

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**VARIABILIDAD DE MICROORGANISMOS PROMOTORES DE
CRECIMIENTO VEGETAL EN DOS SISTEMAS DE USO DE
SUELO EN TINGO MARÍA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR

KENEDY INGA AUCCAPIÑA

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

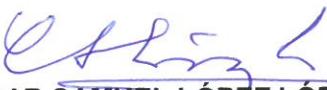
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 20 de Diciembre del 2018, a horas 8:30 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“VARIABILIDAD DE MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN DOS SISTEMAS DE USO DE SUELO EN TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **KENEDY INGA AUCCAPIÑA**, 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, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 22 de Febrero de 2019


Dr. CESAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
Presidente


Ing. JAIME TORRES GARCÍA
Vocal


Ing. MSc. SANDRO J. RUIZ CASTRE
Vocal




Ing. Mg. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



VARIABILIDAD DE MICROORGANISMOS PROMOTORES DE
CRECIMIENTO VEGETAL EN DOS SISTEMAS DE USO DE SUELO EN
TINGO MARÍA

Autor : KENEDY INGA AUCCAPIÑA
Asesor : Ing. M. Sc. ROBERTO OBREGON PEÑA
Programa de investigación : Ciencias Básicas
Línea de investigación : Biología y Microbiología del Suelo
Eje temático de investigación: Aplicar la investigación básica y aplicada de los recursos suelo y agua
Lugar de ejecución : Bosque Reservado de la UNAS BRUNAS – Tingo María

Duración:

Fecha de inicio: 10 de setiembre del 2017

Fecha de término: 10 de mayo del 2018

Financiamiento:

FEDU : 0 soles

Propio : 2800.00 soles

Otros : 0 soles

DEDICATORIA

A mi hermano Jhonny Edgar Inga
Aucapiña, por su comprensión
confianza y amor.

A mis padres Juana y Alberto, por su
amor y sabios consejos, para hacer
realidad mi profesión.

A mis hermanos Gladys, Magdalena,
Soledad, Nancy, Rosita, Gerson, por su
apoyo moral y amor fraternal.

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing Mg. OBREGÓN PEÑA, Roberto, patrocinador del presente trabajo de investigación.
- A los miembros de jurado Dr. MANRIQUE De LARA SUAREZ, Lucio, Ing. TORRES GARCÍA, Jaime, Ing. MSc. RUIZ CASTRE, Sandro,
- Al técnico del laboratorio de microbiología Ing. RODRÍGUEZ SIAS, Richard por su apoyo incondicional.
- A mis compañeros y amigos, y todos aquellos que colaboraron en la instalación y evaluación del trabajo, así como en la culminación de este documento.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Microorganismos del suelo..... | 3 |
| 2.1.1. Variabilidad de microorganismos en el suelo..... | 5 |
| 2.1.2. Microorganismos en un suelo..... | 5 |
| 2.1.3. Hongos micorrízicos en el suelo..... | 10 |
| 2.1.4. Factores que afectan a los microorganismos en el suelo..... | 11 |
| 2.2. Microbiología del suelo..... | 13 |
| 2.2.1. Distribución de los microorganismos en el suelo..... | 14 |
| 2.2.2. Ciclos biogeoquímicos..... | 15 |
| 2.2.3. Ciclos de nitrógeno..... | 15 |
| 2.3. Microbiología del suelo en la era de la biología molecular..... | 15 |
| 2.3.1. El suelo como habitad para los microorganismos..... | 16 |
| 2.3.2. Utilización de biomarcadores moleculares en el estudio de microbiología del suelo..... | 19 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 21 |
| 3.1. Descripción de la zona de trabajo..... | 21 |
| 3.1.1. Lugar de ejecución..... | 21 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1.2. | Clima de la zona en estudio..... | 21 |
| 3.1.3. | Zona de vida..... | 21 |
| 3.2. | Materiales y equipos..... | 22 |
| 3.2.1. | Material..... | 22 |
| 3.2.2. | Equipos..... | 22 |
| 3.2.3. | Material e insumos de laboratorio..... | 22 |
| 3.3. | Metodología..... | 23 |
| 3.3.1. | Descripción de los componentes en estudio..... | 23 |
| 3.3.2. | Suelo de bambusal..... | 24 |
| 3.3.3. | Suelo de plantaciones de cacao..... | 24 |
| 3.3.4. | Variables dependientes..... | 24 |
| 3.3.5. | Periodo de campo..... | 24 |
| 3.4. | Análisis microbiológico del suelo..... | 26 |
| 3.4.1. | Variabilidad de microorganismos bacterianos aerobio..... | 26 |
| 3.4.2. | Variabilidad de microorganismos bacterianos anaerobios..... | 26 |
| 3.4.3. | Variabilidad de fungí..... | 26 |
| 3.5. | Descripción de las variables..... | 26 |
| IV. | RESULTADOS..... | 28 |
| 4.1. | Análisis microbiológico del suelo..... | 28 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1.1. | Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en los suelos..... | 28 |
| 4.1.2. | Variabilidad de microorganismos anaeróbicos..... | 31 |
| 4.1.3. | Variabilidad de mohos y levaduras..... | 34 |
| 4.1.4. | Variabilidad de actinomicetos..... | 37 |
| 4.2. | Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en diferentes usos de suelo..... | 40 |
| 4.2.1. | Variabilidad de microorganismos aerobios según zona de estudio..... | 40 |
| 4.2.2. | Variabilidad de microorganismos anaerobios según zona de estudio..... | 40 |
| 4.2.3. | Variabilidad de mohos y levaduras según zona de estudio..... | 41 |
| 4.2.4. | Variabilidad de actinomicetos según zona de estudio | 42 |
| V. | DISCUSIÓN..... | 43 |
| 5.1. | Del análisis microbiológico del suelo..... | 43 |
| 5.1.1. | Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en los suelos..... | 43 |
| 5.1.2. | Variabilidad de microorganismos anaeróbicos..... | 44 |
| 5.1.3. | Variabilidad de mohos y levaduras..... | 46 |
| 5.1.4. | Variabilidad de actinomicetos..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 5.2. De la variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en diferentes usos de suelos..... | 48 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 51 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 52 |
| VIII. ABSTRACT..... | 53 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |
| ANEXO..... | 59 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1. Humedad del suelo y número de bacterias..... | 9 |
| 2. Población de microorganismo por grupos microbianos en el perfil del suelo..... | 14 |
| 3. Influencia del tipo de suelo en la variabilidad de microorganismos, según grupos microbianos..... | 18 |
| 4. Coordenadas en UTM para las zonas de muestreos..... | 23 |
| 5. Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 y 60 cm de profundidad..... | 28 |
| 6. Variabilidad de microorganismos anaeróbicos a 20 y 60 cm de profundidad..... | 31 |
| 7. Variabilidad de microorganismos mohos y levaduras a 20 y 60 cm de profundidad..... | 34 |
| 8. Variabilidad de microorganismos actinomicetos a 20 y 60 cm de profundidad..... | 37 |
| 9. Datos meteorológicos en el periodo de ejecución del trabajo | 60 |
| 10. Datos fisicoquímicos correspondientes al tipo de suelo..... | 60 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1. | Muestra de zona de bambusal..... | 25 |
| 2. | Muestra de zona de cacaotal..... | 25 |
| 3. | Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 cm de profundidad.. | 29 |
| 4. | Variabilidad de microorganismos aerobios a 60 cm de profundidad.. | 29 |
| 5. | Porcentaje de microorganismos aerobios a 20 cm de profundidad del suelo..... | 30 |
| 6. | Porcentaje de microorganismos aerobios a 60 cm de profundidad... | 30 |
| 7. | Variabilidad de microorganismos anaerobios a 20 cm de profundidad..... | 32 |
| 8. | Variabilidad de microorganismos anaerobios a 60 cm de profundidad..... | 32 |
| 9. | Porcentaje de microorganismos anaerobios a 20 cm de profundidad de suelo..... | 33 |
| 10. | Porcentaje de microorganismos anaerobios a 60 cm de profundidad de suelo..... | 33 |
| 11. | Variabilidad de mohos y levaduras a 20 cm de profundidad..... | 35 |
| 12. | Variabilidad de mohos y levaduras a 60 cm de profundidad..... | 35 |
| 13. | Porcentaje de mohos y levaduras a 20 cm de profundidad de suelo..... | 36 |
| 14. | Porcentaje de mohos y levaduras a 60 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio..... | 36 |
| 15. | Variabilidad de actinomicetos a 20 cm de profundidad..... | 38 |

| | |
|--|----|
| 16. Variabilidad de actinomicetos a 60 cm de profundidad..... | 38 |
| 17. Porcentaje de actinomicetos a 20 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio..... | 39 |
| 18. Porcentaje de Actinomicetos a 60 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio..... | 39 |
| 19. Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 y 60 cm de profundidad..... | 40 |
| 20. Variabilidad de microorganismos anaerobios a 20 y 60 cm de profundidad..... | 41 |
| 21. Variabilidad de mohos y levaduras a 20 y 60 cm de profundidad..... | 41 |
| 22. Variabilidad de actinomicetos a 20 y 60 cm de profundidad..... | 42 |
| 23. Bacterias aeróbicas..... | 61 |
| 24. Bacterias anaeróbicas..... | 61 |
| 25. Mohos y levaduras..... | 62 |
| 26. Actinomicetos..... | 62 |
| 27. Recuento de unidades formadoras de colonia (UFC)..... | 63 |

RESUMEN

El presente trabajo se ha ejecutado en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), la ubicación es 1.5 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con la finalidad de cuantificar los microorganismos promotores de crecimiento en suelos de cacao, bambú, evaluar la variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en los diferentes tipos de uso de suelo del Bosque Reservado. Para el presente trabajo se usó como técnica de cuantificación la enumeración de microorganismos aerobios, anaerobios, mohos y levaduras y actinomicetos. Para ello se realizó un muestreo del lugar identificando dos tipos de zona en el BRUNAS.

La mayor densidad poblacional se encuentra determinada por la profundidad de suelo, quiere decir que cuanto más se acerca a la superficie del suelo se encontrará mayor variabilidad de microorganismos, y otro de los indicadores es el tipo de suelo. Encontrándose en el suelo del bambusal, tiene mayor densidad de microorganismos aerobios y anaerobios, el material disponible principalmente para el crecimiento poblacional de los microorganismos es la materia orgánica y el pH del suelo, que a mayor acidez menor variabilidad de microorganismos.

Palabras clave: Microorganismos, bambú, cacao, suelo.

I. INTRODUCCIÓN

La acidez afecta de una forma muy particular y determinante algunas de las características químicas y biológicas del suelo, siendo un problema de importancia en la producción agrícola en los trópicos, de modo que en general, reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como el calcio, magnesio, potasio y fósforo: En los microorganismos del suelo beneficiosos para las plantas, se destacan grupos de bacterias que gracias a su metabolismo, ejerce positivos efectos en el crecimiento y rendimiento de la vegetación, la mayoría de los suelos naturales contienen, una amplia variedad de microorganismos que conforman un ecosistema balanceado. El tipo y número de los diferentes grupos de microorganismos presentes se relacionan con la calidad del suelo y los factores ambientales. La calidad del suelo se determina por las características físico químico de su naturaleza y cantidad de sustancias presentes en la misma. Es importante recalcar que todos los suelos remanentes contienen varios contaminantes que provienen de la erosión, lixiviación, las aguas residuales de origen doméstico, industrial por ello uno de los requisitos fundamentales que se exige de una muestra de suelo que se destina al uso para agricultura que sea rico en microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, etc.). Para determinar la variabilidad de los microorganismos promotores de crecimiento

vegetal, en suelos de bosque es necesario realizar análisis microbiológicos (PRITTCHE, 1991).

Se identificó como problema: ¿Cuál será la variabilidad de microorganismos en dos sistemas de usos de suelos en el Bosque Reservado de la UNAS?; Por lo tanto, se planteó la siguiente hipótesis, “existe variación de microorganismos en dos sistemas de uso de suelo en el BRUNAS”. Así mismo se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Determinar la variabilidad de microorganismos en dos sistemas de usos de suelos en el Bosque Reservado de la UNAS en Tingo María.

Objetivos específicos:

- Cuantificar los microorganismos en dos sistemas de uso de suelos en el BRUNAS.
- Evaluar la variabilidad de microorganismos en dos sistemas de uso de suelos en el BRUNAS.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Microorganismos del suelo

La presencia de microorganismos en el suelo es muy importante para las plantas y en general, los suelos que contienen abundantes organismos también son los más fértiles. Los organismos presentes en los suelos incluyen bacterias, hongos, algas, raíces de plantas. Un gramo de suelo puede contener millones de bacterias y más de un millón de protozoarios, los cuales se alimentan de bacterias, algunos viven en los sistemas alimenticios de las termitas y contribuyen en gran medida a la digestión de la celulosa, un estado importante en la degradación de la hojarasca (KIRK, 2004).

Algunos organismos del suelo como *Beijerinckia* en los trópicos pueden convertir el gas nitrógeno atmosférico en sales nitrogenadas, a través del proceso conocido como fijación de nitrógeno. Las algas verde-azules que viven en los campos arroceros. (THOMPSON y TROEH, 1998). Las condiciones que influyen en la actividad biológica de los suelos son los factores que tienen un efecto sobre la densidad y la composición de los organismos del suelo. Entre los factores más importantes figuran el suministro de oxígeno y humedad, temperatura del suelo, niveles de nutrientes inorgánicos, así como la cantidad y naturaleza de la materia orgánica del suelo. Además de estas variables, la

actividad de los microorganismos del suelo resulta influida por las estaciones del año y la profundidad del suelo (WILD, 1992).

Los agregados son unidades estructurales grandes compuestas por partículas de limo, arcilla, cuya estabilidad varia con las prácticas de manejo de suelos, condiciones meteorológicas, la actividad microbiana y otros factores.

Los agregados son de interés desde el punto de vista microbiológico debido a que el material celular y las excreciones de bacterias, hongos y actinomiceto son factores que afectan la formación y la estabilidad de los gránulos (DIGHTON, 1997).

Sin dudas es el suelo el lugar donde está la mega diversidad de microorganismos, se hace más evidente el suelo, en especial la zona de la rizósfera, se puede considerar como “un ser vivo” ya que cumple con las descripciones clásicas para ello: “nace, crece, se reproduce y muere”.

Es decir, el suelo presenta una dinámica tal que podríamos afirmar que es el ecosistema más estable y sustentable para el grupo microbiano, los aportes de materia orgánica e inorgánica mantienen una inmensa cantidad de microbios los cuales apenas estamos comenzando a descubrir. Directa o indirectamente los desechos humanos y animales, sus cuerpos y los tejidos de vegetales llegan a la tierra y allí “se desaparecen” al transformarse en tierra, todo este trabajo es realizado por los microorganismos; además, estos microorganismos liberan sustancias útiles para las plantas de tal manera que sin la actividad microbiana del suelo la vida se extinguiría gradualmente (PELCZAR *et al.*, 1993).

Encontramos que fácilmente en un gramo de suelo podemos hallar más de ocho mil millones de bacterias (8×10^9), simplemente cultivándolos en agares adecuados (PELCZAR *et al.*, 1993).

2.1.1. Variabilidad de microorganismos en el suelo

La gran variabilidad de los microorganismos depende de la composición de los suelos referida a la cantidad y el tipo de sustancias nutritivas, la humedad, la aireación, la temperatura, el pH, las interacciones, la presencia de raíces y las prácticas agrícolas, entre otras, producen grandes diferencias en la densidad y diversidad de la población microbiana. Además, todos estos factores ocasionan una compleja red trófica o trama alimentaria en el suelo, que permite la sobrevivencia de unos y la inhibición de otros (JAMES y ERIC, 1997).

El crecimiento microbiano tiene un parámetro de gran importancia y es la relación entre microorganismos para favorecer o evitar la proliferación celular, como la contribución entre especies bacterianas y fúngicas en la descomposición de sustratos en función de un ecosistema o contrariamente la interacción antagonista bacteriana frente a hongos, debido a su amplio rango de crecimiento y al más alto índice de reducción y producción metabólica (ROSCH *et al.* 2002).

2.1.2. Microorganismos en un suelo

Un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de las reservas orgánicas, con velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas. La actividad biológica de 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. Pero la exigencia de microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperatura adecuada y ausencia de condiciones nocivas es similar a la de las plantas cultivadas (WILD, 1992).

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (FASSBENDER, 1992 y WILD, 1992). La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (THOMPSON y TROEH, 1998).

Según THOMPSON y TROEH (1998) 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.

Los actinomicetos son organismos procariotas filamentosos; sus hifas son cenocíticas, tienen el diámetro de las bacterias y de la arcilla gruesa y están con frecuencia ramificadas y entrelazadas, por lo cual son difíciles de contar (THOMPSON y TROEH, 1998). Nutricionalmente, se trata de un grupo muy adaptable, sus miembros son heterótrofos sin excepción y pueden utilizar una amplia gama de compuestos carbonados y nitrogenados, como polisacáridos, lípidos, hidrocarburos saturados, fenoles, proteínas y quitina. Son organismos típicamente aeróbicos, por lo que no suelen encontrarse en suelos

encharcados, son más frecuentes en los suelos calientes que en los fríos y resultan muy poco tolerantes a la acidez (WILD, 1992).

Según WILD (1992), los hongos pueden representar el 70% de la población microbiana y constituyen el segundo de los dos grandes grupos de microorganismos del suelo. Todos son eucariotas heterótrofos y se incluyen entre las especies que necesitan nitrógeno, ya sea en forma de sales minerales o de compuestos orgánicos nitrogenados, pues están desprovistos de capacidad fijadora. Los saprófitos comunes en el suelo pueden ser eficaces transformadores de sustratos edáficos en tejidos microbianos. Algunos de ellos pueden asimilar entre el 30 y 50% del carbono presente en la materia orgánica que descomponen, lo que representa una tasa de conversión muy superior a la de las bacterias, que es del 5 al 20%. Esto significa que el crecimiento muy rápido de los hongos puede originar una elevada demanda del nitrógeno disponible en el suelo, aunque ésta puede quedar mitigada por su relación C/N, que es superior a la que presentan las bacterias.

Las dimensiones de los hongos oscilan entre el nivel microscópico y los visibles a simple vista. Los pequeños son los más numerosos y a menudo contribuyen, más que cualquier otro microorganismo, al peso de la materia orgánica en el suelo (THOMPSON y TROEH, 1998). Generalmente toleran mejor las situaciones ácidas y el escaso suministro de calcio que otros microorganismos, y su presencia cuantitativa en los suelos ácidos es del mismo orden que en los neutros y suelen predominar en la población microbiana de los suelos forestales, porque los restantes microorganismos se hacen menos numerosos en condiciones ácidas. Además, los hongos disponen de diversos

métodos para sobrevivir durante épocas desfavorables, como el calor y la sequía del suelo (producción de esporas en cuerpos fructíferos, clamidósporas, esclerotes). Por otro lado, la excesiva humedad suele ser desfavorable para ellos (WILD, 1992).

Los hongos predominan en suelos ricos en restos vegetales, donde la competencia por alimentos y energía no es demasiado aguda, pero declinan rápidamente cuando desaparecen los materiales fácilmente degradables; en cambio, las bacterias persisten más tiempo y consumen a los hongos (THOMPSON y TROEH, 1998). La posibilidad de que predominen los hongos o el grupo bacterias actinomicetos depende de las condiciones locales, especialmente del pH y del contenido de humedad. Además, los mecanismos por los que los fragmentos de hifas y especialmente las conidias de los hongos no germinan o son estimulados al crecimiento, son complejos y en cierto modo aún falta aclarar (WILD, 1992).

La abundancia y actividad de los microorganismos del suelo pueden estar influenciadas por la actividad de la fauna del suelo, como ocurre en las praderas (BARDGETT *et al.*, 1993). De las interacciones que ocurren en el suelo, la que existe entre la microbiota y los invertebrados es una de las más relevantes (KEVAN, 1990). Además de los diferentes grupos que constituyen la fauna del suelo, los nematodos son los más abundantes, calculándose que existen entre 1.8 y 120 millones/m² (KEVAN, 1990). Estos microorganismos presentan una gran plasticidad y, por tanto, una gran adaptabilidad que les ha llevado a desarrollar diferentes funciones dentro del suelo, basadas fundamentalmente en su hábito alimentario y, por consiguiente, en el lugar que ocupan a lo largo de la

cadena trófica. Generalmente se clasifican en especies bacteriófagas, micófagas, depredadores y fitófagas (ZANCADA y SANCHEZ, 1994).

Cuadro 1. Humedad del suelo y número de bacterias.

| Humedad (%) | % de la capacidad de campo | Bacterias totales (miles/g) | % relativo a la microflora total |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 6.5 | 30 | 9980 | 33 |
| 10.0 | 50 | 11890 | 40 |
| 16.1 | 65 | 16140 | 55 |
| 17.4 | 70 | 29960 | 100 |
| 21.7 | 100 | 25280 | 84 |

Fuente: Anónimo (s/f). Ecología Microbiana. Disponible en: <http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/unidad-4-ecologia.pdf>

Según VILD (1992) diferentes sustratos han sido usados como material modelo para medir la actividad de descomposición en el suelo. Así mismo utilizaron una proteína animal regenerada (cutizina) para evaluar la intensidad de la descomposición del nitrógeno orgánico y la actividad proteolítica del suelo. STANTION (1998), menciona los resultados de Úlehlová y Hundt, quienes usaron celulosa (papel filtro) como sustrato y midieron la velocidad de la descomposición de ésta en diferentes tipos de asociaciones vegetales, hallando que la actividad celulolítica se incrementaba principalmente con la productividad de la vegetación, siendo a su vez dependiente de la humedad, temperatura y tipo de suelo. VILD (1992), utilizó ambos sustratos en el test de Cutizina y Celulosa para evaluar la intensidad de la actividad celulolítica y proteolítica de los microorganismos en el suelo. En este test, los sustratos de celulosa (papel filtro) y proteína (cutizina) son depositados en una bolsa de malla de PVC para luego

ser enterrados a una profundidad de 100 mm. Después de un tiempo determinado de exposición, las pruebas son recuperadas del suelo, y los sustratos son procesados en laboratorio (MENESES, 2005).

Otra forma de estimar la población microbiana del suelo es usando el llamado Método de diluciones sucesivas, que consiste en tomar una muestra de suelo, la cual se seca al medio ambiente y se diluye en agua destilada estéril de forma sucesiva hasta llegar a la más baja concentración. De esta última suspensión se toman alícuotas que se cultivan en medios de cultivos específicos para cada microorganismo. Los métodos cuantitativos y cualitativos de estimación de la actividad microbiana del suelo pueden ser complementarios. Esto debido a que la cantidad de tejido microbiano o biomasa no debe considerarse como una medida de actividad, pues muchas células microbianas pueden estar vivas, pero aletargadas. Por lo tanto, la actividad biológica del suelo no es un concepto que se pueda definir fácilmente en términos cuantitativos (WILD, 1992).

2.1.3. Hongos micorrízicos en el suelo

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas. Ellos les aportan beneficios, dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios. El establecimiento de la

simbiosis entre el hongo y la planta lleva a una secuencia de etapas de reconocimiento causando cambios tanto morfológicos como fisiológicos en los dos organismos que interactúan (BARRER, 2009).

Los hongos micorrízicos son microorganismos rizosféricos simbióticos de más del 80% de las plantas (SMITH y READ, 2008), localizados en las raíces de la mayoría de las comunidades vegetales de herbáceas y árboles tropicales. El efecto benéfico de los hongos micorrízicos en la promoción del crecimiento y nutrición de las plantas parece estar definido por la riqueza de especies y por la procedencia de su aislamiento (TREJO *et al.*, 2011). Aun cuando no son específicos, los hongos micorrízicos pueden presentar mayor compatibilidad hacia algunas especies vegetales (VAN DER HEIJDEN *et al.*, 1998). Así, algunos hongos micorrízicos pueden estimular el crecimiento, y otros pueden favorecer la absorción de nutrientes, inducir resistencia a fitopatógenos, o ayudar en la adaptación y tolerancia de las plantas ante condiciones de estrés (MEZA *et al.*, 2017).

2.1.4. Factores que afectan a los microorganismos en el suelo

Los factores medioambientales pueden afectar directa o indirectamente las poblaciones microbianas. Así tenemos que el contenido de humedad del suelo influye en la actividad de la población microbiana de diferentes maneras, ya que a medida que se va secando el agua, las películas se hacen más finas y afectan la disponibilidad del agua y las relaciones osmóticas de las células. Las bacterias (aunque muchas midan menos de 1 micra de diámetro) parecen tener fácil motilidad en películas sensiblemente más

gruesas a 1 micra, independientemente de que puedan desarrollarse con una humedad más baja. En cambio, los hongos filamentosos y en menor proporción los actinomicetos, difieren de las bacterias en que sus hifas no necesitan crecer en una película continua de agua, sino que pueden atravesar espacios abiertos al aire y pueden realizar sus funciones en condiciones más secas que las bacterias (WILD, 1992).

Según THOMPSON y TROEH (1998). Los actinomicetos son menos numerosos que las bacterias y uno de los factores favorables para su presencia es la abundancia de calcio, que proporciona una condición neutra o ligeramente alcalina. Otro factor importante a tener en cuenta es la humedad; aunque los actinomicetos necesitan humedad para su crecimiento, sus esporas pueden soportar prolongadas sequías durante más tiempo que otros microorganismos, hasta el punto que puedan llegar a dominar la población edáfica (WILD, 1992).

La temperatura factor importante, ya que la actividad metabólica de los organismos se inicia cuando se supera un determinado umbral térmico, aumenta a medida que las temperaturas se elevan hasta un cierto valor máximo y finalmente se reduce rápidamente cuando las temperaturas superan este valor (WILD, 1992).

Acidez y pH en la mayoría de las bacterias el crecimiento óptimo es entre 6.5 y 7.5 muy pocas bacterias crecen a un pH menor de 4.0. Sin embargo, las bacterias clasificadas *Thiobacillus thiodans* como acidófilos son tolerantes a la acidez, un ejemplo es *T. thiodans* que crece a un pH óptimo de entre 2.0 a 3.5 respectivamente. El pH puede tener importancia en la retención de las bacterias

en el suelo, según lo observado experimentalmente por (BITTON, 1994). La mayor parte de bacterias y actinomicetos se desarrollan mejor a pH neutro y ligeramente alcalino; en cambio, los hongos se desarrollan a un pH más amplio (FASSBENDER, 1992). También existe la posibilidad que la materia orgánica por su carga negativa, adsorba y retenga a estos microorganismos de manera significativa (GÓMEZ, 2014).

Señalan DIGHTON, (1997), que los factores abióticos del suelo pueden tener un papel importante en la dispersión de los microorganismos del suelo. La aplicación de vapor o productos químicos al suelo producen inicialmente un descenso del número de los organismos que componen su población, seguido de un rápido aumento del número de bacterias una vez que ha pasado la acción de la esterilización. Los protozoos se recuperan más lentamente y cuando el tratamiento se hace con vapor, el restablecimiento de los hongos suele ser muy lento. Pero este tratamiento puede producir efectos fitotóxicos, aunque no suelen ser tan severos como los que pueden originarse con calor seco, que nunca debe recomendarse (WILD, 1992).

2.2. Microbiología del suelo

Existe una gran diversidad de microorganismos que viven en el 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, etc. Existen del orden de varios miles de millones de bacterias por gramo de suelo. La mayor parte son heterótrofos, siendo comunes los bacilos esporulados, los actinomicetos que son los responsables del olor a tierra mojada, y en la rizosfera (región donde el suelo y

las raíces de las plantas entran en contacto) especies de los géneros *Rhizobium* y *Pseudomonas* (NUNAN, 2003).

2.2.1. Distribución de los microorganismos en el suelo

De manera general se puede afirmar que los microorganismos se distribuyen según las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento. Por ej., en los primeros centímetros del suelo existe mayor cantidad de restos orgánicos y O₂, por lo que allí se dispone la mayor cantidad de organismos con metabolismos aeróbicos. A mayor profundidad los microorganismos aeróbicos se localizan donde se conjugan condiciones óptimas de humedad y aireación.

Exceso de humedad satura los poros y se crean condiciones de falta de O₂. En las capas más profundas del suelo superficial existe mayor cantidad de microorganismos anaeróbicos que degradan compuestos derivados de la actividad de los microorganismos más superficiales.

Cuadro 2. Población de microorganismo por grupos microbianos en el perfil del suelo.

| Horizonte | cm | Bacterias aeróbicas | Bacterias anaeróbicas | Actinomycetes | Hongos | Algas | Protozoos |
|-----------|--------|---------------------|-----------------------|---------------|---------|-------|-----------|
| A0 | 0-10 | 1,116,915 | 1,000 | 11,335 | 303,000 | 500 | 640 |
| A1 | 10-12 | 1,111,000 | 70,000 | 16,000 | 165,000 | 5,000 | 320 |
| A2 | 12-20 | 317,640 | 181,000 | 11,950 | 77,500 | 100 | 40 |
| B | 20-40 | 19,750 | 700,000 | 7,250 | 14,740 | 100 | 10 |
| C | 50-100 | 10,000 | 10,000 | 197 | 1,850 | 0 | 0 |

Fuente: Anónimo (s/f). Ecología Microbiana. Disponible en: <http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/unidad-4-ecologia.pdf>

2.2.2. Ciclos biogeoquímicos

El planeta tierra actúa como un sistema cerrado en el que las cantidades de materia permanecen constantes. Sin embargo, sí existen continuos cambios en el estado químico de la materia produciéndose formas que van desde un simple compuesto químico a compuestos complejos contruidos a partir de esos elementos. Algunas formas de vida, especialmente las plantas y muchos microorganismos, usan compuestos inorgánicos como nutrientes. Los animales requieren compuestos orgánicos más complejos para su nutrición. La vida sobre la tierra depende del ciclo de los elementos químicos que va desde su estado elemental pasando a compuesto inorgánico y de ahí a compuesto orgánico para volver a su estado elemental. Los microorganismos son esenciales en estas transformaciones químicas (PELCZAR *et al.*, 1993).

2.2.3. Ciclos de nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno, crucial en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, es considerada, después de la fotosíntesis, como el proceso bioquímico más importante para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra (PELCZAR, *et al.* 1997).

2.3. Microbiología del suelo en la era de la biología molecular

La aplicación de técnicas de biología molecular al estudio de la microbiología del suelo ha representado un gran avance en el conocimiento de estos ecosistemas. El reconocimiento de la presencia de una gran diversidad de microorganismos en suelos, que resultaban totalmente desconocidos porque no se habían obtenido en cultivos de laboratorio, es sólo el comienzo de una nueva

era en la microbiología molecular de suelos (OKANO *et al.*, 2004). El gran reto actual es determinar el papel funcional de los diferentes microorganismos que constituyen las comunidades edáficas. La integración de técnicas de estudio de la microbiología más tradicional, junto con metodologías moleculares, incluyendo los avances que suponen las técnicas de genómica y meta genómica sin duda contribuirá a un mejor conocimiento del funcionamiento de las comunidades microbianas del suelo (EBERSBERGER *et al.*, 2004).

2.3.1. El suelo como habitat para los microorganismos

Llamamos suelo a la parte más externa de la corteza terrestre, resultante de la meteorización de las rocas subyacentes y con unas características claramente diferenciadas de las mismas. Podemos considerar el suelo como un sistema de interacción entre tres fases bien definidas: una fase sólida, constituida por materia mineral y orgánica, una fase líquida, y una fase gaseosa o atmósfera del suelo (OKANO *et al.*, 2004).

El tipo y composición de la materia mineral viene dado por las características de las rocas del subsuelo, así como de los procesos edáficos que hayan tenido lugar en su formación. La porción inorgánica es muy importante por su influencia en la disponibilidad de nutrientes, aireación, retención de agua, etc. La materia orgánica procede de la actividad de los distintos organismos vivos del suelo y su composición y cantidad es variable, principalmente en función del tipo de cubierta vegetal. El resto del volumen del suelo está prácticamente constituido por espacios porosos, que a su vez están ocupados por agua y los gases que constituyen la atmósfera edáfica. La porosidad (cantidad y tamaño de los poros)

depende de la textura, determinada por la cantidad de arena, limo y arcilla, la estructura y el contenido en materia orgánica. Todos estos factores determinan a su vez el movimiento y capacidad de retención de agua del suelo y la composición gaseosa de su atmósfera. De forma característica la atmósfera del suelo se encuentra enriquecida en dióxido de carbono y empobrecida en oxígeno, como resultado de la respiración aeróbica de raíces de plantas, animales y microorganismos. Sin embargo, cuando se producen condiciones de anaerobiosis (por acumulación de agua en los poros del suelo) aparecen en la atmósfera del suelo otros gases como óxido nitroso, nitrógeno gaseoso y metano, resultantes de actividad respiratoria anaeróbica bacteriana. Tanto el agua como la composición de la atmósfera del suelo son factores que fluctúan ampliamente (INSAM, 2001).

Este sistema complejo que constituye el suelo, característicamente heterogéneo espacial y temporalmente, alberga una gran riqueza de especies vegetales, animales y microbianas. El suelo es un ambiente muy apropiado para el desarrollo de los microorganismos tanto eucariotas (algas, hongos, protozoos) como procariotas (bacterias y arqueas). También encontramos virus y bacteriófagos. Todos estos organismos establecen relaciones entre ellos en formas muy variadas y complejas y también contribuyen a las características propias del suelo por su papel en la modificación de las fases sólida, líquida y gaseosa antes mencionadas. Los microorganismos desempeñan funciones de gran importancia en relación con procesos de edafogénesis; ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, oxígeno, el azufre,

el fósforo, el hierro y otros metales; fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos; degradación de compuestos xenobióticos, etc. (ROSCH *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Influencia del tipo de suelo en la variabilidad de microorganismos, según grupos microbianos.

| Suelo | pH | Bacterias | Actinomycetes | Hongos |
|-----------------|-----|-----------|---------------|---------|
| Gris margoso | 7.8 | 18,209 | 2,230,250 | 36,000 |
| Pardo arcilloso | 7.6 | 2,230,000 | 1,700,000 | 59,000 |
| Arcillosos rojo | 6.4 | 1,650,000 | 245,000 | 74,500 |
| Suelo tropical | 4.4 | 127,000 | 75,000 | 245,000 |
| Podzol arenoso | 3.8 | 16,000 | 22,000 | 125,000 |

Fuente: Anónimo (s/f). Ecología Microbiana. Disponible en: <http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/unidad-4-ecologia.pdf>

Según ETTEMA *et al.* (2002), los organismos del suelo no se distribuyen al azar sino que siguen patrones espaciales de agregación, a escalas diferentes (desde nm a km) que se superponen. Esta estructuración obedece al efecto causado por diferentes factores de control y es totalmente dinámica. Utilizando técnicas de observación de secciones ultra finas de suelo mediante microscopía electrónica, tomografía, análisis geoestadístico y la elaboración de modelos, especialmente basados en fractales, se ha demostrado que la distribución de las bacterias edáficas está altamente estructurada, y que esta estructuración es importante para la funcionalidad del suelo. Las bacterias se organizan en micro colonias compuestas de pocas células que pueden pertenecer a diferentes morfo tipos (NUNAN, 2003). Factores como la presencia

de raíces, pequeños agregados, nutrientes y poros parecen gobernar la distribución de bacterias en micro hábitats.

2.3.2. Utilización de biomarcadores moleculares en el estudio de microbiología del suelo

Según LIESACK *et al.* (1997), la diversidad de los microorganismos edáficos está basada en la obtención de cultivos de laboratorio en medios especialmente formulados para ello. Bacterias gram positivas esporuladas (*Bacillus* y *Clostridium*) y actinomicetos (ej. *Streptomyces*) eran considerados procariotas típicos del suelo, junto con bacterias gram negativas heterótrofas tales como *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*. Sin embargo, la comparación de recuentos microscópicos directos de células con los obtenidos en placas de cultivo puso de manifiesto que al menos el 99% de los procariotas presentes en el suelo eran incapaces de crecer en medios de cultivo (ROSCH *et al.*, 2002). Por lo tanto, la mayor parte de la diversidad procariota que integra la “caja negra” del suelo queda fuera del alcance de los métodos de estudio tradicionales, por no mencionar los hongos y protozoos.

La década de los ochenta se produjo una revolución espectacular en el conocimiento de la diversidad microbiana en suelos debido a la incorporación de novedosas y potentes técnicas de estudio, que no requieren del cultivo previo de los microorganismos (INSAM, 2001). Estas técnicas se basan en el análisis de marcadores moleculares como ácidos grasos de fosfolípidos (PLFA) y ácidos nucleicos (DNA y RNA). Ambos tipos de marcadores se encuentran presentes en todas las células, se pueden extraer directamente de muestras de suelo sin

necesidad de realizar cultivos previos y además permiten diferenciar distintos grupos de microorganismos. Utilizando estos marcadores no sólo se puede determinar la composición de las comunidades microbianas, sino que también se puede cuantificar la abundancia de los mismos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de trabajo

3.1.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se efectuó en los suelos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), identificando dos zonas de estudio: suelos de cacaotal y de bambú, posteriormente en el laboratorio de Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El Bosque Reservado de la UNAS tiene un área de 217.22 ha, y está ubicado a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, en la margen izquierda de la carretera hacia la ciudad de Huánuco. Políticamente ubicado en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.

3.1.2. Clima de la zona en estudio

El clima de la zona en estudio, presenta alta pluviosidad con una precipitación anual promedio de 3,450 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de octubre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 485.6 mm. Hay una humedad relativa de 88 % y una temperatura media anual de 24.2°C.

3.1.3. Zona de vida

En la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Holdridge (1982), citado por ZAVALA

(1999), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Subtropical bmh-PsT y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material

- Información bibliográfica referida al tema de investigación, mapa e imagen satelital (LANDSAT) del Bosque Reservado de la UNAS.
- Libreta de campo para apuntes.
- Palas, machete, bolsas, baldes.

3.2.2. Equipos

Se usaron los siguientes equipos en el presente trabajo de investigación:

- GPS Garmin modelo 76, para localizar los puntos más determinantes para la georeferenciación de los suelos en estudio.
- Estufa para secado de las muestras de suelo.
- Equipos de análisis microbiológico para la cuantificación de microorganismos.

3.2.3. Material e insumos de laboratorio

- Cápsulas Petri de 90 a 100 mm.
- Tubos durkam de 10 a 75 mm.
- Matraz, placas Petri, probetas de 250 ml y fiolas de 100 ml.
- Tubos de ensayo de 18 a 180 mm.
- Pipetas de 1 a 10 ml.

- Gradillas, asa de colle y láminas y laminillas.
- Agar plate Count y agar saboraud.
- Caldo peptonado.
- Cristal violeta, safranina y acetona.
- Yodo y yoduro de potasio.
- Alcohol 30° y alcohol absoluto.

3.3. Metodología

La investigación se realizó utilizando una metodología de gabinete-campo y campo-gabinete. Donde las muestras se llevaron a análisis microbiológicos en el laboratorio de microbiología general de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María.

3.3.1. Descripción de los componentes en estudio

Se usó la fotografía aérea del año 2000, se determinaron las zonas de muestreo en el área de estudio, obteniendo de esta manera los puntos para el muestreo y para la variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento vegetal.

Cuadro 4. Coordenadas en UTM para las zonas de muestreos.

| Zona de estudio | Este | Norte | Altitud |
|-----------------|--------|---------|--------------|
| Cacaotal | 390930 | 8969796 | 703 m.s.n.m. |
| Bambusal | 390561 | 8970662 | 673 m.s.n.m. |

Para la determinación del espacio muestral para la variabilidad de microorganismos promotores se trabajó en un bosque secundario poco

intervenido, dominado por unas pocas especies de valor comercial: moena negra (*Nectandra sp*), huangana (*Senefeldera macrophylla*). “Bambusal” (4.6 ha) (GUTIERREZ, 2007).

3.3.2. Suelo de bambusal

Es otra de las especies plantadas en el año 1950, son nueve especies diferentes de bambú, su mejor propagación es por cepas, adaptados al lugar y tiene valor comercial y representa un área de 4.6 Ha.

3.3.3. Suelo de plantaciones de cacao

Comprende una superficie de 2.39 ha que representa el 0,80% del área en estudio. Esta plantación pertenece a un proyecto de la Facultad de Agronomía es un banco de germoplasma. Se encuentra ubicado en tierras aptas de producción forestal.

3.3.4. Variables dependientes

El trabajo de gabinete describe las variables dependientes del sistema (suelos de: cacaotal y bambusal), para ello se usó un mapa del BRUNAS y una fotografía aérea del año 2000, superpuestas con la Carta Nacional (curvas de nivel) con la finalidad de identificar las zonas que se han estudiado (puntos de muestreo).

3.3.5. Periodo de campo

Se realizó la toma de muestras in situ, recogiendo en bolsas de polietileno debidamente limpias y rotuladas, a profundidades de 20 cm y 60 cm

con tres repeticiones, con la finalidad de reducir sesgo en cuanto a la cuantificación de microorganismos (PIMENTEL, 1997).

Se muestra el periodo de campo con sus respectivas zonas de estudio.



Figura 1. Muestra de zona de bambusal



Figura 2. Muestra de zona de cacaotal

Se obtuvo muestras a partir de la calicata, se consideraron medidas de 20 cm de profundidad, con la finalidad de obtener mayor variabilidad de

microorganismo, ya que en esta parte del suelo se encuentra millones de microorganismo en un gramo de suelo (JAMES y ERICK, 1997). También en esta zona se encuentran raíces, por lo tanto, se encuentran los microorganismos en la rizosfera (PELCZAR, 1992), y también se consideraron para el muestreo zonas de profundidad de 60 cm, ya que en esta zona también se encuentran raíces, pero en pocas cantidades (FASSBENBDER, 1992).

3.4. Análisis microbiológico del suelo

3.4.1. Variabilidad de microorganismos bacterianos aerobio

Para llevar a cabo la variabilidad de microorganismos aerobios viables, se utilizó el método recuento aeróbico de placas establecido por la FAO (1976).

Para llevar a cabo el proceso de variabilidad de actinomicetos, se empleó el método: microbiológica examination of foods (APHA, 1976).

3.4.2. Variabilidad de microorganismos bacterianos anaerobios

Para llevar a cabo la variabilidad de microorganismos anaerobios viables, se utilizó el método recuento anaeróbico de placas establecido por la FAO (1976).

3.4.3. Variabilidad de fungí

Para llevar a cabo este proceso, se empleó el método: microbiológica examination of foods (APHA, 1976).

3.5. Descripción de las variables

Las variables que se analizó estadísticamente para caracterizar los estratos en cuanto a la muestra que se obtuvieron son:

- **Variable Dependiente (Y)** = Fertilidad de tipos de suelo

Indicadores Y = Tipos de Suelo

Y1 = Suelos de cacao; Y2 = Suelos de bambú

- **Variable Independiente (X)** = La Variación de Microorganismos

Indicadores de la variable X: Tipos de Microorganismos

X1 = Bacterias aeróbicas; X2 = Bacterias anaeróbicas; X3 = Actinomicetes y X4 = Hongos.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis microbiológico del suelo

4.1.1. Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en los suelos

En la numeración de microorganismos aerobios viables, se utilizó el método recuento aeróbico de placas establecido por la FAO (1976). A continuación, se muestran los resultados.

Cuadro 5. Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 y 60 cm de profundidad.

| Profundidad | Repetición | Suelo cacaotal (m.o/g) | Suelo bambusal (m.o/g) |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| A 20 cm de profundidad | R ₁ | 10000 | 20000 |
| | R ₂ | 50000 | 240000 |
| | R ₃ | 10000 | 10000 |
| | Promedio (m.o/g) | 23333 | 90000 |
| | Total (m.o/g) | 113333 | |
| | Porcentaje (%) | 20.59 % | 79.41 % |
| A 60 cm de profundidad | R ₁ | 10000 | 120000 |
| | R ₂ | 10000 | 320000 |
| | R ₃ | 10000 | 180000 |
| | Promedio (m.o/g) | 10000 | 206667 |
| | Total (m.o/g) | 216667 | |
| | Porcentaje (%) | 4.62 % | 95.38 % |

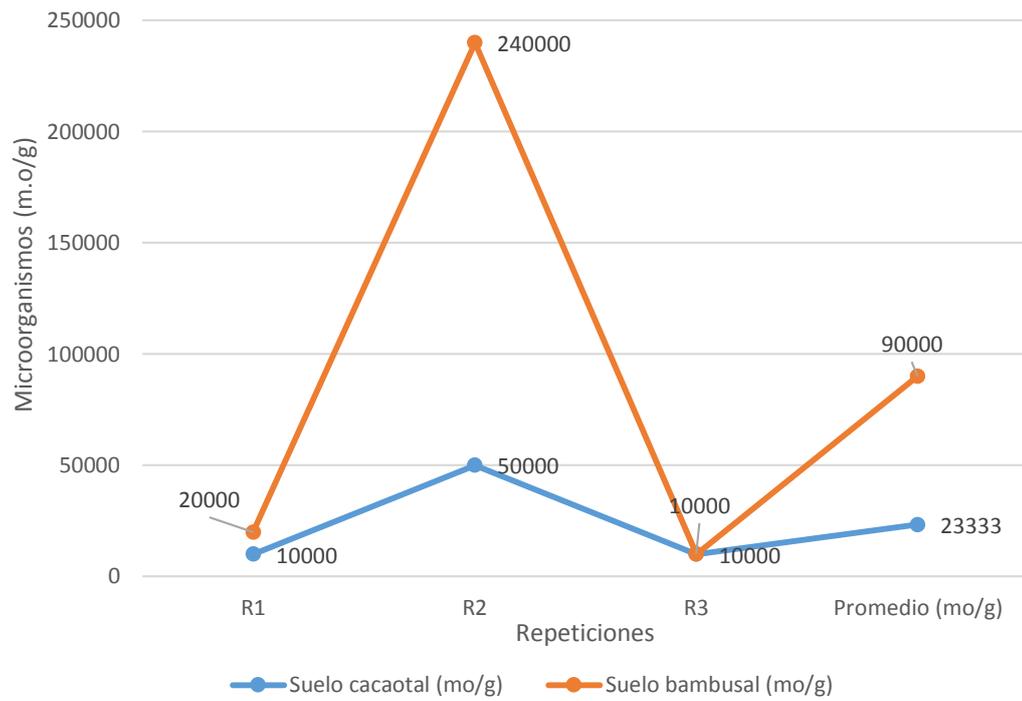


Figura 3. Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 cm de profundidad.

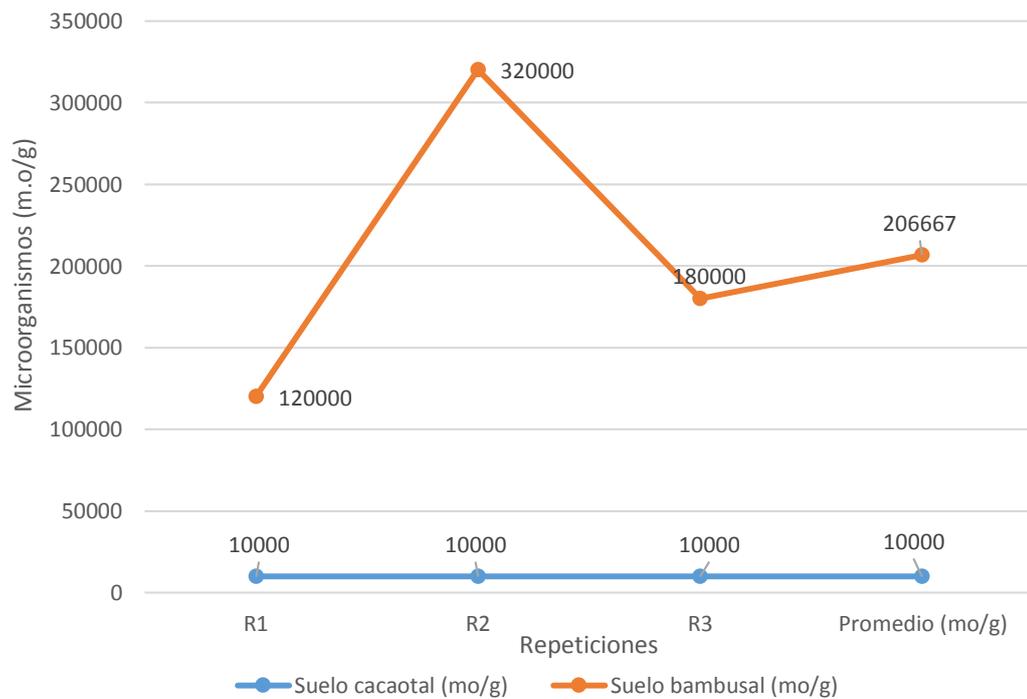


Figura 4. Variabilidad de microorganismos aerobios a 60 cm de profundidad.

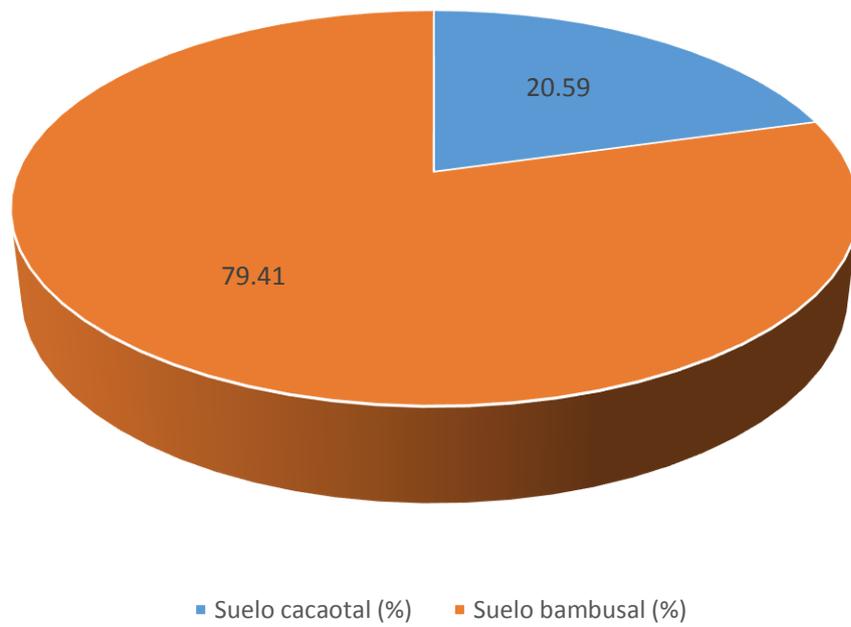


Figura 5. Porcentaje de microorganismos aerobios a 20 cm de profundidad del suelo.

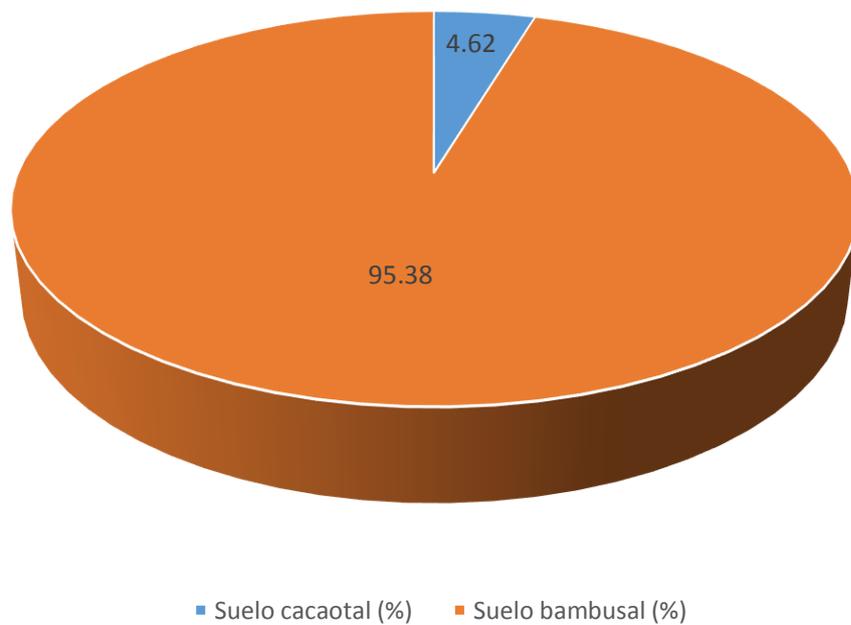


Figura 6. Porcentaje de microorganismos aerobios a 60 cm de profundidad.

4.1.2. Variabilidad de microorganismos anaeróbicos

La variabilidad de microorganismos anaerobios viables, se usó el método recuento aeróbico de placas establecido por la FAO (1976). A continuación, en el Cuadro 6 se muestran los resultados, en la Figura 7 y 9 para 20 cm de profundidad y Figura 8 y 10 para 60 cm de profundidad.

Cuadro 6. Variabilidad de microorganismos anaeróbicos a 20 y 60 cm de profundidad.

| Profundidad | Repetición | Suelo cacaotal (m.o/g) | Suelo bambusal (m.o/g) |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| A 20 cm de profundidad | R ₁ | 80000 | 2100000 |
| | R ₂ | 50000 | 380000 |
| | R ₃ | 70000 | 30000 |
| | Promedio (m.o/g) | 66667 | 836667 |
| | Total (m.o/g) | 903333 | |
| | Porcentaje (%) | 7.38 % | 92.62 % |
| | | | |
| A 60 cm de profundidad | R ₁ | 20000 | 220000 |
| | R ₂ | 50000 | 90000 |
| | R ₃ | 10000 | 120000 |
| | Promedio (m.o/g) | 26667 | 143333 |
| | Total (m.o/g) | 170000 | |
| | Porcentaje (%) | 15.69 % | 84.31 % |
| | | | |

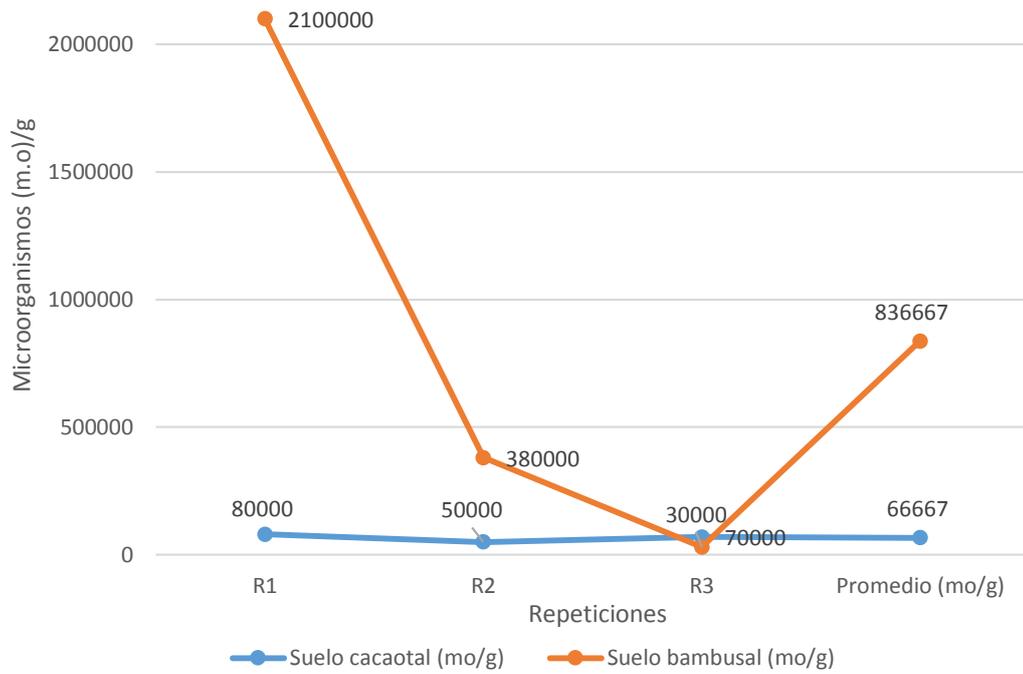


Figura 7. Variabilidad de microorganismos anaerobios a 20 cm de profundidad.

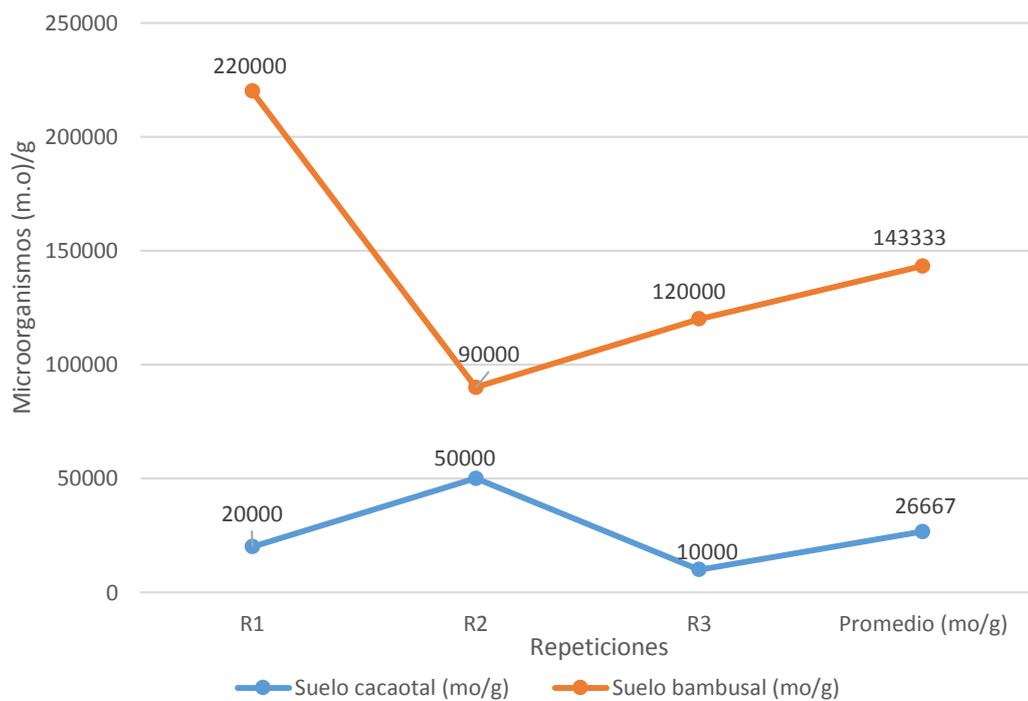


Figura 8. Variabilidad de microorganismos anaerobios a 60 cm de profundidad

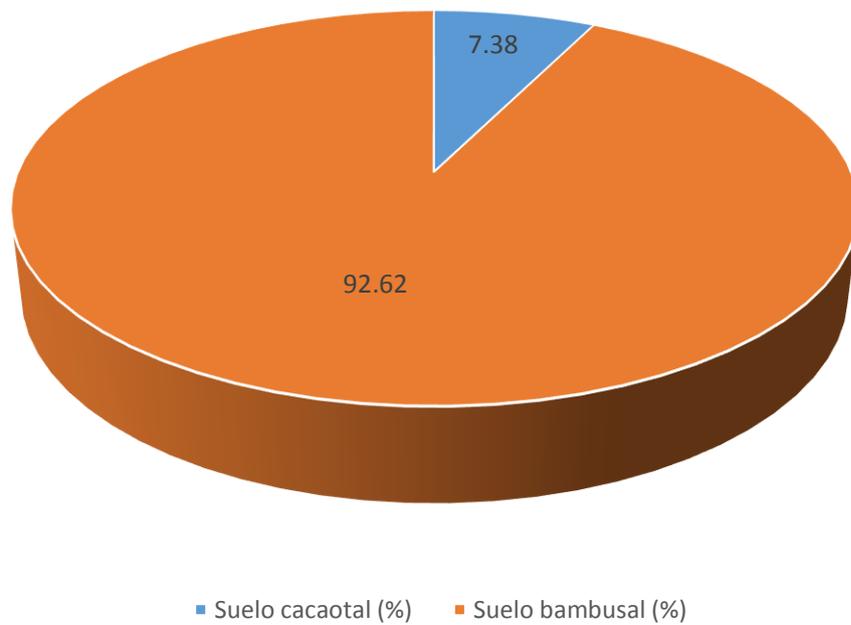


Figura 9. Porcentaje de microorganismos anaerobios a 20 cm de profundidad de suelo.

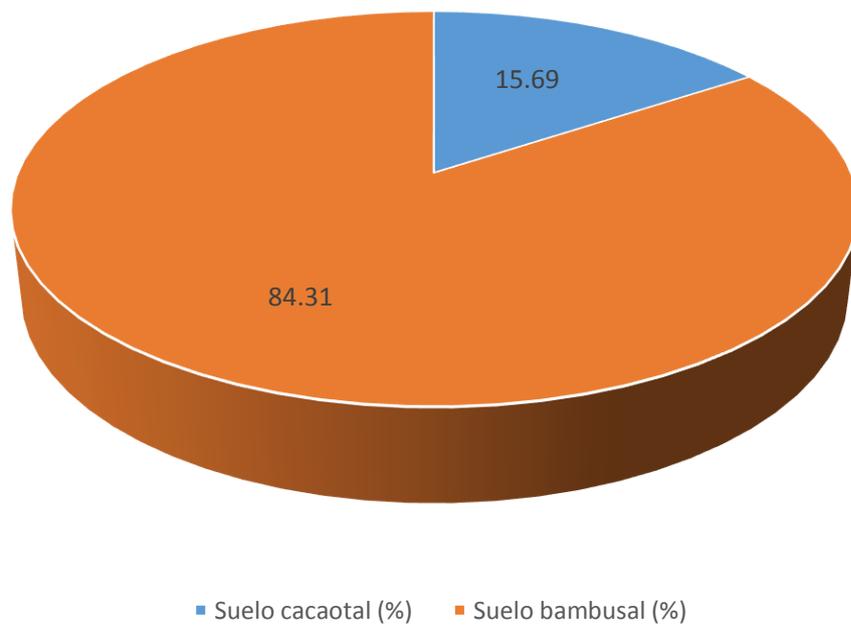


Figura 10. Porcentaje de microorganismos anaerobios a 60 cm de profundidad de suelo.

4.1.3. Variabilidad de mohos y levaduras

Se llevó a cabo este proceso, empleando el método: microbiológica examination of foods (APHA, 1976). A continuación, en el Cuadro 7 se muestran los resultados, en la Figura 11 y 13 para 20 cm de profundidad y Figura 12 y 14 para 60 cm de profundidad.

Cuadro 7. Variabilidad de microorganismos mohos y levaduras a 20 y 60 cm de profundidad.

| Profundidad | Repetición | Suelo cacaotal (m.o/g) | Suelo bambusal (m.o/g) |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| A 20 cm de profundidad | R ₁ | 20000 | 40000 |
| | R ₂ | 80000 | 30000 |
| | R ₃ | 70000 | 30000 |
| | Promedio (m.o/g) | 56667 | 33333 |
| | Total (m.o/g) | 90000 | |
| | Porcentaje (%) | 62.96 % | 37.04 % |
| A 60 cm de profundidad | R ₁ | 10000 | 0 |
| | R ₂ | 10000 | 10000 |
| | R ₃ | 10000 | 10000 |
| | Promedio (m.o/g) | 10000 | 6667 |
| | Total (m.o/g) | 16667 | |
| | Porcentaje (%) | 60.00 % | 40.00 % |

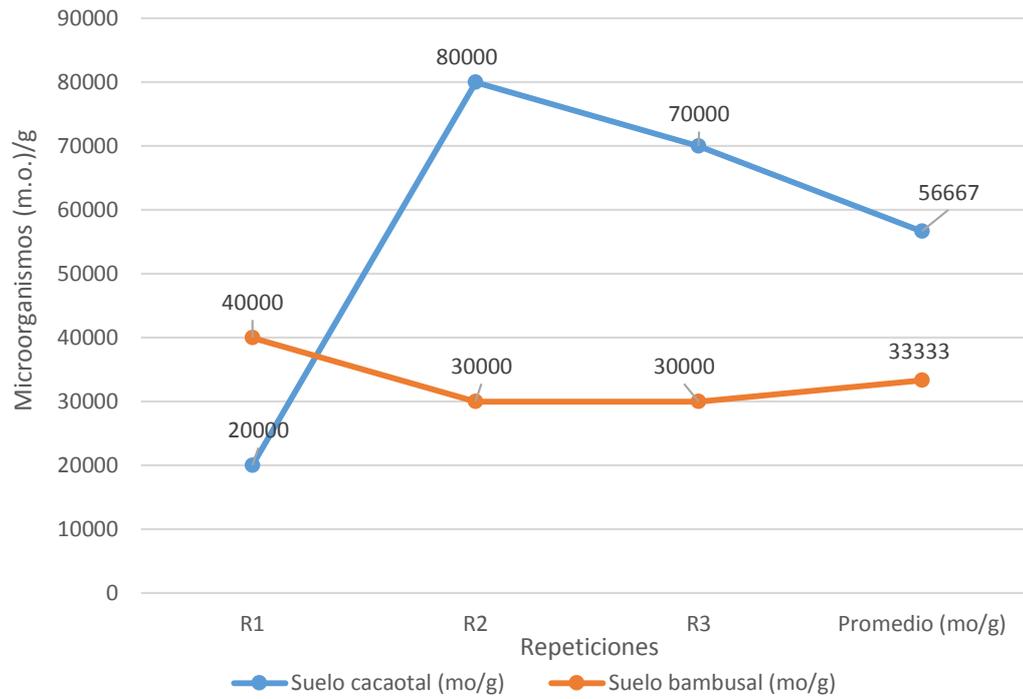


Figura 11. Variabilidad de mohos y levaduras a 20 cm de profundidad

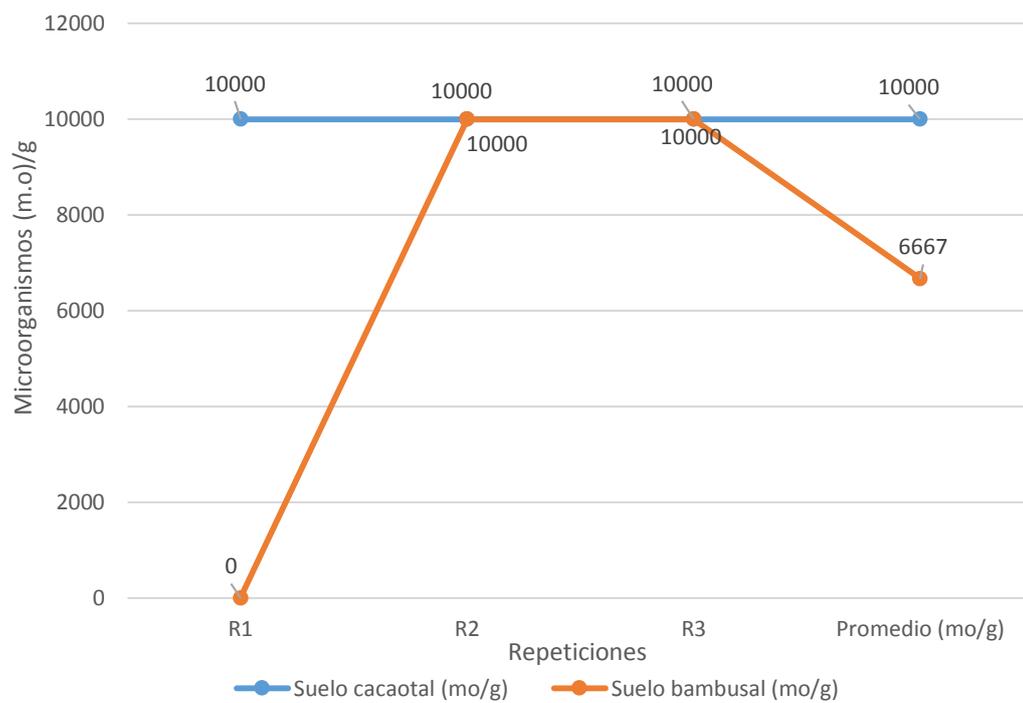


Figura 12. Variabilidad de mohos y levaduras a 60 cm de profundidad

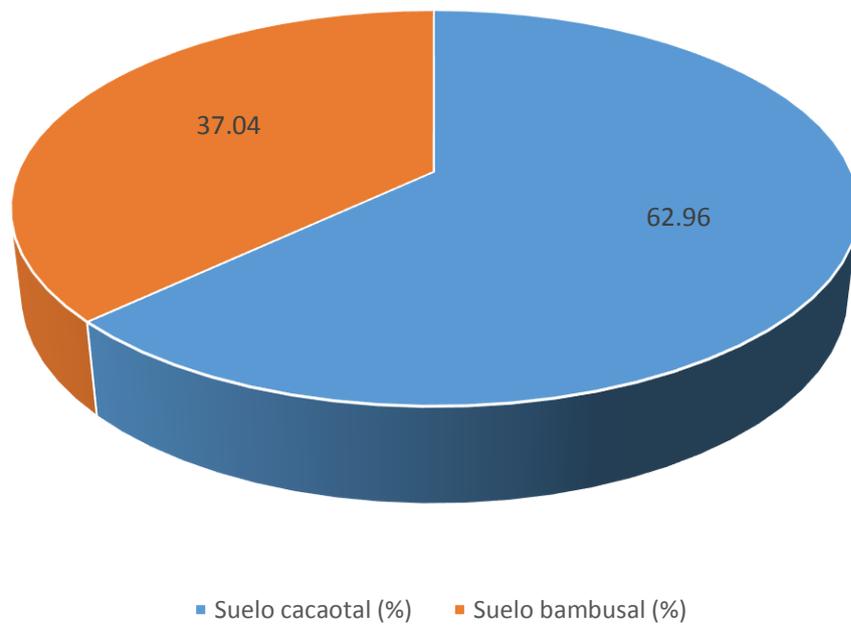


Figura 13. Porcentaje de mohos y levaduras a 20 cm de profundidad de suelo.

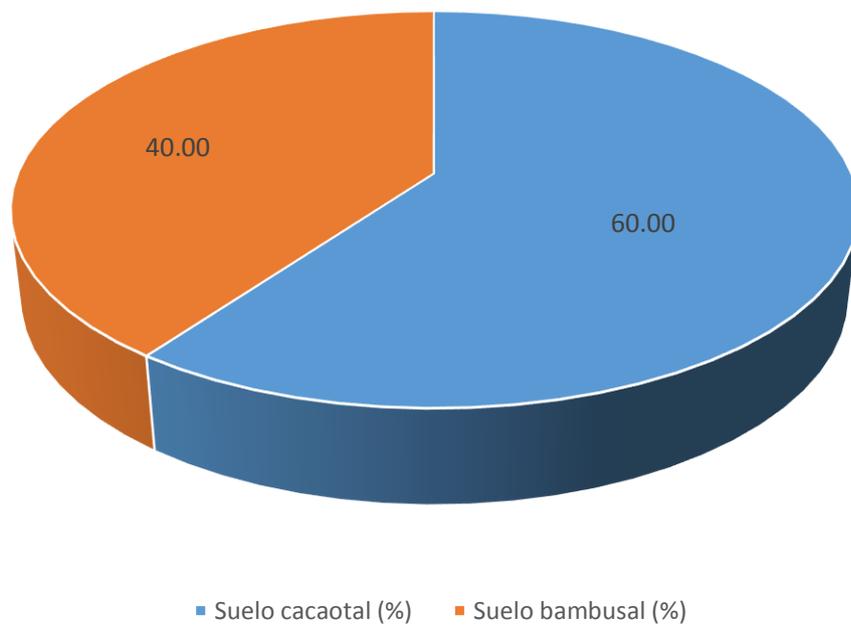


Figura 14. Porcentaje de mohos y levaduras a 60 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio.

4.1.4. Variabilidad de actinomicetos

En este proceso, se empleó el método: microbiológica examination of foods (APHA, 1976). A continuación, en el Cuadro 8 se muestran los resultados, en la Figura 15 y 17 para 20 cm de profundidad y Figura 16 y 18 para 60 cm de profundidad.

Cuadro 8. Variabilidad de microorganismos actinomicetos a 20 y 60 cm de profundidad.

| Profundidad | Repetición | Suelo cacaotal (m.o/g) | Suelo bambusal (m.o/g) |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A 20 cm de profundidad | R ₁ | 30000 | 50000 |
| | R ₂ | 50000 | 70000 |
| | R ₃ | 40000 | 30000 |
| | Promedio (m.o/g) | 40000 | 50000 |
| | Total (m.o/g) | 90000 | |
| | Porcentaje (%) | 44.44 % | 55.56 % |
| | A 60 cm de profundidad | R ₁ | 0 |
| R ₂ | | 20000 | 50000 |
| R ₃ | | 10000 | 20000 |
| Promedio (m.o/g) | | 10000 | 33333 |
| Total (m.o/g) | | 43333 | |
| Porcentaje (%) | | 23.08 % | 76.92 % |

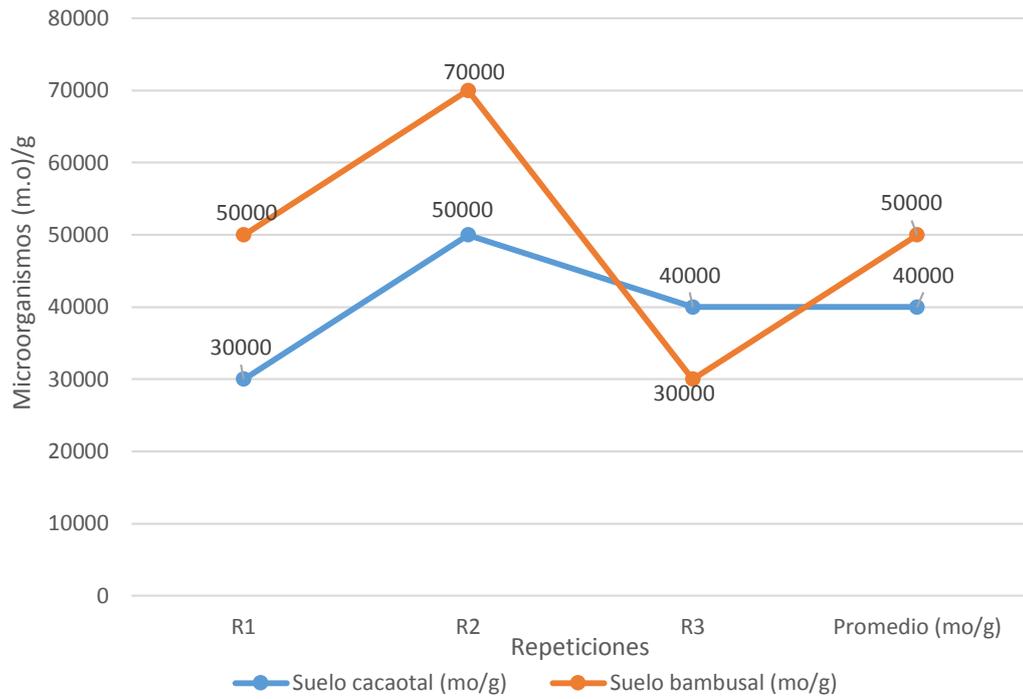


Figura 15. Variabilidad de actinomicetos a 20 cm de profundidad.

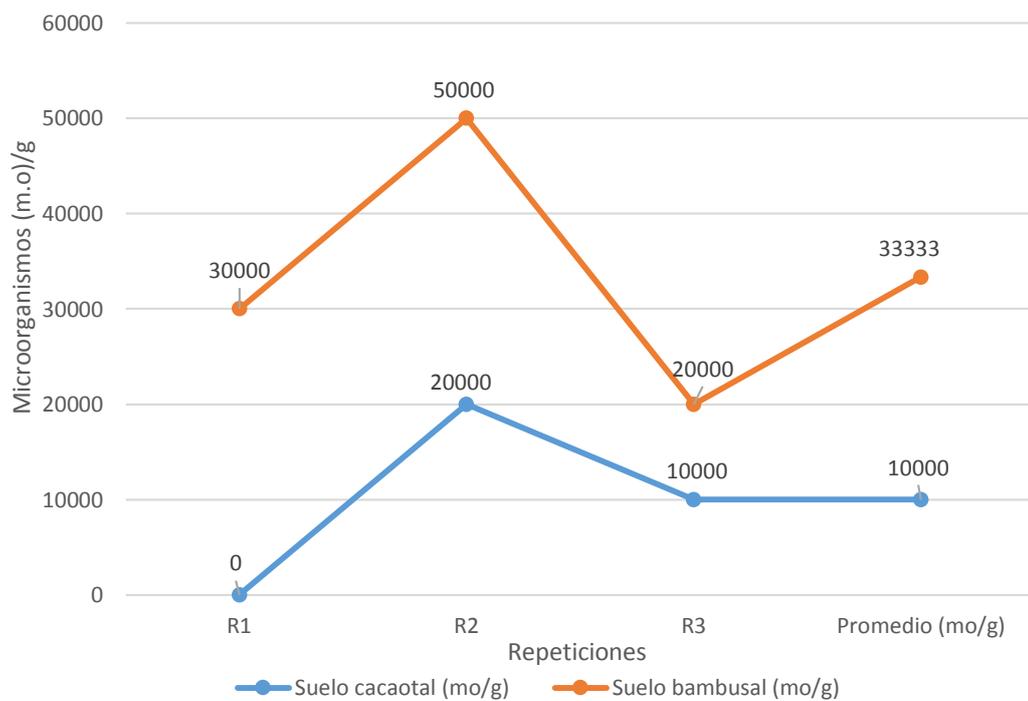


Figura 16. Variabilidad de actinomicetos a 60 cm de profundidad.

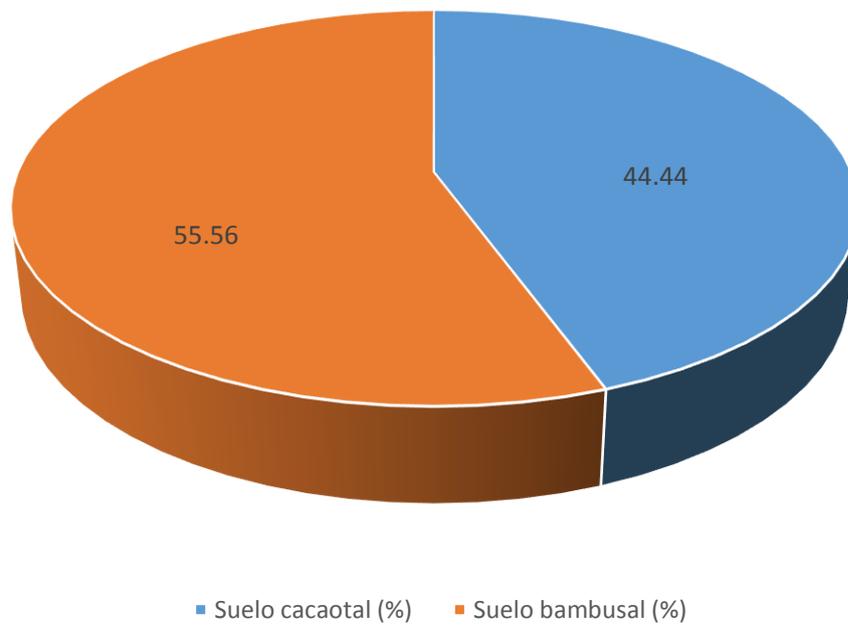


Figura 17. Porcentaje de actinomicetos a 20 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio.

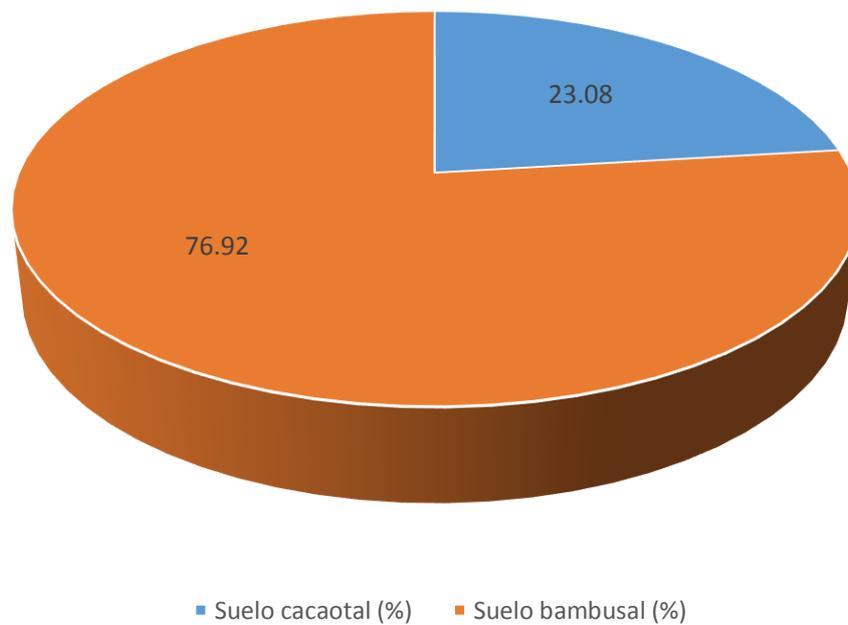


Figura 18. Porcentaje de Actinomicetos a 60 cm de profundidad de suelo en función de zonas de estudio.

4.2. Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en diferentes usos de suelo

4.2.1. Variabilidad de microorganismos aerobios según zona de estudio

Se muestra la Figura 19, donde se registra mayor variabilidad de microorganismos aerobios en el suelo de bambusal (206000) a una profundidad de 60 cm de profundidad.

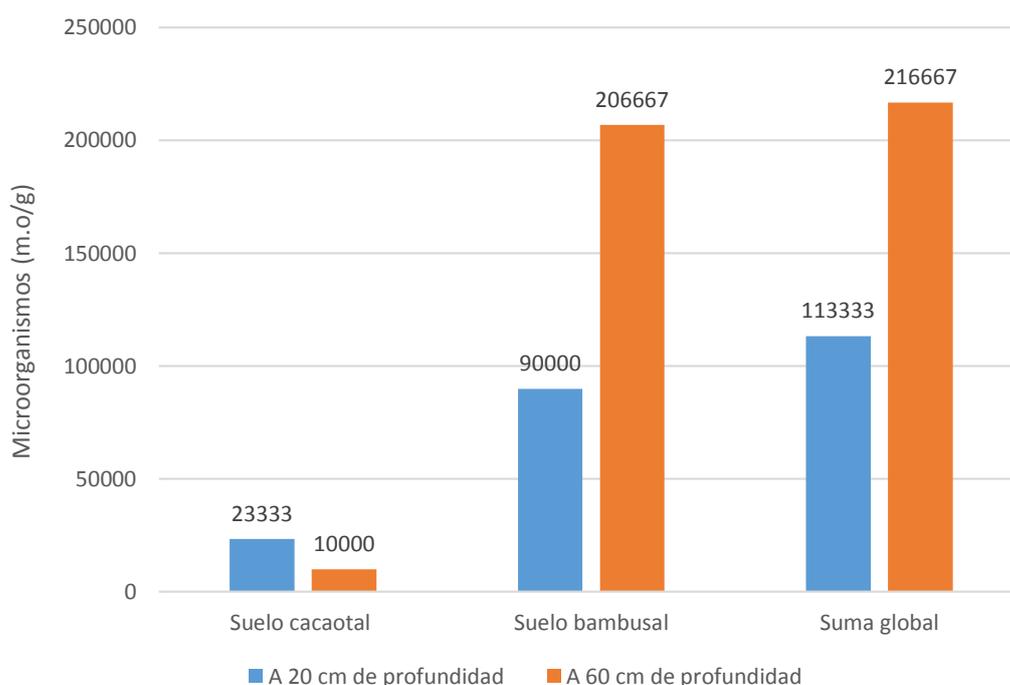


Figura 19. Variabilidad de microorganismos aerobios a 20 y 60 cm de profundidad.

4.2.2. Variabilidad de microorganismos anaerobios según zona de estudio

Se muestra la Figura 20, en la variabilidad de microorganismos anaerobios, en el suelo de bambusal se obtuvo mayor variabilidad a 60 cm (836000), superior a lo registrado en el suelo de cacaotal con 20 cm (66000).

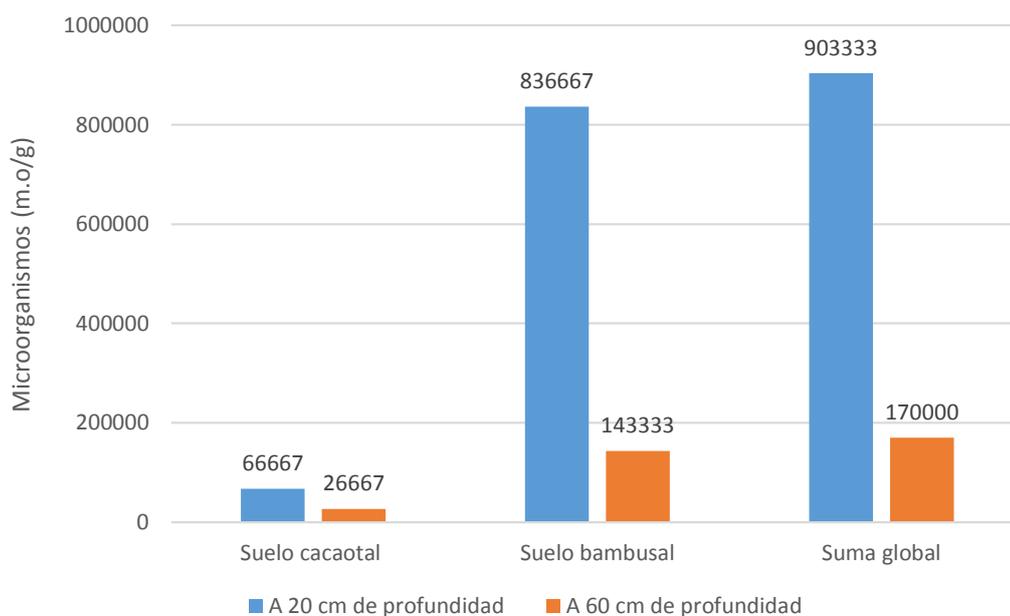


Figura 20. Variabilidad de microorganismos anaerobios a 20 y 60 cm de profundidad.

4.2.3. Variabilidad de mohos y levaduras según zona de estudio

En la Figura 21, en la variabilidad de los mohos y levaduras, en los suelos del cacaotal se registró mayor variabilidad a 20 cm (276000), en cuanto al suelo de bambusal se registró mayor variabilidad a 60 cm (16000).

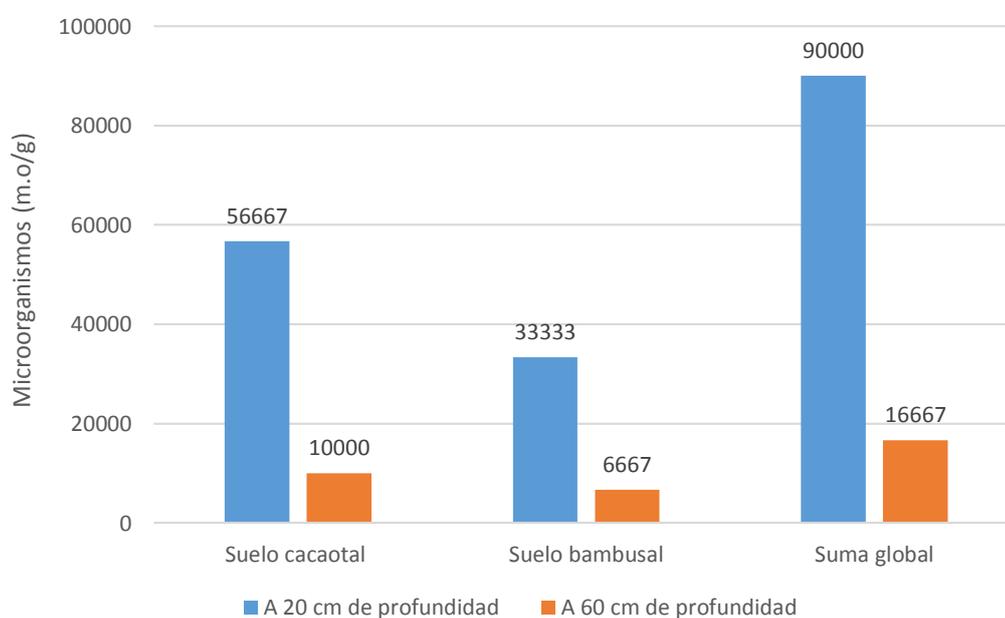


Figura 21. Variabilidad de mohos y levaduras a 20 y 60 cm de profundidad.

4.2.4. Variabilidad de actinomicetos según zona de estudio

Se muestra la Figura 22, donde se registró mayores actinomicetos en los suelos de bambusal (50000) a una profundidad de 60 cm de profundidad.

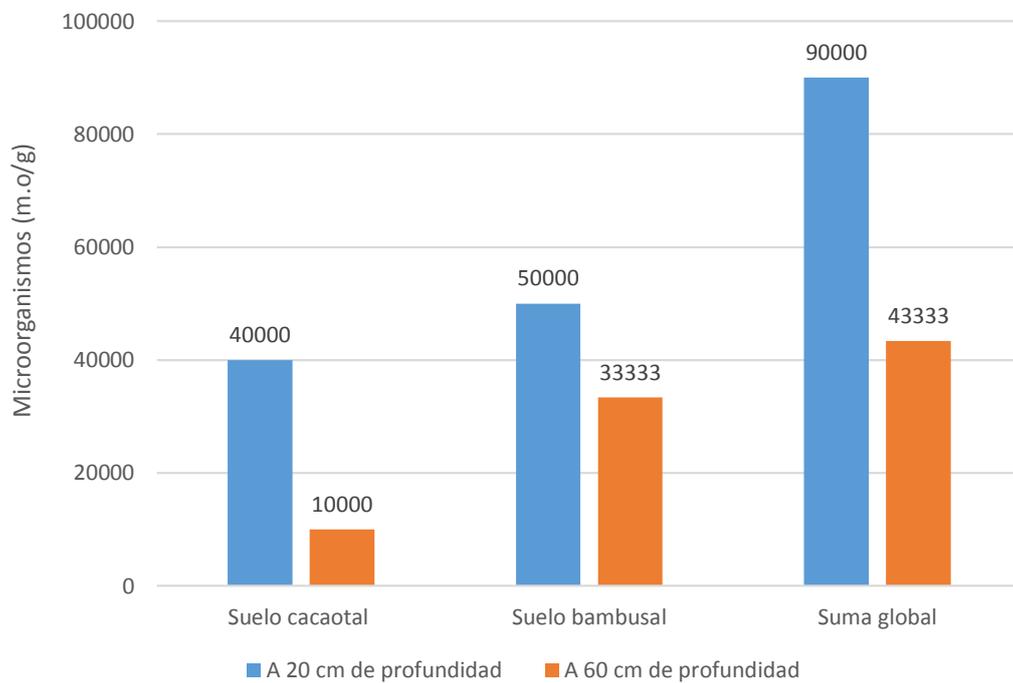


Figura 22. Variabilidad de actinomicetos a 20 y 60 cm de profundidad.

V. DISCUSIÓN

5.1. Del análisis microbiológico del suelo

5.1.1. Variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en los suelos

Los microorganismos aerobios viables generalmente se encuentran en la parte superficial del suelo, debido a que a mayor cantidad de oxígeno (THOMPSON y TROEH, 1998). El oxígeno es fundamental para que estos microorganismos aerobios cumplan funciones fisiológicas y biológicas como son la fijación de nitrógeno, descomposición de hojarasca, etc. (WILD, 1997). Además, esta área es aireada por estar en contacto directo con el medio atmosférico.

El mayor promedio de microorganismos a 20 cm de profundidad corresponde a la zona de bambusal (90000 m.o/10g de suelo), que generalmente se debe a las gramíneas (familia POACEAE), se conoce como bambú brinda un excelente control de erosión, es necesario a los microorganismos aerobios las que se encuentran en la parte radicular. Por lo tanto, es en esta zona donde se encuentran en mayor cantidad los microorganismos aerobios (EBERSBERBER *et al.*, 2004).

Menor porcentaje de microorganismos corresponde al suelo de cacaotal (23000 m.o/10g de suelo); Caso contrario, en los suelos de bambusal,

debido a que solo existen culmos maduros de bambú (familia POACEAE) generan mayor espacio, generando condiciones óptimas para la abundancia de microorganismos (suelos ácidos) (WILD, 1997).

Los microorganismos pueden estar a 60 cm de profundidad, por lo general dependerá del tipo de bosque y/o suelo, en la figura 4 nos muestra que el mayor promedio está en el suelo de bambú (206000 m.o/10g de suelo). Se debe a que por tener un crecimiento acelerado, rápido enraizamiento y mayor cantidad en promedio (raíz) a esta profundidad genera aireación constante, es por ello que en este espacio abunda los microorganismos aerobios (rizosfera) (JAMES y ERICK, 1997). Además, se muestra que el suelo del cacao tiene menor porcentaje 20 % con un promedio de (10000 m.o/10g de suelo), generalmente se debe a que sus raíces no son muy profundas, por lo tanto, generando un sistema anaerobio, no hábil para los microorganismos aerobios (NUNAN, 2003).

5.1.2. Variabilidad de microorganismos anaeróbicos

Menciona QUASIER (2002), los microorganismos anaerobios tienen un sistema bastante complejo, ya que estos no necesitan el oxígeno para vivir, y el suelo dependiendo del tipo de bosque genera estas condiciones óptimas para estos tipos de microorganismos que generalmente son los gram negativos que pueden ser del genero *Bacillus* y *Clostridium*. Se genera esta condición anaeróbica en el suelo cuando hay demasiada acumulación de agua en los poros del suelo, por lo tanto, en esta atmosfera del suelo mediante procesos

fisicoquímicos se genera el óxido nitroso, nitrógeno atmosférico y el metano que vienen a ser alimento para los organismos anaerobios.

Los microorganismos mejor acondicionados a un sistema anaerobio a 20 cm de profundidad son en el suelo del bambusal en promedio (836000 m.o/10g de suelo), frente al suelo de cacaotal que en promedio (66000 m.o/10g de suelo), esto se debe a que, en esta parte del suelo, solo se encuentra suelo y agua (las raíces del bambú son más profundas) tamponando los poros del suelo, por lo tanto, generando condiciones óptimas para los microorganismos anaerobios (QUASIER, 2002).

El suelo de cacaotal tiene un porcentaje del 7% con un menor promedio de microorganismos anaerobios (66000 m.o/10g de suelo), se debe a la zona de estudio, ya que en este lugar hay árboles maduros que por lo general con raíces muy profundas. Según QUASIER (2002), este espacio el sistema anaeróbico es leve y además es un suelo ácido, por lo tanto, no favorece al crecimiento de microorganismos anaerobios ni aerobios.

Los microorganismos anaerobios a 60 cm de profundidad, tienen mayor promedio es el suelo de bambusal (143000 m.o/10g de suelo), a esta profundidad se genera un espacio anaeróbico por el taponamiento del agua a los poros del suelo y no habiendo raíces para generar condiciones aeróbicas (el bambú tiene raíces profundas), se genera mediante la dinámica fisicoquímica elementos apropiados para el consumo de microorganismos anaerobios que por lo general son gram negativos (QUASIER, 2002; LIESACK, 1997).

La zona que tiene menor cantidad de microorganismos anaerobios, en porcentaje de 15% es el suelo del cacaotal (26000 m.o/10g de suelo), que se debe a que en esta profundidad hay raíces que generan condiciones aeróbicas al sistema, por lo tanto, existiendo aireación del lugar, que genera condiciones no apropiadas para en sistema anaeróbico (QUAISER, 2002).

5.1.3. Variabilidad de mohos y levaduras

Según ROSCH *et al.* (2002), la evaluación de los mohos y levaduras, es diferente su biología y fisiología sienta estos organismos con amplio rango de resistencia al medio físico y ambiental al que se encuentra; que por lo general se encuentran en colonias.

Los resultados microbiológicos como se muestran, en la zona que tiene mayor promedio es el suelo del cacaotal (170000 m.o/10g de suelo), que según ROSCH *et al.* (2002), por lo general se debe a las condiciones óptimas en cuanto a la humedad relativa, temperatura y pH del suelo, cada hongo (mohos y levaduras) es específico para que su crecimiento sea óptimo.

El menor porcentaje 62%, fue el suelo de cacaotal a 20 cm con un promedio de (100000 m.o/10g de suelo), según ROSCH *et al.* (2002), que se debe a las condiciones del suelo, ya que por estar descubierto hay mayor incidencia de la luz al terreno, por lo tanto, generando mayor temperatura al suelo, esto hace que baje la densidad de los hongos en este tipo de suelo.

Para la profundidad del suelo de 60 cm, la zona que tuvo mayor densidad, en cuanto a hongos (moho y levaduras) fue el suelo de cacaotal (10000 m.o/10g de suelo), en esta profundidad se adopta una condición óptima

en cuanto a temperatura, humedad y pH del suelo, no teniendo competitividad para el crecimiento fúngico (ROSCH *et al.*, 2002 y INSAM, 2001). Caso contrario sucede para el suelo del bambusal que tiene un porcentaje de 37% con un promedio (6000 m.o/10g de suelo), como este suelo es óptimo para bacterias, hace que el fungí tenga competencia para su crecimiento normal, es por ello que esta se ve reducida en densidad poblacional (NUNAN, 2003 y ETTEMA *et al.*, 2002).

5.1.4. Variabilidad de actinomicetos

Los actinomicetos, destaca especialmente su morfología de tipo fúngico. Aunque en un principio se le consideró como hongos, posteriores estudios revelaron que se trataba en realidad de bacterias filamentosas ramificadas. Los actinomicetos están representados por formas saprofitas que producen un fuerte impacto sobre el ambiente, descomponiendo y transformando una gran variedad de residuos orgánicos complejos. Ampliamente distribuidos en la naturaleza, constituye una parte considerable de los fangos de los lagos y ríos y de los suelos. La mayoría de los actinomicetos en las que se han identificado geosmina y 2-metilisoborneol pertenecen al género *Streptomyces*, que se considera como el más probable inductor de problemas importantes de suministros del agua (Lechevalier (1992), citado por ROSCH *et al.*, 2002).

Según ROSKAK (1987), los actinomicetos en la zona que tiene mayor promedio a 20 cm es el suelo del bambusal (50000 m.o/10g de suelo), porcentaje 56 %, se debe a las condiciones óptimas y a la alimentación que este

necesita ya que son saprofitos, y conociendo que en esta área abunda materia orgánica compleja y no compleja, teniendo como indicador la alta densidad poblacional de bacterias aerobias, por lo tanto, teniendo estas condiciones óptimas abunda los actinomicetos para esta área. Para el caso de actinomicetos con menor porcentaje 44 %, con un promedio de (40000 m.o/10g de suelo) que corresponde al suelo de cacaotal, por lo general se debe al tipo suelo, ya que este es bajo en materia orgánica (alimento del actinomiceto) y también se debe a la relación directa con los microorganismos aerobios viables presentes en el lugar; por lo tanto, implica que la densidad poblacional de actinomicetos baje en el lugar de estudio (TORSVIK, 1990).

En cambio, para suelos con una profundidad de 60 cm, la zona con mayor promedio fue el suelo de bambusal (33000 m.o/10g de suelo) con 77 %, se debe a las condiciones óptimas del suelo para el desarrollo de actinomicetos, además en este lugar abunda los microorganismos anaerobios y hongos acondicionando de esta manera para la supervivencia de este (TORSVIK, 1990); Para el caso de la zona de cacaotal con menor porcentaje 23% con un promedio menor (10000 m.o/10g de suelo). Según TORSVIK (1990), que generalmente se debe a la densidad de microorganismos, como se conoce que en este lugar la densidad poblacional de bacterias aerobias, anaerobias y hongos es pobre, por lo tanto, existe una relación directa para supervivencia de los actinomicetos.

5.2. De la variabilidad de microorganismos promotores de crecimiento en diferentes usos de suelos

Los microorganismos aerobios mayor promedio global están en suelo de bambusal (216000 m.o/10g de suelo) a una profundidad de 60 cm de

profundidad. Las bacterias exceden la población de todos los otros grupos de microorganismos. Sin embargo, a pesar de su elevado número, la biomasa bacteriana es generalmente superada por biomasa fúngica del suelo (GÓMEZ, 2014).

La mayor variabilidad promedio global de microorganismos anaerobios se presentó en el suelo de bambusal (902000 m.o/10g de suelo), superior al suelo de cacaotal (169000 m.o/10g de suelo), el horizonte superficial obtuvo mayor número de microorganismos porque tener mayor abastecimiento de oxígeno y nutrientes, en tanto los horizontes más profundos y distintos tipos de suelo con bajo contenido de oxígeno y nutrientes, contienen una cantidad reducida de organismos (GÓMEZ, 2014).

Los mohos y levaduras tienen mayor variabilidad promedio total en suelo de cacaotal a 20 cm (276000 m.o/10g de suelo), mientras que en suelos bambusal a 60 cm fue de (16000 m.o/10g de suelo) respectivamente. Según GÓMEZ (2014), estos se encuentran cerca de la superficie del suelo, donde prevalece una condición aeróbica (con aire). Los hongos cumplen fundamentalmente dos funciones en los suelos: descomponen tejidos vegetales tales como celulosa y lignina, y su micelio forma redes alrededor de las partículas del suelo favoreciendo la formación de los agregados. Sin embargo, las levaduras juegan un papel importante en suelos erosionados o desérticos ya que como son fotosintéticos inician la acumulación de la materia orgánica en el área en estudio.

En el suelo bambusal se tiene el mayor promedio global de actinomicetos a 20 cm con 90000 m.o/10g de suelo, así mismo el suelo de cacaotal a 60 cm fue 43000 m.o/10g de suelo, respectivamente. Los actinomicetos son el segundo en abundancia, después de las bacterias. La microbiota fúngica y bacteriana por lo general prolifera inicialmente en la descomposición, en particular si el nitrógeno es abundante, mientras que los actinomicetos solo aparecen cuando ya han sido metabolizados los compuestos más fácilmente degradables y la presión competitiva ha disminuido (GÓMEZ, 2014).

VI. CONCLUSIONES

1. Mayor cuantificación de microorganismos se encuentra a una profundidad de suelo de 20 cm, siendo mayores los microorganismos anaerobios (903333 m.o/10g de suelo), mohos y levaduras (90000 m.o/10g de suelo); y a 60 cm de profundidad sobresalen los microorganismos aeróbicos (216667 m.o/10g de suelo).
2. La variación de microorganismos en el suelo, está dado por: tipos de suelo y tipos de microorganismos, existiendo mayor variación en suelo bambusal a 20 cm y 60 cm respectivamente. La mayor variabilidad de microorganismos se debe a la materia orgánica del suelo (en una relación directa a mayor materia orgánica será mayor el número de microorganismos), el pH en una relación inversa (a menor pH menor número de microorganismos).

VII. RECOMENDACIONES

1. Efectuar estudios de identificación de especies de microorganismos por densidad poblacional a nivel fisiográfico.
2. Efectuar estudio detallado de la influencia climatológica, ecológico, de suelo y cobertura vegetal en el comportamiento de la densidad poblacional de la fauna microbiana.
3. Emplear las técnicas de cultivo en placas, usando instrumentos más sofisticados para la estimación de la fauna microbiana.
4. Identificación de los microorganismos benéficos 'para su producción como organismos promotores de crecimiento vegetal o cultivos.

VARIABILITY OF MICROORGANISMS PROMOTERS OF VEGETABLE GROWTH IN TWO SOIL USE SYSTEMS IN TINGO MARÍA

VIII. ABSTRACT

The present research was carried out in the Universidad Nacional Agraria de la Selva's forest reserve (BRUNAS – acronym in Spanish), the location is 1.5 km from the city of Tingo Maria, Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huanuco department, Peru, with the purpose of quantifying the microorganisms that promote growth in the soil of cacao y bamboo and to evaluate the variability of the microorganisms that promote growth in soil of different types of use in the forest reserve. For the present work, the enumeration of aerobic and anaerobic microorganisms, mold and yeast and actinomyces was used for the quantification technique. To do this, a sample was taken, identifying two types in the zone of the BRUNAS. The greatest population density is found to be determined by the soil depth, which is to say, the closer to the surface of the soil, the greater variability that will be found in the microorganisms, and another of the indicators is the soil type. For which, is was obtained that the soil from the bamboo forest has a greater density of aerobic and anaerobic microorganisms, mainly, the material available for the population growth of the microorganisms is the organic matter and the pH of the soil, that at a greater acidity, the lower the variability of the microorganisms.

Keywords: Microorganisms, bamboo, cacao, soil.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) (1976) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th Edition, American Public Health Association, Washington DC, 1193 p.
- BARDGETT, R. D.; FRANKLAND, J. C.; WHITTAKER, J. B. 1993. The effects of agricultural management on the soil biota of some upland grassland. *Agriculture Ecosystems and environment* 45: 25-45 p.
- BARRER, S. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Bióloga, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander. 10 p.
- BITTON, G. 1994. Movement and retention of *Klebssiella aerogenes* in soil columns. *Plant and Soil* 40: 373-380.
- DIGHTON, J. 1997. The role of a biotic factors, cultivation practices and soil fauna in the dispersal of genetically modified microorganism in soils. *Applied soil ecology* 5:109-131.
- EBERSBERGER, D., WERMBTER, .N, NIKLAUS, P., KANDELER, E. 2004. Effects of long term CO2 enrichment on microbial community structure in calcareous grasslands. *Plant Soil* 264: 313-323.

- ETTEMA, C. H.; WARDLE, D. A. 2002. Spatial soil ecology. *Trends Ecol. Evol.* 17: 177-183.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1976. Training for Agriculture and Rural Development. Tema 2 de FAO economic and social development series, Food and Agriculture Organization. 144 p.
- FASSBENDER, H. 1992. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 3^{ra} reimpresión. IICA. San José, Costa Rica. 422 p.
- FUNDACIÓN ALEJANDRO ÁNGEL ESCOBAR, CEREC. 1993. Nuestra diversidad biológica. Santafé de Bogotá: La Fundación.
- GOMEZ, MA. 2014. Microbiología del suelo. [En línea]: (<https://www.researchgate.net/publication/263927401>, documentos, febrero 2018).
- GUTIÉRREZ, F. 2007. Plan de Ordenación del BRUNAS Tingo María. Tesis Magíster Scientiae en Manejo Forestal. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina
- INSAM, H. 2001. Developments in soil microbiology since the mid 1960s. *Geoderma* 100: 389-402.
- JAMES, B.; ERIC, W. 1997. Molecular microbial diversity in soil from eastern Amazonia: evidencia for unusual microorganisms an microbial populations shifts associated with deforestation. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:2.647-53.

- KEVAN, D. K.; MCE., 1990. The soil fauna its nature and biology. In: Ecology of soil borne plant pathogens, K. F. Baker and W. C. Snyder (Eds.) University of California press. Berkeley. USA. Pp. 187-209.
- KIRK, J. *et al.*, 2004. Methods of studying soil microbial diversity. *J. Microbiol. Meth.* 58: 169-188.
- LIESACK, W.; STACKEBRANDT, E. 1992. Occurrence of novel groups of the domain *Bacteria* as revealed by analysis of genetic material isolated from an Australian terrestrial environment. *J. Bacteriol.* 174: 5072-5078.
- LIESACK, W., JANSSEN, P., RAINEY, F., WARD-RAINEY, N., STACKERBRANDT, E. 1997. Microbial diversity in soil: the need for a combined approach using molecular and cultivation techniques. En *Modern soil microbiology* van Elsas, J. D., Trevors, J. T. and Wellington, E. M. H. (eds.). New York. Marcel Dekker Inc., p.p. 375-439.
- MEMORIAS DEL PRIMER SEMINARIO INTERNACIONAL DE LA BIODIVERSIDAD (MPSIB). 1992. Bogotá. Colombia.
- MENESES, L. 2005. Effect of meadow management on plant species diversity, aboveground phytomass yield and sodding process. PhD. Thesis. Czech University of Agriculture Prague.
- MEZA, F., DÍAZ, O., ESCOBAR, H., BELEZACA, C., CACHIPUENDO, J., MEZA, G., LÓPEZ, F., MEZA, C., MEZA, J., CACHIPUENDO J., CABRERA, V. 2017. Identificación de hongos micorrizicos en plantaciones de Melina (*Gmelina arborea* Roxb) en el Tropicó húmedo ecuatoriano. *Rev Inv Vet Perú* 2017; 28(4): 969-975.

- NUNAN, N. 2003. Spatial distribution of bacterial communities and their relationships with the micro-structure of soil. *FEMS Microbiol.* 203-215 pp.
- OKANO, Y., HRISTOVA, K., LEUTENEGGER, C., JACKSON, L., DENISON, R., GEBREYESUS, B., LEBAUER, D., SCOW, K. 2004. Application of real-time PCR to study effects of ammonium on population size of ammonia-oxidizing bacteria in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 1008-1016.
- PELCZAR, M., CHAN, E., KRIEG, N. 1993. Microbiología. México. Editorial McGraw Hill.
- PIMENTEL, F. 1997. Estadística Experimental. 12^{ava} edic. Edit Livraria Novel. Univ. Sao Paulo. Paracicaba, Estado do Sao Paulo-Brasil.
- PRITCHETT, W. L. 1991. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial LIMUSA. México, D. F.
- QUAISER, A., OCHSENREITER, T., KLENK, H., TREUSCH., MEURER, G., ECK, J., SENSEN, C., SCHLEPER, C. 2002. First insight into the genome of an uncultivated chrenarchaeote from soil. *Environ. Microbiol.* 4: 603-611.
- ROSCH, C.; MERGEL, A.; BOTHE, H. 2002. Biodiversity of denitrifying and dinitrogen-fixing bacteria in an acid forest soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 3818-3829.
- SMITH S, READ D. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd ed. USA: Academic Press. 800 p.
- STANTON, N. L. 1998. The underground in grasslands. *Ann. Rev Ecol. Syst.* 19, 553-589.

- THOMPSON, L. M.; TROEH, F. R. 1998. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona España, pp. 135-169.
- TORSVIK, V., GOKSOYR, J., DAAE, F.L. 1990. High Diversity in DNA of Soil Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 782-787.
- TREJO D, FERRERA R, GARCIA R, VARELA L, LARA L, ALARCÓN A. 2011. Efectividad de siste consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Rev Chil Hist Nat* 84: 23- 31 p.
- VAN DER HEIJDEN M, KLIRONOMOS JN, URSIC M, MOUTOGLIS P, ESTREITWOLF R, BOLLER T, WIEMKEN A, SANDERS I. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity.
- 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. 1045.
- ZANCADA, M. C.; SÁNCHEZ, A. 1994. Papel de los nematodos en la biología del suelo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)*. 91, 49-56.
- ZAVALA, W. 1999. Estudio morfopedológico como base para la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Tesis Magíster Scientiae en Suelos. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXO

Anexo A. datos climatológicos y de suelo en estudio

Cuadro 9. Datos meteorológicos en el periodo de ejecución del trabajo

| Mes | Temperatura media (°C) | Humedad relativa media (%) | Precipitación total (mm) |
|-----------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Mayo | 25.10 | 84.10 | 106.00 |
| Junio | 24.75 | 82.55 | 131.80 |
| Julio | 24.64 | 90.30 | 108.60 |
| Agosto | 25.11 | 82.20 | 136.20 |
| Setiembre | 25.21 | 83.90 | 307.00 |
| Octubre | 25.65 | 82.30 | 313.55 |
| Noviembre | 25.50 | 84.60 | 525.30 |

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones – UNAS (2017).

Cuadro 10. Datos fisicoquímicos correspondientes al tipo de suelo

| TIPO DE SUELO | HORIZONTES (cm) | | | MATERIA ORGÁNICA (%) | | pH |
|---------------|-----------------|---------|---------|----------------------|-------|------|
| | Hoz "O" | Hoz "A" | Hoz "B" | 20 cm | 60 cm | |
| Cacaotal | 8.00 | 13.00 | 26.00 | 1.30 | 0.45 | 4.40 |
| Bambusal | 6.00 | 12.00 | 22.00 | 1.60 | 1.20 | 3.80 |

Anexo B. Fotografías de microorganismos: Aerobios, Anaerobios, Mohos y Levaduras y Actinomicetos y Mapa de ubicación política y muestrales.

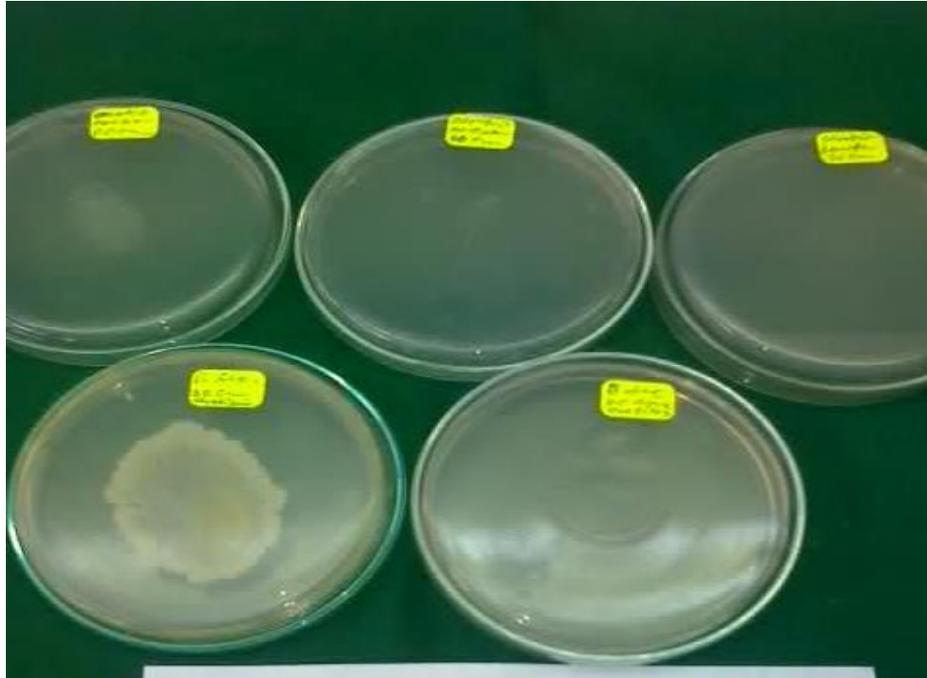


Figura 23. Bacterias aeróbicas.

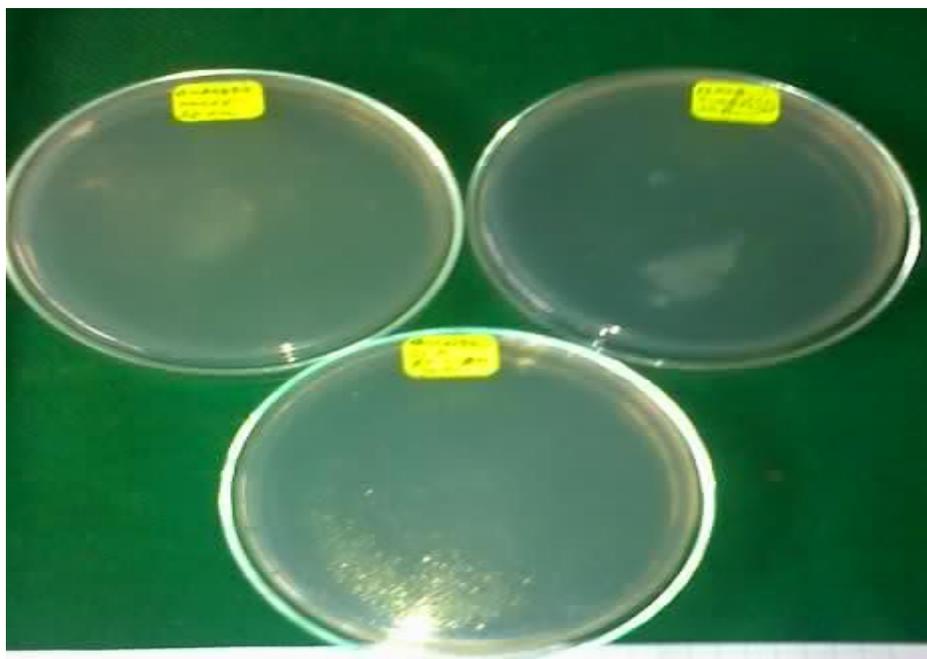


Figura 24. Bacterias anaeróbicas.



Figura 25. Mohos y levaduras.

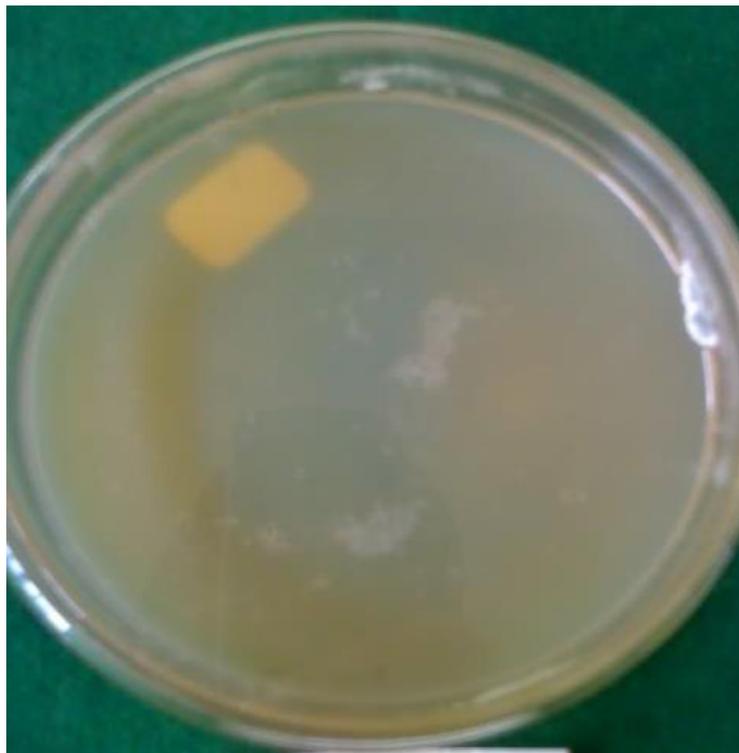


Figura 26. Actinomicetos.



Figura 27. Recuento de unidades formadoras de colonia (UFC).