

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA COMO INDICADOR DE INCREMENTO DE ACTINOMICETOS EN SISTEMAS DE CULTIVO DE ARROZ CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICO TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR
GÉNESIS NICOLE ZAMBRANO VULGARÍN

TUTOR
ING. DIEGO ARMANDO ARCOS JÁCOME M.Sc.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Diego Armando Arcos Jácome, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA COMO INDICADOR DE INCREMENTO DE ACTINOMICETOS EN SISTEMAS DE CULTIVO DE ARROZ CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICO", realizado por la estudiante ZAMBRANO VULGARÍN GÉNESIS NICOLE; con cédula de identidad N°131546508-6 de la carrera Ingeniería Ambiental, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Diego Armando Arcos Jácome M. Sc,

Guayaquil, 21 de agosto del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA COMO INDICADOR DE INCREMENTO DE ACTINOMICETOS EN SISTEMAS DE CULTIVO DE ARROZ CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICO", realizado por el estudiante ZAMBRANO VULGARÍN GÉNESIS NICOLE, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,	
	oinoza Morán M. Sc. SIDENTE
Ing. Luis Morocho Rosero M. Sc. EXAMINADOR PRINCIPAL	Ing. Diego Arcos Jácome M. Sc. EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Xavier Vélez Gavilánez M. Sc. EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 11 de agosto del 2020

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico primordialmente a mis padres: Edgar y Maribel por brindarme su ayuda y motivación para que yo culmine esta carrera, a mis hermanos Belén, Eduardo y Aarón que me sirvieron de inspiración, a mi tía Vicky y mi viejita Teodora por su apoyo incondicional. De manera muy especial a la memoria de mi tío Oswaldo que siempre anheló verme como profesional, a mis compañeros con quienes hemos pasado cada etapa de este proceso de formación, a los docentes por su arduo trabajo como formadores de criterio, a todos y cada uno de ustedes gracias por sus consejos y palabras de aliento.

Agradecimiento

Este proyecto va dirigido a Dios ya que sin su bendición, amor y salud no hubiera sido posible. Agradezco a la universidad por la oportunidad que me dio para formarme en sus instalaciones. También al Ing. Diego Arcos Jácome, M.Sc. por el apoyo brindado en la dirección de este trabajo gracias a sus conocimientos y ayuda pude concluir con éxito, a mi madre y padre que estuvieron siempre pendientes y apoyándome para que culmine todas las etapas de mi carrera.

6

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, ZAMBRANO VULGARÍN GÉNESIS NICOLE, en calidad de autora del proyecto

realizado, sobre "EVALUACIÓN DE TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA

COMO INDICADOR DE INCREMENTO DE ACTINOMICETOS EN SISTEMAS DE

CULTIVO DE ARROZ CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICO" para optar el

título de Ingeniero Ambiental, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD

AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen

o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de

investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente

autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en

los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su

Reglamento.

Guayaquil, 21 de agosto del 2020

ZAMBRANO VULGARÍN GÉNESIS NICOLE

C.I. 131546508-6

Índice general

Portada	1
Aprobación del tutor	2
Aprobación del tribunal de sustentación	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras	11
Resumen	13
Abstract	14
1. Introducción	15
1.1 Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	18
1.5 Objetivo general	18
1.6 Objetivos específicos	19
2. Marco teórico	19
2.1 Estado del arte	19
2.2 Bases teóricas	21
2.2.1 Suelo	21

2.2.2 Propiedades físicas del suelo	. 22
2.2.3 Composición del suelo	. 22
2.2.4 Biología del suelo	. 22
2.2.5 Actinomicetos	. 23
2.2.6 Características y funciones de los actinomicetos	. 25
2.2.6.1 Características	. 25
2.2.6.2 Funciones	. 26
2.2.7 Clasificación de los Actinomicetos	. 26
2.2.8 Importancia ambiental de Actinomicetos	. 27
2.2.9 Compostaje de Vaca	. 28
2.2.10 Compostaje de Cerdo	. 28
2.3 Marco legal	. 28
2.3.1. Constitución del Ecuador	. 28
2.3.2. Parámetros de Calidad de Suelo (TULSMA)	. 29
3. Materiales y métodos	. 29
3.1 Enfoque de la investigación	. 29
3.1.1 Tipo de investigación	. 29
3.1.2 Diseño de investigación	. 30
3.2.1 Variables	. 30
3.2.1.1. Variable independiente	. 30
3.2.1.2. Variable dependiente	. 30
3.2.2 Tratamientos	. 30
3.2.3 Diseño experimental	. 31
3.2.3.1 Diseño completamente al azar	. 31
3.2.4 Recolección de datos	. 31

3.2.4.1. Recursos
3.2.4.2. Métodos y técnicas
3.2.5 Análisis estadístico
3.2.5.1 Hipótesis nula y alternativa 37
4. Resultados 38
4.1 Caracterización del suelo de los sistemas de cultivo convencional y
agroecológico mediante análisis microbiológico 38
4.2 Evaluación de los tres tratamientos de materia orgánica para el
incremento de actinomicetos en los suelos en estudio 42
4.3 Planteamiento de un método de remediación del suelo para el
incremento de actinomicetos como parte del mejoramiento de la calidad del
suelo agrícola49
5. Discusión 51
Conclusiones 55
6. Recomendaciones 56
8. BIBLIOGRAFÍA 57
9. ANEXOS

Índice de tablas

Tabla 1: Cultivo de arroz agroecológico y convencional. 31
Tabla 2: Número de colonias en diluciones de suelo convencional. 38
Tabla 3: Número de colonias en diluciones de cultivo agroecológico 40
Tabla 4: Número de colonias en diluciones de suelo sin cultivar. 41
Tabla 5: Número de colonias resutado del tratamiento 1, día 21, compost de
bovino
Tabla 6: Resultados de número de colonias de actinomicetos en tratamiento dos
mediante uso de compost de cerdo, día 2143
Tabla 7: Resultados de número de colonias de actinomicetos en tratamiento dos
mediante uso de compost de cerdo y compost bovino, día 21 44
Tabla 8: Análisis ANOVA47
Tabla 9: Análisis de varianza
Tabla 10: Análisis de promedio
Tabla 11: Hipótesis

Índice de figuras

Figu	ra 1: Mapa de ubicación de zonas de recolección de muestras	. 38
Figu	ira 2: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Ye	east
Extract	Agar	. 39
Figu	ra 3: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Ye	east
Extract	Agar	. 40
Figu	ra 4: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Ye	east
Extract	Agar	. 41
Figu	ıra 5: Tratamiento 1, compost de bovino, día 21	. 42
Figu	ra 6: Tratamiento 2, uso de compost de cerdo, día 21	. 43
Figu	ura 7: Tratamiento 3, mezcla entre compost bovino y compost de cer	rdo,
datos c	del día 21	. 45
Figu	ra 8: Recolección de muestras iniciales, sistema de cultivo agroecológ	ico.
		. 64
Figu	ıra 9: Almacenamiento de muestras	. 64
Figu	ıra 10: Área de cultivo agroecológico	. 65
Figu	ıra 11: Delimitación de zona de tratamientos	. 65
F	Figura 12: Preparación de compost para tratamientos	. 66
Figu	ıra 13: Inicio de tratamientos en sistema de cultivo	. 66
Figu	ıra 14: Mezcla de compost con sistema de cultivo	. 67
Figu	ıra 15: Medición de la muestra de suelo	. 67
Figu	ıra 16: Preparación de diluciones de muestras de suelo	. 68
Figu	ıra 17: Preparación de muestras madre	. 68
Figu	ıra 18: Preparación de diluciones	. 69
Figu	ıra 19: Pesado del Yeast Extract Agar	69

Figura 20: Proceso de dilución del agar70
Figura 21: Preparación del Yeast Extract Agar
Figura 22: Preparación del Yeast Extract Agar
Figura 23: Inicio de tratamientos, cultivos en Agar en cámara de flujo laminar.
71
Figura 24: Utilización de cámara de flujo laminar72
Figura 25: Crecimiento de colonias, días 7, 14, 21, sistema de cultivo
convencional Zambrano, 202072
Figura 27: crecimiento de colonias de actinomicetos, días 7, 14, 21 muestra de
suelo testigo
Figura 26: crecimiento de colonias de actinomicetos, día 7, 14, 21, cultivo
agroecológico73
Figura 28: colonias <i>Nocardiopsis.</i>
Figura 29: colonias Streptomyces

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar 3 tratamientos para el incremento de actinomicetos en el suelo de sistemas de cultivos de arroz; se utilizó compostaje estiércol de bovino, porcino, y la mezcla de ambos para ello. Se recolectaron 15 muestras de suelo en el sistema de cultivo convencional de la finca "El renacer" y 15 muestras de suelo en el sistema de cultivo agroecológico en la finca "Macara" ubicadas en el cantón de Daule realizándolo antes de iniciar y después finalizar los tratamientos con el fin de compararlos. Para el aislamiento de actinomicetos se realizaron diluciones de las muestras y se dejó incubar en el medio de cultivo Yeast Extract, se seleccionaron alrededor de 15 cepas de actinomicetos en función de sus características morfológicas y se encontró que la mayoría de las cepas presentaron características secas, acuminadas, color blanco grisáceo presentando un ligero olor a tierra perteneciendo al género Streptomyces. También se encontraron colonias húmedas, pastosas, surcadas, color blanco- amarillenta, características del género Nocardiopsis. La comparación de resultados de los tratamientos indicó que el tratamiento de compostaje de cerdo fue el más óptimo en el crecimiento de colonias de actinomicetos debido a la cantidad de nutrientes que brinda a la actividad microbiana del suelo.

Palabras claves: Actinomicetos, agroecológico, compostaje, convencional, colonias.

Abstract

The objective of this study was to evaluate 3 treatments for the increase of

actinomycetes in the soil of rice crop systems; composting cattle manure, pig

manure, and the mixture of both were used for this. 15 soil samples were collected

in the conventional farming system of the farm "El renacer" and 15 soil samples in

the agro-ecological farming system at the farm "Macara" located in the canton of

Daule performing it before starting and then finishing the treatments in order to

compare them. For the isolation of actinomycetes dilutions of the samples were

made and incubated in the culture medium Yeast Extract. about

15 strains of actinomycetes according to their morphological characteristics and it

was found that most of the strains had dry, acuminate, greyish white characteristics

presenting a slight odor to land belonging to the genus Streptomyces. Humid, pasty,

furrowed, yellowish-white colonies characteristic of the genus Nocardiopsis were

also found. The comparison of treatment results indicated that the treatment of pig

composting was the most optimal in the growth of actinomycetes colonies due to

the amount of nutrients it provides to soil microbial activity.

Keywords: Actinomycetes, agroecological, composting, conventional, colonies.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La actividad antropogénica que genera mayor alteración en los ecosistemas es la agricultura que se ha incrementado a lo largo de la historia. Se calcula que el 34% de la superficie terrestre, se utiliza directamente en cultivos, para la producción de alimentos o fibras, en la fracción orgánica del suelo se encuentran presentes los microorganismos y representan menos del 5% del total del suelo (Rodriguez, 2018).

Los suelos se degradan fisicoquímica y biológicamente, los microorganismos como los actinomicetos son los indicadores de la calidad de suelo por responder a distintos cambios en periodos cortos, la pérdida en la salud del suelo se debe a la disminución de funciones de la comunidad microbiana (FAO Food and Agriculture Organization, 2014). Un sistema dinámico de actividad microbiana es el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el incremento de los procesos metabólicos de bacterias, hongos, algas y actinomicetos y de su acción sobre los substratos orgánicos (Portilla, 2011).

Los actinomicetos es un término no taxonómico para un grupo de microorganismos comunes del suelo, a veces llamados "bacterias de hilo o rayo" (Franco, 2013). Descomponen materiales orgánicos más resistentes como la quitina, un azúcar complejo que se encuentra en el esqueleto externo de los insectos y en otros lugares (Loynachan, 2012). Son microorganismos del suelo juegan un papel importante en el reciclaje de productos orgánicos, en el medio ambiente mediante la producción de enzimas hidrolíticas, pueden degradar polímeros complejos (Bhatti, 2016).

Estos mejoran la disponibilidad de nutrientes y minerales, reguladores de crecimiento de plantas sintetizados y, especialmente, son capaces de inhibir los fitopatógenos (Tarabily, 2016). Realizan funciones como la solubilización de

fosfato, la producción de sideróforos y la fijación de nitrógeno. Además, no contaminan el ambiente; en cambio, ayudan a mantener el equilibrio biótico de suelo cooperando con el ciclo de nutrientes (Pineda, 2014).

Son responsables de la degradación de los pesticidas y herbicida, con varias estructuras químicas diferentes, incluyendo organoclorados, s-triazinas, triazinonas, carbamatos, organofosfatos, organofosfonatos, acetanilidas y sulfonilureas. Poseen muchas propiedades que los hacen buenos contendientes para aplicación en biorremediación de suelos contaminados con contaminantes orgánicos (Ahemad, 2015).

Las diferentes cepas de actinomicetos generalmente producen diferentes compuestos que ayudan a aumentar el aislamiento y detección de nuevas cepas para descubrir nuevos compuestos (Ahmadzadeh, 2014). En algunos sitios contaminados, los actinomicetos representan el grupo dominante entre los degradadores (Torres, 2013). Estas especies tienen la capacidad de vivir en un ambiente aceitoso, entonces estos microorganismos pueden aplicarse en biorremediación para deducir contaminantes del petróleo.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Al intensificar la producción de cultivos de forma drástica se provoca impactos negativos en los recursos naturales que son la base de la producción agrícola haciendo que se degrade el suelo y que no se mantenga un sistema de producción sustentable, ocasionando que los agricultores incrementen el uso de productos químicos y expandan la frontera agrícola, disminuyendo áreas naturales importantes para la diversidad y la conservación (Abi-Saab, 2016).

La agricultura convencional utiliza varios productos químicos y técnicas erróneas de trabajo que reduce la vida subterránea, disminuyendo la resistencia natural de las plantas a enfermedades y plagas. Al combatir las plagas y las adventicias con herbicidas y plaguicidas se ocasionan más ataques parasitarios que obligan a aumentar la potencia o la cantidad de sustancias químicas, que a su vez destruyen la vida microbiana subterránea. (Montesinos, Valladares, Moya, & Escudero, 2016) Los actinomicetos son agentes de control biológico, la eliminación de patógenos se puede producir en el suelo por parte del antagonista, cuando tanto el patógeno como el antagonista se introducen en el suelo antes de la siembra de los cultivos a proteger, seguido de un periodo de incubación, logrando así un biocontrol eficaz (León, 2016). Debido a esto se ha comprobado que los microorganismos como hongos y bacterias han demostrado la capacidad de controlar patógenos, al igual que los actinomicetos (Gonzalez, 2012).

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo se relaciona la presencia de actinomicetos con la aplicación de materia orgánica en suelo agrícola?

1.3 Justificación de la investigación

El suelo se encuentra continuamente deteriorado debido a la quema y retiro de los residuos de una cosecha de arroz, provocando su degradación, perdiendo nutrientes contribuidos por los rastrojos, por lo tanto, se obliga la utilización de fertilizantes para restaurar el deterioro. Como consecuencia del flujo convectivo continuo de las cenizas y como por acción del aire y el viento, puede tener un efecto significativo a la pérdida del C, S y N en la combustión (Contreras, 2011).

Las elevadas temperaturas de la combustión producen afectaciones a los microorganismos y a la disminución de microfauna del suelo, importante para los procesos que interactúan en la estructura y fertilidad del suelo (Vázquez, 2012).

Los plaguicidas son utilizados para combatir plagas que atacan al cultivo y se encuentran afectando significativamente a los microorganismos en el suelo como bacterias, hongos, entre otros, que aportan un papel vital para el suelo, como la degradación de la materia orgánica y mantenimiento de la estructura del suelo, modificando el equilibrio fisicoquímico del suelo (Benavides, 2014).

Los actinomicetos son parte de los microorganismos del suelo; conforman un grupo heterogéneo de microorganismos Gram positivos, bacterias filamentosas ampliamente distribuidas en el medio ambiente aerobio, poco tolerante a la acidez, por lo que se desarrollan de forma óptima en un pH próximo a la neutralidad (Parada, 2016). Los actinomicetos equilibran el suelo como un ecosistema dinámico efectuando reacciones bioquímicas que se involucran en el proceso de formación de humus, la alimentación de las plantas al mineralizar la materia orgánica y el ciclo del carbono (Gonzalez, 2012).

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Se ejecutará en los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador.
- **Tiempo**: El tiempo estimado de ejecución es de 3 meses.
- **Población:** El sector arrocero de la región costa.

1.5 Objetivo general

Evaluar tres fuentes de materia orgánica como indicador de incremento de actinomicetos en sistemas de cultivo de arroz convencional y agroecológico.

1.6 Objetivos específicos

- Caracterizar los suelos de los sistemas de cultivo convencional y agroecológico mediante análisis microbiológico.
- Evaluar tres tratamientos de materia orgánica para el incremento de actinomicetos en los suelos en estudio.
- Plantear un método de remediación del suelo para el incremento de actinomicetos como parte del mejoramiento de la calidad del suelo agrícola.

1.7 Hipótesis

La aplicación de la materia orgánica incrementará la presencia de actinomicetos en suelos agrícolas.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Según Shameemullah (2010) "La influencia de la tensión de la humedad en el crecimiento y la supervivencia". Se estudió el efecto de diferentes tensiones de humedad sobre el crecimiento y la supervivencia de actinomicetos en poblaciones puras y mixtas en suelos arenosos. Los estreptomicetos crecieron más en espacios de poros que estaban húmedos y llenos de aire, y el crecimiento se redujo en poros con registro de agua y su tolerancia a las altas tensiones de humedad fue mayor que la de sus propias hifas vegetativas o las células de las bacterias no esporas. Se descubrió que el secado del suelo antes de la preparación de las placas de dilución ayuda al aislamiento selectivo de estreptomicetos en presencia de bacterias que no esporan.

Se realizó un estudio de la actividad antibacteriana de actinomicetos aislados de diferentes muestras de suelo de Sheopur (una ciudad del centro de India), el objetivo principal estudio fue el aislamiento, la purificación y la caracterización de

actinomicetos de muestras de suelo, que tienen actividad antimicrobiana contra 12 cepas patógenas seleccionadas. Se tomaron muestras de suelos de diferentes hábitats de nicho del distrito de Sheopur, Madhya Pradesh, India. Estos aislamientos tenían actividad antibacteriana y podrían usarse en el desarrollo de nuevos antibióticos para fines farmacéuticos o agrícolas. (Gopalan, 2013)

Según Mehenderkar (2017) en su estudio de aislamiento y caracterización de actinomicetas del suelo de ad-dawadmi, arabia saudita y examen de sus actividades antibacterianas, caracterizó nuevos actinomicetos y evaluó su actividad antibacteriana contra bacterias patógenas resistentes a los medicamentos. Los extractos brutos de actinomicetos potenciales se produjeron por fermentación sumergida. La actividad antimicrobiana de extractos crudos de actinomicetos se probó contra diferentes bacterias utilizando el método de difusión de pozos de agar.

Según (Nasrabadi, 2013), en su estudio "Distribución de actinomicetos en diferentes ecosistemas del suelo y efecto de la composición de los medios sobre la actividad extracelular de la fosfatasa": En este estudio se tomaron noventa y siete muestras de diferentes ecosistemas de suelos (bosques, pastizales, tierras de cultivo de secano e irrigadas), se informaron que el número de actinomicetos fue de 10 ⁵ ufc g ⁻¹suelo en cada suelo estudiado, lo que destaca que el crecimiento de actinomicetos no se vio afectado por el contenido de sal. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que el número de actinomicetos se vio afectado por la salinidad del suelo al comparar los usos del suelo bajo riego y de secano. Para cuantificar los números de actinomicetos en diferentes ecosistemas del suelo, se usaron recuentos de placas de dilución en muchos estudios, usando esta metodología, el tamaño de la comunidad puede alcanzar fácilmente más de 10 ⁶ cfu g ⁻¹ del suelo que aparentemente no puede reflejar el número real de actinomicetos en el suelo.

Sin embargo, el método de conteo de placas se consideró útil en la evaluación de la abundancia de actinomicetos comunes en el suelo. El alto contenido de sal mata a los microorganismos sensibles, mientras que otros microorganismos pueden adaptarse a las condiciones salinas. Los análisis indican que las salinidades más bajas se encontraron en bosques y suelos de regadío. La salinidad del suelo de secano fue intermedia y la mayor salinidad se observó en los pastizales informaron que el número de actinomicetos fue de 10 ⁵ ufc , lo que destaca que el crecimiento de actinomicetos no se vio afectado por el contenido de sal. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que el número de actinomicetos se vio afectado por la salinidad del suelo al comparar los usos del suelo bajo riego y de secano.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 **Suelo**

Los suelos son mezclas complejas de minerales, agua, aire, materia orgánica e innumerables organismos que son restos en descomposición de los seres que alguna vez vivieron (FAO Food and Agriculture Organization, 2019). Se forma en la superficie de la tierra: es la "piel de la tierra". Suelo es capaz de soportar la vida vegetal y es vital para la vida en la tierra (Minambiente, 2016).

El suelo, como se define formalmente en el Glosario de Términos de Ciencia del Suelo de la Sociedad de Ciencias del Suelo de América, es (Gopalakrishnan, 2016):

- 1. 1 El material mineral u orgánico no consolidado en la superficie inmediata de la tierra que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres.
- 2. La materia mineral u orgánica no consolidada en la superficie de la tierra que ha sido sometida y muestra los efectos de factores genéticos y ambientales de: clima (incluyendo agua y efectos de temperatura), y

macro y microorganismos, condicionados por alivio, actuando sobre los padres material durante un período de tiempo.

2.2.2 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo tienen un profundo efecto sobre cómo los suelos influyen en el suelo calidad y productividad. Muchas veces la calidad del suelo es impulsada por las propiedades físicas del suelo que determinan los niveles de nutrientes y humedad en los suelos. Las propiedades del suelo incluyen la textura del suelo, la densidad aparente, capacidad de retención de agua, contenido de materia orgánica, estructura del suelo, color del suelo y consistencia del suelo (Ragnarsdóttir, 2015).

2.2.3 Composición del suelo

Los suelos están compuestos por cuatro componentes principales (Fao Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016):

- Partículas minerales de diferentes tamaños.
- Materiales orgánicos de los restos de plantas y animales muertos.
- Agua que llena espacios de poros abiertos.
- Aire que llena los espacios de poros abiertos.

El uso y la función de un suelo dependen de cantidad de cada componente. Por ejemplo, un buen suelo para el cultivo de plantas agrícolas tiene aproximadamente 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% aire y 25% de agua.

2.2.4 Biología del suelo

Una función crítica del suelo es proporcionar un hogar para organismos. La biota del suelo juega un papel integral en ecosistemas del suelo mediante la descomposición de las hojas, derribado troncos y animales, y también proporcionar

el primario fuente de nutrientes para la vegetación (Fao Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015).

La descomposición es uno de los roles más críticos que la biota del suelo juega en un ecosistema. Sin descomposición eficiente, material orgánico haría acumularse en la superficie del suelo y los nutrientes estar atado dentro del material. La descomposición es iniciada inmediatamente cuando una hoja, ramita o fruto golpea el suelo. Una vez en la superficie del suelo, biota comienza a descomponer físicamente el material, creando más superficie para que la flora pueda adherirse (Minkwitz, 2016).

2.2.5 Actinomicetos

Los actinomicetos son aeróbicos, esporas de formación de bacterias grampositivas, que pertenecen al orden Actinomycetales caracterizado con sustrato y de la antena micelio crecimiento. Son los organismos más abundantes que forman filamentos con forma de hilo en el suelo y son responsables del olor característicamente "terroso" de un suelo sano recién convertido. Desempeñan papeles importantes en el ciclo de la materia orgánica; inhibe el crecimiento de varios patógenos de plantas en la rizosfera y descompone mezclas complejas de polímero en plantas muertas, animales y materiales fúngicos, lo que resulta en la producción de muchas enzimas extracelulares que conducen a la producción de cultivos. La contribución principal en el amortiguamiento biológico de los suelos, el control biológico de los ambientes del suelo por la fijación de nitrógeno y la degradación de compuestos de alto peso molecular como los hidrocarburos en los suelos contaminados son características notables de los actinomicetos. Mejoran la disponibilidad de nutrientes, minerales, aumentan la producción de metabolitos y promueven los reguladores del crecimiento de las plantas, las actinobacterias no

contaminan el medio ambiente, sino que ayudan de manera sostenible a mejorar la salud del suelo mediante la formación y estabilización de pilas de compost, la formación de humus estable y se combinan con otros microorganismos del suelo para descomponer los residuos vegetales difíciles como la celulosa y los residuos animales para mantener el equilibrio biótico del suelo mediante la cooperación con el ciclo de nutrientes, la población de actinomicetos es mayor en los suelos de la capa superficial y disminuye gradualmente a medida que aumenta la profundidad. Las cepas individuales de actinomicetos están presentes en todas las capas del suelo, morfológicamente se parecen a los hongos debido a sus células alargadas que se ramifican en filamentos o hifas. Estas hifas se pueden distinguir de las hifas fúngicas en función del tamaño con las hifas de actinomicetos mucho más pequeñas que las hifas fúngicas (Nawani N., 2014).

Producen una amplia variedad de compuestos relevantes a nivel industrial y médico (antibióticos, quimioterapéuticos, fungicidas, herbicidas e inmunosupresores). Los números de actinomicetos son generalmente de uno a dos órdenes de magnitud más pequeños que la población bacteriana total (Nawani L., 2015).

Los actinomicetos han demostrado su capacidad para producir una variedad de metabolitos secundarios bioactivos y, por esta razón, el descubrimiento de nuevas moléculas de plomo antibióticas y no antibióticas a través de la detección de metabolitos secundarios microbianos es cada vez más importante (Chamikara, 2016). El género *Streptomyces* se ha investigado predominantemente, principalmente por su dominio y la facilidad de aislamiento de las placas de dilución y por el interés comercial mostrado en los antibióticos producidos por ciertos *Streptomyces spp*.

2.2.6 Características y funciones de los actinomicetos.

2.2.6.1 Características

Crecen en medios simples o minerales con desarrollo más lento que el de una bacteria ordinaria y son importantes causas potenciales de infecciones serias en humanos y animales. Estos microorganismos que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, se encuentran principalmente en suelos, plantas y vegetación en general, aunque también se pueden aislar de la piel, orofaringe y tracto gastrointestinal del hombre y animales. El hombre puede infectarse con este tipo de bacterias por inhalación o contagio directo de una herida o traumatismo abierto. Los géneros que suelen causar infecciones en el ser humano son Mycobacterium, Nocardia, Corynebacterium, Streptomyces, Actinomadura y Rhodococcus. EL género Mycobacterium incluye especies causantes de enfermedades como tuberculosis, lepra y otros granulomas crónicos más o menos necrosantes, limitados o extensivos, entre ellas se considera la especie tipo a M. tuberculosis. El género Nocardia concretamente N. asteroides y N. brasiliensis son responsables de la mayor parte de las infecciones sistémicas originadas por estos microorganismos, N. brasiliensis, N. asteroides, S. somaliensis y A. madurae son agentes etiológicos de micetoma. El género Rhodococcus se ha asociado a infecciones de heridas, abscesos, infecciones pulmonares y osteomielitis.

Los actinomicetos poseen diversas características que son tomadas en cuenta para su identificación tales como: su fisiología donde hay formas oxidativas y fermentativas; microscópicamente presentan cambios en su morfología dependiendo de los géneros, pudiendo ser cocobacilar, difteroide o filamentosa, de modo análogo, el aspecto macróscopico de las colonias puede ser similar al de una bacteria ordinaria o presentar hifas aéreas recordando la morfología de los hongos

filamentosos. En su clasificación se consideran tipo y estabilidad del micelio, variedad, número y disposición de las esporas, formación de esclerotes y esporangios; también se toma en consideración la resistencia al calor como propiedad física; y la composición química de la pared celular, principalmente su contenido de aminoácidos, ácidos micólicos, y carbohidratos (Hayashida, 2016):

2.2.6.2 Funciones

Los Actinomicetos del suelo agrupan pequeñas colonias las cuales se dividen con las siguientes funciones (Moreno, 2015):

- Fuente de productos naturales y antibióticos, por ejemplo, estreptomicina.
- Produce geosmina, el compuesto que le da al suelo y al agua un olor característico a tierra.
- Capaz de degradación de moléculas orgánicas complejas.
- Capaz de fijación biológica de nitrógeno con especies de Frankia
 no asociada a leguminosas

2.2.7 Clasificación de los Actinomicetos

Los actinomicetos se clasifican en 7 familias. La clasificación se basa en estructuras hifales y reproductivas.

Familia 1: Streptomycetaceae tienen hifas no fragmentadas, micelio aéreo con cadenas de esporas con 5 a 50 o más conidias por cadena, por ejemplo, Streptomyces, Microdlobaspone y Sporictilhya.

Familia 2: Nocardiaceae tienen hifas típicamente fragmentadas, por ejemplo, Nocardia, Pseudonocardia.

Familia 3: Micromononsporacea tienen has hifas conidias no fragmentadas nacen solas o en pares o en cadenas cortas, por ejemplo, Micromonospora, Thermonospora, Thermonospora, Thermonospora, Actinobifida.

Familia 4: Actinoplanacea, los esporangios llevan las esporas. El diámetro de la hifa varía de 0.2 a 2.0 μm, por ejemplo, Streptosporangium, Actinoplanes, Plasmobispora y Dactylosporangium.

Familia 5: Dermatophilacea, los fragmentos de hifas se dividen para formar un gran número de estructuras móviles redondas, por ejemplo, Geodermatophilus.

Familia 6: Frankiaceae está estrictamente asociado con la raíz de la planta no leguminosa y forma nódulos de raíz, por ejemplo, Frankia.

Familia 7: *Actinomycetaceae* no se produce myceluim verdadero, generalmente estrictamente para anaerobios facultativos, por ejemplo, *Actinomyces*. Debido al desarrollo de técnicas modernas de biología molecular como la secuenciación de ARNr 16S, la filogenia y la relación, el micelio tiene los siguientes criterios. (Ashwathi, 2013)

2.2.8 Importancia ambiental de Actinomicetos

Entre varios géneros de actinomicetos; *Streptomyces, Saccharopolyspora, Amycolatopsis, Micromonospora y Actinoplanes* son los principales productores de biomoléculas comercialmente importantes (Serrano, 2013). Los actinomicetos, especialmente las especies de *Streptomyces,* son ampliamente reconocidos como microorganismos de importancia industrial, ya que son una rica fuente de varios productos naturales bioactivos útiles con aplicaciones potenciales y son productores prolíficos de metabolitos secundarios, muchos de los cuales tienen importancia comercial como antibióticos, antiparasitarios y agentes antifúngicos, herbicidas, pesticidas, anticancerígenos o inmunosupresores, así como enzimas de importancia industrial (Rosero, 2016). De todas las drogas conocidas, el 70% han sido aisladas de la bacteria Actinomycetes y de las cuales el 75% y el 60% se usan en medicina y agricultura, respectivamente. Los metabolitos secundarios, en

gran medida, son específicos de cada especie y, en contraste con los metabolitos primarios, a menudo se acumulan en cantidades sustanciales, lo cual es un factor clave en su importancia comercial (García, 2015).

2.2.9 Compostaje de Vaca

El estiércol de vaca es rico en materiales orgánicos y rico en nutrientes. Contiene aproximadamente 3 por ciento de nitrógeno, 2 por ciento de fósforo y 1 por ciento de potasio (3-2-1 NPK). El estiércol del ganado se compone básicamente de hierba y granos digeridos, este tipo de estiércol no es tan rico en nitrógeno como muchos otros tipos; sin embargo, los altos niveles de amoníaco pueden quemar las plantas cuando se aplica directamente el estiércol fresco. El estiércol de vaca, puede proporcionar numerosos beneficios al jardín (Tilley, 2016).

2.2.10 Compostaje de Cerdo

Su material tiene una gran adaptabilidad y es adecuado para fertilizantes compuestos orgánicos y fertilizantes orgánicos biológicos con diversas proporciones, que proporcionan nutrientes para el crecimiento de las plantas y el crecimiento y mejora del suelo (Brown, 2015).

2.3 Marco legal

2.3.1. Constitución del Ecuador

Capítulo VII De la prevención y control de la contaminación de los suelos

Articulo 20.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulación, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la fauna, la flora, los recursos naturales y otros vienes

Artículo 21.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las substancias radiactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Artículo 22.- El ministerio de agricultura y ganadería limitara, regulara o prohibirá el empleo de substancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radiactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Capítulo II De la evaluación de impacto ambiental y control ambiental **Articulo 23.-** La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

 a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y función de los ecosistemas presentes en el área permisiblemente.

2.3.2. Parámetros de Calidad de Suelo (TULSMA)

4.7.1.4 Se utilizará la Tabla 2 para establecer los límites para la remediación de suelos contaminados de la presente norma y/o de la normativa sectorial correspondiente.

Características físicas del suelo

Profundidad efectiva: Profundidad a la que pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos de ninguna naturaleza. Se establecen los siguientes rangos: 1.- Muy profundo: mayor a 150 cm. 2.- Profundo: entre 90 cm. y 150 cm. 3.- Moderadamente profundo: entre 50 cm. y 90 cm. 4.- Superficial: entre 25 cm. y 50 cm. 5.- Muy superficial: menor a 25 cm.

- 4.3.2 Características Químicas del Suelo
- 4.3.2.1 Fertilidad La fertilidad es la calidad que posee el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo normal y productivo de las plantas. Los niveles de fertilidad vienen dados de acuerdo a las características químicas del suelo:
 - Potencial hidrógeno (pH)
 - Conductividad Eléctrica
 - Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)
 - Bases totales (BT)
 - Saturación de bases (SB)
 - Contenido de carbono orgánico (CCo)
 - Nitrógeno rotante (NR)
 - Fósforo (P)

Para su determinación el profesional especialista se basará en el estudio de campo y sobre todo en el análisis de laboratorio.

4.3.2.2 Reacción de acidez y alcalinidad La reacción de acidez y alcalinidad se medirá en términos de pH

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El estudio consistió en una investigación documental, recopilando información en fuentes bibliográficas, experimentos relacionados, este se basó en un análisis cuantitativo del crecimiento de actinomicetos en suelo agrícola para determinar en qué forma influyen la materia orgánica en el incremento de los actinomicetos.

Este estudio incluye la experimentación con un enfoque científico, donde unas variables se mantienen constantes, mientras que otras variables se mide como

prueba del experimento. Tomando como referencia la información de teorías y experimentos realizados, se llevó a cabo la agregación de materia orgánica en tres tipos de suelo agrícola, para comparar con esta variación, si se incrementa la cantidad de actinomicetos en el suelo.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación es experimental debido a que se alteró el contenido de materia orgánica del suelo y esto hizo variar los resultados al momento de realizar la cuantificación de actinomicetos, con el fin de interpretar los resultados mediante análisis estadísticos.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. Variable independiente

- Tipos de materia orgánica.
- Compostaje de estiércol de bovino y cerdo
- Tipo de suelo

3.2.1.2. Variable dependiente

Cantidad de Actinomicetos (UFC)

3.2.2 Tratamientos

El primer tratamiento consistió en la aplicación de compostaje estiércol de bovino, el segundo tratamiento compostaje de estiércol de porcino y el tercer tratamiento fue constó de la combinación de los tratamientos descritos anteriormente como es describe en la Tabla 1.

Tabla 1:	Cultivo de	arroz ac	roecológico	v co	nvencional.
i abia i.	Callivo ac	arroz ag	, occorogico	,	i i v Oi i Oi Oi i ai.

Variable	T0	T1	T2	Т3	
Compost bovino	0kg	12kg		6 kg	
Compost de cerdo	0kg		12kg	6 kg	

Zambrano, 2020

3.2.3 Diseño experimental

La investigación fue experimental debido a que se alteró el contenido de materia orgánica del suelo y esto hizo variar los resultados al momento de realizar la cuantificación de actinomicetos, con el fin de interpretar los resultados mediante análisis estadísticos.

3.2.3.1 Diseño completamente al azar

Se definen los tratamientos (t) que se van a aplicar a las (n) unidades experimentales, de tal forma que a (r) unidades experimentales les va a corresponder un tipo de tratamiento.

En un diseño completamente al azar, la hipótesis nula es que los efectos de tratamientos (β) son todos iguales, lo que se expresa por:

$$H0: \beta 1 = \beta 2 = \beta 2 \dots$$

La hipótesis alterna es que hay al menos un efecto de tratamiento que es diferente a los demás.

3.2.4 Recolección de datos

La recolección de datos consistió en la toma de muestra en suelos agrícolas que se han cultivado con un sistema de arroz convencional, agroecológico y un suelo sin cultivar, éste último nos sirvió de referencia (blanco) para poder cuantificar la presencia de actinomicetos en el suelo mediante análisis de laboratorio utilizando el medio de cultivos con agar extracto levadura. Se procedió a dividir la parcela en tres secciones, y se tomaron 5 muestras en cada sección, por cual se obtuvieron

datos al inicio y al final de cada tratamiento, posteriormente se aplicó in situ materia orgánica conformada por compost de bovino y cerdo como parte de los tratamientos para determinar su influencia sobre la presencia de los microorganismos después de 30 días lo cual se confirmó mediante los análisis microbiológicos (recuento) su eficiencia, de acuerdo a los resultados obtenidos se planteó el método de remediación del suelo.

3.2.4.1. Recursos

Tecnología: Computadora, Impresora, Pendrive, GPS, Laptop.

Software: Excel, Power Point, Word, Project.

Materiales: Bolsa Plástica Hermética, Cinta Métrica, Caja Petri, Pipeta, Probeta, Tamices, Agitador de Varillas, pinza.

Equipos a Utilizar: Autoclave, pH-metro, Plato agitador-calentador, Balanza Eléctrica, Homogeneizador.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Recolección de muestras

Para la caracterización del suelo se procedió a la toma de las muestras en dos sistemas de cultivo de arroz, el sistema de cultivo de arroz convencional se realizó en la finca "El renacer" ubicada en Daule; latitud: -1.880908 y longitud: -80.010287 y el sistema de cultivo agroecológico se realizó en la finca "Macara"; latitud: -1.884995 y Longitud: -80.007022, para ello se realizaron los siguientes pasos:

- Se recolectaron 5 muestras simples en cada uno de los suelos de cultivo de arroz convencional, agroecológico y suelo sin cultivar (suelo de referencia) con método de zig-zag, en un área de 36m² para cada sistema respectivamente.
- Se utilizó un barreno para toma de muestra del suelo a una profundidad de 30cm, se obtuvieron las muestras y se depositó herméticamente en una bolsa plástica respectivamente etiquetada.

- Se recolectaron en total 15 muestras, 5 muestras de suelo del cultivo de arroz convencional, 5 muestras de suelo del cultivo de arroz agroecológico y 5 muestras en el suelo sin cultivar.
- Se transportó a los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador en donde se almaceno a temperatura ambiente.

Fase de laboratorio

Preparación de diluciones seriadas de muestra de suelo

- Las 5 muestras de cada cultivo se mezclaron y tamizaron, luego se pesaron
 10 gr de cada muestra de suelo en una balanza analítica.
- Se realizó la solución madre, para ello se tomó 10 gramos a los cuales se le adicionó 90mL de agua destila estéril (ADE) agitando la suspensión. (Este proceso se realizó para cada uno de los tipos de suelo de sistema de cultivo).
- Antes de que las partículas sólidas de la solución madre se sedimenten se realizó el método de diluciones seriadas en donde se tomó 1 ml de dilución con una pipeta estéril y se mezcló con 9 ml de Agua Destila Estéril (ADE) en una probeta obteniendo la dilución 10 ⁻¹, a partir de esta se lleva a cabo las siguientes diluciones sucesivas hasta llegar a 10⁻⁵.
- Se etiquetó cada dilución según el tipo de suelo.

Preparación del AGAR EXTRAXTO LEVADURA.

- Se pesaron 23 gramos del YEAST EXTRACT AGAR en una balanza analítica.
- Se dosificó 1000 ml de agua destilada estéril en una probeta.
- Se mezcló el YEAST EXTRACT AGAR con los 1000 ml de agua destilada estéril en un vaso de precipitación.
- Se calentó y mezclo el YEST EXTRACT AGAR y el ADE en un plato calentador-agitador obteniendo la dilución total del medio.
- Luego se esterilizó en el autoclave a 121 ° C durante 15 minutos.

Preparación del medio en caja Petri

Una vez terminada la esterilización en la autoclave, se mantuvo tibio el Agar
 Extracto Levadura evitando la solidificación.

Los pasos descritos a continuación se realizaron en la cámara de flujo laminar para el control de la contaminación del medio de cultivo.

- Con ayuda de pinza de crisol se sostuvo el matraz y se adicionó a la caja
 Petri esterilizada aproximadamente 2ml del medio.
- Se transfirió 2 ml de cada dilución seriada (10 ⁻¹, 10 ⁻², 10 ⁻³, 10 ⁻⁴, 10 ⁻⁵⁾ respectivamente al medio de cultivo YEST EXTRAC AGAR en la caja Petri, (se realizaron 5 cultivos por cada dilución).
- Se adicionó 3 tipos de antibióticos: Nistatina (1ml), cloranfenicol (1ml) y ácido nalidíxico (4 discos) en cada caja Petri, se dejó durante unos minutos enfriar para que el medio con la muestra y los antibióticos se solidifiquen.
- Se agregaron 4 discos de ácido nalidíxico por caja Petri para inhibir el crecimiento de mohos y que solo se formen UFC de bacterias del género actinomycetes.
- Se dejó en posición invertida cada Caja Petri con el agar hacia arriba, con mayor humedad.
 - Al finalizar se obtuvieron 15 cajas Petri como medios de cultivos, 5 de cultivos convencionales, 5 de cultivos agroecológicos y 5 de suelos sin cultivar.
 - Se incubaron durante 21 días, se realizó el conteo de colonias de actinomicetos (determinan la calidad del suelo) cada 7 días con el fin de obtener datos y reportar las unidades formadoras de colonia (UFC) por gramo de suelo que permitieron determinar las características microbiológicas del suelo.

ADICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Una vez recolectadas las muestras iniciales, se adicionó al suelo 2 tipos de materia orgánica: Compost de Bovino y compost de cerdo con el fin de mejorar las características físicas del suelo que favorezcan el crecimiento de los microorganismos.

- Se procedió a la delimitación del suelo en los dos sistemas de cultivo de arroz, mediante secciones que se separaron con cabo de distinto color para caracterizar cada sección.
- Se procedió a delimitar el suelo de cultivo de arroz convencional y agroecológico en 3 partes iguales para adición de materia orgánica.
- Se midió con una cinta métrica un área de 36m² en el suelo de los cultivos, para así poder delimitar el área en tres secciones.

- Se procedió a colocar una estaca en cada punto que se midió con la cinta métrica y con ayuda de un cabo color verde se envolvió en cada estaca y así se rodeó la primera área de 6x2 con un color verde, la segunda área de 6x2 se delimito con un color naranja y la tercer área de 6x2 se delimito con un color azul.
- Una vez delimitada las 3 secciones del cada suelo de los cultivos, caracterizando por un color distinto se adicionó la materia orgánica.
- En la primera sección con un área de 6x2 delimitada con un cabo color verde, se le extendió por toda la superficie del suelo 12 kg de Compost de cerdo.
- En la segunda sección con un área de 6x2 delimitada con un cabo color naranja, se le extendió por toda la superficie del suelo 12 kg de Compost de Bovino.
- En la tercera sección con un área de 6x2 delimitada con un cabo color azul, se le extendió por toda la superficie del suelo la mezcla de ambos, 6 kg de Compost de cerdo y 6 kg de Compost de Bovino.
- Luego de la adición se esperó 30 días con el fin de permitir que el compost penetre de a poco el suelo y se incremente la actividad microbiana, esta técnica se realizó en los dos tipos de suelo de cultivo de arroz convencional y agroecológico.

RECOLECCION DE MUESTRAS FINALES

- Se recolectaron 5 muestras simples en cada sección del cultivo de arroz convencional y agroecológico.
- Se utilizó un barreno para toma de muestra del suelo a una profundidad de 30cm, se obtuvieron las muestras y se depositó en una bolsa plástica hermética respectivamente etiquetada.
- Se recolectaron 15 muestras de suelo del cultivo de arroz convencional, de las cuales 5 muestras corresponden a la mezcla con compost de cerdo, 5 de compost de bovino y 5 de cerdo.
- Se recolecto 15 muestras de suelo de cultivo de arroz agroecológico, de las cuales 5 muestras corresponden a la mezcla con compost de cerdo, 5 de compost de bovino y 5 de cerdo.

• Se transportó a los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador en donde se almaceno a temperatura ambiente para su posterior análisis.

3.2.5 Análisis estadístico

De acuerdo al trabajo realizado, y el procedimiento para el análisis de aislamiento de actinomicetos, se empleará la estadística descriptiva, empleando las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y la medida de dispersión (varianza, desviación estándar), se ejecutó una prueba de hipótesis (ANOVA) para determinar el grado de aceptación de nuestra hipótesis.

Se realizaron tablas para la comparación del recuento de Actinomicetos que se obtuvieron mediante el análisis de laboratorio utilizando los medios de cultivos con Agar extracto de levadura en los tres puntos de toma de muestra.

Media: La media es el promedio aritmético, y es probablemente la medida de tendencia central que más conoces. Calcular la media es muy simple. Simplemente suma todos los valores y divide por el número de observaciones en tu conjunto de datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Mediana: Es el valor que divide el conjunto de datos a la mitad, ordenados los datos de menor a mayor. El método para localizar la mediana varía ligeramente dependiendo de si su conjunto de datos tiene un número par o impar de valores.

Moda: La moda es el valor que ocurre con mayor frecuencia en su conjunto de datos. En un gráfico de barras, la moda es la barra más alta. Si los datos tienen varios valores que están vinculados para ocurrir con mayor frecuencia, tiene una distribución multimodal. Si no se repite ningún valor, los datos no tienen moda.

Medidas de dispersión:

Varianza: Es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución.

$$s^{2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_{i} - \bar{x})^{2}$$

$$\sigma^{2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (x_{i} - \bar{u})^{2}$$

Desviación estándar: Es una medida de la cantidad de variación o dispersión de un conjunto de valores. Una desviación estándar baja indica que los valores tienden a estar cerca de la media (también llamada valor esperado) del conjunto, mientras que una desviación estándar alta indica que los valores se extienden en un rango más amplio.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu)^2}$$

El análisis de varianza (ANOVA) es una herramienta de análisis utilizada en estadísticas que divide una variabilidad agregada observada dentro de un conjunto de datos en dos partes: factores sistemáticos y factores aleatorios. Los factores sistemáticos tienen una influencia estadística en el conjunto de datos dado, mientras que los factores aleatorios no. Los analistas usan la prueba ANOVA para determinar la influencia que las variables independientes tienen sobre la variable dependiente en un estudio de regresión.

$$SC_F = \sum n_K (M_K - M_g)^2$$

3.2.5.1 Hipótesis nula y alternativa

Ho: Los tratamientos de materia orgánica en el suelo producen el mismo crecimiento de actinomicetos.

Hi: Al menos uno de los tratamientos de materia orgánica en el suelo produce distinto crecimiento de actinomicetos.

4. Resultados

4.1 Caracterización del suelo de los sistemas de cultivo convencional y agroecológico mediante análisis microbiológico.

Para llevar a cabo la caracterización y cuantificación de los actinomicetos se realizó un cultivo de cepas de actinomicetos para realizar el recuento de placa por dilución de suelos de dos sistemas de cultivo (convencional y agroecológico) en la finca el "renacer" y "macara" respectivamente. (ver anexo, figura 8).



Figura 1: Mapa de ubicación de zonas de recolección de muestras. Zambrano, 2020

Resultados de las unidades formadoras de colonia de actinomicetos del suelo en un sistema de cultivo convencional

A continuación, en la tabla 2, se muestran los valores obtenidos del cultivo de actinomicetos del sistema de cultivo convencional.

Tabla 2: Número de colonias en diluciones de suelo convencional.

ETIQUETA	DILUCIONES	DIA 7	DIA 14	DIA 21
	10 ⁻¹	42	106	202
	10 ⁻²	19	48	104
CONVENCIONAL	10 ⁻³	3	12	42
	10 ⁻⁴	0	1	6
	10 ⁻⁵	0	0	2

La tabla 2 muestra los resultados de las UFC del periodo de incubación de los actinomicetos de un sistema de cultivo convencional. Se detallan los diferentes UFC registrados de cada 7 días del monitoreo. El registro de la dilución **10** -1 en el día 21 se obtuvieron valores superiores, este debido a la concentración de la muestra que presentan mayor crecimiento en el medio de cultivo (Yeast Extract Agar).

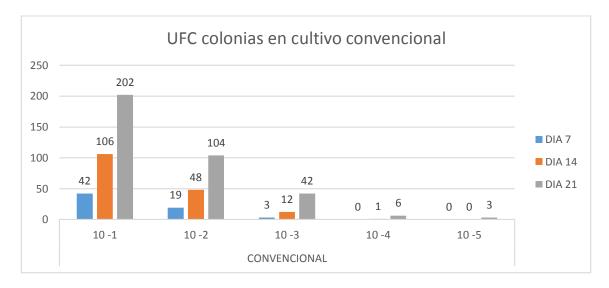


Figura 2: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Yeast Extract Agar. Zambrano, 2020

En la figura 2 se observa un aumento exponencial de las colonias en relación al tiempo y al número de dilución, donde, las diluciones 10⁻¹ y 10⁻² del sistema de cultivo convencional obtuvieron valores más elevados con respecto a las diluciones 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵.

Resultados de las unidades formadoras de colonia de actinomicetos del suelo en un sistema de cultivo agroecológico

En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos de actinomicetos del sistema de cultivo agroecológico, se realizaron 5 diluciones y se presentó un mayor incremento de colonias en la dilución 10⁻¹ del día 21 con un UFC de 287.

Tabla 3: Número de colonias en diluciones de cultivo agroecológico.

ETIQUETA	DILUCIONES	DIA 7	DIA 14	DIA 21
	10 ⁻¹	80	187	287
	10 ⁻²	56	108	205
AGROECÓGICO	10 ⁻³	11	70	147
	10 -4	1	3	7
	10 ⁻⁵	0	1	3

Zambrano, 2020

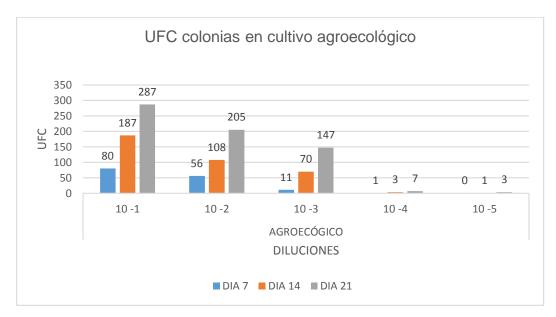


Figura 3: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Yeast Extract Agar Zambrano, 2020

En la figura 3 se observa los UFC del sistema de cultivo agroecológico en el cual se utilizan fertilizantes orgánicos lo que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo en un entorno favorable para el crecimiento y desarrollo de microrganismos entre ellos los actinomicetos. Esto se evidencia en los resultados por tal razón se presentan mayor crecimiento de UFC con respecto al sistema de cultivo convencional.

Resultados de las unidades formadoras de colonia de actinomicetos en un suelo sin cultivar

En la tabla 4 se tabularon los resultados obtenidos en el recuento de placa de un suelo sin cultivar, las condiciones del entorno resultaron favorables para los microorganismos lo cual se refleja en los resultados que muestran un mayor número de colonias en la dilución 10 -1 del día 21 con un UFC >300, los datos reflejan que el suelo sin cultivar presento mejores condiciones para el crecimiento de microorganismos con respecto a los dos sistemas de cultivo evaluados anteriormente (cultivo convencional y agroecológico).

Tabla 4: Número de colonias en diluciones de suelo sin cultivar.

ETIQUETA	DILUCIONES	DIA 7	DIA 14	DIA 21
	10 ⁻¹	132	263	300
	10 ⁻²	83	186	300
TESTIGO	10 ⁻³	15	78	176
	10 ⁻⁴	1	4	10
	10 ⁻⁵	0	2	5
	0000			

Zambrano, 2020

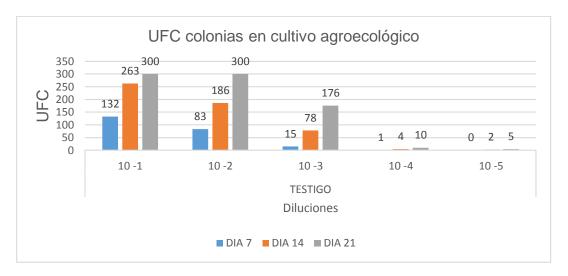


Figura 4: Gráfica UFC/g de suelo resultantes del aislamiento en Medio Yeast Extract Agar Zambrano, 2020

En la figura 4 se realizó la caracterización microbiológica de un suelo de referencia, cuenta con presencia de vegetación de bosque secundario, los cultivos presentan un mayor número de colonias, debido a que no ha existido una remoción de vegetación para dar entrada a otras formas vegetales, orientadas hacia la producción. Este tipo suelos presentan una mayor diversidad de especies

vegetales por lo que existe un movimiento continuo de nutrientes que favorecen el crecimiento de microorganismos entre ellos los actinomicetos.

4.2 Evaluación de los tres tratamientos de materia orgánica para el incremento de actinomicetos en los suelos en estudio.

Para los respectivos análisis de los actinomicetos fue necesario hacer análisis antes y después de cada tratamiento mediante técnicas específicas con el fin de obtener resultados óptimos.

Tratamiento 1

En la tabla 5 se presentan los datos obtenidos del tratamiento 1 donde se usó 12 kg de compost de bovino, se dispersó en un área de 6x2 con el fin de estudiar los cambios que se presentan en el suelo en comparación del estudio inicial. Los valores tabulados corresponden al día 21 debido a su representatividad y se observa un mayor número de colonias en la dilución 10 -1 debido a la concentración de la muestra.

Tabla 5: Número de colonias resutado del tratamiento 1, día 21, compost de bovino.

	tratamiento 1 Compost bovino						
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵		
Agroecológico	355	312	136	43	3		
Convencional	307	272	83	31	2		
Zambrano, 2020							

Tratamiento 1 compost bovino 400 355 350 312 307 272 300 250 200 136 150 83 100 43 31 50 0 10 -1 10 -2 10 -3 10 -4 10 -5 **Diluciones**

Convencional

Figura 5: Tratamiento 1, compost de bovino, día 21. Zambrano, 2020

Agroecologico

En la figura 5 se observa la comparación entre las diluciones y los sistemas de cultivo con la adición de compost de bovino el cual favoreció las condiciones para el desarrollo de actinomicetos como se observa en el grafico las diluciones 10 ⁻¹ y 10 ⁻² con 355 y 312 UFC del sistema de cultivo agroecológico resultaron mayores frente a los 307 y 272 UFC del sistema de cultivo convencional, y estas a su vez resultaron superiores con respecto al suelo sin tratamiento.

Tratamiento 2:

Se usó 12 kilos de compost de cerdo en un área de 6x2, se recolectaron 5 muestras a los 30 días y se evaluó las características microbiológicas en el laboratorio mediante el crecimiento de actinomicetos en el medio de cultivo yeast extract agar, se tabularon los datos del día 21 debido a su representatividad.

Tabla 6: Resultados de número de colonias de actinomicetos en tratamiento dos mediante uso de compost de cerdo, día 21.

tratamiento 2 compost de cerdo								
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 -4	10 ⁻⁵			
Agroecológico	487	403	365	52	6			
Convencional	380	315	112	45	3			

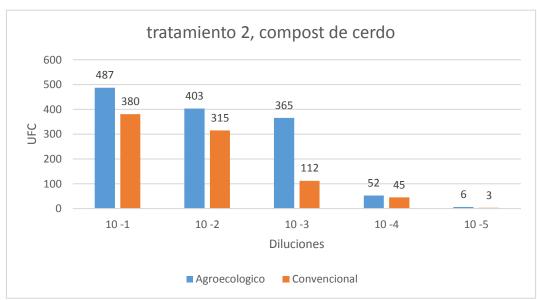


Figura 6: Tratamiento 2, uso de compost de cerdo, día 21. Zambrano, 2020

Se tabularon y graficaron los resultados del día 21 debido a su representatividad en los datos. Como lo muestra la figura 6, los resultados del uso de compost de cerdo para mejoramiento del suelo mostraron un mejor rendimiento en cuanto a los demás tratamientos evaluados. El tratamiento evaluado (adición de compost de cerdo) presento sus resultados más altos de crecimiento de cepas de actinomicetos en la dilución 10 -1 mientras que en el sistema de cultivo agroecológico con 487 UFC frente a los 380 UFC del sistema de cultivo convencional.

Tratamiento 3:

Se usó 12 kg, mezcla entre compost de bovino y compost de cerdo, se tabularon los datos y como lo indica la tabla 7 se observa un alto número de colonias de actinomicetos en las diluciones 1 y 2, resultados muestran mayor crecimiento de bacterias con respecto a las muestras iniciales en donde no se agregó ningún tratamiento.

Tabla 7: Resultados de número de colonias de actinomicetos en tratamiento dos mediante uso de compost de cerdo y compost bovino, día 21.

	trata	tratamiento 3 Compost Porcino y bovino						
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵			
Agroecológico	467	393	157	47	4			
Convencional	328	301	91	41	2			

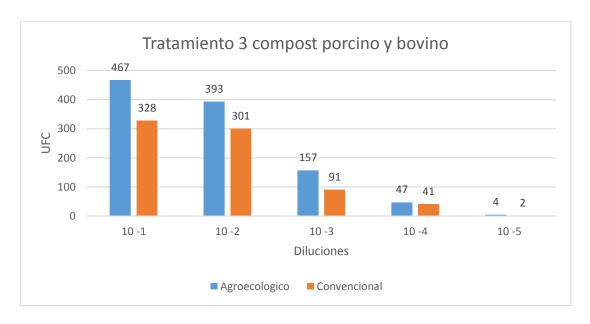


Figura 7: Tratamiento 3, mezcla entre compost bovino y compost de cerdo, datos del día 21. Zambrano, 2020

Caracterización macro morfológica

En el cultivo convencional las características que presentaron las colonias fueron secas acuminadas color blanco grisáceo presentando un ligero olor a tierra y según sus características indican que pertenecen al género *Streptomyces*. También se encontraron colonias húmedas, pastosas, surcadas, color blanco- amarillenta y según sus características indican que pertenecen al género *Nocardiopsis* (ver anexo figura 26).

Comparación de los tratamientos

Tabla 8: Comparación de tratamientos, UFC por sistema de cultivo.

	tratam	iento 2 cor	npost de	cerdo		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 -4	10 ⁻⁵	
Agroecológico	487	403	365	52	6	
Convencional	380	315	112	45	3	
	tratamient	o 1 Compo	st bovino)		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	
Agroecológico	355	312	136	43	3	
Convencional	307	272	83	31	2	
	tratamient	o 3 Compo	st Porcin	o y bovino		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 -4	10 ⁻⁵	
Agroecológico	467	393	157	47	4	
Convencional	328	301	91	41	2	
Zambrano,						2020

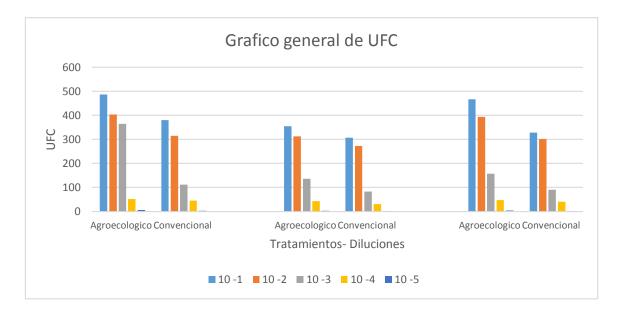


Figura 8: Comparación de tratamientos mediante grafico de barras. Zambrano, 2020

En la figura 8 se observa la comparación de los resultados de los tratamientos, en el cual; el primer grupo pertenece al tratamiento de compost de cerdo, el segundo grupo al tratamiento con compost de bovino, y el último grupo pertenece al tratamiento en el cual se usó la mezcla entre compost de cerdo y bovino, los resultados demuestran que el tratamiento 2 en donde se usó compost de cerdo presenta un mayor crecimiento de actinomicetos.

ANÁLISIS ESTADISTICO

Tabla 9: Análisis ANOVA.

ETIQUETA	DILUCIONES	T0	COMPOST	COMPOST	COMPOST	Media	Mediana	Moda
			PORCINO	BOVINO	PORCINO/BOVINO			
AGROECÓGICO	10 -1	287	487	355	467	399	411	#N/A
	10 ⁻²	205	403	312	393	328,25	352,5	#N/A
	10 ⁻³	147	365	136	157	201,25	152	#N/A
	10 -4	7	52	43	47	37,25	45	#N/A
	10 ⁻⁵	3	6	3	4	4	3,5	3
CONVENCIONAL	10 -1	202	380	317	328	306,75	322,5	#N/A
	10 -2	104	315	302	301	255,5	301,5	#N/A
	10 ⁻³	42	112	88	91	83,25	89,5	#N/A
	10 -4	6	45	37	41	32,25	39	#N/A
	10 ⁻⁵	1	3	2	2	2,25	2	2
Media		100,5	216,8	159,5	183,1			

Análisis de varianza

Tabla 10: Análisis de varianza

Origen	de l	as	Suma	de	Grados	Promedio de	F	P	VCF
variacion	es		cuadrad	los	de	los			
					libertad	cuadrados			
Entre grup	os		72013,4	75	3	24004,4917	0,9768474	0,41439743	2,86626555
Dentro de	los grup	os	884643,	5	36	24573,4306			
Total			956656,	975	39				

Zambrano, 2020

Como se observa en la tabla 10, la F de tabla es mayor que la F calculada, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y la hipótesis alterna se rechaza.

Tabla 11: Análisis de promedio.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ТО	10	1005	100,5	10942,5
COMPOST PORCINO	10	2168	216,8	35969,2889
COMPOST BOVINO	10	1595	159,5	21125,6111
COMPOST	10	1831	183,1	30256,3222
PORCINO/BOVINO				

Zambrano, 2020

La tabla 11 nos indica el análisis de promedios de cada uno de los tratamientos para poder calcular la varianza una medida de dispersión.

Tabla 12: Hipótesis.

FTARIA FOALOULARO	112		11	Los tratamientos de materia orgánica en el suelo
FTABLA>FCALCULADO	но	х н	H0:	producen el mismo crecimiento de actinomicetos.
				Al menos uno de los tratamientos de materia
FCALCULADO>FTABLA	⊔i		Hi:	orgánica en
TOALOGEADON TABLA			1	el suelo producen distinto crecimiento de
				actinomicetos
7				

Como se observa en la tabla 12, se acepta la hipótesis nula esto nos indica que los tratamientos no presentaron valores significativamente distintos.

4.3 Planteamiento de un método de remediación del suelo para el incremento de actinomicetos como parte del mejoramiento de la calidad del suelo agrícola.

El método de remediación propuesto es el de compostaje, debido a la eficiencia de los resultados en el experimento realizado con el compostaje de estiércol de cerdo, al incrementar la materia orgánica en el suelo también crecen microorganismos como los actinomicetos debido a que se produce un proceso aeróbico que enfoca acciones de microorganismos que degradan materiales orgánicos, se basó en mezclar los ingredientes principales con el suelo contaminado, en donde como el compost madura y los contaminantes son degradados por la micro flora viva dentro de la mezcla. Durante el proceso se aumenta el contenido de la materia orgánica del suelo, ayuda a las plantas a absorber los nutrientes que ya están en el suelo y también proporciona algunos nutrientes adicionales, hace que los suelos arcillosos mejoren su estructura y obtengan mayor aireación, ayuda a drenar mejor y a su vez hace que otros suelos sean más friables, lo que significa que serán más fáciles de desmenuzar y cavar, ayuda a los suelos arenosos a retener el agua que normalmente atraviesa, y ayuda a equilibrar el pH de su suelo. Se podría extender la temporada de crecimiento al moderar la temperatura del suelo, enriqueciéndolo y ayudando a retener la humedad suprimiendo las enfermedades y plagas de las plantas reduciendo la utilización de fertilizantes químicos, para así fomentar la producción de bacterias y hongos beneficiosos que descomponen la materia orgánica para crear humus, un material rico en nutrientes, reduciendo las emisiones de metano y reduciendo la huella de carbono (Horbthe, 2007).

El humus junto con las partículas de arcilla proporciona sitios de intercambio de cationes en los suelos, reduciendo las pérdidas de lixiviación de nutrientes. Los microorganismos apoyados por el rico sustrato alimentario de la materia orgánica del suelo, estabiliza las partículas del suelo mediante el estímulo de agregación, lo que resulta en una mejor capacidad de retención de agua en suelos arenosos y un mejor drenaje del suelo en suelos arcillosos promoviendo poros de mayor tamaño.

Diagrama de proceso

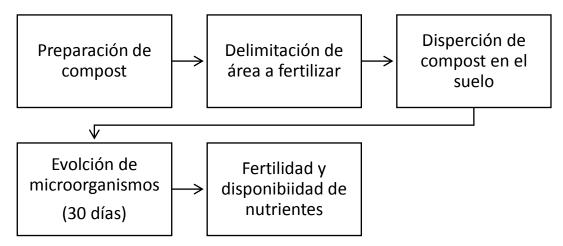


Figura 9: diagrama de proceso de fertilización de suelos mediante adición de compost. Zambrano, 2020

5. Discusión

La investigación realizada a través de la visita de campo y análisis de laboratorio, llego a comprobar que el suelo de cultivo de arroz convencional tiene una degradación significativa a diferencia del suelo de cultivo agroecológico esto debido a la utilización de fertilizantes inorgánicos debido a que contaminan las aguas subterráneas producidas por el nitrógeno que se añade en forma de nitratos y a plazo produce que los cultivos sean dañinos para humana. Concuerdan con el estudio de Cavazos (2009) "Afectaciones y consecuencias de los fertilizantes en suelo agrícola", las prácticas agrícolas insostenibles reducen la materia orgánica del suelo facilitan la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria, el suelo contaminado libera contaminantes en las aguas subterráneas que luego se acumulan en los tejidos de las plantas y pasan a los animales que pastan, a las aves y finalmente a los humanos que se alimentan de las plantas y los animales. Los contaminantes en el suelo, aguas subterráneas y en la cadena alimentaria pueden causar diversas enfermedades y una excesiva mortalidad en la población, desde efectos agudos a corto plazo como intoxicaciones o diarrea, hasta otros crónicos a largo plazo, como el cáncer.

Se utilizó el medio de cultivo Yeast Extract agar para el crecimiento de bacterias actinomycetes y posteriormente la caracterización y cuantificación de los actinomicetos determinando el género Streptomyces (colonias secas, color blancogrisáceo) y hongos en el suelo del cultivo de arroz agroecológico y convencional, mientras que el estudio de Hop (2011) taxonómico y ecológico de actinomicetos de Vietnam: aislamiento y diversidad a nivel de género, se logra identificar un total de 23 posibles cepas de Actinomicetos, utilizando un método de aislamiento con el Medio Ashby son calificadas directamente como posible Fijadoras de Nitrógeno.

El resultado de la evaluación de los tres tratamientos, nos indicó que el tratamiento de compost de bovino-cerdo tuvo mayor relevancia debido a que según el análisis microbiológico este otorgo al suelo incremento de materia orgánica y por ende mayor cantidad de actinomicetos presentes en el suelo. Lo cual concuerda con el estudio de Öbek, (2008) en su estudio" Determinación del efecto del compost sobre los microorganismos del suelo", durante la incubación del samples los números de actinomicetos disminuyeron en CS mientras que los números aumentaron en CC como un resultado de un mayor número de materia orgánica y actinomicetos en compost. También en el CT-30 los actinomicetos fueron más altos que los otros tratamientos y controles debido a los altos números de materia orgánica y actinomicetos en el suelo y el compost, los números de actinomicetos en tratamiento de compost generalmente aumentaron (excepto por la disminución significativa en el día 28 en CT-30) por hora, la disminución significativa en el día 28 en CT-30 interpretable a la falta de MO fácilmente compuestos degradables y estables compuestos.

La investigación determinó que el compostaje tiene un resultado beneficioso y un control biológico de los ambientes del suelo mediante la fijación de nitrógeno y la degradación de compuestos de alto peso molecular en los suelos contaminados, mejorando la disponibilidad de nutrientes, minerales que aumentan la producción de metabolitos y promueven los reguladores del crecimiento de las plantas. Concordando con Schoebitz, (2016) en su experimento en un invernadero para evaluar la efectividad del consorcio microbiano comercial (microorganismos beneficiosos para el suelo correspondientes a bacterias, hongos y actinomicetos)y la adición de lechada de cerdo (PS) en el crecimiento de L. perenney que mejora de las propiedades del suelo. En este sentido, el uso combinado del consorcio

microbiano y la lechada de cerdo tiene un papel potencial en el desarrollo de sistemas sostenibles para la producción de pastizales.

El compost de cerdo obtuvo resultados óptimos en el crecimiento de colonia de actinomicetos de acuerdo a los resultados analizados debido a que agrega nitrógeno, fósforo y potasio, así como micronutrientes como manganeso, cobre, hierro y zinc que son contribuyentes importantes para la salud general de un cultivo. Lo que concuerda con en su estudio "usos innovadores del compost: biorremediación y prevención de la contaminación" El compost se utilizó en la agricultura, como mejorador de suelos. Sin embargo, también puede usarse en la remoción de contaminantes. Entre los contaminantes que pueden ser biodegradados se encuentran algunos hidrocarburos y plaguicidas. La composta también puede aplicarse como medio para oxidar el metano que se produce en algunos sitios de disposición de residuos municipales, entre los que se encuentran los tiraderos a cielo abierto y los rellenos sanitarios.

La investigación permitió identificar que el compostaje es el mejor método de remediación para el suelo debido a que es un proceso en el cual los desechos orgánicos son degradados por microorganismos a temperaturas elevadas tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbica, lo cual concuerda con Coker, (2015) en su estudio "Remediación ambiental por compostaje "La remediación a través del compostaje se basa en la mezcla de los suelos contaminados con materias primas frescas y de alta energía o simplemente agregando un compost maduro y terminado a los suelos contaminados. Se ha observado que una proporción de mezcla de 30 por ciento de suelo y 70 por ciento de materia prima alcanza temperaturas termofílicas. Una mezcla de 18 por ciento de tierra y 82 por ciento de recortes de jardín remediaron 40 por ciento de los PCB en un suelo contaminado

durante un período de 370 días. Se ha demostrado que el compostaje es un enfoque efectivo para la remediación de suelos contaminados con explosivos, con degradación del 99.7 por ciento de TNT, 99.8 por ciento de RDX y 96.8 por ciento de HMX en el Depósito del Ejército de Umatilla. Se observó que un compost maduro de seis meses mezclado con suelos contaminados con petróleo degrada el petróleo a un ritmo ocho veces más rápido que con la biorremediación in situ (atenuación natural). Debido al aumento en los volúmenes de materiales a manipular mezclando suelos contaminados con materias primas compostables tradicionales, muchos proyectos de biorremediación ex situ utilizarán inóculos de bacterias autóctonas cultivadas y caldos de nutrientes para crear las condiciones adecuadas para la degradación biológica.

Conclusiones

Al realizar la caracterización y cuantificación de los actinomicetos se identificó el género Streptomyces (colonias secas, color blanco-grisáceo) y hongos en el suelo del cultivo de arroz agroecológico y convencional. En el suelo del cultivo agroecológico se evidenció un mayor crecimiento de colonias debido a que se utilizan fertilizantes orgánicos que favorece a la actividad microbiana para un mayor crecimiento mientras que el suelo del cultivo convencional presento un crecimiento por debajo del promedio debido a que utilizan fertilizantes inorgánicos y la actividad microbiana del suelo cambia significativamente, cuando las condiciones ambientales se vuelven demasiado difíciles para el crecimiento normal, las bacterias forman esporas y permanecen inactivas hasta que el ambiente vuelve a las condiciones adecuadas, por tal razón un suelo de cultivos convencionales presentará un menor número de colonias de actinomicetos con respecto a un sistema de cultivo agroecológico.

Se evaluaron tres tratamientos de adición de materia y el compost de cerdo evidenció un mejor resultado debido a que contiene nitratos, fósforos, potasio, así como micronutrientes como manganeso, cobre, hierro y zinc, a medida que el compost se pudre, algunos materiales se descomponen más rápidamente que otros, convirtiéndose en una especie de fertilizante de liberación lenta, que mejoran las características físico químicas del suelo, a su vez se presentan condiciones favorables para los microorganismos lo cual se ve reflejado en los resultados de conteo de colonias de actinomicetos.

6. Recomendaciones

La conservación de la muestra de suelo se debe mantener en temperatura ambiente para que la actividad microbiana no disminuya, se debe evitar la contaminación para obtener resultados sin alteraciones, analizar microscópicamente las colonias de actinomicetos para obtener mejores resultados y así caracterizar de una manera más eficaz cada colonia para poder determinar a qué genero pertenece. Utilizar distintos medios de cultivos (agar) para comparar en cual se obtiene un crecimiento óptimo.

Agregar al tratamiento un mayor porcentaje de materia orgánica para obtener diferencias significativas. Dejar actuar por 3 meses el compost en suelo para tener un mayor incremento de actinomicetos y así tener resultados óptimos.

Realizar un análisis de las características físicas del suelo antes de realizar el tratamiento debido a que el compostaje solo favorece a una serie limitada de parámetro, es decir que si un suelo se encuentra altamente contaminado se recomienda utilizar la combinación de algunos métodos de remediación para una recuperación hasta el 70% de sus características originales.

Socialización a los agricultores para que la transición de la agricultura convencional a la orgánica.

8. Bibliografía

- Abi-Saab, R. (2016). Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8990/AbiSaabAr riecheRosana2012.pdf?sequence=1
- Aguilera, J. M. (2015). Micología-Propiedades generales de los actinomicetos. *Universidad Michoacana de Oriente*, 234-246.
- Ahemad, M. (2015). Comparative toxicity of selected insecticides to pea plants and growth promotion in response to insecticide-tolerant and plant growth promoting Rhizobium leguminosarum. *Crop Protection*, 325-329.
- Ahmadzadeh, M. (2014). Evaluation of fluorescent pseudomonads for plant growth promotion, antifungal activity against Rhizoctonia solani on common bean, and biocontrol potential. *Biological Control*, 38-45.
- Benavides, J. (2014). Obtenido de http://www.buenaspracticasagricolas.ucr.ac.cr/index.php/manejo-suelo/porque-no-debemos-quemar-el-suelo
- Bhatti, A. A. (2016). Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis*, 105-120.
- Bhatti, R. (2017). Microbial Pathogenesis. Michigan- EEUU: Elsevier.
- Brown, W. (2015). Characteristics of pig Composting. *Pig Manure Organic Fertilizer*, 5.
- Buchanan, U. (2015). Studies in the Nomenclature and Classification of the Bacteria: VIII. The Subgroups and Genera of the Actinomycetales.

 Classification of Actinomycetes Microbiology, 8-25.

- Chamikara, P. (2016). Advanced Study on selected taxonomic groups of Bacteria and Archaea. *Microbiology University of Kelaniya*, 119-225.
- Contreras, Y. L. (2011). Obtenido de http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fas718d/doc/fas718d.pdf
- Donald, J. H. (2006). Kruskal-Wallis test. Handbook of Biological Statistics, 45-53.
- FAO Food and Agriculture Organization. (2014). Degradación de los suelos. *Problemática de la degradación de los suelos*, 89-95.
- FAO Food and Agriculture Organization. (2019). Los suelos necesitan nutrirse: Plantas, Microorganismos, Agua, Aire y Abonos. *Materia Orgánica*, 50-62.
- Fao Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). The importance of soil organic matter. . Key to drought-resistant soil and sustained food production, 80.
- Fao Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). Organic matter decomposition and the soil food. *Soil organic matter*, 5-17.
- Franco, M. (2013). Use of actinomycetes in processes biofertilization. Bogotá,
 Colombia: Laboratorio de Microbiología Ambiental y de Suelos, Grupo de
 Biotecnología Ambiental e Industrial. Departamento de Microbiología,
 Pontificia.
- García, A. Á. (2015). Metabolismo secundario de plantas. *Departamento de Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal)*. Facultad de Biología. Universidad Complutense. Madrid., 85-92.
- Gonzalez, T. (2012). Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.p df;sequence=1

- Gopalakrishnan, G. (2016). Soils Overview. *Provided by the Soil Science Society of America*, 90-106.
- Gopalan, N. (2013). Antibacterial activity of actinomycetes isolated from different soil samples of Sheopur (A city of central India). *Journal of Advanced Technology*, 118–123.
- Hayashida, S. (2016). Identification and Characteristics of Actinomycetes Useful for Semicontinuous Treatment of Domestic Animal Feces. *Department of Agricultural Chemistry, Kyushu University, Fukuoka*, 54.
- Hop, D. V. (2011). Taxonomic and ecological studies of actinomycetes from Vietnam: isolation and genus-level diversity. *The Journal of Antibiotic*, 64.
- León, J. (2016). Actinomicetos aislados del compost y su actividad antagonista a fitopatógenos de la papa. Laboratorio de Ecología Microbiana, Facultad de Ciencias Biológicas, 65-80.
- Loynachan, T. (2012). Soil Actinomycetes. *American Society for Microbiology*, 102-110.
- Mehenderkar, R. (2017). Isolation and characterization of actinomycetes from soil of ad-dawadmi, saudi arabia and screening their antibacterial activities.

 International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 102-117.
- Minambiente. (2016). Gestión Sostenible del suelo. Bogotá, Colombia. : Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf
- Minkwitz, B. (2016). Efficient biological control of fungal plant diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 58.

- Montesinos, D., Valladares, F., Moya, J., & Escudero, A. (2016). Obtenido de https://www.eldiario.es/cienciacritica/Agricultura-ecologica-convencional-produccion_agricola-sufato_de_cobre-monocultivo-salud_6_522207776.html
- Moreno, A. (2015). Propiedades generales de los actinomicetos . *Microbilogía Básica*, 80.
- Nawani, L. (2015). Actinomycetes. Science Direct, 87-92.
- Nawani, N. (2014). Actinomycetes: Role in Biotechnology and Medicine. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, 55-60.
- Parada, R. (2016). Isolation and partial characterization of soils actinomycetes with antimicrobial activity against multidrug-resistant bacteria. *Aislamiento y Caracterización de los Actinomicetos del suelo*, 56-90.
- Pineda, E. B. (2014). Phosphate solubilization as a microbial strategy for promoting plant growth. Tunja, Boyacá: Grupo de investigación Gestión Ambiental.

 Universidad de Boyacá.
- Portilla, S. (2011). Obtenido de http://huella-ecologica.ambiente.gob.ec/files/Reporte_de_la_Huella_Ecol%C3%B3gica_del_Ecuador_2008-2011.pdf
- Ragnarsdóttir, K. V. (2015). Soil: The Life Supporting Skin of Earth. *University of Sheffield, Sheffield (UK) and the University of Iceland, Reykjavík (Iceland).*, 11-18.
- Rodriguez, A. (2018). Obtenido de file:///C:/Users/ZAMBRANO%20VULGARIN/Desktop/NICO/uy24-18903.pdf
- Rosero, C. E. (Marzo de 2016). Aislamiento de Microorganismos capaces de producir antibioticos, a partir de suelos de las regiones naturales del

- Ecuador. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12142/1/UPS-QT09705.pdf
- Serrano, A. (2013). Condiciones de cultivo que fomentan la producción de sustancias antimicrobianas en actinomicetos patógenos y del suelo. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 72-100.
- Shameemullah, W. (2010). Soil Biology and Biochemistry. Science Direct, 215-225.
- Taddei, A. (2016). Isolation and identification of Streptomyces spp. from Venezuelan soils: Morphological and biochemical studies. I. Science Direct, Volume 161, Pages 222-231.
- Tarabily, K. (2016). Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Soil Biology* and *Biochemistry*, 38-70.
- Tilley, N. (2016). Cow Dung Fertilizer: Learn The Benefits Of Cow Manure Compost. *The Bulb-o-licious Garden*, 5-9.
- Torres, D. (2013). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. Alicante, España: Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Vázquez, R. G. (2012). Obtenido de http://digital.csic.es/bitstream/10261/49248/1/El%20fuego%20y%20la%20 materia%20org%C3%A1nica%20del%20suelo.pdf
- Waksman, S. (2010). On the Classification of Actinomycetes. *New Jersey Agricultural Experiment Station, New Brunswick, New Jersey*, 56-90.

9. Anexos

Grupo I	Grupo II	Grupo III		
Sin formación de micelio. Mycobacteriaceae	Con formación de micelio. A. Aerobios Actinomycetes nocardioformes: Nocardia; Nocardioides; Pseudonacardia; Rhodococcus Actinomycetes con múltíples esporangios: Dermatophilus Actinoplanetes: Micromonospora Streptomyces y géneros relacionados: Streptomyces Maduromycetes: Actinomadura Thermomonospora y géneros relacionados: Nocardiopsis Thermomonospora Thermomonospora Thermomonospora Thermomonospora Thermomonospora Thermomonospora Thermoactinomycetes: Thermoactinomyces B. Anaerobios	Actinomycetes - coryniformes (filamentosos) Corynebacterium		

Figura 1 Clasificación de los Actinomicetos (Aguilera, 2015)

Actinomicetos	Padecimiento	
Actinomyces israelii Actinomyces naeslundii Actinomyces odontolyticus Actinomyces bovis"	Actinomicosis humana *Actinomicosis bovina	
Dermatophilus congolensis	Queratólisis punctata y otras infecciones cutáneas Dermatofilosis (en animales)	
Nocardia asteraides" Nocardia brasiliensis *** Nocardia otitidiscaviarum	Actinomicetoma (**mås frecuente) Nocardiosis (*mås frecuente)	
Actinomadura madurae Actinomadura pelletieri Nocardiopsis dassonvillei	Actinomicetoma	
Streptomyces somoliensis	Actinomicetoma	
Corynebacterium flavescens (anteriormente C. tenuis)	Tricomicosis	
Corynebacterium minutissimum	Eritrasma	
Corynebacterium sp.	Queratólisis punctata	

Figura 2 Principales Actinomicetos (Aguilera, 2015)

Género	Macromorfología	Micremorfología	AAR
	Actinomicetos aeróbicos. Perte	necientes a los Grupos 1 y 2	
Mycobacterium	Colonias húmedas, pastosas, limitadas, con surcos y color <i>beige</i>	Bacilos y algunas especies con filamentos rudimentarios que no ramifican	Total
Nocardia	Colonias rocosas, secas, acuminadas. Algunas con pigmentos carotenoides	Filamentos; formas cocoides y bacilares; fragmentación de las hifas	Parcial y en alguna especies total
Dermatophilus	Colonias pequeñas, húmedas, surcadas, pastosas de color blanco-amarillentas	Filamentos irregulares, gruesos que tienden a adelgazarse, filas de esporas móviles (grupos de 8 unidades)	Negativa
Micromonospora	Colonias húmedas, pastosas, algunas con pigmen- tos carotenoides (amarillo, naranja, rojo)	Sin micelio aéreo; micelo vegetativo que sostiene esporas en racimo	Negativa
Streptomyces	Colonias rocosas, secas, acuminadas, con surcos. Color blanco-grisáceo	Filamentos microsifonados, ramificados, rectos y en espiral; formas cocoides y espo- ras en cadenas	Negativa
Actinomadura	Colonias húmedas, pastosas, algunas con pigmentos carotenoides	Filamentos microsifonados; formas cocoides y bacilares, forman cadenas cortas de esporas	Negativa
Nocardiopsis	Colonias húmedas, pastosas, surcadas, color blan- co-amarillentas	Filamentos microsifonados en zig-zag; for- mas cocoides y bacilares; cadenas cortas de esporas dentro de vainas	Negativa
	Actinomicetos .	anaeróbicos	
Actinomyces	Medio sólido: colonias húmedas, pastosas, limitadas. Medio líquido: Masa de micelio, similar a "cometas"	Filamentos microsifonados, no se organizan en micelo, formas cocoides. En cultivos dan también formas difteroides	Negativa
	Bacterias Corynilormes. Pe	erteneciente al Grupo 3	
Corynebacterium	Colonias húmedas, pastosas, limitadas; pueden tener diferentes colores, blanco, amarillo, naranja.	Formas cocoides y difteroides (en palizada, en forma de "V" o como letras chinas, o tipo "palitos de tambor")	Parcial o débil

Figura 3 Características de los Principales Actinomicetos (Aguilera, 2015)



Figura 10: Recolección de muestras iniciales, sistema de cultivo agroecológico. Zambrano, 2020



Figura 11: Almacenamiento de muestras. Zambrano, 2020



Figura 12: Área de cultivo agroecológico. Zambrano, 2020



Figura 13: Delimitación de zona de tratamientos. Zambrano, 2020



Figura 14: Preparación de compost para tratamientos Zambrano, 2020



Figura 15: Inicio de tratamientos en sistema de cultivo. Zambrano, 2020



Figura 16: Mezcla de compost con sistema de cultivo. Zambrano, 2020



Figura 17: Medición de la muestra de suelo. Zambrano, 2020



Figura 18: Preparación de diluciones de muestras de suelo. Zambrano, 2020



Figura 19: Preparación de muestras madre. Zambrano, 2020

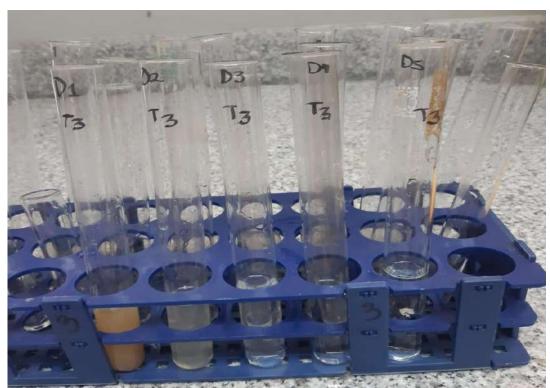


Figura 20: Preparación de diluciones. Zambrano, 2020



Figura 21: Pesado del Yeast Extract Agar. Zambrano, 2020



Figura 22: Proceso de dilución del agar. Zambrano, 2020



Figura 23: Preparación del Yeast Extract Agar. Zambrano, 2020



Figura 24: Preparación del Yeast Extract Agar. Zambrano, 2020



Figura 25: Inicio de tratamientos, cultivos en Agar en cámara de flujo laminar. Zambrano, 2020



Figura 26: Utilización de cámara de flujo laminar. Zambrano, 2020



Figura 27: Crecimiento de colonias, días 7, 14, 21, sistema de cultivo convencional Zambrano, 2020



Figura 28: crecimiento de colonias de actinomicetos, día 7, 14, 21, cultivo agroecológico. Zambrano, 2020



Figura 29: crecimiento de colonias de actinomicetos, días 7, 14, 21 muestra de suelo testigo. Zambrano, 2020.



Figura 30: colonias *Nocardiopsis.* Zambrano, 2020



Figura 31: colonias *Streptomyces*. Zambrano, 2020