

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

TEMA:

Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de *Litopenaeus vannamei* de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)

AUTOR:

Castro Feijoo Jorge Luis

Componente práctico del examen complejo previo a la obtención del título de INGENIERO AGROPECUARIO

TUTOR

Blgo. Luis Cobo Argudo, M.Sc

**Guayaquil, Ecuador
15 de septiembre del 2021**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Castro Feijoo Jorge Luis**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**.

TUTOR

f. _____

Blgo. Luis Cobo Argudo, M.Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. John Franco Rodríguez, Ph.D

Guayaquil, a los 15 de septiembre del 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Castro Feijoo Jorge Luis**

DECLARO QUE:

El componente práctico del examen complejo, **Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de *Litopenaeus vannamei* de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, , 15 de Septiembre del 2021

EL AUTOR

f. _____
Castro Feijoo Jorge Luis



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Castro Feijoo Jorge Luis

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **componente práctico del examen complejo “Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de *Litopenaeus vannamei* de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 15 de septiembre del 2021

EL AUTOR:

f. _____
Castro Feijoo Jorge Luis



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Componente Práctico del Examen Complexivo, “**Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de *Litopenaeus vannamei* de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)**” presentado por el estudiante **Castro Feijoo Jorge Luis**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	Jorge Luis Castro UTE Revisado Informe Final - Revisión de Redacción Técnica 27-08 (1)_1.doc (D112150139)
Presentado	2021-09-06 18:21 (-05:00)
Presentado por	jorge.castro04@cu.ucsg.edu.ec
Recibido	noelia.caicedo.ucsg@analysis.urkund.com
	0% de estas 18 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2021

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.
Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza de culminar con éxito la carrera que me ayudo a elegir. Tengo el privilegio contar con mi padre y mi madre que me apoyaron en cada decisión que, en tomado en mi vida, siempre dando me consejos que me guiarme por el buen camino. Agradezco a mis profesores y a la universidad que fueron los que me formaron para lograr alcanzar mi objetivo de ser profesional en la rama agropecuaria.

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este trabajo para las personas que han creído en mí cada momento y no han dudado en ningún segundo el potencial que tengo, esas personas son mis padres que me han dado absolutamente todo su apoyo sin ninguna restricción. Los amo muchos padres.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Blgo. Luis Cobo Argudo, M. Sc.

TUTOR

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.

COORDINADOR DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA**

CALIFICACIÓN

Blgo. Luis Cobo Argudo, M. Sc.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XIV
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. La camaronicultura	4
2.2 El camarón blanco (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	5
2.3 Generación de residuos en las piscinas camaroneras	6
2.4 Calidad del suelo	7
2.5 Calidad del agua	10
2.6 La biorremediación	11
2.7 Bacterias para degradar materia orgánica	12
2.7.1 Bacteria Pro 4000X	12
2.7.2 Bacteria Hgs7	13
2.8 Marco legal en el uso de productos de biorremediación	13
3 MARCO METODOLÓGICO	15
3.1 Localización del ensayo	15
3.2 Materiales	16
3.3 Diseño experimental	16
3.4 Tratamientos a estudiar	17
3.5 Variables de estudio	18
3.6 Muestra	18
3.7 Manejo del ensayo	18
4 RESULTADOS	20

4.1 Académico y científico	20
4.2 Técnico	20
4.3 Ambiental	20
4.4 Social	20
4.5 Económico	20
5 DISCUSIÓN	21
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
6.1 Conclusiones	23
6.2 Recomendaciones	24
7. BIBLIOGRAFÍA	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de la forma tóxica del amoníaco total	10
Tabla 2. Guía de aplicación de tratamientos.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reporte de exportaciones ecuatorianas totales de camarón.....	5
Figura 2. Ejemplar de <i>Litopenaeus vannamei</i>	6
Figura 3. Guía de control del nivel de pH para el agua de las piscinas de camarón	11

RESUMEN

El sector camaronero ecuatoriano ha experimentado un crecimiento exponencial durante los últimos años y esto se debe a que toda la cadena de suministro ha mejorado tanto la ejecución de sus procesos como también los productos ofertados. En la empresa camaronera San Andrés 2 se ha suscitado que durante el cultivo de camarón utilizan dos tipos de bacterias biorremediadoras y necesitan conocer cuál de los dos productos es más efectivo, por lo tanto, a través de la presente investigación se propone desarrollar un estudio de campo experimental de muestras cronológicas equivalentes con enfoque cuantitativo y de alcance explicativo, analizando dos tratamientos, en el T1 se utilizará 24 gr. del producto PRO 4000X y en el T2 24 gr. de Hgs7, ambos disueltos en 53 litros de agua y mezclados con 1.6 Kg. de melaza cada uno, y presentando como hipótesis de trabajo que las medias de materia orgánica presente en el suelo al final del cultivo son diferentes. Las investigaciones que impulsaron el desarrollo del presente estudio han mostrado resultados satisfactorios en la comparación de baterías de biorremediación mediante la comparación de las medias, por lo tanto, se espera que los resultados sirvan para que la empresa pueda decidirse por emplear un solo producto, y también para que nuevos investigadores se valgan de esta investigación como una guía metodológica para poder analizar otras áreas.

Palabras clave: Biorremediación, Suelos, Producción, Materia Orgánica, Bacterias

1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Litopenaeus vannamei* es una de las actividades productivas más importantes a nivel mundial, Actualmente la industria camaronera ecuatoriana genera 3.100 millones de dólares al año en más de 200.000 hectáreas de cultivo y supone alrededor del 15% del total de la exportación de Ecuador, según los datos evaluados por La Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España, durante el periodo del 2016 al 2019

Durante el ciclo de producción, se produce una gran cantidad de partículas que alteran las propiedades físicas y químicas de las piscinas; estas partículas son el resultado de los procesos digestivos del camarón, y a la vez los residuos del alimento balanceado que se precipita en el fondo de las piscinas, poniendo en riesgo el cultivo.

Existen en el mercado productos fabricados con bacterias que permiten degradar la materia orgánica mediante un proceso conocido como biorremediación, en donde estudios realizados por Lopez (2013) y Patiño (2014) han reportado una efectividad que varía desde el 50% hasta el 96% en diferentes industrias ya sean agrícolas, acuícolas u otras. Actualmente en Ecuador existen varias empresas que se dedican a producir, importar y comercializar estos productos, existiendo una gran variedad de la oferta.

En el ámbito local, la camaronicultura en la provincia de El Oro sigue siendo una de las dos principales actividades, representando el 40% de la producción nacional, según la Cámara Nacional de Acuicultura. Por esta razón, es común la constante búsqueda de la competitividad los productores camaroneros, utilizando distintas alternativas para la optimización del cultivo en el cantón Santa Rosa.

En la actualidad existen dos productos de biorremediación que son los que usan con mayor frecuencia las camaroneras del cantón Santa Rosa, como el Pro 4000X bajo la firma comercial de Aquaintech que está elaborado a base de dos especies de esporas de *Bacillus* seleccionados por su eficiencia en la degradación de materia orgánica y amonio, y la Hgs7 respaldada por la firma comercial Humic Growth Solutions, esta probiótico descompone residuos visibles y reduce drásticamente los niveles de amoníaco y nitrato.

Con estos antecedentes, se plantea este ensayo con la finalidad de crear un método de análisis comparativo donde se puedan probar dosificaciones de productos de biorremediación, para identificar el más efectivo en la degradación de materia orgánica en el cultivo de camarón blanco, permitiendo a las empresas camaroneras volverse más eficientes y responsables con el medio ambiente.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar el uso de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) en el proceso de biorremediación para la optimización de la calidad del suelo de las piscinas del cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en la empresa San Andrés 2 (El Oro).

1.1.2 Objetivos específicos

- Describir la calidad del suelo de las piscinas de la empresa camaronera San Andrés 2 previo al cultivo de *Litopenaeus vannamei* mediante el análisis de muestras en laboratorio.
- Evaluar las propiedades físico-químicas del suelo de las piscinas a las que se les aplicara los tratamientos bioremediadores.
- Comparar la presencia de materia orgánica en el suelo de cada piscina luego de la cosecha a través de un análisis estadístico, comparando medias, para la identificación del producto más efectivo.

1.2. Hipótesis

La aplicación de los tratamientos mejorará las condiciones del suelo, haciéndolo apto para el desarrollo del cultivo de camarón.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La camaronicultura

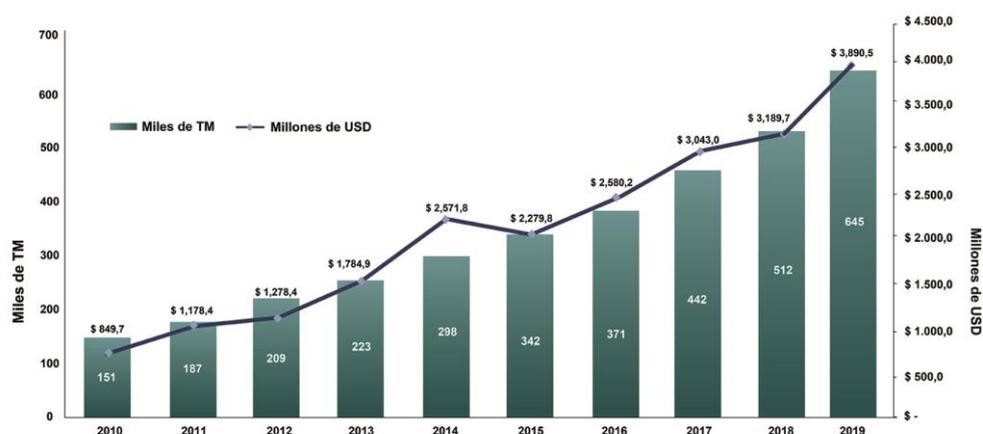
De acuerdo con Gonzaga, Morán y Brito (2016), la camaronicultura es un término que hace referencia a la actividad del cultivo de camarón, específicamente de los crustáceos de la familia Penaeidae, que según el país son conocidos también como langostinos. Durante los últimos años el cultivo de camarón ha estado posicionado como una de las dos principales actividades no petroleras de Ecuador, sin embargo, sus registros en el país datan desde hace muchos más años atrás.

En el Ecuador la actividad camaronera tuvo sus inicios en el año de 1968, en la provincia de El Oro, y para el año de 1974 ya existían alrededor de 600 hectáreas dedicadas al cultivo de este crustáceo. La actividad se expandió y las principales productoras fueron las provincias de El Oro y Guayas, donde, debido a la abundancia de salitres y la disponibilidad de post-larva, permitieron que se convirtiera en un negocio de gran rentabilidad. (Vega, Apolo y Sotomayor, 2019, p. 40)

La evolución de la camaronicultura se ha visto principalmente marcada en las exportaciones debido a que se han logrado captar los mercados internacionales más competitivos, lo que significa que la industria en general ha agregado valor tanto a sus productos como a sus procesos y esta serie de eventos ha beneficiado a la población en general, pues además de ser una fuente importante para el ingreso divisas, también permite la creación de fuentes de trabajo (Ullsco, Garzón, Quezada y Barrezueta, 2021).

Al tratar de analizar en un contexto temporal más específico y reciente se conoce que durante la última década las exportaciones de camarón en Ecuador han crecido exponencialmente pese a las diferentes disrupciones experimentadas; según datos de la Cámara Nacional de Acuicultura (s.f.) solo en 2015 se experimentó una caída en la cantidad de divisas generadas, sin embargo, desde 2010 siempre existió un incremento del volumen de exportación, lo que para 2019 representó ingresos por \$3.890 millones a razón de 645 miles de toneladas exportadas. A continuación se presenta un resumen de su evolución en el tiempo:

Figura 1. Reporte de exportaciones ecuatorianas totales de camarón



Fuente: Banco Central del Ecuador.

Sin embargo, según Balod (2021) este panorama se vio perjudicado en 2020 por motivo de la pandemia, disminuyendo las importaciones desde China en un 16% respecto al año anterior. Aún así, de acuerdo a un reporta del Banco Central expuesto en el portal web Primicias (2021) el camarón sigue siendo el principal producto no petrolero, aún cuando sus exportaciones totales tuvieron una caída del 1.7%.

El sector camaronero ha logrado hacer avances significativo, ha sido resiliente y su evolución le ha permitido consolidarse como el principal rubro en las exportaciones ecuatorianas (Gómez, Mora y Espinoza , 2020), por lo tanto, es fundamental para el país que existan estudios que puedan contribuir a la optimización de esta actividad, y así complementar la innovación tecnológica y de productos que se efectúa en las otras empresas que conforman esta industria.

2.2 El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

Este crustáceo es uno de los dos más importantes de la actividad camaronera a nivel mundial, en Ecuador representa el 97% de la pesca en las lagunas costeras, aunque también se limita únicamente a la exportación de la materia prima la cual es muy apetecida internacionalmente por su alto nivel de calidad e inocuidad alimentaria (Aragón, 2016; Solórzano y Bonilla, 2019). Las principales características del *Litopenaeus vannamei* se detallan a continuación:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostrácea

Orden: Decápoda

Suborden: Dendrobranchiata

Infraorden: Caridea

Familia: Penaeidae

Género: *Litopenaeus*

Especie: *vannamei*

Figura 2. Ejemplar de *Litopenaeus vannamei*



Fuente: DiCYT.

La especie *Litopenaeus vannamei* es autóctona de la costa del Pacífico, y entre los otros tipos de camarones la más apetecida y rentable para la camaronicultura, es por ello que desde hace varios años ha sido introducida progresivamente en otras regiones de la costa Atlántica, especialmente se conoce de que su cultivo es bien visto en Asia (Varela, 2021), siendo un producto muy apetecido en este continente.

2.3 Generación de residuos en las piscinas camaroneras

Es bien conocido que la actividad camaronera en conjunto con las actividades agrícolas tienen como característica principal la generación de residuos contaminantes, estos pueden ser clasificados en dos grupos según la presencia de materia pudiendo ser residuos orgánicos o inorgánicos, y técnicamente se puede incrementar por el nivel del contenido de proteínas y cenizas (Curbelo y Palacio, 2021).

La generación de residuos en las piscinas de camarón se produce como consecuencia de las funciones fisiológicas de estos, principalmente de la liberación de amoníaco (NH₃) que se genera a partir del desecho metabólico o de la degradación microbiana de la materia orgánica como por ejemplo de los alimentos no consumidos (Industria Acuícola, 2017), la cual se intensifica cuando se realiza una alimentación por voleo debido a que existe un mayor esparcimiento de partículas en el aire (Martínez, Mendoza, Álvarez y Martínez, 2015).

Los residuos orgánicos generados por la actividad camaronera tienen consecuencias graves que pueden afectar el desarrollo de los cultivos y a la vez contribuyen en la degradación del suelo, ya que esto rompe el equilibrio de sus propiedades físicas y químicas, limitando la capacidad de ejecutar sus funciones ambientales (Meza, Castro, Pereira y Puga, 2017). Esta afectación se puede producir durante y después del cultivo; en el primer caso mencionado se compromete toda la producción debido a la falta de oxígeno que se puede generar por la acumulación excesiva de residuos.

En un estudio de Hernández (2016) se expone particularmente a los cultivos intensivos como el sistema que más residuos orgánicos genera porque usa una mayor cantidad de alimento para una biomasa más grande, lo que genera floraciones excesivas de fitoplancton, bajas concentraciones de oxígeno y altos niveles de amonio, que en conjunto representan estrés para el camarón y por ende disminuye su tasa de sobrevivencia y producción.

2.4 Calidad del suelo

La calidad del suelo es definida por la Soil Science of America (como se citó en Anaya y Jaramillo, 2017) como “la capacidad de éste para funcionar dentro de los límites de un ecosistema para sostener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud de plantas y animales” (p. 103). También en el estudio anterior se identificó que la calidad del suelo se ve comprometida por sus propiedades o las prácticas para manejarlo.

En un estudio realizado por Meza et al. (2017), indica que mediante la calidad del suelo se puede identificar cuáles han sido las variaciones de sus propiedades después de haber servido para alguna actividad, es por ello que también es considerada como un concepto operativo que sirve para dar seguimiento y comprender qué tanto se ha degradado. Además, estos

autores mencionan que existen dos metodologías para medir la calidad del suelo ya sea mediante observaciones en terreno o también con análisis de muestras en laboratorio, permitiendo esta última cuantificar los siguientes indicadores:

- Conductividad eléctrica.
- Materia orgánica.
- Reacción del suelo.
- Capacidad de intercambio catiónico.

De acuerdo con Ladino (2011). una de las principales razones por la cual se potencia la acumulación de materia orgánica es la intensificación de la producción en los sistemas acuícolas, lo que produce el incremento del carbono orgánico en las piscinas en un 87%. Vela, López y Rodríguez (2012), recomiendan que para realizar evaluaciones para determinar la calidad del suelo, se debe realizar un análisis de suelo en laboratorio que consiste en secar las muestras, luego molerlas en un mortero de porcelana y después pasar a un tamiz, posteriormente almacenarlas en un envase plástico y finalmente realizar el análisis físico-químico.

Cabe recalcar que, según Vela et al. (2012), para la del porcentaje de Carbono presente en la muestra evaluada (Representado con C) es necesario realizar un ajuste en el porcentaje de materia orgánica (Representa con MO) a través de la aplicación del factor de Van Benmelen, a través de la siguiente fórmula:

$$\%C = \%MO/1.724$$

Mientras que, para el cálculo del contenido de carbono orgánico total en suelo por superficie (Representado con COS), donde se toma en cuenta también la densidad aparente (Representado con DA) y la profundidad del suelo (Representado con Ps), se aplica la fórmula presentada por González et al (como se citó en Vela et al., 2012):

$$COS = CO(DA)Os$$

La importancia de evaluar la calidad del suelo es que sus resultados permiten optimizar del proceso de producción y además establecer medidas de sostenibilidad para el desarrollo de otras prácticas futuras (Anaya y Jaramillo, 2017).

El mejoramiento de la calidad del suelo trae consigo algunos beneficios desde la reducción de los residuos sólidos, hasta la satisfacción de la demanda biológica y química de oxígeno en un ecosistema (Huerta, 2018).

Los nitratos también juegan en el desarrollo del cultivo, ya que, en piscinas de acuicultura, bajo condiciones oxidativas favorables, tiende a ser mayor su concentración frente a los demás iones del ciclo del nitrógeno razón por la cual su determinación favorece un análisis ecológico del sistema.

La técnica de determinación de nitratos mediante espectrofotometría UV presenta ventaja frente a su homóloga “reducción por la columna de cadmio” ya que es económica y sencilla de realizar, lo cual favorece la entrega pronta de resultados con niveles de confiabilidad favorables. Sin embargo, presenta desventaja cuando existe materia orgánica en altas concentraciones, por lo que la muestra debe ser filtrada.

Se fundamenta en la absorción de la longitud de onda del ión nitrato (NO_3^-) a 220 nm, sin embargo la materia orgánica puede generar interferencias por lo cual, se debe leer también a 275 nm, donde la absorbancia del haz de luz se da por el contenido de materia orgánica y no por el N- NO_3 ; al realizar la diferencia de la lectura de absorbancia en las dos longitudes de onda, el resultado obtenido representa la concentración de nitratos (N- NO_3). Se hace necesario acidificar la muestra con HCl 0.1 N cuando la alcalinidad es mayor a 1000 mg CaCO_3/L con el fin de prevenir interferencias por las altas concentraciones de hidróxidos o carbonatos presentes en la muestra. El cloro no afecta la lectura.

Para determinar la concentración de N- NO_3 en la muestra, reemplazar la diferencia de absorbancia leída en la ecuación de la recta obtenida en la curva de calibración.

$$\text{ppm N-NO}_3 = (\text{abs}-b)/m$$

Donde:

abs: Absorbancia corregida, la cual es equivalente

a: $\text{abs} = \text{abs}(220\text{nm}) - \text{abs}(275\text{nm})$

b: intercepto de la recta.

m: pendiente de la recta

Los datos serán reportados en ppm N-NO₃ que equivalen a mg N-NO₃/L

2.5 Calidad del agua

El término calidad del agua se emplea para describir las características biológicas, físicas y químicas del agua, y es importante su medición para determinar cómo influye el desarrollo de una actividad en sus propiedades naturales (Aquaefundación, s.f.). Uno de los elementos que ayudan a regular las propiedades del agua es el pH, el cual se encarga de modular el riesgo de toxicidad del amoníaco, además, sus valores permiten especificar si existe una condición ácida o alcalina en los estanques (Industria Acuícola, 2017).

Tabla 1. Porcentaje de la forma tóxica del amoníaco total

pH de agua	% de NH ₃ del amoníaco total a 28° C		Amoníaco máximo total sin exceder 0.2 pp, de NH ₃	
	Agua dulce (0ppt)	Agua de mar (36ppt)	Agua dulce (0ppt salt)	Agua de mar (36ppt salt)
6.5	0.22	0.18	89.10	108.70
7.0	0.71	0.58	28.30	34.50
7.5	2.20	1.81	9.10	11.10
8.0	6.64	5.51	3.00	3.60
8.5	18.36	15.57	1.10	1.30
9.0	41.67	36.83	0.48	0.54
9.5	69.23	64.84	0.29	0.31
10.0	87.67	85.36	0.23	0.23

Fuente: Revista Industria Acuícola.

Para controlar la calidad del agua a través del pH se debe conocer que cuando se eleva demasiado es necesario mejorar la capacidad amortiguadora del agua, y cuando baja de 7.0 se tiene un problema de alcalinidad, además, la revista Industria Acuícola (2017) propone la siguiente guía para el monitoreo del nivel de pH en el agua.

Figura 3. Guía de control del nivel de pH para el agua de las piscinas de camarón



Fuente: Revista Industria Acuícola.

La calidad del agua se ve afectada, o comprometida, cuando en el cuerpo hídrico se introducen distintos agentes que pueden ser material químico, físico o biológico, lo que a su vez afecta el desarrollo de los organismos de dicho ecosistema y también a quienes usan este recurso para el consumo personal (Pico y Mendoza, 2020).

2.6 La biorremediación

En palabras de Marín, Gota y Ortiz (2018), la biorremediación es una técnica que se basa en la capacidad de crecimiento de los microorganismos a partir del uso de sustancias recalcitrantes, permitiendo degradar los compuestos hasta dióxido de carbono, agua, entre otros productos. Además, estos autores también mencionan que la biorremediación se divide a su vez en dos técnicas:

- 1) La bioestimulación
- 2) la bioaumentación.

Por una parte, González (2018) expone que la biorremediación nace como una propuesta metodológica agronómica para desactivar y eliminar los plaguicidas del suelo mediante el uso de microorganismos que tengan la capacidad de degradar estos residuos. Al igual que en la agricultura, el cultivo de camarón es una actividad que genera cantidades considerables de residuos que comprometen la calidad del agua y suelo, y de la misma manera, se ha introducido la biorremediación a través de productos desarrollado a base de bacillus para eliminarlos.

Por otra parte, se ha identificado que la metodología de los estudios de campo comparativos para los productos de biorremediación en la camaronicultura se encuentra limitada porque es muy riesgoso para el productor definir un testigo, pues el camarón puede sufrir estrés, mancha blanca, entre otras enfermedades en el caso de que no se empleen bacterias biorremediadoras en el ciclo de producción.

Además, autores como Ibarra (2015) han realizado análisis de dos agentes biorremediadores para determinar su efectividad comparando los parámetros de calidad del suelo antes y después de haber aplicado los tratamientos. Entonces, la ejecución de los estudios en materia de biorremediación están sujetos a los costos de producción del camarón cuando se debe usar una piscina testigo, y por lo tanto, investigadores como Bernal et al. (2012) optan por comparar dos tratamientos diferentes usando la media de los resultados que se obtengan al haber culminado un ciclo de cultivo a través de una prueba de verosimilitud.

2.7 Bacterias para degradar materia orgánica

La degradación de materia orgánica a través de bacterias, o biorremediación, es un proceso llevado a cabo por microorganismos que al ser liberados en los estanques se encargan de reducir los xenobióticos producidos en los efluentes de los cultivos de camarón (Lezama, Paniagua y Zamora, 2010). Actualmente el sector camaronero dispone de varias alternativas en productos de biorremediación, y además, continuamente se encuentran innovando para mejorar la efectividad de los mismos; sin embargo, existen estudios en donde se ha demostrado que las bacterias que mayor efectividad tienen son los bacillus (Marín y Jaramillo, 2015; Trujillo et al., 2019).

2.7.1 Bacteria Pro 4000X

Este producto es comercializado por Innovaciones Acuícolas S.A. de C.V., y está compuesto por dos tipos de esporas degradadoras de materia orgánica. Actualmente se comercializa en una presentación de cubeta de 10 Kg., a través de tabletas las cuales recomiendan aplicar directamente en las piscinas, aunque también pueden ser disueltas junto con melaza. A continuación, se presenta a detalle la información de su composición y aplicación:

Composición:	<i>Bacillus subtilis</i>	min. 2×10^9 CFU/g
	<i>Bacillus licheniformis</i>	min. 2×10^9 CFU/g

Aplicación: Z1 – M3 aplicar 1-2 tabletas/tanques

PI 1 – PI 12 aplicar 5-12 tabletas/tanques

En un estudio desarrollado por Newman (2013) se identificó que en un ciclo de producción extensivo es recomendable empezar utilizando 8 tabletas desde el catorceavo día después de haber sembrado las larvas, y al final se habrán utilizado alrededor de 497 tabletas. En dicho estudio se pudo evidenciar que la aplicación de este producto reduce significativamente los niveles de amonio, el vibrio, materia orgánica, y acelera el crecimiento del camarón.

2.7.2 Bacteria Hgs7

Composición:	<i>Bacillus subtilis</i>	min. 1X10 ⁹ CFU/g
	<i>Lactobacillus lactis</i>	min. 1X10 ⁹ CFU/g
	<i>Nitrosomonas sp</i>	min. 1X10 ⁹ CFU/g
	<i>Nitrobacter sp</i>	min. 1X10 ⁹ CFU/g

Aplicación: Para larvas, madurar en tanque de artemia 3 ppm por aplicación cada 7-10 días.

Para piscinas, 0.5 ppm por aplicación, 5 Kg. por hectárea, con doble dosis por cada primera vez de aplicación. Se controla aplicación cada 20 días o cuando el Nitrato es más alto que 0.5 ppm.

A diferencia del Pro 4000X, no se encontraron estudios que hayan analizado el uso del producto Hgs7, únicamente se identificó que dos tesis de universidades nacionales lo mencionan como parte de la estructura de costos de la actividad camaronera.

2.8 Marco legal en el uso de productos de biorremediación

La remediación de los suelos se acoge a la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados (Congreso Nacional del Ecuador, 2004) que fue dictada a través de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento de Gestión Ambiental; sin embargo, actualmente se somete al Decreto Ejecutivo 3516 el cual expide una Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI (Congreso Nacional del Ecuador, 2015), en el cual se especifica qué:

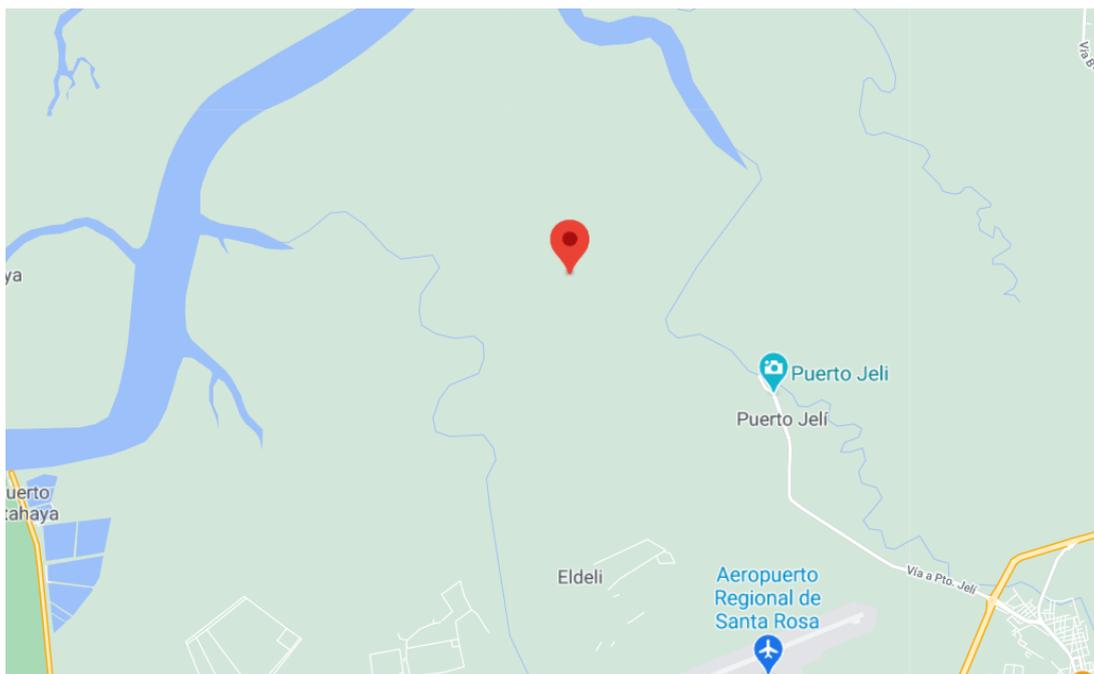
- Los organismos de control específicos deberán poner en ejecución las medidas respectivas del programa de remediación aprobado por la autoridad competente en los plazos y condiciones establecidas según amerite la situación.
- Se deberá atender a las características propias de cada caso a través del uso de la mejor tecnología para garantizar la recuperación y mantenimiento permanente de la calidad del suelo.
- Se privilegian las técnicas de remediación in situ, mientras que las demás, se deberán someter a evaluaciones especiales.

Ante lo mencionado, la aplicación continua de tratamientos de biorremediación está comprendida entre una de las mejores alternativas, puesto que permite mantener constantemente los niveles de calidad del suelo, usa agentes biológicos naturales y promueve la remediación in situ como es solicitado; es por ello que se considera que el presente ensayo tiene significancia ya que cumple con la normativa legal ecuatoriana.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del ensayo

El ensayo se realizará en la finca camaronera San Andrés 2 ubicada en el cantón Santa Rosa, en la provincia de El Oro, específicamente en las coordenadas (-3.399880, -80.017860). A continuación, se presenta su ubicación en el mapa.



Fuente: Tomado de Google Maps.

Según el anuario del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) en lo que va del 2021, la temperatura en el cantón Santa Rosa ha oscilado entre los 23° C y 32° C, mientras que la humedad data valores mínimos de 58.9% durante las tardes y 94.1% durante la mañana, con vientos que han alcanzado velocidades máximas de 13 Km/h. Por las condiciones climáticas ópticas y favorables, la actividad camaronera en este cantón se puede desarrollar sin ningún problema.

Por la ubicación geográfica privilegiada y las condiciones climáticas del cantón Santa Rosa que se han mantenido a lo largo del tiempo, la empresa camaronera San Andrés 2 lleva aproximadamente 12 años cultivando camarón en dieciocho piscinas las cuales tienen un área que va desde las 3 ha hasta las 9 ha. El suelo de estas piscinas es arcilloso y en previas evaluaciones se detectó que posee un pH de 6, y la presencia de materia orgánica va desde el 0.86% hasta 1.44%.

3.2 Materiales

- Tubo de ensayo.
- Estufa.
- Balanza.
- Sorbona.
- Papel filtro.
- Recipientes.
- pH-metro.
- Densímetros
- Higrómetros

3.3 Diseño experimental

El presente ensayo se realizará en la empresa camaronera San Andrés 2, perteneciente al cantón Santa Rosa; dicha finca está localizada en suroeste de la provincia de El Oro. Esta zona consta con una precipitación de 400 a 600 mm anuales, con una temperatura promedio de 27 grados Celsius. La superficie consta con un suelo arcilloso. El historial productivo de este predio, ha sido destinado a la actividad acuícola desde hace 12 años.

Se implementará el método científico experimental, que consistirá en investigar la interacción que existe entre los tratamientos antes descritos y la calidad del suelo de las piscinas camaroneras, posterior a la toma de los datos resultantes de este proceso, se realizará una comparación de medias con el análisis estadístico de la T-Student. Asimismo, se empleará el método inductivo y deductivo, para un mejor análisis de los datos

Por lo tanto, las hipótesis del presente estudio son las siguientes:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$: Ninguno de los tratamientos a utilizar en este ensayo, presentará diferencia significativa

Hi: $\mu_1 \neq \mu_2$: Al menos uno de los tratamientos a utilizar en este ensayo, presentará diferencia significativa

Para esta investigación se utilizará diseño experimental T-Student, con 2 tratamientos con 10 repeticiones de cada uno y se realizará la comparación de medias en dos poblaciones al 5% de probabilidad.

T-Student con varianzas iguales

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \pm t_{\alpha/2} S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

T-Student con varianzas desiguales

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \pm t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

El diseño experimental se realizara mediante la prueba de normalidad a través de las pruebas de Shapiro-Wilks, la comparación de medias poblacionales por medio de la T-Student y Wilcoxon

3.4 Tratamientos a estudiar

En un cultivo extensivo con el objetivo de producir camarón de 18 gr., del cual se data un tiempo aproximado de 125 días de duración, realizando la siembra de las larvas directamente en las piscinas, donde se aplicará dos tratamientos diferentes de biorremediación usando bacterias de PRO 4000X y Hgs7 en las siguientes condiciones:

T1: Aplicación de las bacterias de PRO 4000X.

T2: Aplicación de las bacterias de Hgs7.

Tabla 2. Guía de aplicación de tratamientos

Tratamientos	Cantidad	Unidad	Producto	Aplicaciones	Días
T1	24	gr.	PRO 4000X	12	7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84
	53	lt.	agua		
	1 6	Kg.	melaza		
T2	24	gr.	Hgs7	12	7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84
	1000	lt.	agua		
	1.6	Kg.	melaza		

Cabe recalcar que el camarón es un espécimen muy delicado que puede verse afectado por otros agentes externos, por lo tanto, la dosificación de ambos tratamientos también puede variar en función de la calidad del agua; es por ello que se van a realizar valoraciones periódicas de los niveles de pH de las piscinas y en caso de que se requiera aplicar una dosificación extra en cualquiera de los dos tratamientos, esto se procederá a registrar como novedades del estudio.

3.5 Variables de estudio

Variable dependiente:

- Cantidad de materia orgánica en el suelo (%).
- Nivel de carbono orgánico en el suelo (%).
- Conductividad eléctrica (ds/m)
- pH
- Niveles de ácidos húmicos (ppm)
- Niveles de ácidos fúlvicos (ppm)
- Relación entre ácidos húmicos y fúlvicos
- Nitratos (ppm)

Variables independientes:

- Dosificación de PRO 4000X.
- Dosificación de Hgs7.

3.6 Muestra

Para el levantamiento de la información se realizará un muestreo aleatorio, en cada una de las unidades experimentales, tomando una muestra por piscina de ensayo; esta muestra se tomará en el centro de la piscina. La cantidad de suelo que se tomará será de 1kilogramo, estas muestras serán llevadas a los laboratorios del INIAP

3.7 Manejo del ensayo

El ensayo se desarrollará 20 piscinas de ensayo de 40m x 40m de extensión cada una, donde se realizará un cultivo de *Litopenaeus vannamei*, sembrando directamente 19200 larvas de camarón, las cuales a los 90 días deberán alcanzar los 18 gr. para ser cosechadas. En primera instancia se realizará una valoración del nivel de pH del suelo para determinar que ambas se encuentren en condiciones adecuadas para iniciar un ciclo de cultivo.

En las piscinas donde se aplican los dos tratamientos se usa el agua y la melaza para mezclar los productos, la única diferencia entre estos dos cultivos radica en las bacterias y la presentación los productos usados para

que ejecuten el proceso de biorremediación: 1) El PRO 4000X que viene en tabletas las cuales serán disueltas, y 2) el Hgs7 que viene en partículas sólidas.

Para todas las piscinas, el proceso de alimentación se ejecutará mediante la técnica de voleo porque ha sido la forma que tradicionalmente ha manejado la empresa camaronera San Andrés 2; además, también se va a alimentar mediante comederos para poder controlar la dieta del camarón e identificar la posible acumulación de materia orgánica observando el lodo que queda atrapado en éstos.

Asimismo, durante todo el cultivo se deberá observar continuamente si en el fondo de las piscinas la materia orgánica se está acumulando en exceso, esto se puede identificar cuando el color del fondo del suelo comienza a tornarse más oscuro. Otra forma de evidenciar esto es cuando al atarrayar se levanta el lodo del fondo el cual se queda pegado en las redes y emana un mal olor.

Se recomienda realizar cada semana, o cuando el administrador considere necesario, la medición del nivel de pH del agua para comprobar que se encuentra en un rango aceptable para el desarrollo del ciclo de cultivo. En caso de que se posee un nivel de pH inferior a 7.5 o superior a 9.0 se deberá aplicar una dosificación extra del producto de biorremediación con el cual se esté tratando la piscina, además, esto deberá registrarse como una novedad.

Al final del cultivo se procederá a tomar las muestras correspondientes, y posteriormente serán enviadas a un laboratorio para que se realicen las respectivas mediciones. Una vez obtenidos los resultados, estos serán procesados a través del software estadístico Infostat, con el fin de que el análisis estadístico T- Student sea lo más exacto posible y así definir cuál de los dos métodos es más efectivo.

4 RESULTADOS

4.1 Académico y científico

Se va a generar información sobre dos productos de biorremediación que podrá incluirse en las cátedras de Microbiología y Acuicultura, y además, se va a dejar un modelo de estudio que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agropecuaria podrán usar para realizar investigaciones donde se requiera comparar la efectividad de dos tratamientos.

4.2 Técnico

Optimizar el proceso de biorremediación mediante la identificación del producto más efectivo, y a su vez la empresa camaronera va a recibir información que le permitirá realizar un análisis más profundo en función de los costos de estos dos productos.

4.3 Ambiental

Demostrar métodos innovadores de biorremediación, mediante el análisis de las bacterias contenidas en los productos PRO 4000X y Hgs7, que permita identificar cuál es más amigable con el ambiente.

4.4 Social

Se mejorará la calidad de vida de las personas que trabajan dentro de las camaroneras y quienes viven a sus alrededores, permitiendo asegurar a futuro el uso de estos suelos para otras actividades.

4.5 Económico

Se buscará maximizar la producción mediante el mejoramiento de las condiciones del suelo de las piscinas de camarón, y con ello también se espera conseguir mayor utilidad.

5 DISCUSIÓN

Cantidad de materia orgánica en el suelo (%).

Evaluar la materia orgánica dentro de los estanques destinados a la cría de camarones es fundamental. Sin embargo, las condiciones del suelo no suelen recibir esa misma atención que, por ejemplo, la calidad del agua. En otros casos, productores de camarón están al tanto de la importancia del suelo. Aunque suelen desconocer acerca de la interrelación suelo-agua en la cría dentro de estanques y piscinas.

La materia orgánica consiste en carbohidratos, proteínas y grasas fácilmente descomponibles, pero también tiene fibra y otros componentes que son más resistentes a la descomposición. El sedimento interactúa con la calidad del agua del estanque, pero esta interacción ocurre sólo en los pocos centímetros superiores. Además, el oxígeno disuelto penetra sólo unos pocos milímetros en el sedimento, y mientras que la capa superficial es aeróbica (oxigenada), por debajo, el sedimento es anaeróbico (no oxigenado) (Boyd C. E., 2016).

Boyd (2016) argumenta que: “en el sedimento anaerobio, la actividad microbiana continúa, pero consiste en fermentación que libera dióxido de carbono, alcoholes, aldehídos, ácidos orgánicos y cetonas. La fermentación no oxida completamente el carbono orgánico a dióxido de carbono. Sin embargo, existen otras bacterias que pueden usar oxígeno de óxidos e hidróxidos de nitrato, hierro y manganeso, sulfato y dióxido de carbono como alternativa al oxígeno molecular en la respiración”

Nivel de carbono orgánico en el suelo (%).

El carbono orgánico se desprende de la materia orgánica del suelo, es el principal elemento que conforma la materia orgánica (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008). El suelo puede llegar a secuestrar grandes cantidades de C, esta acción puede ayudar a disminuir los impactos ambientales derivados del aumento de los niveles de CO₂ atmosféricos (Roger, 2001).

Propiedades físico químicas del suelo

La selección de suelos para estanques acuícolas debe considerar, entre otros factores, un contenido de Materia Orgánica (MO) relativamente bajo para reducir la demanda de oxígeno durante el cultivo. La mayoría de

las piscinas para acuicultura están constituidas sobre suelo mineral conteniendo no más del 5 al 10% de MO.

Cada tipo de suelo contiene una flora microbiana adecuada para descomponer el sustrato orgánico, pero algunos elementos se descomponen más rápidamente que otros.

El pH del suelo es un parámetro de impacto directo extremadamente importante para la calidad de agua y bienestar de los organismos de cultivo. El ion hidrógeno interviene en un sin número de reacciones bioquímicas y regula la distribución de sustancias químicas entre sus fracciones (Boyd C., 1995). Además, el pH del suelo es un criterio importante para predecir la capacidad del suelo y sustentar reacciones microbiológicas.

La mayoría de las especies de bacterias conocidas crecen en un rango de pH entre 4 y 9. Sin embargo, existen bacterias que pueden crecer en condiciones de pH entre 1 y 3, entre éstas, algunas especies de Thiobacillus, Thermophalus y Sulfolobus que oxidan minerales de azufre para producir ácido sulfúrico (Krebs, 2003).

En acuicultura, suelos ácidos son encontrados en instalaciones que han sido construidas sobre suelos con elevado contenido de azufre (>0,5% azufre total) (Boyd C, 1995).

Es la concentración de todos los iones disueltos en el agua, estos son de minerales o cloruros principalmente. Se debe considerar la presión osmótica y la conductividad eléctrica que incrementa entre más sales en el agua encontremos. Se ha reportado que en áreas de alta precipitación donde los suelos son elevados, el nivel de salinidad es de 150 a 250 mg/L, en zonas de poca lluvia es de 500 a 2500 mg/L y aguas de pozos profundos los niveles de salinidad están arriba de 2500 mg/L. (Rojas, Haws y Cabanillas, 2005)

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En base a la literatura revisada y también en consideración a la discusión generada a partir de ésta se concluye qué:

- Mediante esta investigación bibliográfica se concluye que la acuicultura es una actividad que se encarga de la producción, crecimiento desarrollo y comercialización de especies acuáticas, como lo es el camarón. Los especialistas acuicultores deben realizar estudios enfocados en la eliminación de la materia orgánica que se acumula en el fondo del estanque para obtener resultados favorables de condiciones del medio y desarrollo del ciclo del cultivo.
- Entre los métodos más eficaces según las investigaciones inclinadas a la eliminación de materia orgánica, resalta la limpieza de sedimentos y la calidad de agua a la que están expuestos los cultivos, el mantenimiento del estanque es una pieza clave para su evolución, de esta forma el acuicultor desecha los desperdicios que son tóxicos, elementos en descomposición y prebióticos que no han sido consumidos.
- La aplicación del método de bioremediación es fundamental, ya que nos ahorra costos de producción y mano de obra, además de darnos un beneficio que es amigable con el ambiente
- La dosificación de Pro 4000x y Hgs7 deben ser similares, de 24 gr., y cada una se disuelve en 53 litros de agua y se mezclan con 1.6 Kg. de melaza, para poder cuantificar la incidencia sobre la calidad del suelo.
- La prueba de T-Student, es un tipo de estadística deductiva, que nos permitirá determinar si hay una diferencia entre los tratamientos aplicados, comparando las medias de ambos grupos; asumiendo que estos datos resultarían dentro de una distribución normal

6.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones se recomienda:

- Continuar con la línea de investigación de este estudio que, contemplen los costos de la materia prima como parte del análisis para generar una mejor perspectiva de la relación beneficio/costo.
- A los productores de camarón que optimicen el sistema de control de la calidad del agua y desarrollar un registro histórico de su comportamiento bajo un mismo sistema de biorremediación.
- A los investigadores que diseñen metodologías que permitan disminuir el riesgo del proceso de producción en relación a la calidad del agua para evitar generar pérdidas para las empresas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M., & Jaramillo, D. (2017). Determinación de dos índices de la calidad del suelo en la calidad de la taza de café. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 6(2), 102-123. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v6n2.65667>
- Aquae Fundación. (s.f.). *¿Cuál es la calidad perfecta del agua?* Obtenido de Aquae Fundación: <https://www.fundacionaquae.org/calidad-agua/>
- Aragón, E. (2016). Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multi-modelo. *Latin american journal of aquatic research*, 44(3), 480-486. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v44n3/art06.pdf>
- Balod, S. (2021). Importación de camarón en China. *Aquacultura*, 68-70. Obtenido de <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion139>
- Bernal, C., Azócar, J., Escobar, T., González, A., San Martín, M., Saavedra, J., & Vera, C. (2012). *Convenio: Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011. Actividad 5: Asesoría carácter transversal: Observadores Científicos, 2011*. Chile: Instituto de Fomento Pesquero. Obtenido de <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/7579/61BVDPL2MQAG729NKUD6Y3G6N8A6R5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Boyd, C. (1995). Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. (Vol. 1). doi:10.1007/978-1-4615-1785-6
- Boyd, C. E. (2016). Descomposición y acumulación de materia orgánica en estanques. *Health & Welfare*, 1, 2-5.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (s.f.). *Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales*. Obtenido de Estadísticas: <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Congreso Nacional del Ecuador. (10 de septiembre de 2004). Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados. *Ley de Gestión Ambiental, Codificación*. Quito. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf>

- Congreso Nacional del Ecuador. (4 de noviembre de 2015). Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. *Acuerdo Ministerial 97*. Quito. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Curbelo, C., & Palacio, Y. (2021). Tratamiento químico de residuos de camarón para la obtención de quitina. *Revista Centro Azúcar*, 48(2), 103-116. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v48n2/2223-4861-caz-48-02-103.pdf>
- Dávila, K., Carvajal, H., & Vite, H. (2019). Análisis de rentabilidad económica del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en el sitio Balao Chico, provincia del Guayas. *Polo del Conocimiento*, 5(1), 450-476. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7436047.pdf>
- Gómez, J., Mora, N., & Espinoza, C. (2020). Disrupción, resiliencia y evolución del sector camaronero ecuatoriano entre 2010 y 2019. 5(6), 285-299. doi:<https://doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.413>
- Gonzaga, S., Morán, G., & Brito, B. (2016). Análisis exploratorio de buenas prácticas de manufactura del sector camaronero. Asociación APROCAM JK. Estudio de caso. *UNIVERSIDAD Y SOCIEDAD*, 9(1), 28-35. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus04117.pdf>
- González, A. (2018). Prácticas ambientales y competitividad de las PYMES bananeras del cantón Machala, provincia el Oro, Ecuador. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*(43), 1-21. Obtenido de <https://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/download/614/827/>
- Hernández, J. (marzo de 2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. 106. La Paz: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. Obtenido de http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/505/hernandez_j.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huerta, F. (2018). Retro-adaptación de fincas de camarón a sistemas de recirculación. *Aquacultura*(121), 36-39. Obtenido de https://issuu.com/revista-cna/docs/final_revista_edicion_121

- Ibarra, D. (2015). *Tratamiento de lixiviados provenientes de residuos de manejo especial aplicando la biorremediación*. México: Universidad Autónoma de Nayarit. Obtenido de <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1372/2015%20TRATAMIENTO%20DE%20LIXIVIADOS%20PROVENIENTES%20DE%20RESIDUOS%20DE%20MANEJO%20ESPECIAL%20APLICANDO%20LA%20BIORREMEDIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Industria Acuícola. (2017). El Parámetro de Calidad del Agua a Menudo Ignorado: pH. *Industria acuícola*, 13(3), 8-14. Obtenido de https://issuu.com/industriaacuicola/docs/revista13.3_impresionchecklist
- Krebs., L. (2003). Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura, y desarrollo de protocolo estándar para medir dióxido de carbono. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8666/1/lkrebs.pdf>
- Ladino, G. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces. *Orinoquia*, 15(1), 48-61. Obtenido de <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/42/69>
- Lezama, C., Paniagua, J., & Zamora, J. (2010). Biorremediación de los efluentes de cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) utilizando tapetes microbianos en un sistema de recirculación. *Latin american journal of aquatic research*, 38(1), 129-142. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v38n1/art12.pdf>
- Marín, L., & Jaramillo, B. (2015). Aislamiento de bacterias degradadoras de pesticidas organofosforados encontrados en suelos y en leche bovina. *Revista chilena de nutrición*, 48(2), 179-185. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art10.pdf>
- Marín, T., Gota, C., & Ortiz, T. (2018). Evaluación del extracto obtenido como lixiviado de fibra de coco (*Cocos nucifera*) como bioestimulante en la remediación de un suelo contaminado con petróleo. *Enfoque UTE*, 9(4), 180-193. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n4/1390-6542-enfoqueute-9-04-00180.pdf>

- Martínez, V., Mendoza, W., Álvarez, J., & Martínez, E. (julio de 2015). Comportamiento del crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*, utilizando alimento comercial: para tilapia al 28% vs. para camarón al 30%. *Revista Científica de la UNAN-León*, 6(1), 65-71. Obtenido de http://revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/viewFile/103/pdf_16
- Meteored. (15 de abril de 2021). *Histórico del tiempo en Santa Rosa*. Obtenido de Meteored: https://www.meteored.com.ec/tiempo-en_Santa+Rosa-America+Sur-Ecuador-El+Oro--1-20231.html?d=historico
- Meza, M., Castro, C., Pereira, K., & Puga, G. (2017). Indicadores para el monitoreo de la calidad del suelo en áreas periurbanas. Valle de Quillota, Cuenca del Aconcagua, Chile. *Interciencia*, 42(8), 494-502. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33952871003.pdf>
- Mora, N., Pupo, J., Novillo, E., & Espinosa, M. (2018). Aplicación de la Teoría de Restricciones en la actividad camaronera de ANDAMAR S.A. (Ecuador): Estrategias para el mejoramiento continuo. *Revista Espacios*, 39(39), 1-16. Obtenido de <http://revistaespacios.com/a18v39n39/a18v39n39p19.pdf>
- Newman, S. (2013). *Press Release Pro 4000X*. Estados Unidos: AqualnTech Inc. Obtenido de https://www.bioremediationaquaculture.com/uploads/5/3/7/2/5372499/press_release_pro4000x_farm_with_vibrio_counts.pdf
- Pico, E., & Mendoza, M. (2020). Evaluación de la calidad del agua de mar en la desembocadura del Río Manta y sus efectos en la supervivencia de larvas de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*). *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, 3(6), 13-20. Obtenido de <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/yaku/article/view/9/41>
- Primicias. (19 de febrero de 2021). *Balanza comercial cierra con superávit por caída de las importaciones*. Obtenido de Primicias: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/balanza-comercial-superavit-ecuador-2020/>
- Roger, S. (2001). Sequestration of Carbon by Soil. *Soil Science*, 166, 558-871

- Rojas, A.A., Haws, M.C. y Cabanillas, J.A. ed. (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).
- Romero, T., & Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88-100. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>
- Solórzano, L., & Bonilla, M. (2019). Aceptabilidad de mortadela a base de carne de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y carne de cerdo. *PRO-SCIENCES: REVISTA DE PRODUCCIÓN, CIENCIAS E INVESTIGACIÓN*, 3(18), 24-28. Obtenido de <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/109/212>
- Trujillo, L., Rivera, L., Hardy, E., Llumiquinga, E., Garrido, F., Chávez, J., . . . País, J. (2019). Estrategias Naturales para Mejorar el Crecimiento y la Salud en los Cultivos Masivas de Camarón en Ecuador. *Bionatura*, 2(2), 318-325. Obtenido de http://revistabionatura.com/files/2017_vlfhmudb.02.02.8.pdf
- Ullsco, E., Garzón, V., Quezada, J., & Barrezueta, S. (2021). Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, período 2015-2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4, 113-119. Obtenido de <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/418/438>
- Varela, A. (2021). Volumen de agua disponible para el desove de hembras del camarón marino *Penaeus vannamei*. *AquaTechnica*, 3(1), 1-8. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/aquatechnica/article/view/3438/3301>
- Vega, F., Apolo, N., & Sotomayor, J. (2019). La productividad del sector camaronero en la provincia del Oro y su impacto al medio ambiente. *Agroecosistemas*, 7(1), 39-44. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/240/260/>
- Vela, G., López, J., & Rodríguez, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones geográficas(77)*, 18-30. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Castro Feijoo Jorge Luis**, con C.C: # 0705103968 autor del componente práctico del examen complejo: **Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de *Litopenaeus vannamei* de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de septiembre del 2021

f. _____
Castro Feijoo Jorge Luis
C.C: 0705103968



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> de la empresa acuícola San Andrés (El Oro)		
AUTOR	Jorge Luis Castro Feijoo		
REVISOR/TUTOR	Blgo. Luis Cobo Argudo, MSc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agropecuaria		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Agropecuario		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de septiembre del 2021	No. DE PÁGINAS:	29
ÁREAS TEMÁTICAS:	Acuicultura, Producción de camarón, Cuidado del suelo		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Biorremediación, Suelos, Producción, Materia Orgánica, Bacterias		

RESUMEN/ABSTRACT

El sector camaronero ecuatoriano ha experimentado un crecimiento exponencial durante los últimos años y esto se debe a que toda la cadena de suministro ha mejorado tanto la ejecución de sus procesos como también los productos ofertados. En la empresa camaronera San Andrés 2 se ha suscitado que durante el cultivo de camarón utilizan dos tipos de bacterias biorremediadoras y necesitan conocer cuál de los dos productos es más efectivo, por lo tanto, a través de la presente investigación se propone desarrollar un estudio de campo experimental de muestras cronológicas equivalentes con enfoque cuantitativo y de alcance explicativo, analizando dos tratamientos, en el T1 se utilizará 24 gr. del producto PRO 4000X y en el T2 24 gr. de Hgs7, ambos disueltos en 53 litros de agua y mezclados con 1.6 Kg. de melaza cada uno, y presentando como hipótesis de trabajo que las medias de materia orgánica presente en el suelo al final del cultivo son diferentes. Las investigaciones que impulsaron el desarrollo del presente estudio han mostrado resultados satisfactorios en la comparación de baterías de biorremediación mediante la comparación de las medias, por lo tanto, se espera que los resultados sirvan para que la empresa pueda decidirse por emplear un solo producto, y también para que nuevos investigadores se valgan de esta investigación como una guía metodológica para poder analizar otras áreas.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593 995408698	E-mail: Jorge.l_95@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, MSc	
	Teléfono: +593987361675	
	E-mail: Noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	