



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Evaluación de materia orgánica en sedimento de piscinas camaroneras
tratado con biodegradadores y arado como reductores de nivel.**

**CAIMINAGUA ALVARRACIN MICHAEL STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**VALAREZO ROQUE MICHAEL JAIR
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Evaluación de materia orgánica en sedimento de piscinas
camaroneras tratado con biodegradadores y arado como reductores
de nivel.**

**CAIMINAGUA ALVARRACIN MICHAEL STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**VALAREZO ROQUE MICHAEL JAIR
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación de materia orgánica en sedimento de piscinas
camaroneras tratado con biodegradadores y arado como reductores
de nivel.**

**CAIMINAGUA ALVARRACIN MICHAEL STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**VALAREZO ROQUE MICHAEL JAIR
INGENIERO ACUICOLA**

RENTERIA MINUCHE JORGE PATRICIO

**MACHALA
2022**

Trabajo de titulación

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

2

kipdf.com

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

<1%

4

www.iiap.org.pe

Fuente de Internet

<1%

5

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

6

www.produccioncientificaluz.org

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Instituto Politecnico Nacional

Trabajo del estudiante

<1%

8

albers.mty.itesm.mx

Fuente de Internet

<1%

9

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

10	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
11	crisrcastillo.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
12	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
13	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	<1 %
14	novascientia.delasalle.edu.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

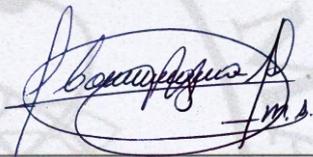
Los que suscriben, CAIMINAGUA ALVARRACIN MICHAEL STEEVEN y VALAREZO ROQUE MICHAEL JAIR, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de materia orgánica en sedimento de piscinas camaroneras tratado con biodegradadores y arado como reductores de nivel., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

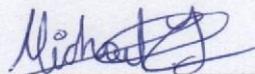
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



CAIMINAGUA ALVARRACIN MICHAEL STEEVEN

0706311255



VALAREZO ROQUE MICHAEL JAIR

0704983204

AGRADECIMIENTO

Primero, agradecemos a Dios por brindarnos salud y bienestar para conseguir todos nuestros objetivos propuestos y poder derribar cada obstáculo en nuestras vidas.

A nuestras familias por la ayuda brindada durante este trayecto porque nos han dado las herramientas para alcanzar nuestras metas y así desenvolvemos en nuestra carrera profesional.

Además, a la Universidad Técnica de Machala por la oportunidad de estudiar y desempeñarnos como profesional, junto con docentes que nos proporcionaron conocimientos, ya que han sido el motor primordial para esta travesía porque al final conseguiremos nuestro mayor logro que es tener nuestro título.

A nuestro tutor Renteria Minuche Jorge Patricio, Ph.D. por estar pendiente en la revisión del trabajo de titulación, y así ayudarnos a resolver cada objetivo planteado dentro de las actividades académicas, así mismo al Ing. Carlos Pezo por su guía y prestación del laboratorio de química y por último al Ing. Irán Rodríguez, Ph.D. por su guía en el área estadística.

A nuestro compañero John Cabrera por permitirnos desarrollar nuestro trabajo de titulación en la camaronera “Mar y tierra”, además al Ing. Kevin Brayan Chamba Ponce por la amabilidad de cedernos los productos para la parte práctica de nuestro trabajo.

Dedicatoria

Le dedico el resultado de este trabajo a mi Dios, por darme la fuerza de voluntad, vida y amor para cumplir cada uno de mis objetivos de vida.

A mis padres Nilo Caiminagua y Jessica Alvarracin, que son los pilares fundamentales de mi vida. Gracias por siempre estar conmigo, enseñarme el valor del esfuerzo y afrontar cualquier dificultad en mi vida.

A mi compañera de vida que amo tanto, Lorena Maldonado por la paciencia, amor y ayudarme a alcanzar ese equilibrio en el transcurso de cada momento vivido junto a ti.

A cada integrante de mi familia, principalmente mis abuelos por creer en mí y por el apoyo moral que siempre me brindan.

Michael Steeven Caiminagua Alvarracin

Dedicatoria

El trabajo de titulación está dedicado ante todo a Dios nuestro señor, por permitirme la existencia y fortaleza, así como sabiduría y dedicación en mis estudios.

A mis abuelos Florecinda Caiminagua y Wilman Pastor Roque por haberme forjado como persona de bien, enseñándome los principales valores que se poseen en el hogar.

A mis padres Maricela del Rocio Roque y Ermel Valarezo por haber depositado su confianza en mí y proporcionarme las herramientas necesarias para culminar mi carrera universitaria.

A mi tía Yessenia Roque por cuidarme y velar por mí, aportándome cariño y confianza necesaria para formarme como persona bien.

A mi hermana y hermanos, Daniela, Steveen, Alexander y Sebastian, recordándoles que ellos también pueden lograr sus metas, y objetivos con esfuerzo y dedicación.

A mi pareja Dennisse Montalvo por formar parte de mi vida, apoyándome en cada una de mis momentos de dificultad y acompañarme durante esta etapa.

Michael Jair Valarezo Roque

RESUMEN

Los sistemas de producción intensiva en el cultivo de camarón manejan elevadas poblaciones de animales con mayor control y dependencia completa del alimento. Esto da lugar a un alto consumo de alimento balanceado lo cual incrementa el contenido de materia orgánica (heces, alimento no consumido y detritus) que se van acumulando en los sedimentos durante el ciclo de cultivo provocando efectos negativos en suelo de piscinas camaroneras. El presente trabajo de titulación busca evaluar la presencia de materia orgánica en sedimento acuícola tratado con biodegradadores y arado, como reductores de nivel. El estudio experimental se desarrolló empleando un Experimento factorial con un diseño en bloque completamente al azar fraccionado 2x3, con dos factores de estudio, roturación del suelo (T1: Roturado, T2: Sin roturar), y biodegradadores (T1: Sin biodegradador, T2: Biodegradador 1, T3: Biodegradador 2); formando 6 combinaciones de tratamientos los cuales fueron replicados 4 veces y de esta manera obtener el porcentaje de MO de cada muestra a través del método de ignición y los niveles de pH con el pH-metro de trompo. Los resultados obtenidos indican que existen diferencias prácticas en la disminución del porcentaje de MO y los niveles de pH, tanto en los factores de estudio de roturación (permitiéndonos observar un mayor efecto en suelo roturado), biodegradadores (donde se evidencia una mayor disminución en el tratamiento con biodegradador 2) y la interacción de ambos (el tratamiento suelo roturado sin biodegradador 2 evidencia un mayor efecto). Se concluye que la roturación y biodegradadores influyeron sobre el porcentaje de MO y los niveles pH.

Palabras clave: Materia orgánica, pH, biodegradadores, roturación, suelo.

ABSTRACT

Intensive production systems in shrimp farming manage high animal populations with greater control and complete dependence on feed. This results in a high consumption of balanced feed which increases the content of organic matter (feces, uneaten feed and detritus) that accumulates in the sediments during the culture cycle causing negative effects on shrimp pond soil. The present titration work seeks to evaluate the presence of organic matter in aquaculture sediment treated with biodegraders and plowing, as level reducers. The experimental study was developed using a factorial experiment with a 2x3 fractional randomized block design, with two study factors, soil tillage (T1: Tilled, T2: Not tilled), and biodegraders (T1: Without biodegrader, T2: Biodegrader 1, T3: Biodegrader 2, T3: Biodegrader 2, T3: Biodegrader 3): Biodegrader 1, T3: Biodegrader 2); forming 6 combinations of treatments which were replicated 4 times and in this way obtaining the percentage of OM of each sample through the ignition method and the pH levels with the pH meter. The results obtained indicate that there are practical differences in the decrease of OM percentage and pH levels, both in the study factors of plowing (allowing us to observe a greater effect in plowed soil), biodegraders (where a greater decrease is evidenced in the treatment with biodegrader 2) and the interaction of both (the plowed soil treatment without biodegrader 2 evidences a greater effect); in spite of this, no statistical differences were evidenced. It is concluded that plowing and biodegraders do not influence the percentage of OM and pH levels.

Key words: organic matter, pH, biodegraders, plowing, soil.

Índice

AGRADECIMIENTO	I
Dedicatoria.....	II
Dedicatoria.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	V
Índice	VI
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	XI
1. Introducción.....	12
2. Planteamiento del Problema	14
3. Justificación	15
4. Objetivos.....	16
4.1. Objetivo general.....	16
4.2. Objetivos específicos	16
5. Marco teórico.....	17
5.1. Influencia del alimento exógeno en el fondo de estanques.....	17
5.2. Suelo de estanques acuícolas	17
5.3. Propiedades fisicoquímicas del suelo de estanques acuícolas	19
5.4. Interfaz suelo-agua de fondo del estanque acuícola.....	20
5.5. Materia orgánica del sedimento de camarónera.....	21
5.6. Técnicas para degradación de materia orgánica del sedimento acuícola.....	23
5.6.1. Técnica por secado.....	23
5.6.2. Técnica por arado	24
5.6.3. Técnica por biorremediación.....	24
5.7. Productos a emplear para degradar materia orgánica.....	25
5.7.1. Producto 1.....	25

5.7.2. Producto 2	25
5.8. Métodos aplicables para la evaluación de la MO del sedimento	26
5.8.1. Método de pérdida por ignición	26
5.8.2. Método Walkley-Black	26
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
6.1. Materiales y equipos	27
6.2. Equipos.....	27
7. Ubicación del área experimental.....	29
7.1. Lugar de estudio.....	29
7.2. Diseño experimental.....	29
7.3. Muestras de suelo.....	30
7.4. Desarrollo del análisis para materia orgánica	31
7.5. Variables a medir	31
7.5.1. Porcentaje de MO en suelo	31
7.5.2. Nivel de pH en suelo	32
7.6. Procesamiento estadístico	32
8. Resultados.....	34
8.1. Efecto de roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO.....	34
8.2. Efecto de roturación del suelo sobre los niveles de pH.....	35
8.3. Efecto de los biodegradadores con respecto al porcentaje de MO del sedimento.....	37
8.4. Efecto de los bio-degradadores sobre los niveles de pH en el suelo.....	39
8.5. Efecto de roturación del suelo y bio-degradadores con respecto al porcentaje de MO.	41
8.6. Efecto de roturación del suelo y biodegradadores sobre los niveles de pH.	43
9. Discusión	46
10. Conclusión	49
11. Recomendaciones	50

12.	Bibliografia	51
13.	Anexos	57

Índice de figuras

Figura 1. Representación esquemática de los cambios en la respiración microbiana con disminución del potencial redox en el sedimento del estanque.....	18
Figura 2. Ejemplo de distribución de sedimentos dentro de un estanque después de dos cultivos.....	19
Figura 3. Perfil del suelo de una piscina.....	21
Figura 4. Ubicación del lugar donde se obtuvieron las muestras de suelo y se desarrolló el experimento.....	29
Figura 5. Croquis del experimento factorial con un diseño en bloque completamente al azar fraccionado 2x3.....	30
Figura 6. Efecto de roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	34
Figura 7. Efecto de roturación del suelo sobre los niveles de pH en el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	36
Figura 8. Efecto de los biodegradadores sobre el contenido de MO en el suelo durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	38
Figura 9. Efecto de los bio-degradadores sobre los niveles de pH en el suelo durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	40
Figura 10. Efecto de roturación del suelo y biodegradares sobre el MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	42
Figura 11. Efecto de roturación del suelo y biodegradares con respecto al porcentaje de MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.....	44
Figura 12. Marcado de fundas para recolección de muestras.....	57
Figura 13. Inicio de delimitación para cada UE.....	57
Figura 14. Finalización de delimitación de cada UE.....	57
Figura 15. Inicio de arado de UE.....	57
Figura 16. Finalización de arado de las UE.....	58
Figura 17. Medición del nivel de pH.....	58
Figura 18. Toma de muestra de suelo.....	58
Figura 19. Marcado de cada crisol.....	58
Figura 20. Pesaje de cada crisol seco y con muestra de suelo.....	59
Figura 21. Proceso de secado a 105 °C por 24 horas.....	59
Figura 22. Crisoles con muestras salidas de estufa.....	59

Figura 23. Proceso de ignición de crisol con muestra a 360 °C por 2 horas en mufla NABERTHERM.....	59
Figura 24. Enfriado de crisol con muestra salido de mufla NABERTHERM.....	60
Figura 25. Retirado de elementos empleados para delimitar las UE.....	60

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de la concentración de MO en el sedimento.....	22
Tabla 2. Concentraciones de carbono y nitrógeno en materiales orgánicos utilizados en acuicultura.....	23
Tabla 3. Prueba de efecto intergrupos para la variable roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO de las muestras analizadas.....	35
Tabla 4. Prueba de efecto intergrupos para la variable roturación del suelo en los niveles de pH de las muestras analizadas.....	37
Tabla 5. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor sobre el contenido de MO de las muestras analizadas.	39
Tabla 6. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor sobre los niveles de pH de las muestras analizadas.	41
Tabla 7. Resultados del contenido de MO de las combinaciones de tratamientos en los tiempos de evaluación.....	41
Tabla 8. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor combinado en el contenido de MO de las muestras analizadas.	43
Tabla 9. Resultados de los niveles de pH de las combinaciones de tratamientos en los tiempos de evaluación.....	43
Tabla 10. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor combinado sobre los niveles de pH de las muestras analizadas.	45

1. Introducción

La acuicultura mundial ha crecido de una manera significativa a lo largo de los años hasta alcanzar una producción de alrededor 82,1 millones de toneladas (ton) de acuicultura continental y marina (Troell et al., 2017). Asimismo, la región constituida por Latinoamérica y el Caribe (ALC) han aportado con 1.873 mil ton de 82 millones de toneladas producidas a escala mundial en el 2018 (Souto et al., 2021). Del mismo modo, Ecuador ha sido reconocido a nivel mundial con aportaciones de 570 mil ton de camarón en el año 2020, representando un incremento del 9,2 % de lo que se logró entre el 2015 y 2020 (Gonzabay et al., 2021).

Hoy por hoy, se han implementado nuevos sistemas de producción intensiva con el fin de abastecer la gran demanda de productos acuícolas. Este tipo de sistemas se operan en áreas reducidas manejando elevada población de animales para obtener mayor volumen de producción con mayor control y dependencia completa del alimento (Espinoza et al., 2015). Por consiguiente, esto puede dar lugar a un alto consumo de alimento balanceado lo cual incrementara el contenido de materia orgánica (heces, alimento no consumido y detritus), que se irán acumulando en los sedimentos durante el ciclo de cultivo (Hou et al., 2021).

En las prácticas comunes de los acuicultores para la disminución de la materia orgánica (MO) en el suelo está el secado de los mismos, y se ha demostrado que presenta un efecto reductor de MO en el sedimento acuícola, antes de empezar el próximo ciclo productivo; además esta actividad es necesaria para disminuir la demanda de oxígeno del suelo durante la nueva producción (Boyd, 2020).

En el trabajo de investigación de Wang y He (2009) se probó el efecto de diferentes probióticos comerciales sobre la actividad de la fosfatasa alcalina (APA) y las

concentraciones de nutrientes entre las cuales está el fósforo total (TP), fósforo inorgánico total (TIP), fósforo orgánico total (TOP), carbono orgánico total (TOC) y nitrógeno total (TN) en el sedimento de estanques de cultivo de camarón. Después del día 20 de la investigación se observó que la aplicación de probióticos disminuye notablemente la cantidad de TOC y TN presente en el sedimento.

Por otro lado, según Farizky et al. (2020), en su estudio aplicaron probióticos para determinar el efecto sobre la materia orgánica total en el cultivo de la especie *Litopenaeus vannamei*. Los investigadores usaron cepas bacterianas tales como *Pseudomonas sp.* y *Bacillus sp.* en distintas concentraciones. Se efectuaron cuatro tratamientos, el primero tratamiento control, del segundo al cuarto fueron administrados con probiótico siendo su UFC/ml respectivamente 106, 107 y 108. Con ello, pudieron evidenciar que todas las concentraciones influyeron en la reducción de MO. Sin embargo, el tratamiento con concentraciones de 107 UFC/ml fue más notable su acción en la MO.

El presente trabajo de titulación plantea dos alternativas para reducir la cantidad de materia orgánica como son el proceso de arado y el uso de bio-degradadores que actúen sobre el suelo de estanques del cantón Machala. A su vez, este tendrá como objetivo evaluar mediante el método de ignición, el efecto de ambos factores de estudio como reductores de nivel de materia orgánica en los estanques de cultivos de camarón.

2. Planteamiento del Problema

¿Qué causa el aumento de MO en los sedimentos acuícolas?

La acumulación de MO puede provocar severos problemas como la reducción de oxígeno en los estanques acuícolas, presentando enfermedades, estrés y muerte de los organismos. Es importante realizar la remediación en los suelos acuícolas correctamente antes de pasar al siguiente cultivo, dos semanas como mínimo el suelo del estanque empezará a mineralizar y a su vez presentar eventualidades en los organismos (Phung et al., 2020).

3. Justificación

Con la creciente demanda de productos del sector acuícola, los empresarios han tenido que aumentar las densidades de cultivo, buscando incrementar ganancias y reducir el tiempo entre ciclos, aumentándose así el contenido de MO y no permitiéndose una correcta degradación del sedimento después de la actividad (Bostock et al., 2010).

La presente investigación busca evaluar la efectividad del arado y bio-degradadores como reductores de la MO presente en el sedimento, empleando el método de ignición donde se tomarán muestras de las unidades experimentales y observar el comportamiento de la MO durante el tiempo que se desarrolle la investigación.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar la presencia de materia orgánica en sedimento acuícola tratado con *bio-degradadores y arado, como reductores de nivel.*

4.2. Objetivos específicos

Determinar el contenido de MO del suelo de estanque en la camaronera “Mar y Tierra” aplicando el método de ignición.

Evaluar el pH del suelo en la camaronera “Mar y Tierra” con el potenciómetro (pH-metro de trompo).

5. Marco teórico

5.1. Influencia del alimento exógeno en el fondo de estanques

El manejo de suelo es de suma importancia en estanques acuícolas debido a que presenta un efecto positivo-negativo en la calidad de agua y en conjunto intervienen en la producción de cualquier tipo de cultivo. Parámetros como niveles de pH y concentración de materia orgánica son parámetros que intervienen en la producción de especies acuícolas (Banerjea, 1967).

En el suelo de fondo de estanques de camarón ecuatoriano (40 granjas de camarón) el promedio del contenido de materia orgánica es 2,38%. Valor que se encuentra permisible de los rangos presentados por suelos de Boyd et al (1994). Además, la mayoría de los estanques presentan suelos con $\text{pH} > 6$ (Sonnenholzner & Boyd, 2000).

Por otro lado, El 100% de la ración alimenticia suministrado al crustáceo, se ha estimado que el 48% lo ocupa para procesos fisiológicos como la ecdisis, pérdida por excreción y energía requerida para procesos metabólicos; durante la manipulación del balanceado por parte del peneido se presenta pérdida 15%, convirtiéndose en biomasa el 17% y 20% se desperdicia en heces (Ching, 2022).

5.2. Suelo de estanques acuícolas

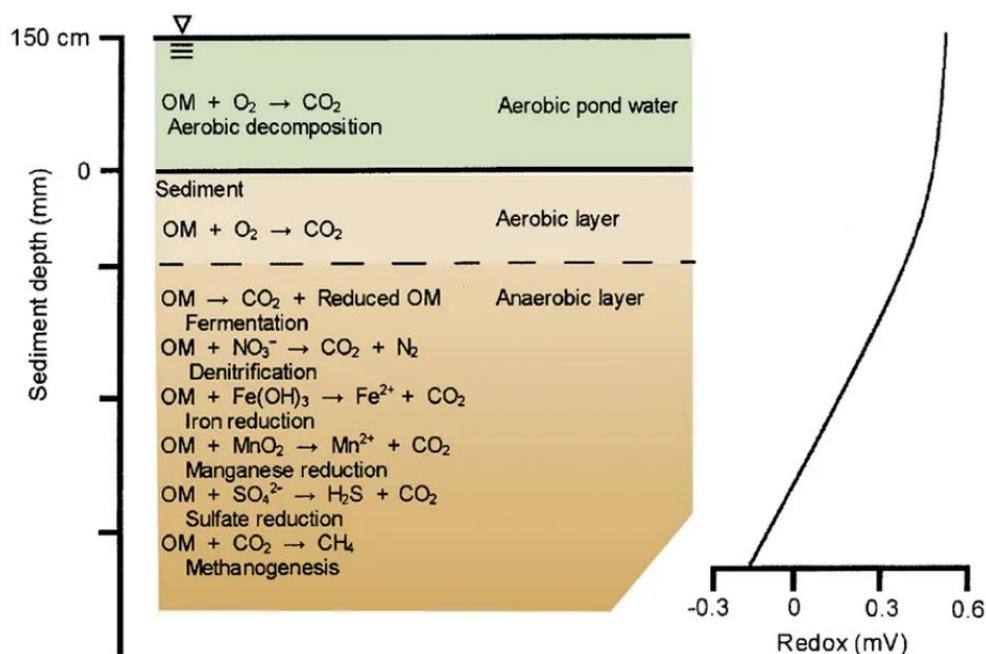
El suelo es el material que compone el fondo del estanque y el terraplén para retener el agua para el cultivo de organismos acuáticos, además establece el equilibrio en el ecosistema del estanque y, por lo tanto, influye críticamente en el crecimiento y la supervivencia de las especies en cultivo. El suelo del estanque no sólo actúa como filtro biológico, sino que también almacena y suministra nutrientes para los organismos del nivel basal de las redes alimentarias autótrofas y heterótrofos que operan en el estanque;

los parámetros físicos y químicos del suelo controlan la estabilidad del fondo del estanque y los parámetros químicos del agua suprayacente (Shafi et al., 2021).

En el sedimento existen dos tipos de descomposición la aeróbica y la anaeróbica, la descomposición aeróbica convierte completamente los compuestos orgánicos en CO₂ y agua. Muchos de los microorganismos que pueden descomponer la MO de forma anaeróbica no la convierten completamente en CO₂ y agua. Sin embargo, existen bacterias anaeróbicas que pueden usar estos residuos orgánicos parcialmente descompuestos y eventualmente degradarlos finalmente a CO₂ y agua, pero el proceso es lento (Boyd, 2016).

Figura 1. Representación esquemática de los cambios en la respiración microbiana con disminución del potencial redox en el sedimento del estanque.

Fuente: (Boyd, 2004).

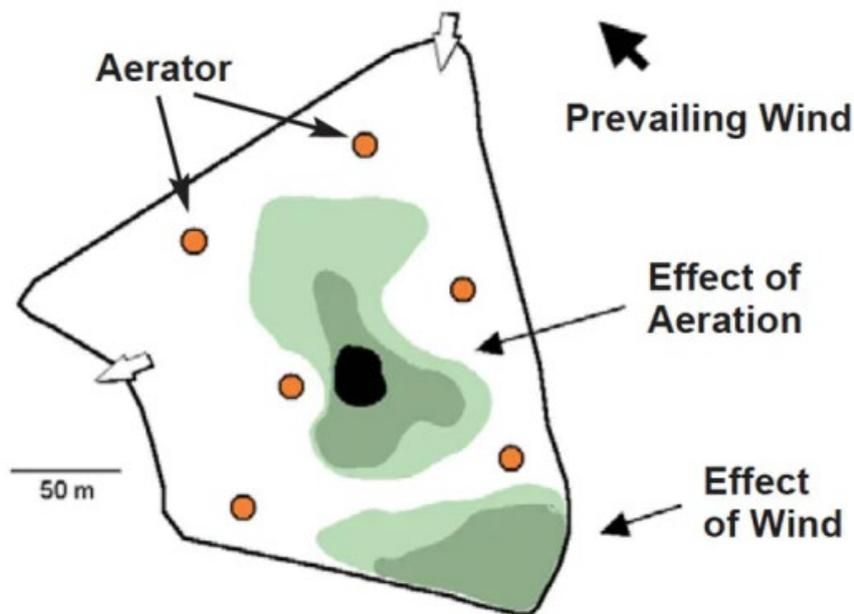


Otro punto a consideración es el movimiento del sedimento del fondo de estanque, en sistemas extensivos la acción del viento genera un oleaje pequeño el cual repercutirá en

la acumulación de sedimentos en una zona esquinera del estanque; en sistemas semi-intensivos e intensivos se aplica aireación, debido al movimiento generado por los aireadores usualmente la acumulación de sedimentos se dará en las zonas centrales del estanque además de la acción del viento (Lemonnier et al., 2001).

Figura 2. Ejemplo de distribución de sedimentos dentro de un estanque después de dos cultivos.

Fuente: (Lemonnier et al., 2001).



5.3. Propiedades fisicoquímicas del suelo de estanques acuícolas

Los suelos destinados a la actividad acuícola presentan diferentes tipos de propiedades las cuales afectan directa o indirectamente al cultivo en desarrollo; La textura de un suelo se refiere a la distribución de los diferentes tamaños de las partículas del suelo, las mismas se separan mecánicamente y se agrupan en categorías con límites específicos de diámetro de partícula, como son los fragmentos gruesos y grava, arena, limo y, arcilla (con concentraciones de entre 20-30% se estima ideal para un suelo acuícola) (Boyd et al., 1994).

La MO de los suelos incluye material en todas las etapas de descomposición, desde adiciones frescas de nueva MO hasta los restos altamente resistentes de la MO antigua o refractaria, debemos tomar en cuenta que la misma es la causante de un alto consumo de oxígeno disuelto; Usualmente la respiración del suelo está entre 10 – 100 kg CO₂/ha/d, aunque también podemos observar rangos de 25 - 40 kg CO₂/ha/d; la tasa de respiración del suelo estará en relación con la concentración de MO la misma que dependerá de la densidad de cultivo (Boyd, 1995).

Conocer el valor de pH del suelo permite tomar decisiones de rectificación; durante la mineralización de la MO se liberan diferentes metabolitos entre ellos podemos encontrar CO₂⁻ y H⁺, ambos disminuyen el pH del suelo por lo tanto sus determinaciones in situ son necesarias, por método directo con el uso de máquinas portátiles u otros dispositivos especializados, como un pH-metro de trompo (Paredes & Rodriguez, 2020).

5.4. Interfaz suelo-agua de fondo del estanque acuícola

La capa floculante y la capa de sedimento fluido influyen en la calidad del agua al consumir OD y liberar y absorber nutrientes. Los metabolitos microbianos tóxicos pueden originarse a partir de la actividad microbiana en las zonas anaeróbicas de la capa floculante o del sedimento blando y entrar en el agua (Boyd, 2003).

El sedimento blando no suele tener más de 5 cm de espesor, la zona más profunda es menos fluida que la capa superior, pero a menudo tiene una concentración de MO similar a la del sedimento blando. Por lo general, es anaeróbico, pero no intercambia fácilmente sustancias con el agua del estanque (Hasibuan et al., 2021).

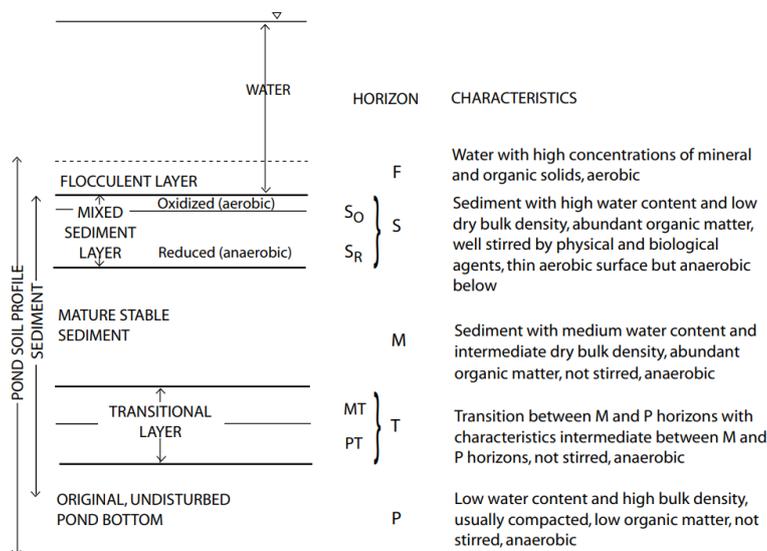
5.5. Materia orgánica del sedimento de camaronera

Se estima que un alto contenido de MO del sedimento afecta negativamente la condición del suelo y agua durante los cultivos futuros; aunque esta aclaración es correcta, la MO se puede descomponer de una manera óptima y su acumulación puede ser simplificada con un manejo adecuado del suelo, las bacterias y organismos descomponedores reducirán la MO más eficientemente con temperaturas entre 30 - 35 °C, niveles de pH de 7 - 8,5 (Boyd, 2016).

Esta MO acumulada no suele causar problemas en los estanques con el tiempo. Sin embargo, durante un cultivo, la descomposición de la MO lábil impone una demanda de oxígeno considerable ya sea en la interfase sedimento-agua o en la columna de agua (Hatakeyama et al., 2021).

Figura 3. Perfil del suelo de una piscina.

Fuente: (Boyd & Tucker, 1998).



La concentración de MO en los primero 5 cm del suelo (interfaz suelo-agua) en general presentan un rango entre 6 a 10 %, debajo de este segmento puede tener entre 3 a 5 %

de MO que es el promedio usual que se presenta en suelos de estanques de cultivo de camarón; los sedimentos aeróbicos presentan un color marrón claro, amarillo, gris o algún otro color natural del suelo mientras que el sedimento anaeróbico se reconoce por su tinción oscura resultado de la presencia de hierro ferroso (Yuvanatemiya & Boyd, 2006).

Tabla 1. Clasificación de la concentración de MO en el sedimento.

Fuente: (Boyd, 2003).

Carbono orgánico (%)	Comentario
>15	Suelo orgánico, no aconsejable para acuicultura
3,1 - 15	Suelo mineral con alta concentración de MO
1 - 3	Suelo mineral, concentración moderada de MO (Ideal para acuicultura)
< 1	Suelo mineral, bajo contenido de MO

La mineralización de la MO por bacterias aeróbicas es la responsable de que los fondos de los estanques muchas de las veces presentan bajos niveles de oxígeno; la cantidad de O₂ que emplean las bacterias para oxidar completamente el carbono orgánicos en 1 kg es de 2,67 la fracción decimal del carbono: un ejemplo sería que para la mineralización de 1 kg de peso seco de balanceado no consumido que presente un 38% de carbono orgánico se requiere 1,01 Kg O₂ (Boyd, 2004).

Tabla 2. Concentraciones de carbono y nitrógeno en materiales orgánicos utilizados en acuicultura.

Fuente: (Boyd, 2020).

Material orgánico	Concentración (% peso seco) Carbono	Concentración (% peso seco) Nitrógeno
Estiércol de ganado: Porcinos	40.6	3.01
Estiércol de ganado: Lácteos	38.2	2.98
Estiércol de ganado: Ganado	43.0	2.92
Estiércol de ganado: Aves	32.5	4.47
Pastos	38 a 42	1.5 a 3.0
Residuos de cultivos	35 a 40	0,75 a 2,0
Alimento (sin consumir)	38 a 42	4 a 7
Fitoplancton	45 a 50	8 a 12

5.6. Técnicas para degradación de materia orgánico del sedimento acuícola

5.6.1. Técnica por secado

Esta técnica es empleada con el fin de eliminar organismos del fondo del estanque y permitir un deterioro de la MO, años anteriores se mencionaba que un secado correcto se daba en una o dos semanas, pero este tipo de actividad en época de invierno ecuatorial es muy agresivo en suelos con altas concentraciones de arcilla, agrietándose y disminuyendo la permeabilidad del mismo debido a las altas temperaturas (Boyd, 2012).

Actualmente se recomienda tiempos de secado de una semana, si en las piscinas existieran zonas con charcos, se suele emplear rotenona u otros tóxicos para peces, además, se suele agregar algún producto calcáreo con el fin de elevar el pH para eliminar organismos no deseados (Rojas et al., 2005).

5.6.2. Técnica por arado

Esta actividad se puede realizar con una grada de discos para romper la capa superficial del sedimento esto aumentará la exposición del suelo al aire y acelerará el proceso de secado, una 2da opción es emplear y la 3ra son los arados de vertedera, aunque este último revuelve la tierra por lo cual no son recomendables (Boyd, 2019).

5.6.3. Técnica por biorremediación

La aplicación de complejos bacterianos capaces de emplear la MO como fuente de alimento permite que los nutrientes existentes en el sedimento del fondo sean reintegrados a la columna de agua, además que, dependiendo de las bacterias metabolizan productos nitrogenados, sulfuros u otros metabolitos tóxicos; Actualmente existe un gran interés en utilizar inóculos bacterianos vivos y enzimas con el fin de mejorar la calidad del suelo y agua, las cuales son insertadas al medio con el fin de mejorar la comunidad bacteriana (Boyd & Tucker, 1998).

Siendo el camarón blanco bentónico, el fondo de los estanques deben presentar condiciones óptimas en cuanto a parámetros físico-químicos y una microfauna bentónica excelente; por lo general, la mayoría de biorremediadores o probióticos empleados para el tratamiento o mejoramiento de la calidad del suelo está compuesto por bacterias del género *Bacillus* (bacterias Gram positivas) estas además de disminuir la MO y metabolitos nitrogenados, se desempeñan como probiótico intestinal mejorando el crecimiento, la respuesta inmune y la resistencia frente a patógenos (James et al., 2021).

5.7. Productos a emplear para degradar materia orgánica

5.7.1. Producto 1

El presente producto contiene diversidad de bacterias y enzimas, destinadas a mejorar el medio de cultivo. El consorcio bacteriano degrada la MO durante la producción, expeliendo diferentes metabolitos tóxicos.

Microorganismos: *Bacillus subtilis*, *Cellulomonas*, *Nitrosomas*, *Nitrobacter*, *Aerobacter*.

Enzimas: Lipasa, Proteasa, Amilasa, Hemicelulasa, Lactasa.

Bacterias totales: 2×10^9 ufc/g de *Bacillus subtilis*, 5×10^8 ufc/g de bacterias ácidos lácticas.

Dosificación para preparación de piscina de 300 gr/ha, hidratar 12 – 24 horas antes de la aplicación.

5.7.2. Producto 2

Se trata de un biorremediador de suelo y agua. También actúa como aditivo nutricional, beneficiando con proteínas, ácidos grasos, aminoácidos y aceites esenciales al organismo. Este probiótico contiene hongos del género *Saccharomyces* en concentraciones de 1.42×10^7 UFC/g con efecto bio-degradador.

Dosificación para preparación de piscina de 500 gr/ha, se debe activar con melaza en un tanque de 500L con agua de piscina.

5.8. Métodos aplicables para la evaluación de la MO del sedimento

5.8.1. Método de pérdida por ignición

Este método implica, exponer la muestra de suelo en mufla a altas temperaturas y con ello, lograr la reducción del peso para estimar los niveles de MO. Por su rapidez, menor producción de residuos y reducción de costos es considerado ideal por varios investigadores (Martínez et al., 2017).

5.8.2. Método Walkley-Black

Este método químico trata la muestra del suelo con dicromato de potasio en medio ácido y logra la oxidación por vía húmeda; produce desechos que se deben manejar de manera eficiente. Por otra parte, el método logra una oxidación parcial de carbono orgánico, además obliga a tomar en cuenta un factor de corrección que difiere de los distintos suelos (Barrezueta et al., 2020).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales y equipos

- Estacas de madera
- Piola plástica
- Marcador
- Tijera
- Crisoles
- Flexómetro
- Fundas plásticas
- Martillo
- Escuadra metálica
- Pinza metálica de laboratorio
- Franela de laboratorio
- Bolígrafos
- Cuaderno de notas
- Botas plásticas
- Guantes de manejo
- Desecador
- Balde plástico

6.2. Equipos

- Estufa MEMMERT
- Balanza de precisión Mettler Toledo XP404S
- Mufla NABERTHERM

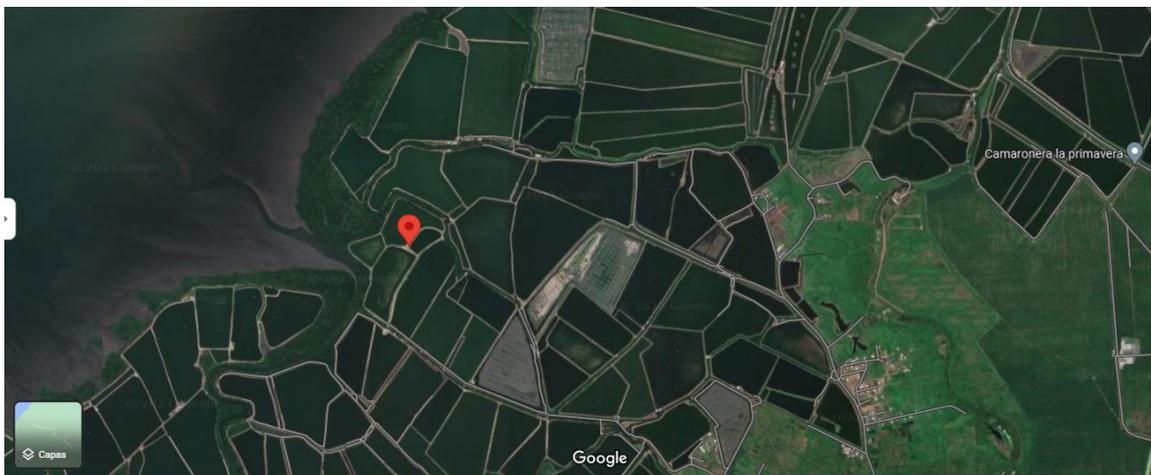
- Laptop portátil
- Medidor de pH y humedad del suelo, electrodo largo de 11.61 pulgadas

7. Ubicación del área experimental

7.1. Lugar de estudio

Para la presente investigación, se obtuvieron las muestras de suelo de piscinas en la camaronera “Mar y Tierra“, situada en el Sector Puerto Grande, dentro de la Ciudad de Machala, El Oro, Ecuador. Coordenadas: -3.215993, -79.973389, y el análisis de suelo para la obtención del porcentaje de MO se realizó en el Laboratorio de Suelos propiedad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.

Figura 4. Ubicación del lugar donde se obtuvieron las muestras de suelo y se desarrolló el experimento.



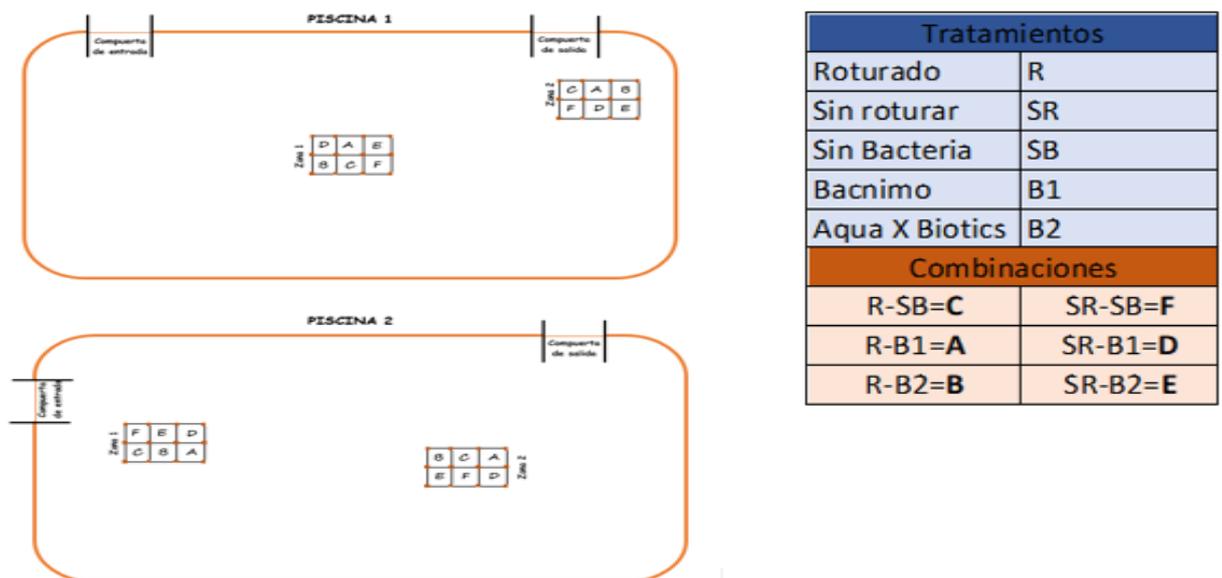
7.2. Diseño experimental

El estudio experimental se realizó en el transcurso de 5 días hábiles (toma de muestras 16, 18 y 20 de enero del 2023) y se distribuyó en cuatro etapas. Primeramente, se adquirieron los productos ya preparados. En la segunda etapa, se limitó el área experimental en las dos piscinas de camaronera. La segunda etapa consistió en la recolección de muestras de suelo en piscinas camaroneras y la tercera realizar los análisis pertinentes en el laboratorio para obtención de porcentaje de materia orgánica.

El estudio experimental se desarrolló empleando un Experimento factorial con un diseño en bloque completamente al azar fraccionado 2x3, debido a que se manipularon dos factores de estudio, roturación del suelo (T1: Roturado, T2: Sin roturar), y biodegradadores (T1: Sin biodegradador, T2: Producto 2, T3: Producto 1); formando 6 combinaciones de tratamientos los cuales fueron replicados 4 veces produciendo 24 unidades experimentales (metro cuadrado de suelo), los bloques fueron distribuidos de manera homogénea en dos piscinas camaroneras.

Figura 5. Croquis del experimento factorial con un diseño en bloque completamente al azar fraccionado 2x3.

Fuente: (Elaborado por los autores)



7.3. Muestras de suelo

Las muestras de estudio fueron extraídas previamente de cada unidad experimental delimitada por zonas en el suelo de las piscinas en la granja camaronera “Mar y Arena”. Para ello, se emplearon fundas plásticas etiquetadas por zona y número de muestra con la ayuda de un marcador. Posteriormente, se usaron a modo de guante las fundas y se

recolectaron aproximadamente 5 g de suelo. Por consiguiente, empleando una piola plástica de 20 cm se ataron las muestras por zonas para evitar confusión y se colocaron dentro de un balde plástico.

7.4. Desarrollo del análisis para materia orgánica

Para el análisis de las muestras empleamos la metodología explicada en Izquierdo Bautista y Arévalo Hernández (2021), inicialmente se pesaron cada uno de los crisoles con la ayuda de una pinza metálica de laboratorio y balanza de precisión Mettler Toledo XP404S. Luego, con una espátula de laboratorio se tomaron 5g de cada una de las muestras, se tararon el peso de los crisoles y se pesaron con la muestra. Posteriormente se depositaron en la Estufa MEMMERT para pérdida de humedad por 24 horas a 105 C°. A continuación, se dejaron enfriar las muestras por 1 hora y se pesaron nuevamente. Seguidamente, se introdujeron las muestras dentro de Mufla NABERTHERM por 2 horas a 360 C°. Cumplido el tiempo, se dejaron dentro del desecador por 1 hora. Nuevamente se pesaron y registraron en un cuaderno de notas.

Este proceso se replicó con los tres muestreos del estudio experimental y con la ayuda de un cuaderno de notas se registraron cada uno de los pesos (g).

7.5. Variables a medir

7.5.1. Porcentaje de MO en suelo

Las muestras de sedimento de camaronera, tomadas en cada uno de las fechas y combinación de tratamientos establecidos se realizó el método de ignición para obtener la concentración materia orgánica del suelo (MOS) y por consiguiente determinar el porcentaje de materia orgánica por medio de la siguiente formula:

$$\% \text{ MOS} = \frac{\text{peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso a } 360^{\circ}\text{C}}{\text{peso a } 105^{\circ}\text{C}} * 100$$

7.5.2. Nivel de pH en suelo

La toma de pH fue insitu para lo cual introdujimos el pH-metro en cada unidad experimental esperando el tiempo oportuno hasta que el medidor se estabilice. Las mediciones se dieron en todas las unidades experimentales y fechas establecidas.

7.6. Procesamiento estadístico

Para verificar si existe o no interacción entre los niveles de cada factor de estudio. Roturado, sin roturar, y biodegradadores: sin biodegradador, producto 1 y 2. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA Factorial Intergrupos). Si se presentase efecto de interacción se realizará una modificación en la matriz de datos, con el fin de determinar la mejor combinación de tratamientos. En caso de no presentar interacción entre los tratamientos de cada factor de estudio se determinarán los efectos principales de cada factor de estudio por separado. De forma previa se verificará el cumplimiento de los requisitos del modelo paramétrico utilizado (Independencia de observaciones, normalidad de datos verificada con el test Kolmogórov-Smirnov y homogeneidad de varianza contrastada con el test de Levene) para los grupos conformados (Roturado y Biodegradadores).

Para la visualización de los resultados estadísticos obtenidos se emplearon gráficos de barras simples, en los cuales se presentan las medias de la variable porcentaje de materia orgánica en cada combinación de tratamiento, así como las diferencias y similitudes entre ellos.

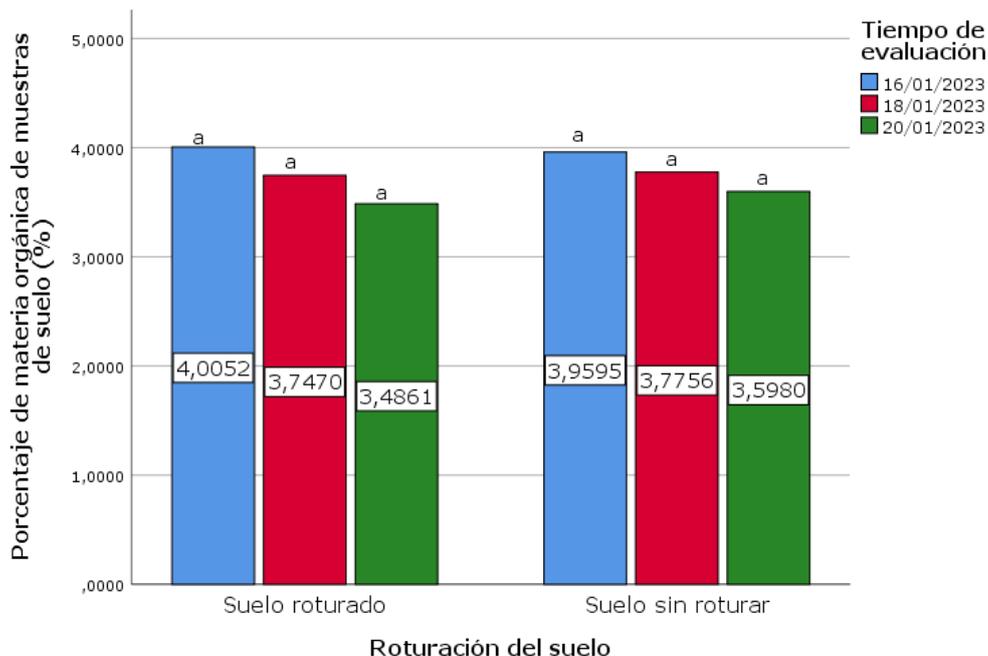
El análisis estadístico de los datos fue ejecutado con la utilización del software estadísticos SPSS Statistics 25 compatible con Windows 11, el nivel de significancia empleado en las pruebas estadísticas fue del 0,05.

8. Resultados

8.1. Efecto de roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO

En la Figura 6 se observa el efecto de roturación con respecto al porcentaje de MO durante el tiempo de evaluación. De acuerdo a los tratamientos del factor de estudio roturación, se obtuvo la media de contenido de MO de suelo roturado 4,0052%, 3,7470% y 3,4851%, y en suelo sin roturar 3,9595%, 3,7756% y 3,5980% correspondiente en ambas situaciones a los tres días de toma de datos. Estos resultados muestran que en suelo roturado la reducción del contenido de MO es mayor al suelo sin roturar. Sin embargo, aunque el porcentaje de MO presente en las unidades experimentales varía entre los 2 tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 6. Efecto de roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza del factor de estudio roturación suelo sobre el porcentaje de MO. Se empelo la prueba T para muestras independientes la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa entre los niveles del factor de estudio (roturación del suelo), debido a que el p-valor para los diferentes tiempos de evaluación) es mayor a alfa en todos los momentos de medición, por lo cual, se observa que la roturación del suelo no presenta un efecto con respecto al porcentaje de MO de las muestras de suelo.

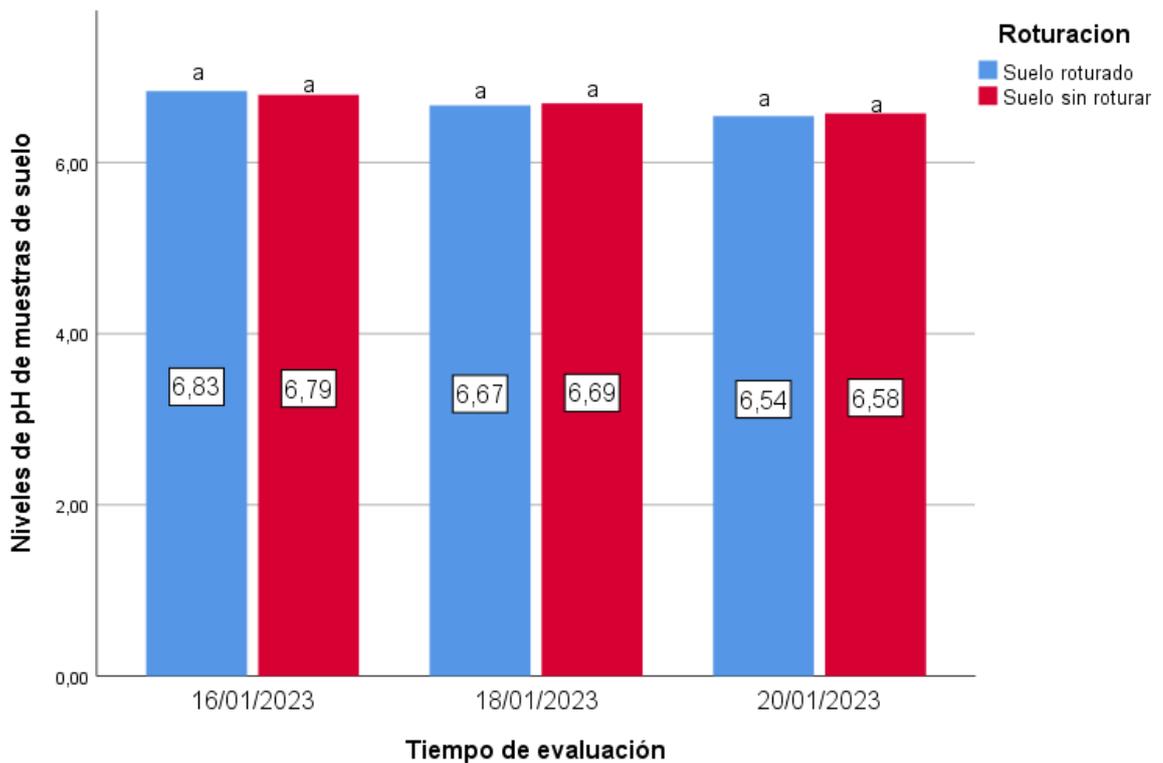
Tabla 3. Prueba de efecto intergrupos para la variable roturación del suelo con respecto al porcentaje de MO de las muestras analizadas.

Tiempo de evaluación			Estadístico F	Nivel de Significancia	Prueba T
1	Materia orgánica del suelo (%)	Se asumen varianzas iguales	0,007	0,935	0,208
		No se asumen varianzas iguales			0,208
2	Materia orgánica del suelo (%)	Se asumen varianzas iguales	0,014	0,906	-0,129
		No se asumen varianzas iguales			-0,129
3	Materia orgánica del suelo (%)	Se asumen varianzas iguales	0,020	0,890	-0,494
		No se asumen varianzas iguales			-0,494

8.2. Efecto de roturación del suelo sobre los niveles de pH.

En la Figura 7 se observa el efecto de roturación del suelo sobre los niveles de pH en el tiempo de evaluación. De acuerdo a los tratamientos del factor de estudio roturación, se obtuvo la media de los niveles de pH de suelo roturado 6,83, 6,67 y 6,54, y en suelo sin roturar 6,79, 6,67 y 6,58 correspondiente en ambas situaciones a los tres días de toma de datos. Estos resultados muestran que en suelo roturado la disminución de los niveles de pH es mayores al suelo sin roturar. Sin embargo, aunque los niveles de pH presente en las unidades experimentales varían entre los 2 tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 7. Efecto de roturación del suelo sobre los niveles de pH en el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 4 se muestra el análisis de varianza del factor de estudio roturación suelo sobre los niveles de pH. Se empelo una prueba T para muestras independientes la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa entre los niveles del factor de estudio (roturación del suelo), debido a que el p-valor es mayor a alfa en todos los momentos de medición, por lo tanto, se observa que la roturación del suelo no presenta un efecto sobre los niveles de pH presentes en las muestras de suelo.

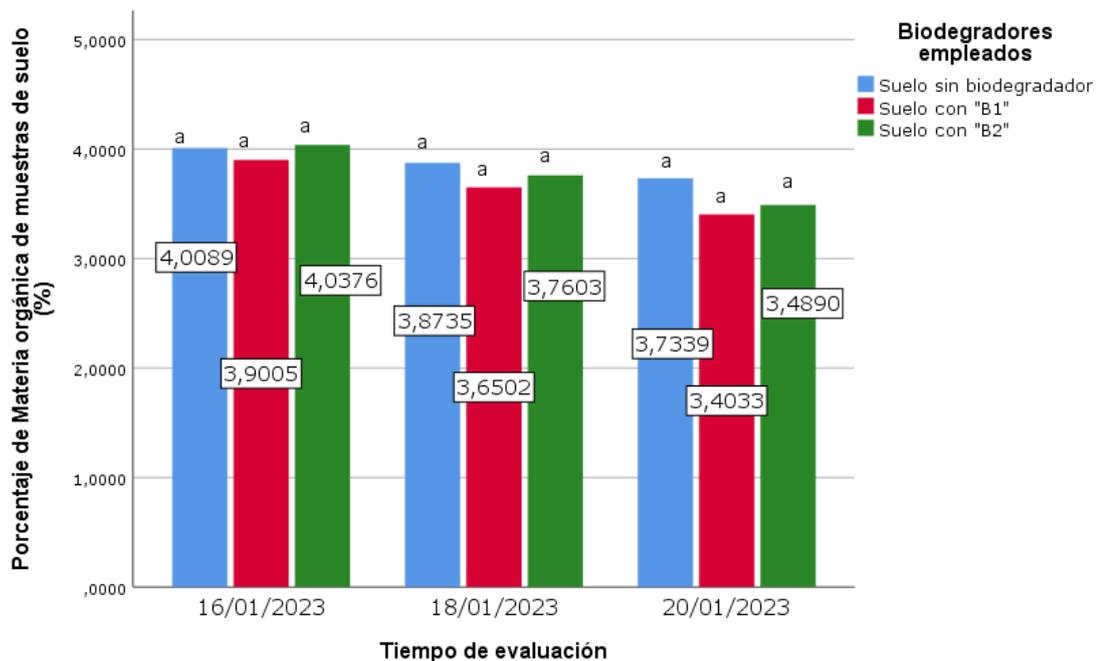
Tabla 4. Prueba de efecto intergrupos para la variable roturación del suelo en los niveles de pH de las muestras analizadas.

Tiempo de evaluación			Estadístico F	Nivel de significancia.	Prueba T
1	Niveles de pH de suelo	Se asumen varianzas iguales	0,403	0,532	0,742
		No se asumen varianzas iguales			0,742
2	Niveles de pH de suelo	Se asumen varianzas iguales	0,097	0,759	-0,408
		No se asumen varianzas iguales			-0,408
3	Niveles de pH de suelo	Se asumen varianzas iguales	0,226	0,639	-0,507
		No se asumen varianzas iguales			-0,507

8.3. Efecto de los biodegradadores con respecto al porcentaje de MO del sedimento.

En la Figura 8 se observa el efecto de los biodegradadores con respecto al porcentaje de MO en el tiempo de establecido. De acuerdo a los tratamientos del factor de estudio biodegradadores, se obtuvo la media de contenido de MO de suelo con “B1” 3,9905%, 3,6502% y 3,4033%; con “B2” 4,0376%, 3,7603% y 3,4890% y en suelo sin biodegradador 4,0089%, 3,8735% y 3,7339% correspondiente en todas las situaciones en los tres días de toma de datos. Estos resultados muestran que el efecto de los biodegradadores en el suelo sobre la reducción del contenido de MO es mayor en comparación al suelo sin biodegradador. Sin embargo, aunque el porcentaje de MO presente en las unidades experimentales varía entre los 3 tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 8. Efecto de los biodegradadores sobre el contenido de MO en el suelo durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 5 se muestra el análisis de varianza del factor biodegradadores sobre el contenido de MO de las unidades experimentales. Se empleo un ANOVA del factor intergrupos la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa del factor de estudio, debido a que el p-valor resultante da 0,396 siendo mayor a alfa, por lo tanto, se observa que no existe interacción entre biodegradadores sobre el contenido de MO en el lapso de tiempo de evaluación.

Tabla 5. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor sobre el contenido de MO de las muestras analizadas.

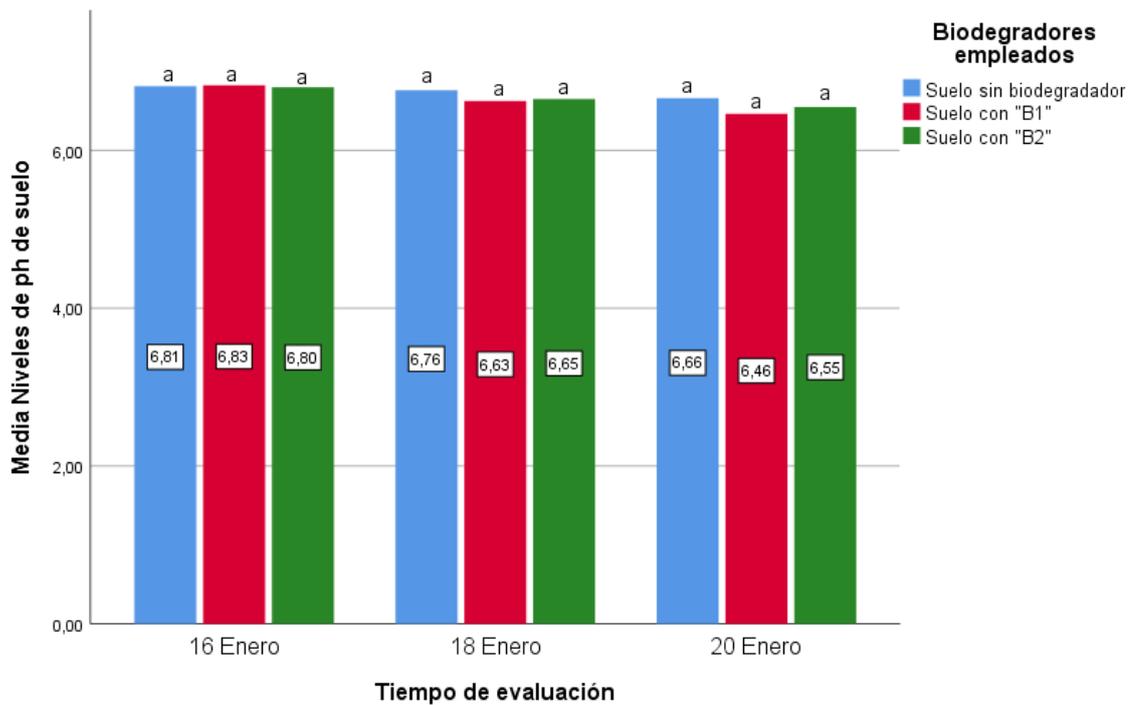
Variable dependiente: Concentración de MO en suelo (%)

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Estadístico F	Nivel de significancia
Modelo corregido	0,585	2	0,292	0,938	0,396
Intersección	1018,933	1	1018,933	3267,599	0,000
Biodegradadores	0,585	2	0,292	0,938	0,396
Error	21,516	69	0,312		
Total	1041,034	72			
Total corregido	22,101	71			

8.4. Efecto de los bio-degradadores sobre los niveles de pH en el suelo

En la Figura 9 se observa el efecto de los bio-degradadores sobre los niveles de pH en el suelo durante tiempo de evaluación. De acuerdo a los tratamientos del factor de estudio bio-degradadores, se obtuvo la media de los niveles de pH de suelo con “B1” 6,83, 6,63 y 6,46; con “B2” 6,80, 6,65 y 6,55 y en suelo sin biodegradador 6,81, 6,76 y 6,66 correspondiente en todas las situaciones a los tres días de toma de datos. Estos resultados muestran que el efecto de los bio-degradadores en el suelo sobre la disminución de los niveles de pH es mayor al suelo sin bio-degradador. Sin embargo, aunque los niveles de pH presente en las unidades experimentales varían entre los 3 tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 9. Efecto de los bio-degradadores sobre los niveles de pH en el suelo durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 6 se muestra el análisis de varianza del factor biodegradadores sobre los niveles de pH de las unidades experimentales. Se empleo un ANOVA del factor intergrupos la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa del factor de estudio, debido a que el p-valor resultante da 0,094 siendo mayor a alfa, por lo tanto, se observa que no existe interacción entre bio-degradadores sobre los niveles de pH en el lapso de tiempo de evaluación.

Tabla 6. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor sobre los niveles de pH de las muestras analizadas.

Variable dependiente: Niveles de pH de suelo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Estadístico F	Nivel de significancia
Modelo corregido	0,151	2	0,075	2,444	0,094
Intersección	3216,020	1	3216,020	104221,705	0,000
Biodegradadores	0,151	2	0,075	2,444	0,094
Error	2,129	69	0,031		
Total	3218,300	72			
Total corregido	2,280	71			

8.5. Efecto de roturación del suelo y bio-degradadores con respecto al porcentaje de MO.

En la Figura 10 se observa el efecto de roturación del suelo y biodegradadores sobre el contenido de MO en el tiempo de establecido. De acuerdo a la combinación de tratamientos del factor de estudio roturación y biodegradadores, se obtuvo la media de contenido de MO de las distintas combinaciones de tratamientos, las cuales se observan en la tabla 7.

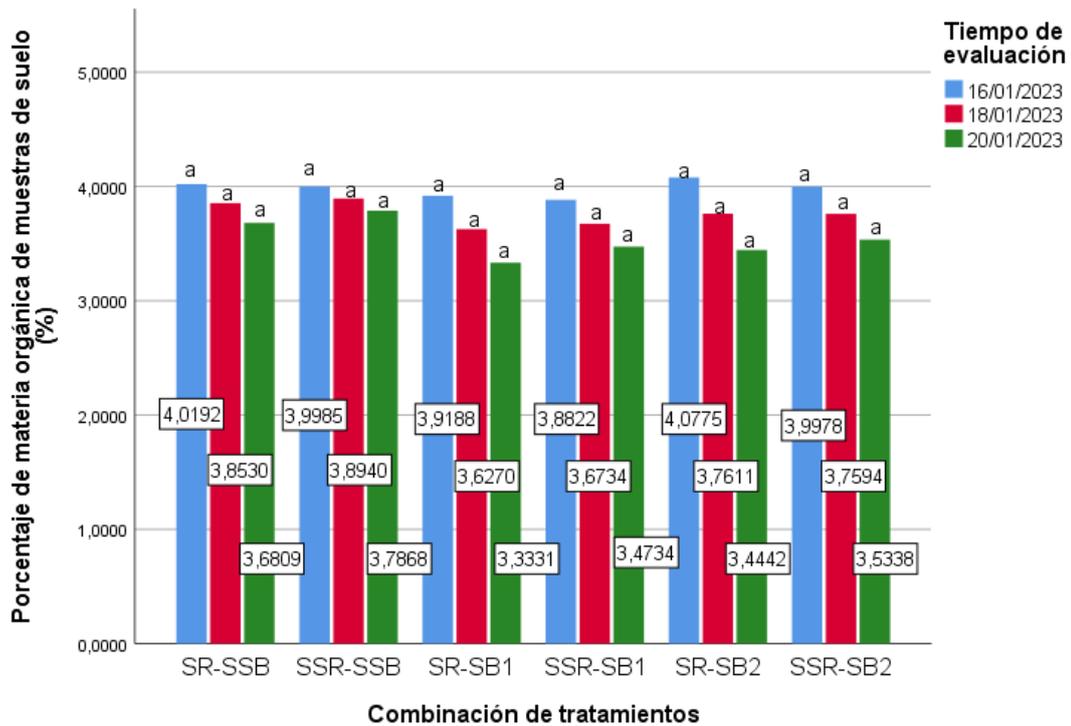
Tabla 7. Resultados del contenido de MO de las combinaciones de tratamientos en los tiempos de evaluación.

Combinación de tratamientos	Tiempos de evaluación		
	1	2	3
SR-SSB	4,0192%	3,8530%	3,6809%
SSR-SSB	3,9985%	3,8940%	3,7868%
SR-SB1	3,9188%	3,6270%	3,3331%
SSR-SB1	3,8822%	3,6734%	3,4734%
SR-SB2	4,0775%	3,7611%	3,4442%
SSR-SB2	3,9978%	3,7594%	3,5338%

Estos resultados muestran que en suelo roturado con biodegradador 2 la reducción del contenido de MO es mayor a las demás combinaciones de tratamientos. Sin embargo,

aunque el porcentaje de MO presente en las unidades experimentales varía entre las diferentes combinaciones de tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 10. Efecto de roturación del suelo y biodegradares sobre el MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza del factor combinado de roturación de suelo y aplicación de biodegradadores con respecto al porcentaje de MO de las unidades experimentales. Se empleo un ANOVA del factor intergrupos la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa entre los factores de estudio, debido a que el p-valor resultante da 0,864 siendo mayor a alfa, por lo cual, se observa que no existe interacción entre la roturación del suelo y la aplicación de biodegradadores sobre el contenido de MO en el lapso de tiempo de evaluación.

Tabla 8. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor combinado en el contenido de MO de las muestras analizadas.

Variable dependiente: Concentración de MO en suelo (%)

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Estadístico F	Nivel de significancia
Modelo corregido	0,611	5	0,122	0,375	0,864
Intersección	1018,933	1	1018,933	3129,263	0,000
Roturación * Biodegradadores	0,611	5	0,122	0,375	0,864
Error	21,491	66	0,326		
Total	1041,034	72			
Total corregido	22,101	71			

8.6. Efecto de roturación del suelo y biodegradadores sobre los niveles de pH.

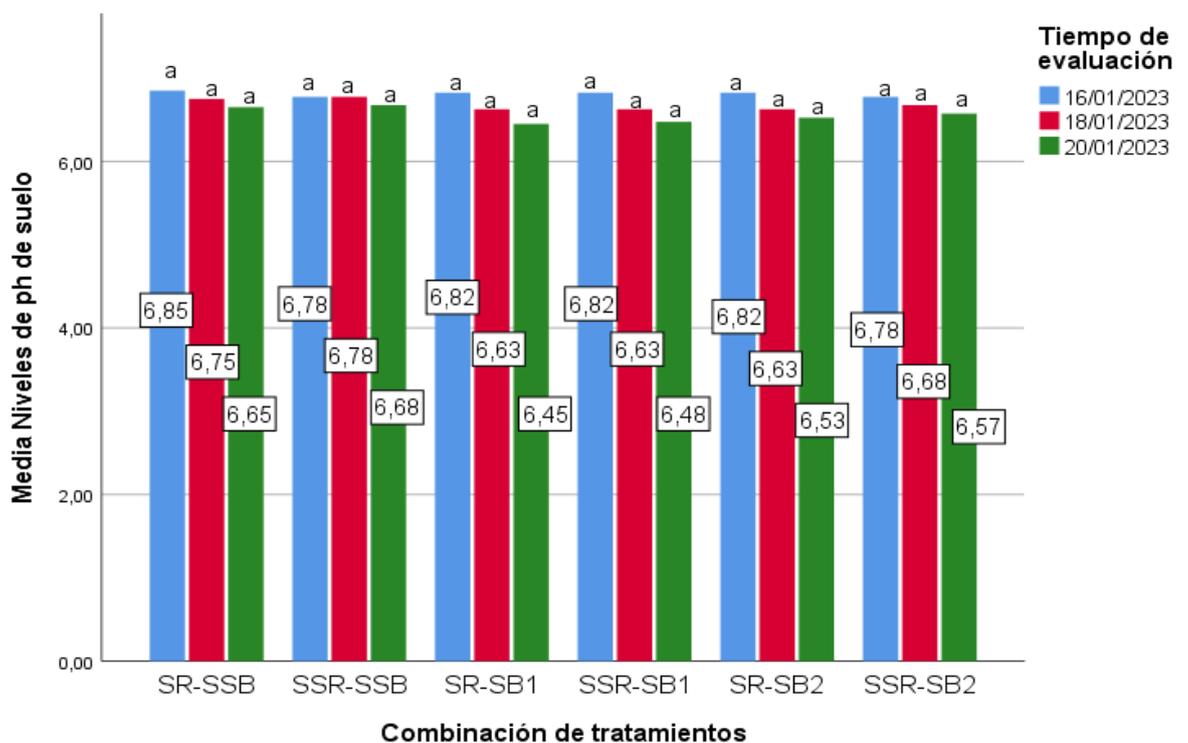
En la Figura 11 se observa el efecto de roturación del suelo y biodegradadores sobre los niveles de pH durante el tiempo de evaluación. De acuerdo a la combinación de tratamientos del factor de estudio roturación y bio-degradadores, se obtuvo la media de niveles de pH de las distintas combinaciones de tratamientos, las cuales se observan en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de los niveles de pH de las combinaciones de tratamientos en los tiempos de evaluación.

Combinación de tratamientos	Tiempos de evaluación		
	1	2	3
SR-SSB	6,85	6,75	6,65
SSR-SSB	6,78	6,78	6,68
SR-SB1	6,82	6,63	6,45
SSR-SB1	6,82	6,63	6,48
SR-SB2	6,82	6,63	6,53
SSR-SB2	6,78	6,68	6,57

Estos resultados muestran que el efecto en suelo roturado con biodegradador 1 (Producto 2) sobre los niveles de pH es mayor a las demás combinaciones de tratamientos. Sin embargo, aunque los niveles de pH presente en las unidades experimentales varían entre las diferentes combinaciones de tratamientos, sus diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 11. Efecto de roturación del suelo y biodegradares con respecto al porcentaje de MO durante el tiempo de evaluación. Se muestra medias promedio.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza del factor combinado de roturación de suelo y aplicación de biodegradadores sobre los niveles de pH de las unidades experimentales. Se empleo un ANOVA del factor intergrupos la cual refleja que no existe diferencia estadística significativa entre los factores de estudio, debido a que el p-valor resultante da 0,454 siendo mayor a alfa, por lo tanto, se observa que no existe

interacción entre la roturación del suelo y la aplicación de biodegradadores sobre los niveles de pH en el lapso de tiempo de evaluación.

Tabla 10. Prueba de efecto intergrupos para la variable factor combinado sobre los niveles de pH de las muestras analizadas.

Variable dependiente: Niveles de ph de suelo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Estadístico F	Nivel de significancia
Modelo corregido	0,153	5	0,031	0,952	0,454
Intersección	3216,020	1	3216,020	99807,517	0,000
Biodegradarores * Roturación	0,153	5	0,031	0,952	0,454
Error	2,127	66	0,032		
Total	3218,300	72			
Total corregido	2,280	71			

9. Discusión

Los factores de estudio analizados fueron la roturación del suelo (niveles: suelo roturado y suelo sin roturar) y la aplicación de biodegradadores (niveles: suelo sin biodegradador, suelo biodegradador 1 (Producto 2), suelo biodegradador 2 (Producto 1)).

En Bazurto (2020) menciona que un secado correcto se da en 2 semanas o más coincidente con Vega (2021) que enfatiza que el secado debe darse entre 2 a 3 semanas, por lo cual el tiempo establecido para observar el efecto de los FE con respecto al porcentaje de MO y los niveles de pH fue de 5 días, debido a que en la actualidad diversos productores camaroneros buscan reducir el tiempo de secado a menos de una semana por los costos que presenta tener una piscina seca.

Cuéllar y otros (2012) indican que la roturación o volteado del fondo de la piscina debe realizarse al menos una vez en el año, con el objetivo de optimizar las condiciones del suelo, aunque Boyd (2019) enfatiza en que el movimiento con arados de vertedera no permite exposición de suelo-aire eficiente.

En el presente trabajo la roturación del suelo disminuye 0,5131% del contenido de materia orgánica y 0,29 del nivel de pH frente a 0,3615% y 0,21 en suelo sin roturar, además, se observa que roturar el suelo permite degradar la materia orgánica de manera más eficiente y debido a esta acción el nivel de pH del suelo disminuye debido a la liberación de diferentes metabolitos, como se menciona en Pilay (2015) que en los sedimentos por acción de bacterias al mineralizar la MO se generan productos como el ácido carbónico (H_2CO_3), ácido sulfhídrico (H_2SO_4) y otros, los cuales acidificaran el medio.

Debido a la disminución de los niveles pH se deben rectificar para la apertura del nuevo ciclo como se menciona en Toro (2022) que la aplicación de cal viva y apagada a una razón de 1 Ton/ha puede elevar los valores de pH a 10.

A través de la aplicación de un sistema de cultivo intensivo la densidad de producción de camarón puede incrementar y a su vez la adquisición de productos (fertilizantes, probióticos), abastecimiento de larva y alimento balanceado. Pese a esto, la cantidad de MO incrementara por el residuo de alimentos y heces afectando negativamente los organismos (Jefri et al., 2020). Hasta la fecha, en la parte investigativa, es mínimo el interés del uso de microorganismos para degradar materia orgánica en sedimento de estanques de cultivo de camarón durante el proceso cosecha-siembra. Sin embargo, en el actual trabajo de investigación los porcentajes de materia orgánica tras el efecto de los bio-degradadores en el transcurso de 5 días en campo no tuvo diferencias significativas en la reducción de MO del sedimento y niveles de pH. Lopes et al. (2020), emplea microorganismos (*Bacillus subtilis* y *B. licheniformis*) en suelo de granjas acuícola para reducción de materia orgánica a nivel de laboratorio durante 9 días. Demuestra que observaron diferencias significativas solo en los tratamientos medios (1 y 2) en comparación con el control y no en todos los tratamientos para reducción de materia orgánica de 4,53% (TC) a 4,10% (T1), 3,7% (T2). Con respecto al pH no se mostraron diferencias significativas de los biorremediadores hacia el parámetro de pH. Por otra parte, Mendes (2021) demostró en su trabajo que el uso de biorremediadores puede reducir el porcentaje de MO en 15 días en escala de laboratorio. Se presentaron diferencias numéricas en la reducción de materia orgánica para todos los tratamientos con biorremediadores en comparación con el tratamiento control de 1,8% (TC) a 1,5% (T1, T2, T3, T4). Sin embargo, en la parte estadística no se mostraron diferencias

significativas tanto para minimizar el porcentaje de MO ni de los biorremediadores hacia el parámetro de pH.

En los resultados observados, existe disminución de la MO entre las combinaciones de tratamientos, entre ellas SR-SB2 presenta una disminución del 0,6333% en el porcentaje de MO cabe recalcar que este biorremediador está compuesto principalmente por *Bacillus subtilis* su contraparte SR-SB1 constituido por *Saccharomyces* disminuyo 0,5857%, sin embargo, no se hallaron diferencias significativas similar a lo mostrado en Li y Boyd (2016) donde probaron 12 enmiendas microbianas sobre el nitrógeno amoniacal total (TAN), nitrito (NO₂-N) y MO, pese a existir diferencia en cuanto a reducción entre sus tratamientos el trabajo no presento diferencias significativas por lo que concluyeron que los consorcios microbianos no influyen sobre TAN, NO₂-N y MO en pruebas de laboratorio.

Por otro lado, se demostró cierta tendencia a una disminución de pH entre las combinaciones de los tratamientos, pero el tratamiento SR-SB1 presento la mayor reducción de pH 6,82, a 6,45 en el tiempo de estudio. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas. No obstante, Anggraini et al. (2019) demostró diferencias significativas en su trabajo de investigación, debido a que los niveles de pH de cada tratamiento experimentaron un aumento durante el proceso de descomposición por la bacteria *Bacillus subtilis*. La disminución del valor de TOM resulta estar en consonancia con el aumento del valor del pH, debido al reducido número de iones H producidos por el proceso de oxidación por lo que el valor del pH no disminuye.

10. Conclusión

A manera de conclusión, se determinó que el efecto de interacción entre roturación del suelo y aplicación de biodegradadores. El tratamiento SR-SB2 demostró reducir de manera práctica el contenido de materia orgánica de 4,0775% (día 1) a 3,4442% (día 3), dando un diferencia numérica de 0,6333% de reducción durante el tiempo de evaluación. Así como para niveles de pH, el tratamiento SR-SB1 demostró disminución de manera práctica el parámetro de pH de 6,82 (día 1) a 6,45 (día 3), dando un diferencia numérica de 0,37 de disminución durante el tiempo de evaluación. Se concluye que los factores de estudio influyeron sobre el contenido de materia orgánica y pH. Se presume que el efecto tanto de la radiación solar como las lluvias durante el periodo de evaluación pudieron influenciar en cierta manera en los datos obtenidos. A su vez, que el tiempo de estudio se debió extender para un mayor efecto.

11. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomendaría la evaluación de roturación del suelo y aplicación de biodegradadores in vitro, con el fin de controlar factores ambientales que no pueden ser manejados en campo.

Así mismo, sería recomendable evaluar los factores de estudio en piscina con un nivel de agua, con el fin de observar la disminución de las variables de estudio en una piscina seca y otra que presente una película de agua.

12. Bibliografía

- Anggraini, S., Arfiati, D., & Nursyam, H. (2019). Effectiveness of *Bacillus subtilis* Bacteria as a Total Organic Matter Reducer in Catfish Pond (*Clarias gariepinus*) Cultivation. *International Journal of Biotech Trends and Technology*, 9(2), 7-10. doi:10.14445/22490183/IJBTT-V9I2P602
- Banerjea, S. (1967). Water Quality and Soil Condition of Fishponds in Some States of India in Relation to Fish Production. *India Journal of Fisheries*, 14(2), 115-144. Obtenido de <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJF/article/view/13339>.
- Barrezueta, S., Cervantes, A., Ullauri, M., Barrera, J., Brian, S., y Condoy, A. (2020). Evaluación del Método de Ignición para determinar Materia Orgánica en suelos de la Provincia El Oro-Ecuador. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-36. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>
- Bazurto, J. (2020). Prevención de la proliferación de patógenos mediante la acción de los microorganismos en el suelo de piscinas camaroneras. *Repositorio Universidad Técnica de Machala*, 1-321. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16107>
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., Gatward, I. & Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2897-2912. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0170>
- Boyd, C. E. & Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Nueva York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Boyd, C. E. (1995). *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. Springer Nueva York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1785-6>
- Boyd, C. E. (2003). *Organic matter in pond bottom sediment*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/organic-matter-in-pond-bottom-sediment/>

- Boyd, C. E. (2004). *Sediment microbiology, management*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/sediment-microbiology-management/>
- Boyd, C. E. (2012). *Drying, liming, other treatments disinfect pond bottoms*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/drying-liming-other-treatments-disinfect-pond-bottoms/>
- Boyd, C. E. (2016). *Decomposition and accumulation of organic matter in ponds*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/decomposition-and-accumulation-of-organic-matter-in-ponds/>
- Boyd, C. E. (2019). *Shrimp pond preparation crucial for production, disease prevention*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/shrimp-pond-preparation-crucial-production-disease-prevention/>
- Boyd, C. E. (2020). *Descomposicion de materia organica en sistemas acuicolas*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-de-materia-organica-en-sistemas-acuicolas/?headlessPrint=AAAAPIA...>
- Boyd, C. E., Tanner, M. E., Madkour, M. & Masuda, K. (1994). Chemical characteristics of bottom soils from freshwater and brackishwater aquaculture ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25(4), 517-534. [https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1994.tb00821.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1994.tb00821.x)
- Ching, C. (2022). *Fisiología y Comportamiento Alimenticio del Camarón Marino* [Webinar]. Biofeeder. <https://www.youtube.com/watch?v=wcIufyKpBZM&t=3400s>
- Cuéllar, J., Morales, V., Lara, C., de Gracia, A., & García, O. (2010). Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. *Aqua Docs*, 978-9962-661-05-4, 1-137. <http://hdl.handle.net/1834/32462>
- Espinoza, L., Espinosa, A., Rivera, M., Astorga, R., Acedo, E., & Bermúdez, M. (2015). *Desarrollo de camarón Litopenaeus vannamei en un sistema de cultivo intensivo*

con biofloc y nulo recambio de agua. *AquaTIC. Revista Científica Internacional de Acuicultura en Español*, 43, .

Farizky, S., Satyantini, H. & Nindarwi, D. (2020). La eficacia del probiótico con diferente almacenamiento para disminuir la materia orgánica total, el amoníaco y el *Vibrio* total en el agua del estanque de camarones. *Serie de conferencias de la IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*, 441, 012108. doi:10.1088/1755-1315/441/1/012108

Gonzabay, Á., Vite, H., Garzón, V., & Quizhpe, P. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1040-1058. doi:http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i9.3093

Hasibuan, S., Syafridiman, S., Aryani, N., Fadhli, M. & Hasibuan, M. (2021). The age and quality of pond bottom soil affect water quality and production of *Pangasius hypophthalmus* in the tropical environment. *Aquaculture and Fisheries*. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.11.006

Hatakeyama, Y., Kawahata, T., Fujibayashi, M., Nishimura, O. & Sakamaki, T. (2021). Sources and oxygen consumption of particulate organic matter settling in oyster aquaculture farms: Insights from analysis of fatty acid composition. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 254, 107328. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107328

Hou, Y., Li, B., Feng, G., Zhang, C., He, J., Li, H. & Zhu, J. (2021). Responses of bacterial communities and organic matter degradation in surface sediment to *Macrobrachium nipponense* bioturbation. *The Science of the Total Environment*, 759, 143534. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143534

Izquierdo Bautista, J., & Arévalo Hernández, J. J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28. https://doi.org/10.25054/22161325.2527

- James, G., Das, B. C., Jose, S. & Kumar, V. J. (2021). Bacillus as an aquaculture friendly microbe. *Aquaculture International*, 29(1), 323-353. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00630-0>
- Jefri, M., Satyantini, W., Sahidu, A., Nindarwi, D., & Rozi. (2020). Application of Probiotics for Organic Matter and Enhancement of Growth Performance in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Scientific Journal Of Fisheries and Marine*, 12(1), 97-104. doi:<http://doi.org/10.20473/jipk.v12i1.16618>
- Lemonnier, H., Brizard, R., Herlin, J. & Mugnier, C. (2001). *Sediment accumulation in earthen shrimp ponds*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/sediment-accumulation-in-earthen-shrimp-ponds/>
- Li, Y., & Boyd, C. E. (2016). Laboratory tests of bacterial amendments for accelerating oxidation rates of ammonia, nitrite and organic matter in aquaculture pond water. *Aquaculture*, 460, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.050>
- Lopes, G., Mendes, H., Fernandes, A., Laterça, M., Araujo, C., Soligo, T., & Pedreira, J. (2020). Biological strategy to improve decomposition of organic matter in tilapia pond. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X8419>
- Martínez, J., Duval, M., Lopéz, F., Iglesias, J., y Galantini, J. (2017). Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de Calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 35(1), 171-180. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672017000100016
- Mendes, H. (2021). Redução de matéria orgânica com aplicação de *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de *Litopenaeus vannamei* com *Oreochromis niloticus*. *Tesis de Grado*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/230891>

- Paredes, J. R. & Rodriguez, J. S. (2020). Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. *Repositorio Universidad de El Salvador*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22090>
- Phung, T., Phung, K., Phuong, M., Nicolas, M., Vincent, M., Sandra, A., & Philippe, J. (2020). Efecto de *Bacillus* sp. como probiótico en el tratamiento del medio ambiente en la acuicultura de camarón de agua salobre. Serie de conferencias de la IOP: Ciencia e ingeniería de los materiales, 991, 012052. doi:10.1088/1757-899x/991/1/012052
- Pilay, L. (2015). Criterios de Balance Iónico Aplicados en el Manejo de Cultivos Acuáticos. *Repositorio Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 1–15. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56679>
- Rojas, A. A., Haws, M. C. & Cabanillas, J. A. (2005). Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Camarón. *The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95-0030-05)*. https://www.crc.uri.edu/download/PKD_good_mgt_field_manual.pdf
- Shafi, J., Waheed, K. N., Mirza, Z. S. & Zafarullah, M. (2021). Assessment of soil quality for aquaculture activities from four divisions of Punjab, Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(2), 556-566. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.2.0244>
- Sonnenholzner, S., & Boyd, C. (2000). Chemical and Physical Properties of Shrimp Pond Bottom Soils in Ecuador. *World Aquaculture Society*, 31(3), 358-375. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2000.tb00886.x>
- Souto, L., Blanco, F., Watterson, A., & Ferretto da Rocha, A. (2021). Aquaculture's role in Latin America and Caribbean and updated data production. *Aquaculture research*, 52, 4019-4025. doi: 10.1111/are.15247
- Toro, W. (2022). Influencia del pH sobre los parámetros abióticos en estanques de cultivo de camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*). *Repositorio*

Universidad Técnica de Machala, 1–31.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18558>

Troell, M., Kautsky, N., Beveridge, M., Henriksson, P., Primavera, J., Rönnbäck, P., Folke, C. & Jonell, M. (2017). Aquaculture☆. En *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02007-0>

Vega, M. (2021). Efecto del caco3 en las condiciones del sedimento de estanques para cultivo extensivo de camarón *Litopenaeus vannamei*. *Repositorio Universidad Técnica de Machala*, 1–29.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16583>

Wang, Y. & He, Z. (2009). Effect of probiotics on alkaline phosphatase activity and nutrient level in sediment of shrimp, *Penaeus vannamei*, ponds. *Aquaculture* , 287(1), 94-97. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.022>

Yuvanatemiya, V. & Boyd, C. E. (2006). Physical and chemical changes in aquaculture pond bottom soil resulting from sediment removal. *Aquacultural Engineering*, 35(2), 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.02.001>

13. Anexos

Figura 12. Marcado de fundas para recolección de muestras.

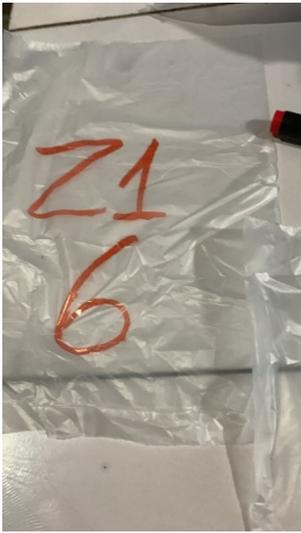


Figura 13. Inicio de delimitación para cada UE.



Figura 14. Finalización de delimitación de cada UE.



Figura 15. Inicio de arado de UE.



Figura 16. Finalización de arado de las UE.



Figura 17. Medición del nivel de pH.



Figura 18. Toma de muestra de suelo.



Figura 19. Marcado de cada crisol.



Figura 20. Pesaje de cada crisol seco y con muestra de suelo.



Figura 21. Proceso de secado a 105 °C por 24 horas.



Figura 22. Criosoles con muestras salidas de estufa.



Figura 23. Proceso de ignición de crisol con muestra a 360 °C por 2 horas en mufla NABERTHERM.



Figura 24. Enfriado de crisol con muestra salido de mufla NABERTHERM.



Figura 25. Retirado de elementos empleados para delimitar las UE.

