.633
	Sig. (bilateral)	0.658	0.661	0.605	0.367
	N	4	4	4	4
LIMO	Correlación de Pearson	-0.414	-0.461	0.526	-0.718
	Sig. (bilateral)	0.586	0.539	0.474	0.282
	N	4	4	4	4
pH	Correlación de Pearson	-0.129	0.103	-0.422	0.825
	Sig. (bilateral)	.871	.897	.578	.175
	N	4	4	4	4
M.O.	Correlación de Pearson	-0.360	-0.384	0.452	-0.678
	Sig. (bilateral)	0.640	0.616	0.548	0.322
	N	4	4	4	4
Nitrogeno %	Correlación de Pearson	-0.426	-0.352	0.335	-0.529
	Sig. (bilateral)	0.574	0.648	0.665	0.471
	N	4	4	4	4
P	Correlación de Pearson	0.248	0.618	-0.731	0.427
	Sig. (bilateral)	0.752	0.382	0.269	0.573
	N	4	4	4	4
K	Correlación de Pearson	-0.573	-0.876	0.988	-0.880
	Sig. (bilateral)	0.427	0.124	.012*	0.120
	N	4	4	4	4

Ca	Correlación de Pearson	-0.717	-0.696	0.410	0.139
	Sig. (bilateral)	0.283	0.304	0.590	0.861
	N	4	4	4	4
Mg	Correlación de Pearson	0.208	0.662	-0.910	0.806
	Sig. (bilateral)	0.792	0.338	0.090	0.194
	N	4	4	4	4
Al	Correlación de Pearson	0.109	0.026	0.202	-0.635
	Sig. (bilateral)	0.891	0.974	0.798	0.365
	N	4	4	4	4
H	Correlación de Pearson	0.966	0.835	-0.556	0.285
	Sig. (bilateral)	.034*	0.165	0.444	0.715
	N	4	4	4	4
DA (gr/cc)	Correlación de Pearson	0.450	0.584	-0.448	-0.047
	Sig. (bilateral)	0.550	0.416	0.552	0.953
	N	4	4	4	4
Temperatura °C	Correlación de Pearson	0.673	0.486	-0.307	0.329
	Sig. (bilateral)	0.327	0.514	0.693	0.671
	N	4	4	4	4
RP (kg/cm2)	Correlación de Pearson	0.365	0.637	-0.634	0.226
	Sig. (bilateral)	0.635	0.363	0.366	0.774
	N	4	4	4	4

RP: Resistencia a la penetración

## Anexo C: Análisis de suelos



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TIMGO MARIA - CELULAR 941521359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

[analisisde@suelos.unas.edu.pe](mailto:analisisde@suelos.unas.edu.pe)



### ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:			DOLLIBETH VASQUEZ ACUÑA				PROCEDENCIA:			BRUNAS - TIMGO MARIA												
N°	COD. LAB.	DATOS REFERENCIA	ANÁLISIS MECÁNICO				pH 1:1	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	C/C	CAMBIABLES Cmol(+) / kg						C/Ce	%	%	%
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
1	S2857-1	P1	25	36	39	Franco Arcilloso	3.95	2.84	0.13	2.52	50.48	---	3.64	0.75	--	--	9.90	0.70	14.99	29.26	70.74	66.07
2	S2857-2	P2	31	26	43	Franco	4.39	2.09	0.09	2.99	52.48	--	3.30	0.70	--	--	4.00	0.40	8.40	47.62	52.38	47.62
3	S2857-3	P14	29	38	33	Franco Arcilloso	4.43	2.36	0.11	3.74	61.97	--	3.46	0.68	--	--	4.80	0.20	9.14	45.27	54.73	52.55
4	S2857-4	P18	29	44	27	Arcilloso	4.38	2.09	0.09	3.55	56.98	--	3.19	0.67	--	--	4.90	0.60	9.36	41.23	58.77	52.36
5	S2857-5	P17	27	36	37	Franco Arcilloso	4.32	2.50	0.11	3.18	89.96	--	3.53	0.65	--	--	5.30	0.20	9.60	43.20	56.80	54.73
6	S2857-6	P22	29	28	43	Franco Arcilla limoso	4.21	2.84	0.13	3.83	74.22	--	3.00	0.67	--	--	7.20	0.30	11.16	32.81	67.19	64.51
7	S2857-7	P25	23	38	39	Franco Arcilloso	4.24	2.70	0.12	3.65	80.16	--	3.39	0.72	--	--	4.30	0.40	8.81	46.65	53.35	48.81
8	S2857-8	P23	23	36	41	Franco Arcillo Limoso	4.65	2.16	0.10	4.77	75.41	--	3.28	0.73	--	--	4.60	0.40	9.01	44.53	55.47	51.04
9	S2857-9	P19	33	26	41	Franco	4.47	1.62	0.07	4.58	79.17	--	2.98	0.67	--	--	4.50	0.80	8.94	40.73	59.27	50.33
10	S2857-10	P11	27	28	45	Franco Arcillo Limoso	3.94	1.89	0.09	3.93	56.88	--	3.21	0.66	--	--	5.80	0.80	10.47	36.98	63.02	55.38
11	S2857-11	P4	33	30	37	Franco Arcilloso	3.92	1.15	0.05	3.74	89.09	--	3.12	0.66	--	--	6.50	0.50	10.78	35.03	64.97	60.32

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 16 de mayo del 2018  
Recibo N°001-0542451



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

Ing. Luis C. Mancilla Munezo  
JEFE



Anexo D: Mapa de ubicación

