



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

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN
PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE UNA
INDUSTRIA CAMARONERA, PROVINCIA DE EL ORO.**
TRABAJO EXPERIMENTAL

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

AUTOR
HARO VILLAMAR MANUEL ANTONIO

TUTOR
ING. MOROCHO ROSERO LUIS ANTONIO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



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

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **MOROCHO ROSERO LUIS ANTONIO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE UNA INDUSTRIA CAMARONERA, PROVINCIA DE EL ORO”**, realizado por el estudiante **HARO VILLAMAR MANUEL ANTONIO**; con cédula de identidad **N° 0926333444** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica **Guayaquil**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Morocho Rosero Luis Antonio

Ciudad, día de mes del año



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE **NOMBRE DE LA CARRERA**

(3 líneas en blanco)

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

(2 líneas en blanco)

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**”, realizado por el (la) estudiante **APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS DEL ESTUDIANTE**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

(2 líneas en blanco)

Atentamente,

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
PRESIDENTE

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Ciudad, día de mes del año

Dedicatoria

Dedicar a Dios, a mi familia quienes han sabido guiarme por el camino del aprendizaje y entender el valor del trabajo duro y dedicación. A la Ing. Eliana Tamayo por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

Agradecimiento

Para la realización del trabajo de titulación mi eterno agradecimiento al técnico de la camaronera en Santa Rosa el Ing. Acuacultor Bolívar Tamayo, como también al Ing. Carlos Banchón Bajaña; dado a su conocimiento me guió para el inicio de mi tesis. Agradezco así mismo a mi tutor el Ing. Luis Morocho Rosero; quien me brindó la confianza y apoyo para la culminación del proyecto y agradecido con cada uno de los docentes que tuve la oportunidad de aprender algo nuevo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo HARO VILLAMAR MANUEL ANTONIO, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE UNA INDUSTRIA CAMARONERA, PROVINCIA DE EL ORO” para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 8 Noviembre del 2020

HARO VILLAMAR MANUEL ANTONIO
C.I. 0926333444

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	14
Resumen	16
Abstract.....	17
1. Introducción.....	19
1.1 Antecedentes del problema.....	20
1.2 Planteamiento y formulación del problema	22
1.2.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2.2. Formulación del problema.....	24
1.3 Justificación de la investigación.....	24
1.4 Delimitación de la investigación	25
1.5 Objetivo general	25
1.6 Objetivos específicos.....	25
2. Marco teórico.....	27
2.1 Estado del arte.....	27
2.2 Bases teóricas	28
2.2.1 Biopelícula	28

2.2.1.1 Crecimiento de la Biopelícula	28
2.2.1.2 Inmovilización de microorganismos	29
2.2.1.3 Medio de soporte.....	29
2.2.2 Biofiltro.....	29
2.2.3 Parámetros de calidad de agua.....	29
2.2.3.1. Turbidez	29
2.2.3.2. pH	30
2.2.3.3. Nitritos.....	30
2.2.3.4. Nitratos.....	30
2.2.3.5. Color.....	30
2.3 Marco legal.....	31
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador Asamblea Constituyente, Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008.....	31
2.3.2. Convenio de Basilea	31
2.3.3 Ley de Gestión Ambiental	31
2.3.4 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental	31
2.3.5 Reglamento ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua decreto ejecutivo 650. Registro oficial suplemento 483; Título segundo; capitulo primero: Acuicultura	32
2.3.6 Acuerdo Ministerial N° 245, de fecha 29 de Diciembre del 2010, del Ministerio del Ambiente, donde se regulariza al sector de la industria acuícola.....	32
2.3.7 Reglamento de seguridad para la construcción y obras públicas.....	32
2.3.8 Reglamento interministerial para el saneamiento ambiental agrícola Acuerdo Ministerial 365.	32

2.3.9 Reglamento General a la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero y Texto Unificado de Legislación Pesquera. Decreto Ejecutivo No. 3198, publicado en Registro Oficial 690 del 24 de octubre del 2002.	32
2.3.10 Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Anexo 1, Recurso Agua, del Libro VI de Calidad Ambiental.	33
2.3.11 Normas INEN de calidad del agua Dentro de esta normativa se toman en cuenta 2 reglamentos:	33
2.3.12 Transporte de las muestras.....	33
3. Materiales y métodos	34
3.1 Enfoque de la investigación	34
3.1.1 Tipo de investigación.....	34
3.1.2 Diseño de investigación	34
3.2. Metodología	35
3.2.1. Variables.....	35
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i>	35
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i>	35
3.2.2. Tratamientos	35
3.2.3. Diseño experimental.....	37
3.2.4 Recolección de datos	37
3.2.4.1. <i>Recursos Bibliográficos</i>	37
3.2.4.3. <i>Métodos y técnicas</i>	38
3.2.5 Análisis estadístico.....	39
4. Resultados	42
4.1 Caracterización del agua residual antes y después del tratamiento de una industria camaronera en la parroquia Jumón, Santa Rosa	42

4.1.1. Parámetro pH.....	42
4.1.2. Parámetro color real.....	44
4.1.3. Parámetro turbidez.....	46
4.1.4. Parámetro nitritos.....	48
4.1.5. Parámetro nitratos.....	50
4.2 Implementación de un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una camaronera	52
4.3 Eficiencia del uso de biofiltros para la degradación biológica de contaminantes	54
4.3.1 Análisis inferencial de los tratamientos.....	54
4.3.1.1 Análisis de varianza y comparación para pH.	54
4.3.1.2 Análisis de varianza y comparación para color real.....	55
4.3.1.3 Análisis de varianza y comparación para turbidez.	57
4.3.1.4 Análisis de varianza y comparación para nitritos.....	58
4.3.1.5 Análisis de varianza y comparación para nitratos.....	59
4.3.2 Eficiencia de remoción de contaminantes por cada tratamiento.....	61
4.3.2.1 Parámetro color real.....	61
4.3.2.2 Parámetro turbidez.	62
4.3.2.3 Parámetro nitritos.....	63
4.3.2.4 Parámetro nitratos.....	65
4.3.3 Tratamiento más efectivo.	66
5. DISCUSIÓN	68
6. CONCLUSIONES.....	70
7. RECOMENDACIONES	71
8. BIBLIOGRAFÍA	72

9. ANEXOS	77
9.1. Anexo 1. Criterios de calidad permisibles Libro VI- ANEXO I	77
9.2. Anexo 2. Análisis de las muestras iniciales en laboratorio.....	80
9.3. Anexo 3. Proceso de pesado de los materiales a utilizar	82
9.4. Anexo 4. Análisis de las muestras finales en el laboratorio.....	83
9.5. Anexo 5. Resultados de los parámetros analizados en laboratorio	86

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción general de los tratamientos	36
Tabla 2. Descripción del tratamiento 1	36
Tabla 3. Descripción del tratamiento 2	36
Tabla 4. Descripción del tratamiento 3	37
Tabla 5. Tipo de Diseño experimental.....	37
Tabla 6. Recursos que se utilizarán dentro de la investigación.....	38
Tabla 7. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable pH	44
Tabla 8. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable color real	46
Tabla 9. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable turbidez	48
Tabla 10. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable nitritos	50
Tabla 11. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable nitratos	52
Tabla 12. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para ph.....	55
Tabla 13. Comparación de los tratamientos mediante test Dunnett para pH ...	55
Tabla 14. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para pH	55
Tabla 15. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para color real	56
Tabla 16. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para color real	56
Tabla 17. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para color real .	57
Tabla 18. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para turbidez .	57

Tabla 19. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para turbidez.	57
Tabla 20. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para turbidez ...	58
Tabla 21. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para nitritos ...	58
Tabla 22. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para nitritos...	59
Tabla 23. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para nitritos.....	59
Tabla 24. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para nitratos..	60
Tabla 25. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para nitratos..	60
Tabla 26. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para nitratos	60
Tabla 27. Mayor y menor efecto según interacción tratamiento-tiempo	67
Tabla 29. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	77
Tabla 30. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.	78
Tabla 31. Test Tukey para color real en función del tiempo	79
Tabla 32. Test Tukey para turbidez en función del tiempo	79
Tabla 33. Test Tukey para nitritos en función del tiempo	79
Tabla 34. Test Tukey para nitratos en función del tiempo	79

Índice de figuras

Figura 1. Caracterización de pH inicial de las aguas residuales de la camaronera	43
Figura 2. pH promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas	43
Figura 3. Caracterización de color real inicial de las aguas residuales de la camaronera	45
Figura 4. Color real promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas	45
Figura 5. Caracterización de turbidez inicial de las aguas residuales de la camaronera	47
Figura 6. Turbidez promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas	47
Figura 7. Caracterización de nitrito inicial de las aguas residuales de la camaronera	49
Figura 8. Nitrito promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas	49
Figura 9. Caracterización de nitrato inicial de las aguas residuales de la camaronera	51
Figura 10. Nitrato promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas	51
Figura 11. Diseño del biofiltro para el tratamiento uno y dos	53
Figura 12. Diseño del biofiltro para el tratamiento tres y control	53
Figura 13. Medias de color real por tratamiento en función del tiempo	61
Figura 14. Eficiencia de remoción por tratamiento para color real	62
Figura 15. Medias de turbidez por tratamiento en función del tiempo	62
Figura 16. Eficiencia de remoción por tratamiento para turbidez	63
Figura 17. Medias de nitritos por tratamiento en función del tiempo	64
Figura 18. Eficiencia de remoción por tratamiento para nitritos	64
Figura 19. Medias de nitratos por tratamiento en función del tiempo	65

Figura 20. Eficiencia de remoción por tratamiento para nitratos	66
Figura 21. Tratamientos más eficientes por parámetros	66
Figura 22. Zona a muestrear	80
Figura 23. Toma de muestra	80
Figura 24. Análisis de muestras iniciales en laboratorio.....	81
Figura 25. Respectivas anotaciones de resultados	81
Figura 26. Resultados de nitratos y nitritos	82
Figura 27. Pesado de carbón activado y algodón	82
Figura 28. Pesado de arena y grava	83
Figura 29. Biofiltro actuando para la remoción de contaminantes.....	83
Figura 30. Muestra de los tratamientos finales.....	84
Figura 31. Analisis de muestras finales de color	84
Figura 32. Resultados finales de nitritos y nitratos	85

Resumen

El actual trabajo de titulación se basa en la evaluación del agua residual de una piscina camaronera ubicada en la parroquia Jumón – San José, en el cantón Santa Rosa provincia de El Oro. Una vez que se planteó este estudio experimental se determina la eficiencia del sistema de biofiltración, al remover contaminantes como son nitritos NO_2^- y nitratos NO_3^- a través de análisis realizados en laboratorios promoviendo su eficacia y eficiencia. En las descargas de aguas residuales de las piscinas camaroneras existen indicadores de alto contenido de materia orgánica y crecimiento sobrante de algas el cual genera coloración intensa. Para la determinación de los tratamientos más efectivos por parámetro, se observa que en el parámetro nitratos y nitritos, el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) fue el más efectivo con 13,77% y 93,72% respectivamente. Mientras que en los parámetros turbidez y color, el tratamiento tres (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) fue el más efectivo con 68,24% y 64,80% respectivamente. Para el parámetro pH (potencial de hidrógeno) se determinó que el tratamiento T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) presentó la media significativamente menor con 6,89 de pH, y el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) presentó la media significativamente mayor con 7,01 de pH. Los tratamientos de menor efecto fue el tratamiento control (Biofiltro + agua residual) presentó la menor media en la mayoría de interacciones, principalmente a las 6 horas de aplicado el tratamiento.

Palabras clave: bacterias nitrificantes, biofiltro, nitritos NO_2^- , nitratos NO_3^- y remoción

Abstract

The current titration work is based on the evaluation of the residual water of a shrimp pond located in the Jumón - San José parish, in the Santa Rosa canton of El Oro province. Once this experimental study was proposed, the efficiency of the system is determined of biofiltration, to remover pollutants such as nitrites NO_2^- and nitrates NO_3^- through analyzes carried out in laboratories promoting their effectiveness and efficiency. In the wastewater discharges from the shrimp ponds, there are indicators of a high content of organic matter and excess growth of algae, which generates intense coloration. To determine the most effective treatments by parameter, it is observed that in the nitrates and nitrites parameter, treatment one (Biofilter + residual water + bacteria) was the most effective with 13.77% and 93.72% respectively. While in the turbidity and color parameters, treatment three (Biofilter + residual water + bacteria + carbon) was the most effective with 68.24% and 64.80% respectively. For the pH parameter (hydrogen potential), it was determined that treatment T2 (Biofilter + waste water + carbon) presented the lowest mean with pH 6.89, and treatment T1 (Biofilter + waste water + bacteria) presented the mean significantly higher with 7.01 pH. The treatments with the least effect was the control treatment (Biofilter + residual water) presented the lowest mean in most interactions, mainly 6 hours after applying the treatment.

Key words: bacteria, biofilter, NO_2^- nitrites, NO_3^- nitrates and removal



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

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, **MUÑOZ NARANJO DIEGO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: “**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE UNA INDUSTRIA CAMARONERA, PROVINCIA DE EL ORO**” realizado por el estudiante **HARO VILLAMAR MANUEL ANTONIO**; con cédula de identidad **N° 0926333444** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica **Guayaquil**, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Diego Muñoz Naranjo MSc.
dmunoz@uagraria.edu.ec

Ciudad, día de mes del año

1. Introducción

La importancia por el cuidado del ambiente se ha visto incrementada en los últimos años, tomando decisiones que conllevan la implementación de nuevas técnicas que benefician al entorno social, económico y ambiental, es una medida que debe ser acogida por los profesionales en su entorno laboral (Fernández Cruz et al., 2008).

Ecuador busca entrar entre los países considerados en vía de desarrollo sostenible, implementando medidas y proyectos amigables con el ambiente (Casios, 2015).

El biofiltro es uno de los procesos de separación más conocidos y eficientes que se pueden emplear para eliminar contaminantes orgánicos el agua y las aguas residuales (Chuquimboques, 2019).

La provincia del Oro por más de 50 años ha desarrollado y perfeccionado la producción de camarones, representa una participación del 37,68% de los ingresos económicos al país por su exportación (Díaz & Purihuamán, 2018).

Existe la necesidad de llevar un control adecuado de la calidad del agua utilizada en los sistemas acuícolas para minimizar el efecto derivado que genera la producción del camarón, es necesario aplicar metodologías de tratamiento y desinfección, que reduzcan la carga bacteriana en los suministros de agua, o que eviten el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos que afecten al proceso productivo, al medio ambiente y posteriormente salud humana (Danh, 2014). En la producción acuícola existen factores importantes a considerar, como son los factores físicos-químicos entre los cuales destacan los siguientes: pH- Temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, dureza, amonio, nitrito, nitrato, cloro (FAO, 2011).

1.1 Antecedentes del problema

La acuicultura se basa en potenciar el desarrollo productivo de las comunidades de pescadores, se enfoca en la producción de cultivos acuáticos entre los cuales se incluyen los peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (Arencibia, 2012). Las consecuencias que pueden generar la compensación del estancamiento de las capturas locales y el aumento de los suministro de proteína animal, también por las importantes inversiones que se están realizando o debido a factores negativos que conllevan se están generando una afectación a los ecosistemas marinos (FAO, 2001).

El excesivo cultivo de camarón en masa se ve expuesto a un incremento de número de posibles contaminantes dentro de un ambiente con mayor estrés, por lo tanto disminuye su resistencia en contra de las enfermedades (Arevalo, 2014).

En el panorama de contaminación hídrica de América latina y el Caribe se ve dominado por las múltiples descargas tanto de origen doméstico e industrial, y se suman las descargas de las mineras, las cuales constituyen una mezcla variada de compuestos y sustancias que evidencian el 90%– 95% de contaminación que pueden llegar indirectamente desde las áreas costeras, se estima que solo un 2% de las descargas llegan a recibir un previo tratamiento (Escobar, 2002).

En su estudio Escobar (2002) informa que del 5% al 7% de las descargas de agua contaminada llegan al mar procedentes de fuentes municipales, las cuales solo se evidencia que el 1% de esas aguas han recibido un tratamiento previo, generando así impactos en las regiones costeras.

En países como Panamá, Chile, Colombia, Ecuador y Perú se estima que ingresan al mar descargas de $1\,359\,641 \times 10^3 \text{ m}^3$ /año de desechos en forma líquida con una carga contaminante de $1\,761\,944 \text{ t/año}$ de DBO y de $818\,872 \text{ t/año}$

de DQO (Mancheno, 2016). También estima el ingreso de 414 934 t de sólidos suspendidos (SS) descargados, 55 266 t/año de nitrógeno y 6 654 t/año de fósforo (Escobar, 2002).

La Economía que genera la acuicultura y especialmente la camaronicultura, son grandes generadores de empleo y productores de divisas en el país. La Cámara Nacional de Acuicultura del Ecuador estimó que las exportaciones del camarón ecuatoriano llegaron a su cumbre en el año 1998 en donde alcanzó una cifra de 11.400 toneladas exportadas, por las cuales se generó 875 millones de dólares de Estados Unidos (Ministerio de Acuicultura y Pesca, 2010). Pero debido al impacto generado por el virus de la Mancha Blanca, la industria camaronera en el año 2000 se vio afectada tocando fondo, para ese entonces se generó una producción sólo de 37,7 mil toneladas (FAO, 2010).

En el año 2001 el precio del camarón se devaluó aproximadamente en 22% en comparación con el año anterior, para el 2002 disminuyó un 9% del año anterior haciendo más evidente la crisis en el sector productivo de camarón, en la actualidad la producción en volúmenes producidos de camarón ha aumentado, luego de atravesar por varias pruebas de sistemas que permitieran la producción camarón en presencia del virus Mancha Blanca (FAO, 2010).

En Ecuador existen alrededor de 213,032 hectáreas que están dedicadas a la producción de camarón, 54,942 de estas están ubicadas en el área estuarina del Golfo de Guayaquil, y representa un 26% del total de producción en el país (Rivera, 2015). En esta zona existen 58 empresas que se encargan de la producción y el proceso de industrialización del camarón según lo informa el instituto nacional de pesca, de las cuales están divididas con un 16% en el cantón Durán y un 84% en el cantón Guayaquil (Garay, 2018).

La acuacultura es fundamental para el desarrollo del país, en este caso el camarón si producción genera grandes ingresos al país y fortalece el desarrollo de pueblos y comunidades, pero el mal uso de sus aguas al descargar conlleva un gran impacto (Bravo, 2014). Debido al tiempo que conlleva o altos gastos que genera tratar el agua posterior a su descarga muchas de estas la hacen de una forma artesanal y poco convencional, generando así un impacto dentro de los cuerpos de agua receptores de la misma que posteriormente desembocan en el mar (Moreno & Fernández, 2007).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

Las necesidades por controlar la calidad del agua utilizadas en los sistemas acuícolas, como en sus vertidos para minimizar impactos derivado, ayudándose de tecnologías para tratamientos de agua y optimización recursos, la calidad del agua es un factor determinante dentro de los procesos productivos y la expansión de sistemas acuícolas (Aguilar, 2015).

Todas las actividades como el consumo de energía y agua sumado a los desechos que genera la alimentación del camarón generan residuos (Sáenz, 2015). Entre los cuales se evidencian las aguas residuales, que consigo abarcan diversidad de contaminantes como fosforo, nitrógeno y nutrientes que en cantidades mayores llegan a alterar la calidad del agua (Estrada, 2018).

En los estanques de cultivo intensivo de camarón se evidencian concentraciones elevadas de nitrito en tiempo de invierno cuando la temperatura varia, originando como resultado una ruptura en el ciclo del nitrógeno debido a la disminución del plancton y bacterias, estos son los principales consumidores del amoniac total presente en el estanque (Carranza, 2017).

Los estanques de cultivo intensivo se prefieren evitar la proliferación de amoníaco así, como el incremento de nitritos, antes que tener que recuperar los niveles bajos de inicio, debido que estos compuestos no se pueden retirar inmediatamente del estanque (Palta & Velasco, 2013).

Los alimento suministrado en estanques, también poseen restos de materia orgánica proveniente de las algas y bacterias muertas en sí, también se descomponen hacia amoníaco, nitritos y nitrato de manera similar (Torres E. C., 2018).

Las agua destinada para las piscinas de camarones se les agrega fertilizante, antibiótico y otros químicos, la cantidad de larvas agregadas varía entre 5 mil a 50 mil por hectárea, esto dependerá de la intensidad del cultivo (Chiriboga, 2016). La utilización de químicos y agua salobre generan impactos negativos importantes provocando la salinidad del suelo en pocos años, quedando así un suelo inutilizable para la industria camaronera por lo que se evidencian muchas las camaroneras abandonadas (Ortiz L. , 2016).

La descarga del agua del estanque se presenta al abrir las compuertas las cuales tienen una malla de 250-300 micras, pero este filtro no detendrá las partículas desecha por las descargas, es por esto que se utilizan medidas como la desinfección mediante el uso de químicos (FAO, 2020).

Este proyecto tiene como objeto crear una alternativa ambiental, para evitar la descarga de efluentes de manera directa hacia los ríos, cuyas aguas contienen químicos, que pueden tener un impacto negativo para la biodiversidad del rio y la salud de las personas que se abastecen del mismo.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de un biofiltro para la disminución de contenido de turbidez, color, nitrito y nitrato en el agua utilizada por una camaronera de la parroquia Jumón, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro?

1.3 Justificación de la investigación

Los sistemas de biofiltración utilizan diferentes procesos físicos, como la filtración, y microbiológicos, para remover contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua; e incluso podrían sustituir las tradicionales lagunas de estabilización como alternativa natural y económica (Carrasco, 2012).

Los filtros biológicos, tienen su función por medio de un reactor compuesto de un lecho conformado con microorganismos inmovilizados a través del cual se filtra el agua residual, la principal función en la que consiste este proceso es la filtración, los microorganismos inmovilizados tienen la capacidad de crear una biopelícula dentro del lecho fijo, la misma que actúa como un material activado que se encarga de adsorber los contaminantes orgánicos del agua residual (Ruiz, 2015).

El sistema de biofiltración tiene la capacidad de encontrar un balance entre la producción de camarón y minimizar el impacto que se genera en ríos, reduciendo contaminantes como nitritos y nitratos (Ullauri, 2017).

Se encontraran varias ventajas desde el punto de vista ambiental, ya que no es necesario el uso de químicos ni fertilizantes para cumplir con las normativas vigentes, además que está constituido por materiales fácilmente accesibles, como lo son: una biopelícula que se genera del cultivo de bacterias nitrificadoras, la misma que actuará como un material activado que se encarga de adsorber los contaminantes orgánicos del agua residual, el carbón activado que tiene como fin aclarar el agua y minimizar el olor.

Por lo tanto es pertinente para la ingeniería ambiental ya que agua resultante se puede ser descargada hacia los ríos o destinarse para uso de riego y limpieza doméstica, favoreciendo a la economía.

El sistema de biofiltración dará un aporte hacia la comunidad y a piscinas camaroneras en donde no incluyen un pre tratamiento para remediación de las aguas residuales.

1.4 Delimitación de la investigación

En efecto la elaboración del proyecto de titulación se muestra entre un espacio y tiempo.

- **Espacio:** Una camaronera de la parroquia Jumón, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro- Machala- Ecuador.
- **Tiempo:** 1 mes

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de un sistema de biofiltración para la remoción de contaminantes de una industria camaronera en la provincia del Oro mediante la biorremediación.

1.6 Objetivos específicos

- Caracterizar el agua residual de la industria camaronera mediante los parámetros, pH, turbidez, color, nitritos y nitratos, antes y después del tratamiento.
- Implementar un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una camaronera de la parroquia Jumón, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro.

- Determinar la eficiencia de degradación biológica de contaminantes del agua residual proveniente de las compuertas de una piscina camaronera de la parroquia Jumón, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro.

1.7 Hipótesis

Un biofiltro sí disminuirá los niveles de turbidez, color, nitritos y nitratos en aguas residuales presentes en una camaronera, provincia de El Oro.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Gallego & García (2016) realizaron un estudio en México sobre la eficiencia de un biofiltro para el tratamiento de aguas para piscinas de truchas arcoíris, con una combinación de percolador-columna de arena, tuvo un desarrollo especializado en la remoción de compuestos nitrogenados. Con una eficiencia de remoción de NAT mayor que 70%. Este biofiltro mantuvo los parámetros limitantes disueltos en el agua por debajo del nivel tóxico para la producción sustentable de trucha arcoíris.

Un estudio realizado por Gleixner (2017) en Chile elaboró un biofiltro de lecho fijo mediante el cual buscó disminuir la solubilidad del metano y el n-pentano con la ayuda de una biopelícula, tanto el aumento en la temperatura como en la actividad de agua del lecho empaquetado disminuyen levemente la solubilidad del metano y el n-pentano, como resultado obtuvo una leve disminución de un 26% de metano presente en la muestra recolectada.

Torres (2016) en su estudio realizado en Colombia mediante un biofiltro se evaluó la factibilidad de usar bacterias sulfuro oxidantes inmovilizadas en carbón activado como material de empaque en un proceso de biofiltración, para la remoción de H₂S y el pH del medio líquido que irriga el lecho, obteniendo como resultado eficiencias de remoción por encima del 80% cuando las concentraciones de entrada de H₂S están en un rango de 50 a 300 ppm y el medio líquido es irrigado con un pH neutro.

La remoción de sulfuro de hidrógeno y la retención de malos olores mediante el uso de un biofiltro con una columna de humidificación, el biofiltro ha demostrado ser altamente eficaz en la eliminación de sulfuro de hidrógeno en flujos de 5 L/min

y 10L/min. Concluyó que el biofiltro tuvo una eficiencia del 100% para todas las concentraciones de entrada ensayadas (Bustamante, 2017).

Peñafiel, Moreno & Ochoa (2016) en su estudio realizado de un biofiltro para la remoción de materia orgánica y compuestos nitrogenados de agua residual pre tratada en lagunas anaeróbicas de una extractora de aceite crudo de palma. El biofiltro dentro de sus tres etapas dio como resultado una remoción entre el 41 al 85% para DQO, y entre 66 a 87 % para NH_4 . La eficiencia de la eliminación de DQO y amonio depende de la biodegradabilidad de la materia orgánica.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Biopelícula

Las biopelículas son organizaciones microbianas que están compuestas por microorganismos que se adhieren a las superficies gracias a una secreción de un exopolímero (Howard, 2016). Estas conformaciones microbianas tienen características como heterogeneidad, diversidad en microambientes, resistencia a los antimicrobianos y una capacidad de comunicación intercelular lo que las convierten en complejos difíciles de poder erradicar de los ambientes donde se establecen (Betancourth, 2004).

2.2.1.1 Crecimiento de la Biopelícula

Los microorganismos para su crecimiento dependen de compuestos como: carbono, energía, nutrientes inorgánicos y poder reductor (Harrison, 2014). Los microorganismos poseen la energía y el poder reductor procedentes de las reacciones de oxidación del sustrato. Así, cuanto mayor es la DQO del sustrato, mayor es la energía y el poder reductor (electrones) que es capaz de suministrar un sustrato (Ferrer, 2018).

Como menciona Thiesen (2018) en su estudio los microorganismos presentes tienen la capacidad de utilizar moléculas pequeñas y simples para su crecimiento, tales como los ácido acético, metanol, etanol, glucosa, nitrito, amonio, etc.

2.2.1.2 Inmovilización de microorganismos

La inmovilización de microorganismos se ha estudiado durante las últimas décadas como una solución y mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas, aires y suelos contaminados (Garzón, 2008).

Como menciona Garzón (2008) la inmovilización de los distintos microorganismos en diversos soportes que van desde los biodegradables como residuos industriales u orgánicos, hasta aquellos de difícil o baja degradación como plásticos y fibras de vidrio.

2.2.1.3 Medio de soporte

El medio de soporte tiene como objetivo favorecer el crecimiento de la biopelícula, por donde fluyen las aguas residuales (Turner, 2015). Los material seleccionados son dispuestos en los tanques, para ayudar a la circulación de aguas residuales y aire, también sirve para mantener el medio ambiente en condiciones aeróbicas favorables para el equilibrio del cultivo (Thiesen, 2018).

2.2.2 Biofiltro

Es un sistema no convencional de biotratamiento para aguas servidas y residuos industriales líquidos orgánicos, o también llamados biofiltros, que se constituye por distintos estratos filtrantes de materiales inorgánicos u orgánicos (Vicente, 2016).

2.2.3 Parámetros de calidad de agua

2.2.3.1. Turbidez

La turbidez se debe a la cantidad de partículas suspendidas en el agua y es un parámetro importante dentro del manejo de piscinas (Galván, Pérez, & Oviedo,

2017). La transparencia del agua también es un indicador de la turbidez presente en el agua, la turbidez del agua va a depender de la cantidad de sólidos en suspensión (Rojas, 2006).

2.2.3.2. pH

Es la forma en la que se ve expresada la acidez o alcalinidad en una sustancia, debido a la concentración molar que esta pasea, los pH altos en aguas de estanques pueden ser producidas por las altas tasas de fotosíntesis provenientes de la grandes floraciones algales, una medida para la prevención de la misma, es reducir la abundancia de fitoplancton (Sánchez, 2018).

2.2.3.3. Nitritos

Son sales de ácido nitroso, el ion nitrito (NO_2^-). El nitrito es oxidado con mucha facilidad por los procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido producido por diversos compuestos, así mismo cuando excede niveles permisibles durante la exposición provoca la muerte y disminuye la supervivencia de camarones en el estanque (Antón & Lizaso, 2005).

2.2.3.4. Nitratos

Son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno (NO_3^-), se encuentran de manera natural en pequeñas concentraciones del suelo, alimentos o aguas superficiales subterráneas, gran parte de los estanques de acuicultura acumulan nitratos, debido a que no poseen un filtro desnitrificante (Fuentes, 2015).

2.2.3.5. Color

El color es un parámetro que permite conocer de manera visual el aspecto que posee el agua, esto se debe principalmente al efecto de las partículas coloidales con cargas negativas, una de las medidas para poder eliminarlo es mediante la desestabilización de las cargas negativas (Andía, 2000).

2.3 Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador Asamblea Constituyente, Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008.

Capítulo segundo Derechos del buen vivir; establece:

Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (...) y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Art. 15.- “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto”.

Art. 73.- “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de los ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales”.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza (...) calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 395.- “Como principio ambiental que el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado (...) regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

2.3.2. Convenio de Basilea

El literal b) del numeral 2 del artículo 4 del Convenio de Basilea, establece:

“Cada parte tomará las medidas apropiadas para establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos (...) en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella”.

2.3.3 Ley de Gestión Ambiental

Art. 19.- “Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental”.

Art. 20.- “Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo”.

2.3.4 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

El artículo 1 de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental prohíbe:

“Expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos (...)”.

2.3.5 Reglamento ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua decreto ejecutivo 650. Registro oficial suplemento 483; Título segundo; capítulo primero: Acuicultura

Art. 101.- Autorización de aprovechamiento productivo de agua.- Quienes se dediquen a la actividad acuícola (...) deberán obtener de la respectiva Autoridad de cada Demarcación Hidrográfica o del correspondiente Centro de Atención al Ciudadano la respectiva autorización de uso productivo del agua y abonar las tarifas que estén establecidas.

Art. 102.- “Prohibición.- De acuerdo con lo previsto en el artículo 109 de la Ley, no se otorgarán autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua para realizar actividades de acuicultura de los manglares, ni se cobrará tarifa por el referido uso”.

2.3.6 Acuerdo Ministerial N° 245, de fecha 29 de Diciembre del 2010, del Ministerio del Ambiente, donde se regulariza al sector de la industria acuícola.

Art. 5.- “Todas las granjas acuícolas con superficies totales mayores a 100 ha deberán regularizarse ambientalmente a través de la obtención de la licencia ambiental, a excepción de lo dispuesto en el siguiente inciso”.

Las granjas acuícolas orgánicas de más de 100 ha. de superficie total se regularizarán con una ficha ambiental, previa presentación de la certificación internacional que respalde la actividad de cultivo orgánico y la información de la caracterización de sus procesos, que evidencien que no existen impactos ambientales significativos y que son manejados con la aplicación de mecanismos de producción limpia, debidamente demostrados y expuestos en un Plan de Manejo Ambiental.

2.3.7 Reglamento de seguridad para la construcción y obras públicas

Art. 150.- “Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, la minimización de residuos en la ejecución de la obra (...) pueden representar un riesgo para la seguridad y salud”.

Art. 151.- “Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente”.

2.3.8 Reglamento interministerial para el saneamiento ambiental agrícola Acuerdo Ministerial 365.

Art. 44.- Es responsabilidad de la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, que maneja agroquímicos, el tratamiento previo de los desechos peligrosos de los agroquímicos (...) queda totalmente prohibida la quema a cielo abierto.

2.3.9 Reglamento General a la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero y Texto Unificado de Legislación Pesquera. Decreto Ejecutivo No. 3198, publicado en Registro Oficial 690 del 24 de octubre del 2002.

Este Reglamento establece en su Art. 77 las obligaciones de quienes se dediquen a la acuicultura:

a) Prestar las debidas facilidades para las inspecciones y comprobaciones que las autoridades estimen del caso realizar.

- b) Vigilar y cuidar las áreas de manglares y zonas agrícolas colindantes y denunciar a las autoridades competentes los hechos atentatorios contra tales zonas.
- c) Utilizar los sistemas previstos por los organismos competentes, para evitar la contaminación a la ecología del lugar.
- d) Llevar los libros de registro de siembra, cosechas, producción y venta.
- e) Tener semilleros o precriaderos naturales y/o artificiales para asegurar el abastecimiento de larvas o alevines para sus programas de producción.
- f) Obtener la matrícula anual de ocupación de zona de playa, en caso de ser concesionario.”

Adicionalmente, el Art. 78 prohíbe a los acuicultores lo siguiente:

- a) Tapar esteros, ríos, canales u otras obras hidráulicas.
- b) Destruir o afectar manglares.
- c) Obstaculizar el libre tráfico de la navegación.
- d) Construir o alterar las propiedades físico-químicas y microbiológicas de los suelos con aptitud agrícola, ganadera y/o forestal colindantes.
- e) Conducir aguas servidas y residuales sin el empleo de medios técnicos que eviten la contaminación del medio.
- f) Instalar viveros o piscinas en zonas declaradas como áreas, naturales del Estado.
- g) Ser titular, a título personal, de más de una concesión de zonas de playa y bahía para actividades acuícolas.

2.3.10 Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Anexo 1, Recurso Agua, del Libro VI de Calidad Ambiental.

En el numeral 4.2.1.5 prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control (...) siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

El numeral 4.2.1.6, dispone que “Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en la Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado”.

2.3.11 Normas INEN de calidad del agua Dentro de esta normativa se toman en cuenta 2 reglamentos:

- a) **NTE INEN 2169:** Agua, calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
- b) **NTE INEN 2176:** Agua, calidad del agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo. Estas normativas contienen lineamientos y directrices para evaluar la calidad de las aguas residuales.

2.3.12 Transporte de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al trabajo se puede detallar en la siguiente clasificación:

- Investigación de campo
- Investigación experimental y laboratorio

Será investigación de campo ya que se receptará la muestra de agua salidas de la compuerta de la piscina de una camaronera. Así mismo será experimental y laboratorio ya que se analizan los cambios que puedan darse conforme pasa el tiempo calculando su eficiencia.

3.1.2 Diseño de investigación

El trabajo de titulación se basa en un diseño experimental ya que se evalúa la eficiencia de un sistema de biofiltración dando valor al más efectivo, analizando los tres tratamientos los cuales tienen cambios en su composición.

Se obtiene una muestra puntual ya que se recoge manualmente saliendo de la compuerta de la piscina camaronera. El sistema de biofiltración consta con una base de algodón, arena y grava en todos sus tratamientos los cuales estarán divididos en tres fases.

En el primer tratamiento T1 está compuesto por bacterias nitrificantes que se esperará que disminuya los parámetros de nitrito y nitrato.

El tratamiento T2 está constituido de carbón activado que servirá como tratamiento alternativo para evaluar la eficiencia de las bacterias en los tratamientos.

El tratamiento T3 consta de bacterias nitrificantes y carbón activado, para determinar su efectividad al estar combinados.

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

Dado el tipo de investigación, se da a conocer que el proyecto tiene como variable dependiente cuantitativa continua.

3.2.1.1. Variable independiente

- Bacterias nitrificantes (g)
- Carbón activado (g)

3.2.1.2. Variable dependiente

- pH
- Turbidez
- Color
- Nitritos
- Nitratos

3.2.2. Tratamientos

Se realiza 3 tratamientos con sus 7 repeticiones T1 consta de algodón, bacterias nitrificantes, arena y grava con sus respectivas 3 mediciones. Para el T2 se tendrá algodón, carbón, arena y grava así mismo con sus 3 mediciones. Por consiguiente para el T3 algodón, arena grava, bacterias nitrificantes y carbón. Inicialmente se realiza una caracterización del agua residual por esto es que se utiliza como testigo C1, para conocer los niveles de eficiencia de los biofiltros. En la **Tabla 1** se muestra la descripción en forma general de los tratamientos con sus respectivos tiempos (10h máx), mediciones (M1, M2, M3, M4) y sus réplicas (x7).

Tabla 1. Descripción general de los tratamientos

Tratamiento	Muestras	Tiempo de recirculación	Mediciones	Réplicas
T1	Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes	42h	M1, M2, M3, M4	X7
T2	Biofiltro + agua residual + carbón	42h	M1, M2, M3, M4	X7
T3	Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón	42h	M1, M2, M3, M4	X7
C1	Biofiltro + agua residual	42h	M1, M2, M3, M4	X7

Haro, 2020

En la **Tabla 2** se describe el tratamiento T1, el cual redacta su composición y cantidad en gramos, al igual que la **Tabla 3** y la Tabla 4.

Tabla 2. Descripción del tratamiento 1

Tratamiento	Biofiltro	Dosis (g)
T1	Algodón	30 g
	Bacterias nitrificantes	300 g
	Arena	200 g
	Grava	200 g

Haro, 2020

Tabla 3. Descripción del tratamiento 2

Tratamiento	Biofiltro	Dosis (g)
T2	Algodón	30 g
	Carbón	100 g
	Arena	200 g
	Grava	200 g

Haro, 2020

Tabla 4. Descripción del tratamiento 3

Tratamiento	Biofiltro	Dosis (g)
T3	Algodón	30 g
	Bacterias nitrificantes	300 g
	Arena	200 g
	Grava	200 g
	Carbón	100 g

Haro, 2020

3.2.3. Diseño experimental

Para el diseño se utiliza el experimental completamente al azar (DCA) porque trata de comparar dos o más tratamientos, por lo tanto sólo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio, de inmediato se analiza si existe diferencia significativa entre los tratamientos. A continuación, se detalla el Modelo Matemático a utilizar:

$$y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Tabla 5. Tipo de Diseño experimental

Diseño experimental	Diseño Completamente al Azar (DCA)
Número de Tratamientos	3
Número de Repeticiones	7
	Réplicas por cada Tratamiento

Haro, 2020

3.2.4 Recolección de datos**3.2.4.1. Recursos Bibliográficos**

- Libros
- Páginas web Científicas
- Revistas

- Folletos
- Investigaciones científicas
- Software (Excel, Word, Infostat)

3.2.4.2. Recursos materiales

La Tabla 6 describe los materiales y reactivos que se usa para la realización del sistema de biofiltración.

Tabla 6. Recursos que se utiliza dentro de la investigación

Recursos	Medida	Cantidad
Materiales Inorgánicos		
Guantes	Unidad	5
Mascarilla	Unidad	3
Mandil	Unidad	1
Manguera	metro	2
Dispensador de agua	Unidad	3
Conectores PVC	Unidad	5
Pistola de Silicona	Unidad	1
Pegamento	Unidad	3
Botella plástica	Unidad	10
Materiales orgánicos		
Agua residual	Litros	50
Algodón	Unidad	1
Bacterias nitrificantes	g	300
Reactivos		
Arena	g	1000
Grava	g	1000
Carbón activado	g	1000

Haro, 2020

3.2.4.3. Métodos y técnicas

Métodos

Para desarrollar el presente estudio experimental sobre la eficiencia de un biofiltro para la remoción de contaminantes presentes en agua residuales de camaronera como (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-), el análisis se realiza en laboratorio certificado. A continuación se detalla cómo se lleva a cabo la investigación

experimental en sus distintos tratamientos de agua, es necesario realizar varios procesos en base al manejo que se aplica en la camaronera.

La presente investigación se realizara de la siguiente forma:

Son tres tratamientos de los cuales están divididos en tres bloques.

1. La primera medición comienza en laboratorio se procede a analizar las variables dependientes como pH, Turbidez, Color, nitritos (NO_2^-), nitratos y (NO_3^-), el cual se efectúa en el primer bloque con la muestra de agua y diferente peso de biomasa (g) bacterias. Cada tratamiento constara de 7 réplicas en un tiempo de 1 a 7 días. También se realiza la medición de ("Blanco") muestras que no tienen biomasa.
2. Para el segundo bloque se elabora un biofiltro a escala piloto con sus respectivos componentes que ayuda el desarrollo de la investigación.
3. En el tercer bloque se calcula la eficiencia de cada uno de los tratamientos T1 con agua residual y bacterias nitrificantes, T2 con agua residual y carbón activado, T3 con agua residual bacterias nitrificantes y carbón activado, todos los tratamientos contienen adicional algodón, arena y grava, C1 evaluación del agua residual.

3.2.5 Análisis estadístico

Se realiza un análisis estadístico descriptivo e inferencial. Las variables que muestran mayor significancia al inicio, en la mitad del proceso y al final mediante equipos de laboratorio con las siguientes pruebas estadísticas (Sánchez, 2018).

- Prueba t Student para muestras relacionadas

El procedimiento prueba de Student para muestras relacionadas compara las medias de un mismo grupo y calcula las diferencias entre la primera y la segunda

medición. Se suele conocer pruebas “Ex – Post” (Antes y Después) (Fernández, 2016).

- Prueba de Tukey al 0,05

El análisis de varianza es una técnica para análisis de datos, donde se prueba la hipótesis nula que “todos los tratamientos son iguales, contra la hipótesis alternativa que “al menos uno de los tratamientos es distinto a los demás”. Se calcula el valor crítico de todas las comparaciones (Perez, 2019).

$$DMSt = q_{a,gld;(1-a)} \sqrt{\frac{CMD}{n}}$$

Donde:

$q_{a,gld}$ = es el cuantil ; (1-a) que se obtiene de la distribución de rangos (Tabla)

para a tratamientos y los grados de libertad ahí dentro.

n= es el número de repeticiones

- Prueba de Dunnett

Se utiliza para comparar un conjunto de tratamientos con un medio de control simple, es decir. Prueba de testigo. Esta prueba no permite establecer diferencias entre las medias de los otros tratamientos entre sí (Ortiz S. , 2010).

$$DD_{Dunnett} = t_{Dunnett} \sqrt{\frac{2MS_{S/A}}{n}}$$

Donde:

El valor crítico de t Dunnett en la tabla de valores críticos de Dunnett

- Su nivel alfa elegido (generalmente 5%),
- Tamaño de muestra, n,
- Grados de libertad de la salida ANOVA. Esta es la "n" en la columna de la izquierda de la tabla

También se utilizan otras fórmulas para ver el porcentaje de remoción de los contaminantes:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{V_{pi} - V_{pf}}{V_{pi}} * 100$$

En dónde;

V_{pi} = Valor de Parámetro inicial

V_{pf}= Valor de Parámetro final

4. Resultados

4.1 Caracterización del agua residual antes y después del tratamiento de una industria camaronera en la parroquia Jumón, Santa Rosa

Se realizó la caracterización del agua residual muestreada a la salida de la compuerta de la piscina camaronera. Se tomaron cuatro muestras, se trasladaron a laboratorio dónde se analizaron los parámetros pH, color real, turbidez, nitritos y nitratos. A estas muestras se les aplicó los tratamientos ya mencionados en el apartado de metodología (ver tabla 1), monitoreando el comportamiento de las variables hasta un término de 42 horas (valor final).

Se representó en el diagrama de barras, el valor inicial de las muestras comparado a los valores finales de los tratamientos. Posterior se realizó la comparación de los resultados antes y después de los tratamientos, por cada parámetro, mediante la prueba t de Student para determinar si existió diferencia significativa al aplicar los tratamientos en las aguas residuales de la camaronera.

4.1.1. Parámetro pH.

En la Figura 1, se representa los valores de pH inicial de las aguas residuales de la camaronera, se agruparon las cuatro muestras en resultados iniciales comparando con los tratamientos a las 42 horas. En las muestras iniciales no se evidenció variabilidad entre los datos, sin embargo, sí difieren de los valores obtenidos en los tratamientos a las 42 horas.

Se observa que el tratamiento T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) obtuvo los menores valores de pH a las 42 horas variando en un intervalo de 6.78-6.81. El tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo los mayores valores de pH a las 42 horas variando en un intervalo de 7.04-7.05.

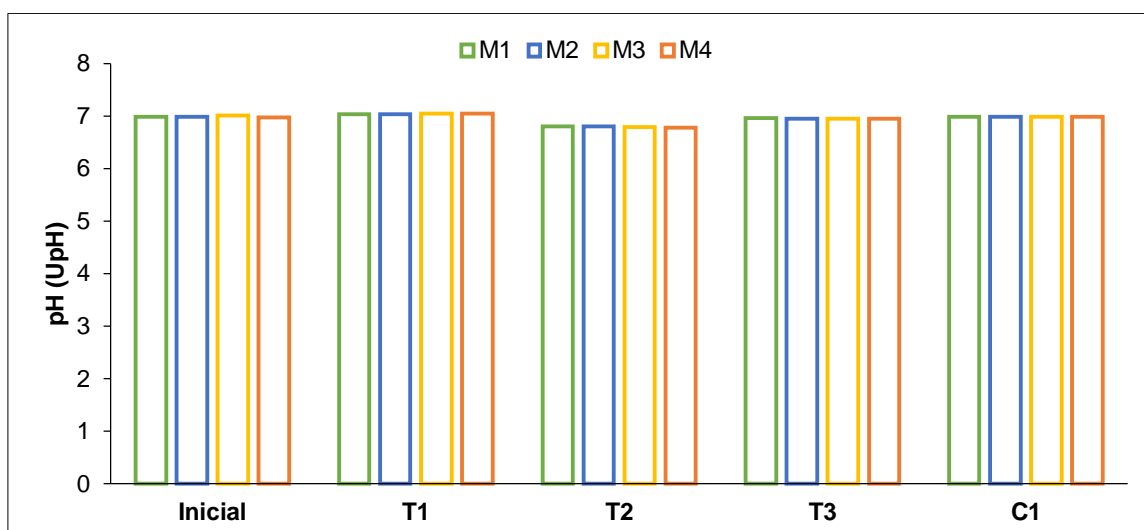


Figura 1. Caracterización de pH inicial de las aguas residuales de la camaronera Haro, 2020

En la Figura 2, se representaron las medias de las muestras iniciales y de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) obtuvo la menor media con 6.80. El tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo la mayor media con 7.05.

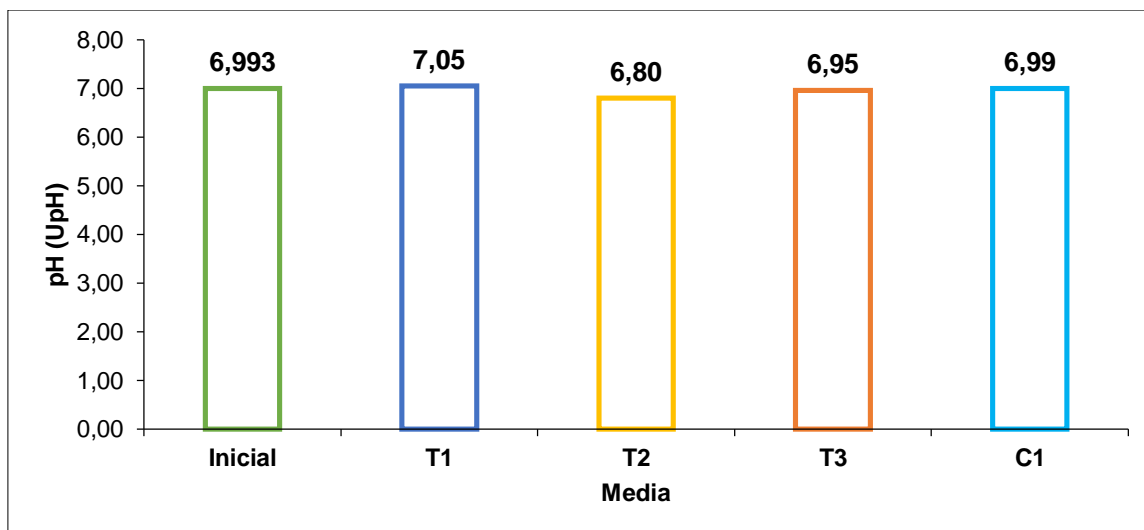


Figura 2. pH promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas Haro, 2020

En la Tabla 7, se presentan los resultados estadísticos de la comparación del antes y después de los tratamientos en el parámetro pH mediante la prueba t de Student. Se determinó que los tratamientos T1, T2 y T3 son significativamente

diferentes a los valores de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue menor al nivel de significancia (0.05).

El tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) presentó una media de pH significativamente mayor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas, mientras que T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) y T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) presentaron una media de pH significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas.

En cuanto al tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual), no se presentó diferencia significativa entre la media de pH de este tratamiento y la media de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue mayor al nivel de significancia (0.05).

Tabla 7. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable pH

Estadística	T1	T2	T3	C1
Media inicial	6,99	6,99	6,99	6,99
Media (42 horas)	7,045	6,795	6,9525	6,99
Diferencia de medias	-0,0525	0,1975	0,04	0,0025
Valor T	-8,34	23,13	5,66	0,4
Valor p	0,004	0,000	0,011	0,718

Valor T: Estadístico de prueba; Valor p: valor de probabilidad
Haro, 2020

4.1.2. Parámetro color real

En la Figura 3, se representa los valores de color real inicial de las aguas residuales de la camaronera, se agruparon las cuatro muestras en resultados iniciales comparando con los tratamientos a las 42 horas. En las muestras iniciales no se evidenció variabilidad entre los datos, sin embargo, sí difieren de los valores obtenidos en los tratamientos a las 42 horas.

Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) obtuvo los menores valores de color real a las 42 horas

variando en un intervalo de 9.4-12.8 PtCo. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo los mayores valores de color real a las 42 horas variando en un intervalo de 28 PtCo.

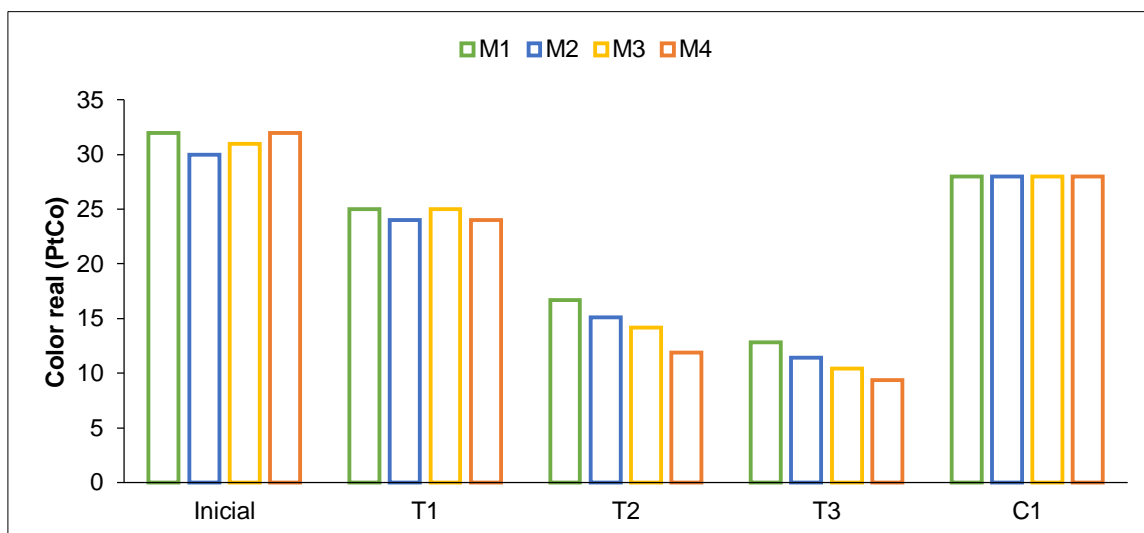


Figura 3. Caracterización de color real inicial de las aguas residuales de la camaronera Haro, 2020

En la Figura 4, se representaron las medias de las muestras iniciales y de los tratamientos a las 42 horas de la variable color real. Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) obtuvo la menor media de color con 11 PtCo. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo la mayor media de color con 28 PtCo.

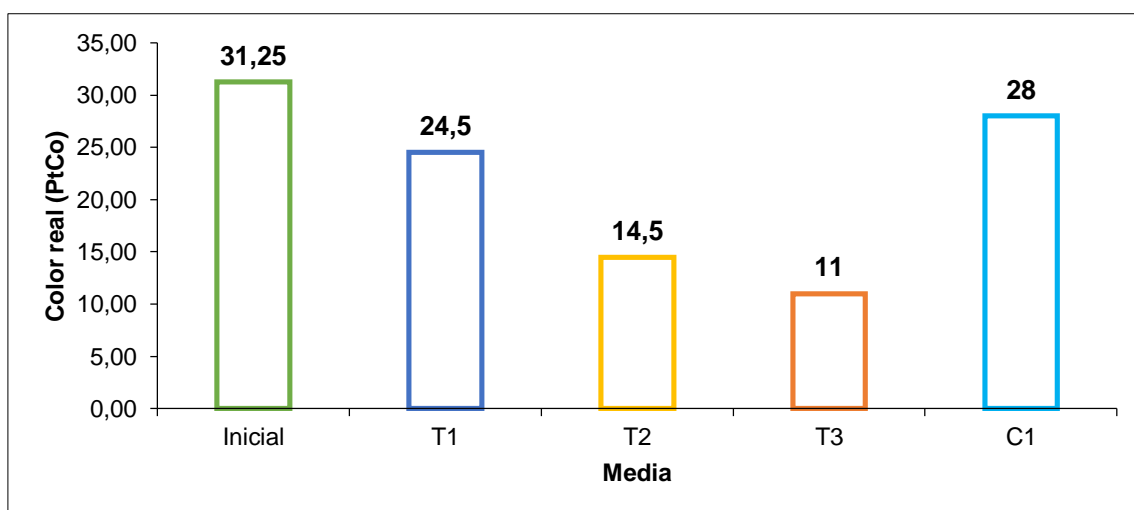


Figura 4. Color real promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas Haro, 2020

En la tabla 8, se presentan los resultados estadísticos de la comparación del antes y después de los tratamientos en el parámetro color real mediante la prueba t de Student. Se determinó que todos los tratamientos son significativamente diferentes a los valores de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue menor al nivel de significancia (0.05).

Todos los tratamientos presentaron una media de color real significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas. Esto indicaría que los tratamientos tienen efecto de remoción de color en aguas residuales procedentes de una camaronera.

Tabla 8. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable color real

Estadística	T1	T2	T3	C1
Media inicial	31.25	31.25	31.25	31.25
Media (42 horas)	24.5	14.48	11	28
Diferencia de medias	6.75	16.77	20.25	3.25
Valor T	14.1	14.2	22.8	6.79
Valor p	0.001	0.001	0.000	0.007

Valor T: Estadístico de prueba; Valor p: valor de probabilidad
Haro, 2020

4.1.3. Parámetro turbidez

En la Figura 5, se representa los valores de turbidez inicial de las aguas residuales de la camaronera, se agruparon las cuatro muestras en resultados iniciales comparando con los tratamientos a las 42 horas. En las muestras iniciales no se evidenció variabilidad entre los datos, sin embargo, sí difieren de los valores obtenidos en los tratamientos a las 42 horas.

Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) obtuvo los menores valores de turbidez a las 42 horas variando en un intervalo de 21.5-22.8 NTU. El tratamiento control C1 (Biofiltro +

agua residual) obtuvo los mayores valores de turbidez a las 42 horas variando en un intervalo de 62.7-63.8 NTU.

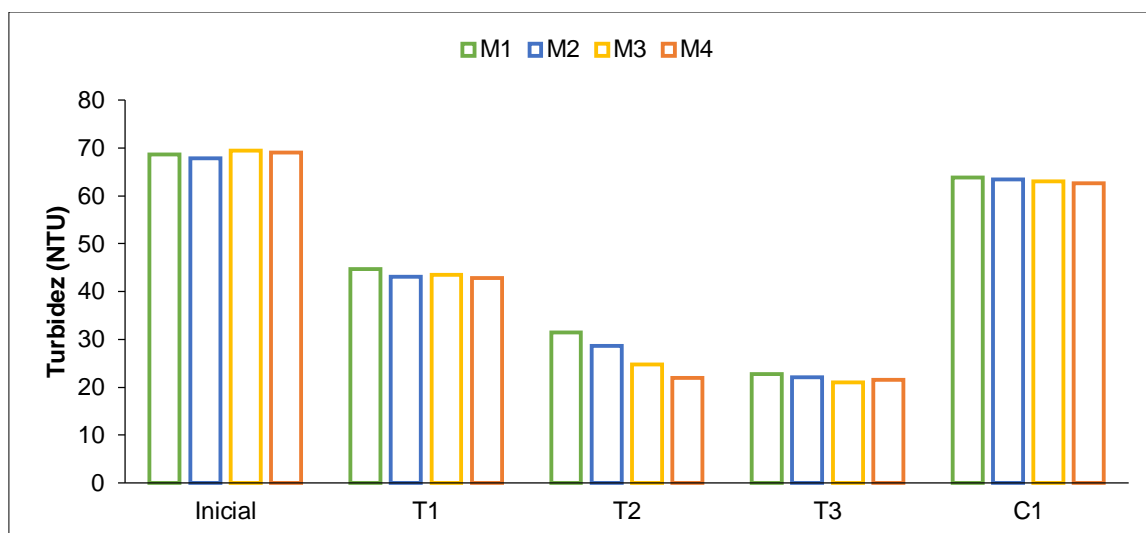


Figura 5. Caracterización de turbidez inicial de las aguas residuales de la camaronera Haro, 2020

En la Figura 6, se representaron las medias de turbidez de las muestras iniciales y de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) obtuvo la menor media con 21.9 NTU. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo la mayor media con 63.2 NTU.

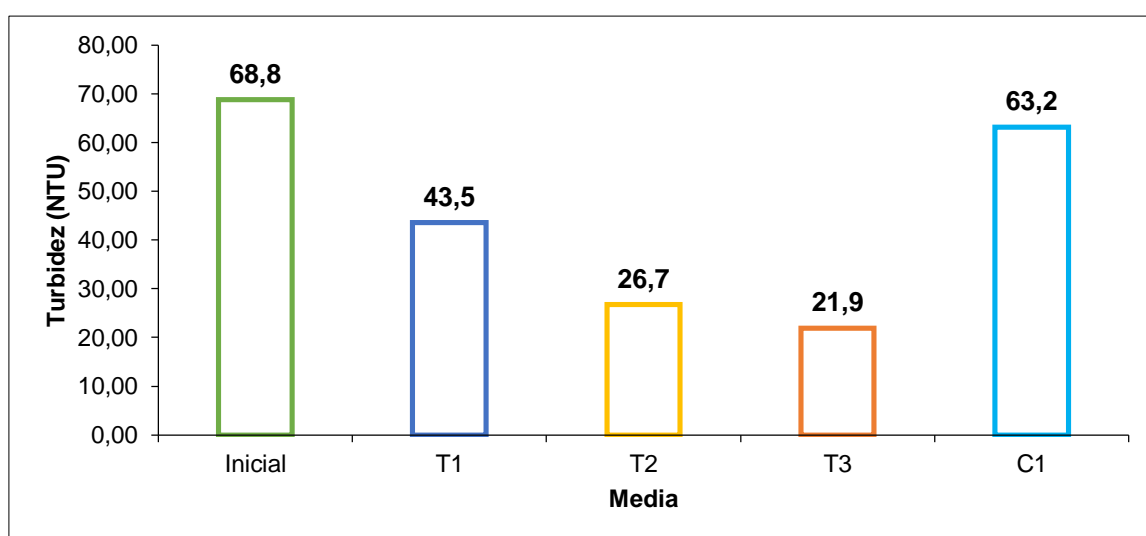


Figura 6. Turbidez promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas Haro, 2020

En la Tabla 9, se presentan los resultados estadísticos de la comparación del antes y después de los tratamientos en el parámetro turbidez mediante la prueba t de Student. Se determinó que todos los tratamientos son significativamente diferentes a los valores de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue menor al nivel de significancia (0.05).

Todos los tratamientos presentaron una media de turbidez significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas. Esto indicaría que los tratamientos tienen efecto de remoción en la turbidez de aguas residuales procedentes de una camaronera.

Tabla 9. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable turbidez

Estadística	T1	T2	T3	C1
Media inicial	68.8	68.8	68.8	68.8
Media (42 horas)	43.525	26.72	21.85	63.23
Diferencia de medias	25.275	42.08	46.95	5.58
Valor T	47.29	18.33	70.98	10.89
Valor p	0.000	0.000	0.000	0.002

Valor T: Estadístico de prueba; Valor p: valor de probabilidad

Haro, 2020

4.1.4. Parámetro nitritos

En la Figura 7, se representa los valores de nitrito inicial de las aguas residuales de la camaronera, se agruparon las cuatro muestras en resultados iniciales comparando con los tratamientos a las 42 horas. En las muestras iniciales no se evidenció variabilidad entre los datos, sin embargo, sí leves diferencias comparados a los valores obtenidos en los tratamientos a las 42 horas.

Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo los menores valores de nitrito a las 42 horas variando en un intervalo de 0.024-0.243 mg.L-1. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo los mayores valores de nitrito a las 42 horas variando en un intervalo de 2.074 mg.L-1.

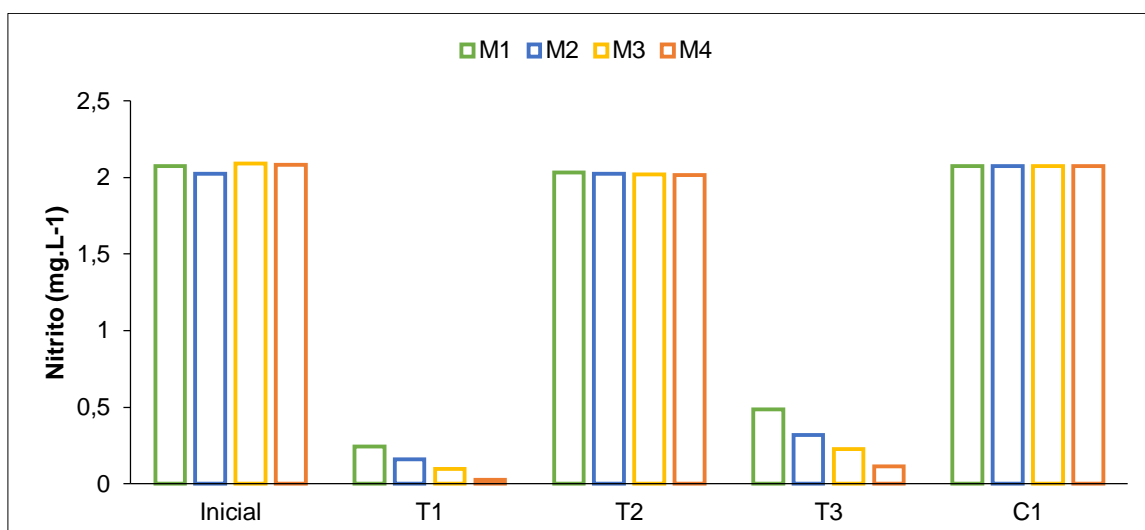


Figura 7. Caracterización de nitrito inicial de las aguas residuales de la camaronera Haro, 2020

En la Figura 8, se representaron las medias de las muestras iniciales y de los tratamientos a las 42 horas de la variable nitritos. Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo la menor media con 0.130 mg.L-1. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo la mayor media con 2.074 mg.L-1.

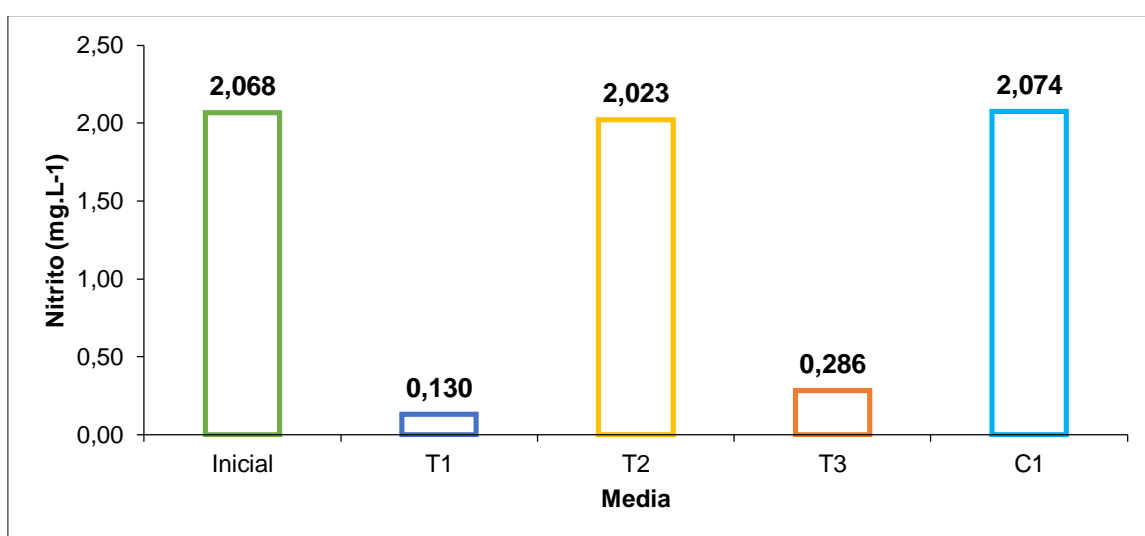


Figura 8. Nitrito promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas Haro, 2020

Todos los tratamientos presentaron una media de nitrito significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas. Esto indicaría que

los tratamientos tienen efecto de remoción de nitritos en aguas residuales procedentes de una camaronera.

Tabla 10, se presentan los resultados estadísticos de la comparación del antes y después de los tratamientos en el parámetro nitrito mediante la prueba t de Student. Se determinó que todos los tratamientos son significativamente diferentes a los valores de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue menor al nivel de significancia (0.05).

Todos los tratamientos presentaron una media de nitrito significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas. Esto indicaría que los tratamientos tienen efecto de remoción de nitritos en aguas residuales procedentes de una camaronera.

Tabla 10. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable nitritos

Estadística	T1	T2	T3	C1
Media inicial	16.66	16.66	16.66	16.66
Media (42 horas)	12.32	8.25	5.64	15.04
Diferencia de medias	4.344	8.41	11.02	1.622
Valor T	4.64	2.62	3.13	2.48
Valor p	0.002	0.034	0.017	0.042

Valor T: Estadístico de prueba; Valor p: valor de probabilidad
Haro, 2020

4.1.5. Parámetro nitratos

En la Figura 9, se representa los valores de nitrato inicial de las aguas residuales de la camaronera, se agruparon las cuatro muestras en resultados iniciales comparando con los tratamientos a las 42 horas. En las muestras iniciales no se evidenció variabilidad entre los datos, sin embargo, sí difieren de los valores obtenidos en los tratamientos a las 42 horas.

Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo los menores valores de nitrato a las 42 horas variando en un

intervalo de 5.34-5497 mg.L-1. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo los mayores valores de nitrato a las 42 horas variando en un intervalo de 6.281 mg.L-1.

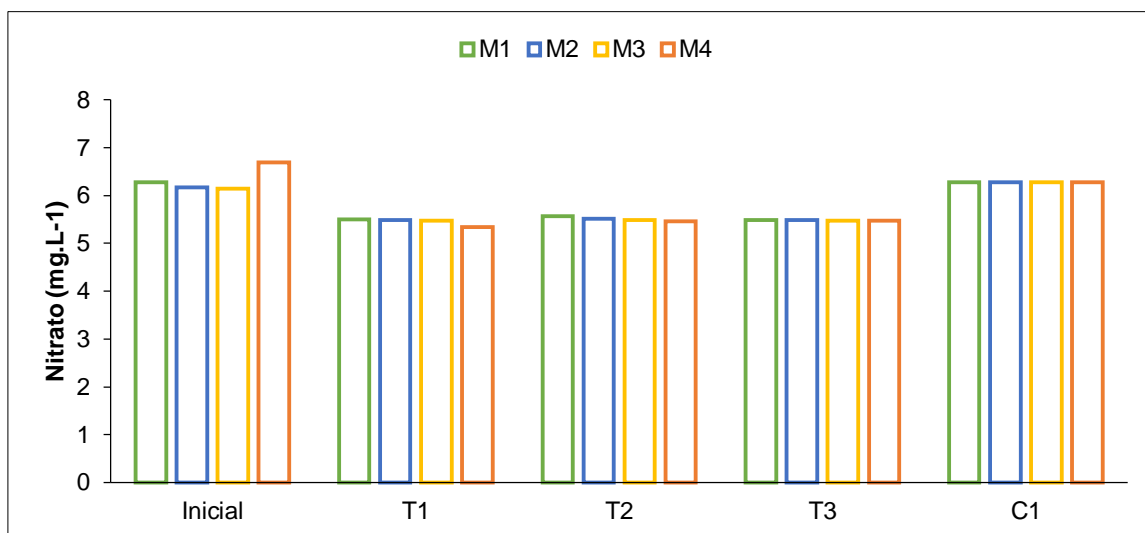


Figura 9. Caracterización de nitrato inicial de las aguas residuales de la camaronera Haro, 2020

En la Figura 10, se representaron las medias de las muestras iniciales y de los tratamientos a las 42 horas de la variable nitratos. Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) obtuvo la menor media con 5.451 mg.L-1. El tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) obtuvo la mayor media con 6.323 mg.L-1.

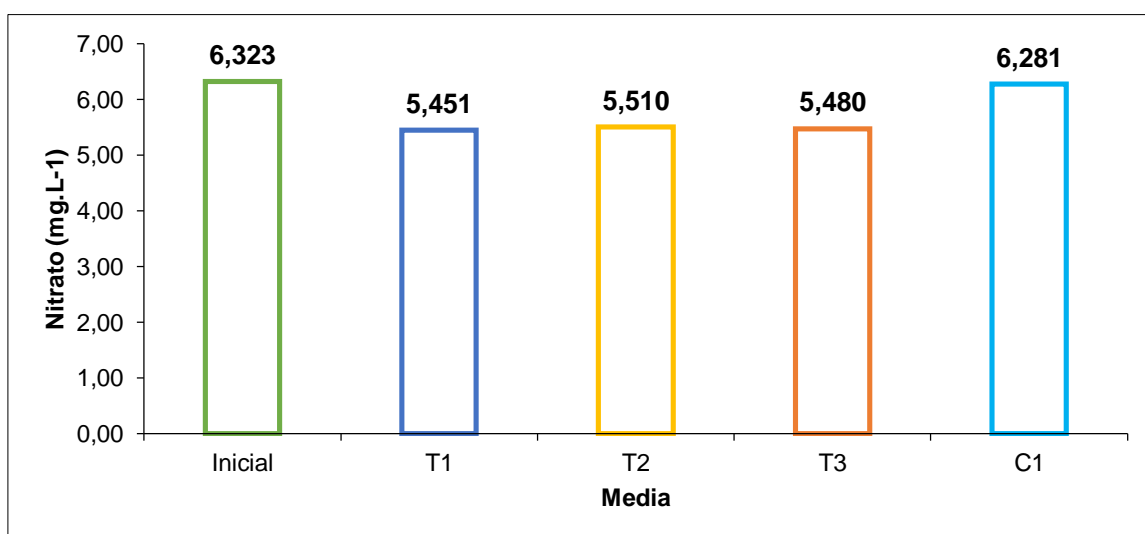


Figura 10. Nitrato promedio inicial y de los tratamientos a las 42 horas Haro, 2020

En la Tabla 11, se presentan los resultados estadísticos de la comparación del antes y después de los tratamientos en el parámetro nitrato mediante la prueba t de Student. Se determinó que los tratamientos T1, T2 y T3 son significativamente diferentes a los valores de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue menor al nivel de significancia (0.05).

Los tratamientos T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes), T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) y T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) presentaron una media de nitratos significativamente menor a la media de las muestras iniciales luego de 42 horas. Esto indicaría que los tratamientos tienen efecto de remoción de nitratos en aguas residuales procedentes de una camaronera a excepción del control.

En cuanto al tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual), no se presentó diferencia significativa entre la media de nitratos de este tratamiento y la media de las muestras iniciales, ya que el valor p obtenido en la prueba fue mayor al nivel de significancia (0.05).

Tabla 11. Comparación de los resultados antes y después de los tratamientos mediante la prueba t de Student – variable nitratos

Estadística	T1	T2	T3	C1
Media inicial	6.323	6.323	6.323	6.323
Media (42 horas)	5.451	5.51	5.48	6.281
Diferencia de medias	0.871	0.813	0.842	0.042
Valor T	5.42	5.97	6.66	0.33
Valor p	0.012	0.009	0.007	0.761

Valor T: Estadístico de prueba; Valor p: valor de probabilidad
Haro, 2020

4.2 Implementación de un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una camaronera

Los biofiltros se diseñaron conforme a lo propuesto en el apartado de metodología, las dosis se muestran en la **Tabla 1**, cada filtro contó con una bomba

para establecer un sistema de recirculación de 42 horas máximo. Los biofiltros se elaboraron con botellas plásticas de 1,5 litros, colocando diferentes dosificaciones de algodón, arena fina, grava, carbón activado y bacterias nitrificantes. En las Figura 11 y Figura 12 se muestran los diseños de biofiltros propuestos.

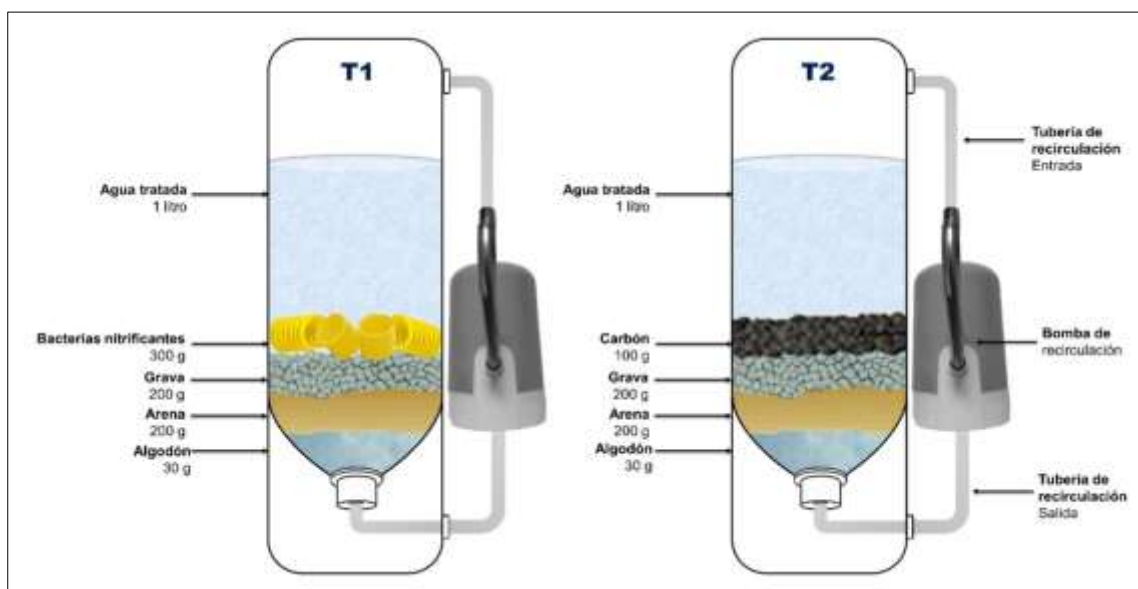


Figura 11. Diseño del biofiltro para el tratamiento uno y dos
Haro, 2020

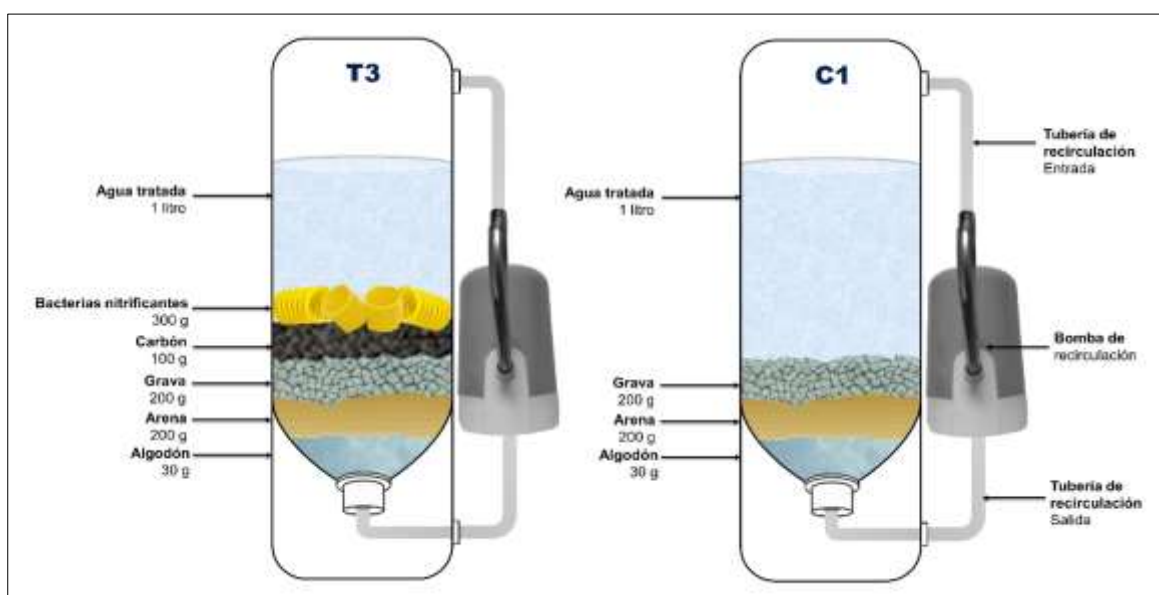


Figura 12. Diseño del biofiltro para el tratamiento tres y control
Haro, 2020

4.3 Eficiencia del uso de biofiltros para la degradación biológica de contaminantes

La determinación de la eficiencia del uso de biofiltros para la degradación biológica de contaminantes en aguas residuales procedentes de una camaronera, se evaluó mediante la comparación de los tratamientos empleando análisis inferencial, así como gráficas de interacción (tratamiento-tiempo) y cálculo de eficiencia de remoción de contaminantes mediante la fórmula presentada en el apartado de análisis estadístico.

4.3.1 Análisis inferencial de los tratamientos.

Las pruebas del análisis inferencial se realizaron empleando el programa estadístico Minitab 18. Para el análisis de varianza de los tratamientos se aplicó un modelo lineal general considerando dos factores: Tratamiento (A) y Tiempo o Réplicas en hora (B). En los tratamientos que se presentó diferencia significativa se aplicó el análisis Dunnett, para determinar si los tratamientos eran diferentes al control o tratamiento testigo. En los factores e interacciones que se presentó diferencia significativa se aplicó el análisis Tukey para determinar las diferencias entre los tratamientos.

4.3.1.1 Análisis de varianza y comparación para pH.

En la Tabla 12, se presenta el análisis de varianza mediante modelo lineal general aplicado al parámetro pH. Según el valor p (0,000) obtenido para el factor tratamiento (A) existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p (0,000) obtenido para el factor tiempo (B) indica que existen diferencias significativas entre las medias con el paso del tiempo. El valor p (0,000) de la interacción entre los factores A*B indica que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos con el paso del tiempo.

Tabla 12. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	0,260675	0,086892	1586,72	0,000
Tiempo (hora)	6	0,027273	0,004546	83,01	0,000
Tratamiento*Tiempo (hora)	18	0,104363	0,005798	105,88	0,000
Error	84	0,0046	0,000055		
Total	111	0,396911			

Haro, 2020

En la Tabla 13, se presenta la comparación de los tratamientos mediante la prueba Dunnett, los resultados arrojaron que los tratamientos son significativamente diferentes al tratamiento control.

Tabla 13. Comparación de los tratamientos mediante test Dunnett para pH

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1 (Control)	28	6,99071	A
T1	28	7,01286	
T3	28	6,97679	
T2	28	6,88607	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Haro, 2020

Para determinar el efecto de cada tratamiento se aplicó la prueba Tukey que se observa en la Tabla 14, se determinó que el tratamiento T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) presentó la media significativamente menor con 6,89 de pH, y el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) presentó la media significativamente mayor con 7,01 de pH.

Tabla 14. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para pH

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	28	7,01286	A
C1	28	6,99071	B
T3	28	6,97679	C
T2	28	6,88607	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Haro, 2020

4.3.1.2 Análisis de varianza y comparación para color real.

En la Tabla 15, se presenta el análisis de varianza mediante modelo lineal general aplicado al parámetro color real. Según el valor p (0,000) obtenido para el

factor tratamiento (A) existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p (0,000) obtenido para el factor tiempo (B) indica que existen diferencias significativas entre las medias con el paso del tiempo. El valor p (0,000) de la interacción entre los factores A*B indica que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos con el paso del tiempo.

Tabla 15. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para color real

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	1434.62	478.206	671.81	0,000
Tiempo (hora)	6	1835.69	305.949	429.81	0,000
Tratamiento*Tiempo (hora)	18	647.35	35.964	50.52	0,000
Error	84	59.79	0.712		
Total	111	3977.45			

Haro, 2020

En la Tabla 16, se presenta la comparación de los tratamientos mediante la prueba Dunnett, los resultados arrojaron que los tratamientos son significativamente diferentes al tratamiento control.

Tabla 16. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para color real

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1 (Control)	28	30.2143	A
T1	28	28.0714	
T2	28	25.4929	
T3	28	20.6179	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Haro, 2020

Para determinar el efecto de cada tratamiento se aplicó la prueba Tukey que se observa en la Tabla 17, se determinó que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) presentó la media significativamente menor con 20,62 PtCo, y el tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) presentó la media significativamente mayor con 30,21 PtCo.

Tabla 17. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para color real

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1	28	30.2143	A
T1	28	28.0714	B
T2	28	25.4929	C
T3	28	20.6179	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Haro, 2020

4.3.1.3 Análisis de varianza y comparación para turbidez.

En la Tabla 18, se presenta el análisis de varianza mediante modelo lineal general aplicado al parámetro turbidez. Según el valor p (0,000) obtenido para el factor tratamiento (A) existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p (0,000) obtenido para el factor tiempo (B) indica que existen diferencias significativas entre las medias con el paso del tiempo. El valor p (0,000) de la interacción entre los factores A*B indica que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos con el paso del tiempo.

Tabla 18. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para turbidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	10477	3492.35	765.49	0,000
Tiempo (hora)	6	11252.8	1875.47	411.08	0,000
Tratamiento*Tiempo (hora)	18	3556.8	197.6	43.31	0,000
Error	84	383.2	4.56		
Total	111	25669.8			

Haro, 2020

En la Tabla 19, se presenta la comparación de los tratamientos mediante la prueba Dunnett, los resultados arrojaron que los tratamientos son significativamente diferentes al tratamiento control.

Tabla 19. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para turbidez

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1 (Control)	28	66.2429	A
T1	28	55.6071	
T2	28	49.3429	
T3	28	39.6214	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Haro, 2020

Para determinar el efecto de cada tratamiento se aplicó la prueba Tukey que se observa en la Tabla 20, se determinó que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) presentó la media significativamente menor con 39,62 NTU, y el tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) presentó la media significativamente mayor con 66,24 NTU.

Tabla 20. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para turbidez

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1	28	66.2429	A
T1	28	55.6071	B
T2	28	49.3429	C
T3	28	39.6214	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Haro, 2020

4.3.1.4 Análisis de varianza y comparación para nitritos.

En la Tabla 21, se presenta el análisis de varianza mediante modelo lineal general aplicado al parámetro nitritos. Según el valor p (0,000) obtenido para el factor tratamiento (A) existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p (0,000) obtenido para el factor tiempo (B) indica que existen diferencias significativas entre las medias con el paso del tiempo. El valor p (0,000) de la interacción entre los factores A*B indica que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos con el paso del tiempo.

Tabla 21. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para nitritos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	13.9712	4.65708	575.7	0,000
Tiempo (hora)	6	11.631	1.9385	239.63	0,000
Tratamiento*Tiempo (hora)	18	11.7401	0.65223	80.63	0,000
Error	84	0.6795	0.00809		
Total	111	38.0219			

Haro, 2020

En la Tabla 22, se presenta la comparación de los tratamientos mediante la prueba Dunnett, los resultados arrojaron que el tratamiento T2 comparado al

tratamiento control C1 son significativamente iguales y el resto de tratamientos son distintos al control.

Tabla 22. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para nitritos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1 (Control)	28	2.074	A
T2	28	2.07157	A
T3	28	1.43636	
T1	28	1.30814	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Haro, 2020

Para determinar el efecto de cada tratamiento se aplicó la prueba Tukey que se observa en la Tabla 23, se determinó que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) presentó la media significativamente menor con 1,31 mg.L⁻¹, mientras que el tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) y T2 (Biofiltro + agua residual + carbón) presentaron la media significativamente mayor con 2,07 mg.L⁻¹.

Tabla 23. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para nitritos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1	28	2.074	A
T2	28	2.07157	A
T3	28	1.43636	B
T1	28	1.30814	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Haro, 2020

4.3.1.5 Análisis de varianza y comparación para nitratos.

En la Tabla 24, se presenta el análisis de varianza mediante modelo lineal general aplicado al parámetro nitratos. Según el valor p (0,000) obtenido para el factor tratamiento (A) existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p (0,000) obtenido para el factor tiempo (B) indica que existen diferencias significativas entre las medias con el paso del tiempo. El valor p (0,000) de la interacción entre los factores A*B indica que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos con el paso del tiempo.

Tabla 24. Análisis de varianza mediante modelo lineal general para nitratos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	6.2456	2.08186	774	0,000
Tiempo (hora)	6	3.2457	0.54094	201.11	0,000
Tratamiento*Tiempo (hora)	18	1.5099	0.08388	31.19	0,000
Error	84	0.2259	0.00269		
Total	111	11.2271			

Haro, 2020

En la Tabla 25, se presenta la comparación de los tratamientos mediante la prueba Dunnett, los resultados arrojaron que los tratamientos son significativamente diferentes al tratamiento control.

Tabla 25. Comparación de tratamientos mediante test Dunnett para nitratos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1 (Control)	28	6.281	A
T2	28	5.92896	
T1	28	5.71768	
T3	28	5.69048	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Haro, 2020

Para determinar el efecto de cada tratamiento se aplicó la prueba Tukey que se observa en la Tabla 26, se determinó que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) y el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) presentaron la media significativamente menor con 5,69 y 5,71 mg.L-1 respectivamente, mientras que el tratamiento control C1 (Biofiltro + agua residual) presentó la media significativamente mayor con 6,28 mg.L-1.

Tabla 26. Comparación de tratamientos mediante test Tukey para nitratos

Tratamiento	N	Media	Agrupación
C1	28	6.281	A
T2	28	5.92896	B
T1	28	5.71768	C
T3	28	5.69048	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Haro, 2020

4.3.2 Eficiencia de remoción de contaminantes por cada tratamiento

4.3.2.1 *Parámetro color real.*

En la Figura 13, se presenta las medias de color real por tratamiento en función del tiempo, se observa que todos los tratamientos presentan disminución del color con el transcurso del tiempo, y las diferencias a través del tiempo son significativas, esto se afirma mediante el test Tukey aplicado a la media de los valores por tiempo, información que se observa en la Tabla 30 ubicada en anexos.

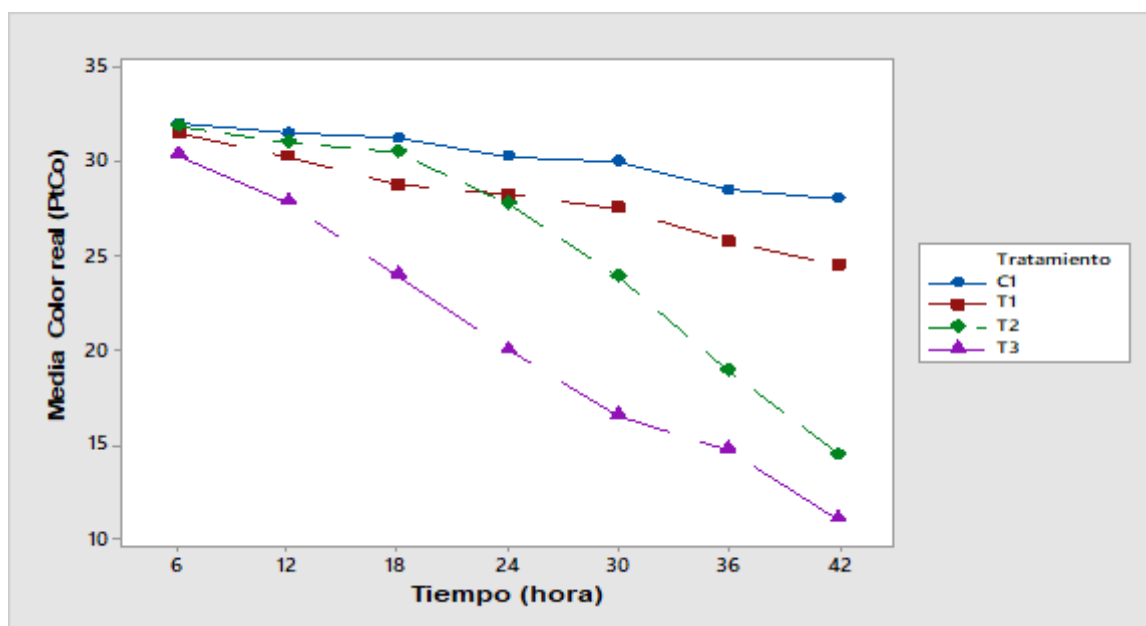


Figura 13. Medias de color real por tratamiento en función del tiempo
Gráfico elaborado en Minitab 18.
Haro, 2020

En la Figura 14, se representó la eficiencia de remoción (%) para el parámetro color real dentro del tratamiento, considerando la media de las muestras iniciales (antes de la aplicación de los tratamientos) y la media de las muestras luego de la aplicación de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) tiene mayor eficiencia de remoción con 64,8% y C1 (Biofiltro + agua residual) tiene la menor eficiencia de remoción con 10,4%.

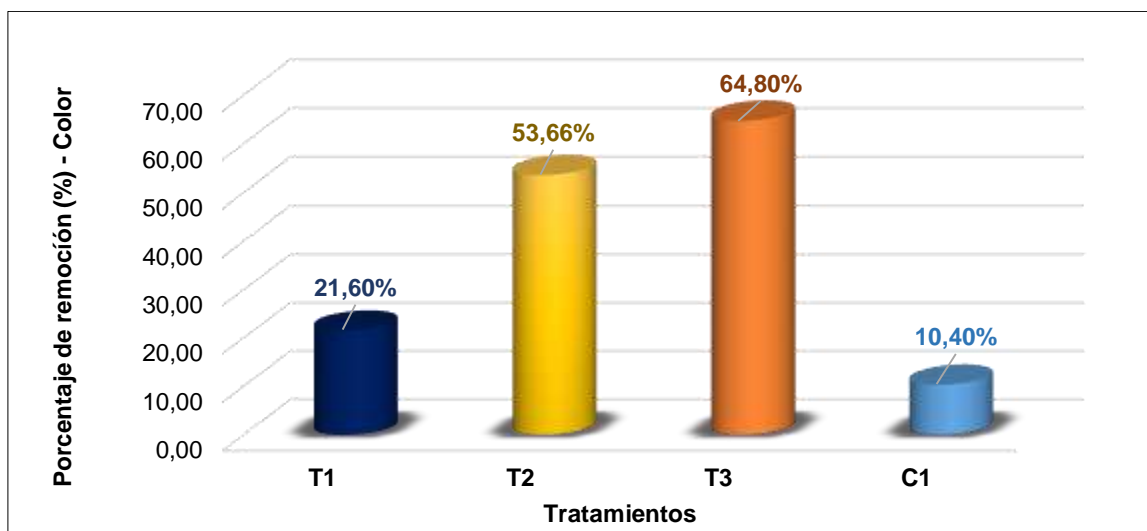


Figura 14. Eficiencia de remoción por tratamiento para color real
Haro, 2020

4.3.2.2 Parámetro turbidez.

En la Figura 15, se presenta las medias de turbidez por tratamiento en función del tiempo, se observa que todos los tratamientos presentan disminución de turbidez con el transcurso del tiempo, y las diferencias a través del tiempo son significativas, esto se afirma mediante el test Tukey aplicado a la media de los valores por tiempo, información que se observa en la Tabla 31 ubicada en anexos.

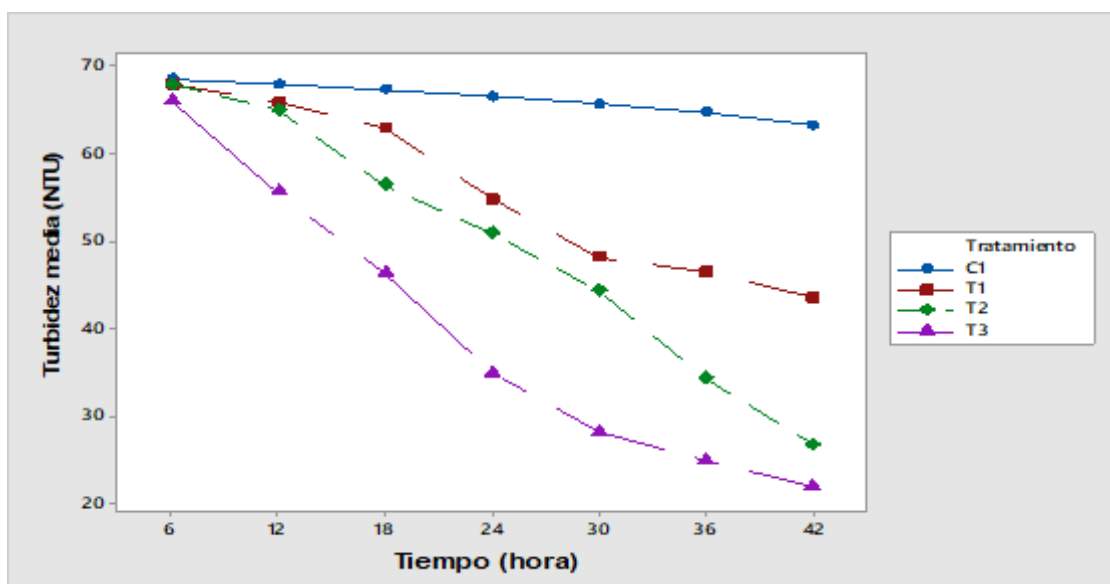


Figura 15. Medias de turbidez por tratamiento en función del tiempo
Gráfico elaborado en Minitab 18.
Haro, 2020

En la Figura 16, se representó la eficiencia de remoción (%) para el parámetro turbidez dentro del tratamiento, considerando la media de las muestras iniciales (antes de la aplicación de los tratamientos) y la media de las muestras luego de la aplicación de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) tiene mayor eficiencia de remoción con 68,2% y C1 (Biofiltro + agua residual) tiene la menor eficiencia de remoción con 8,1%.

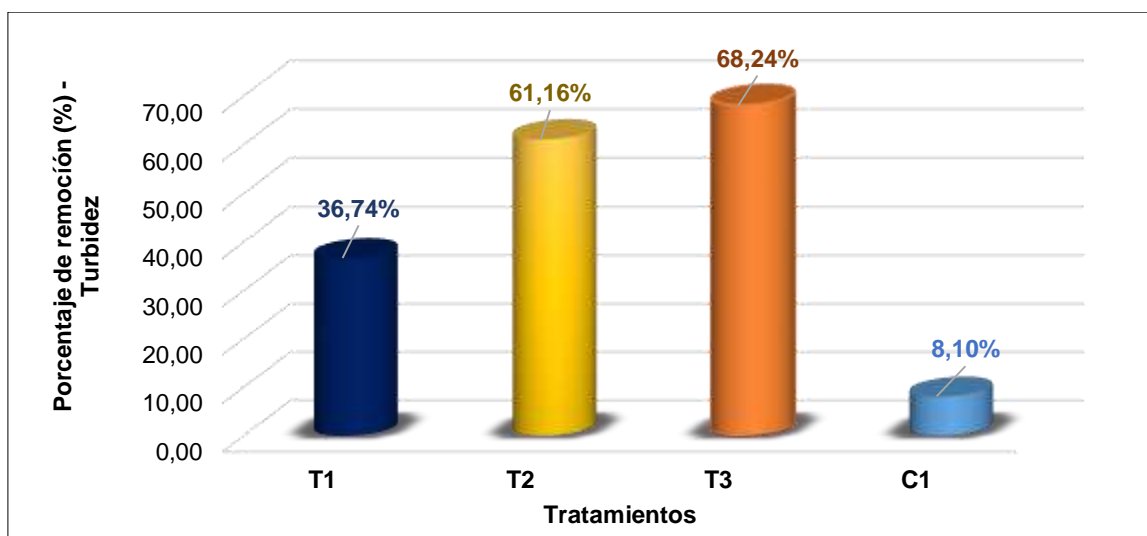


Figura 16. Eficiencia de remoción por tratamiento para turbidez
Haro, 2020

4.3.2.3 *Parámetro nitritos.*

En la Figura 17, se presenta las medias de nitritos por tratamiento en función del tiempo, se observa que los tratamientos T1 y T3 presentan disminución de nitritos con el transcurso del tiempo, y las diferencias a través del tiempo son significativas, esto se afirma mediante el test Tukey aplicado a la media de los valores por tiempo, información que se observa en la Tabla 32 ubicada en anexos. Mientras que los tratamientos T2 y el control C1 no presentan cambios con el paso del tiempo.

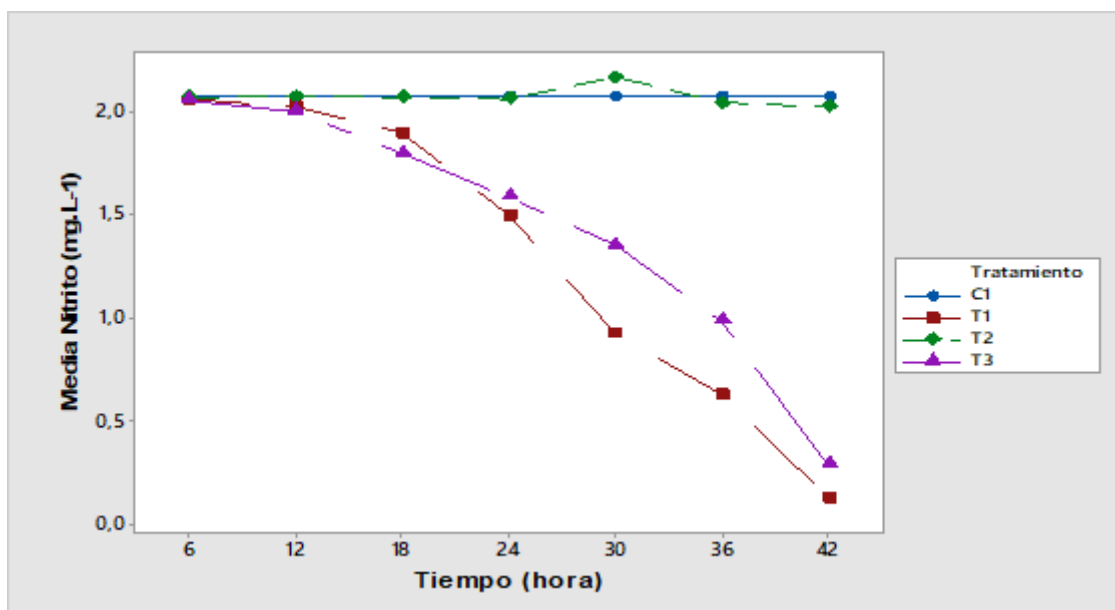


Figura 17. Medias de nitritos por tratamiento en función del tiempo

Gráfico elaborado en Minitab 18.

Haro, 2020

En la Figura 18, se representó la eficiencia de remoción (%) para el parámetro nitritos dentro del tratamiento, considerando la media de las muestras iniciales (antes de la aplicación de los tratamientos) y la media de las muestras luego de la aplicación de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) tiene mayor eficiencia de remoción con 93,7% y C1 (Biofiltro + agua residual) tiene la menor eficiencia de remoción con 0%.

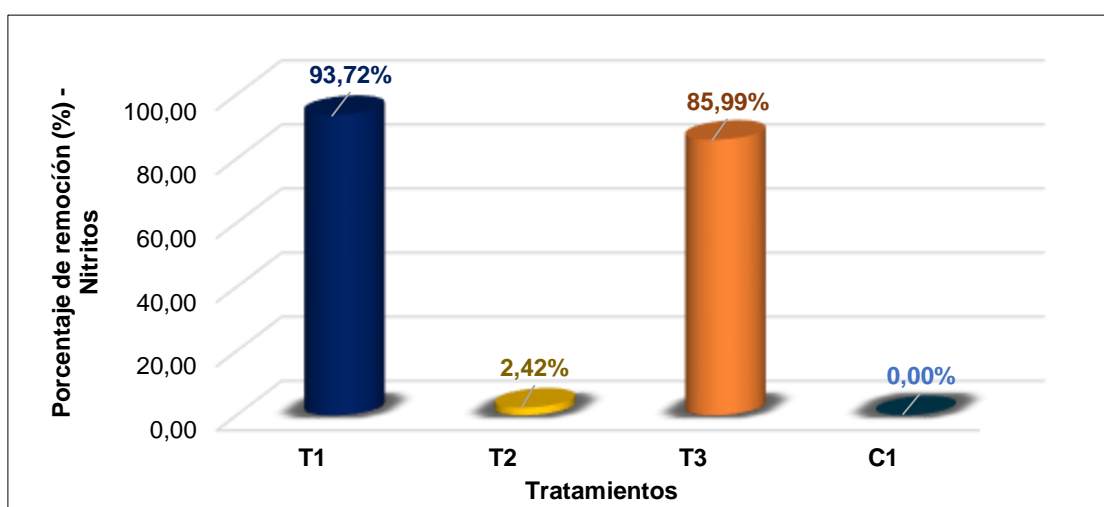


Figura 18. Eficiencia de remoción por tratamiento para nitritos

Haro, 2020

4.3.2.4 Parámetro nitratos.

En la Figura 19, se presenta las medias de nitratos por tratamiento en función del tiempo, se observa que los tratamiento T1, T2 y T3 presentan disminución de nitratos con el transcurso del tiempo, y las diferencias a través del tiempo son significativas, esto se afirma mediante el test Tukey aplicado a la media de los valores por tiempo, información que se observa en la Tabla 33 ubicada en anexos. Mientras que el tratamiento control C1 no presentó cambios con el paso del tiempo.

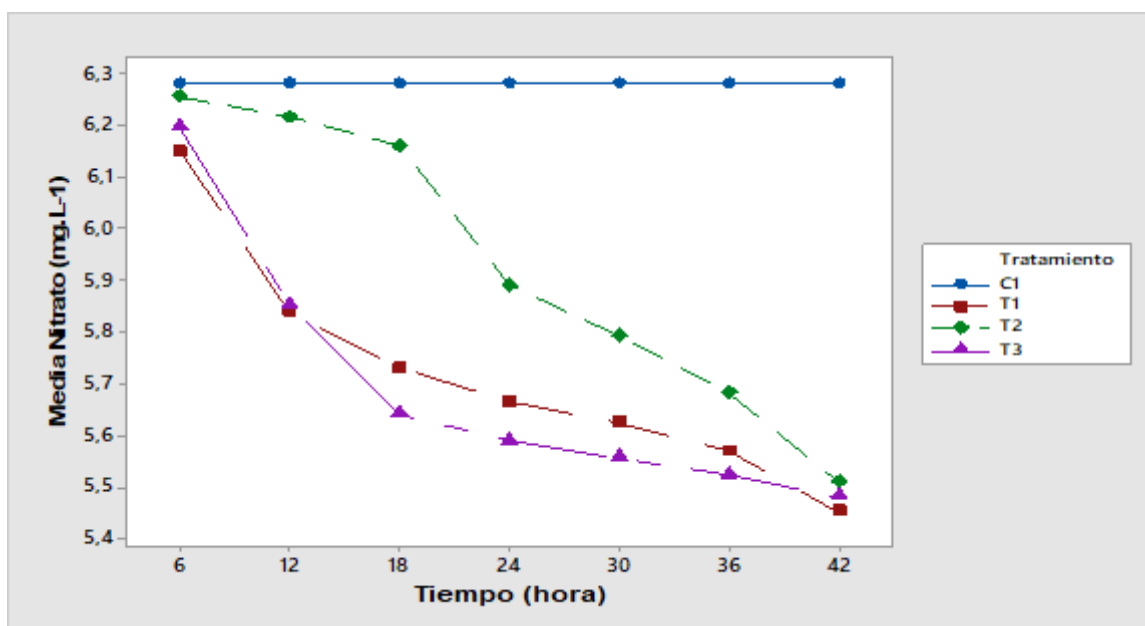


Figura 19. Medias de nitratos por tratamiento en función del tiempo
Gráfico elaborado en Minitab 18.
Haro, 2020

En la Figura 20, se representó la eficiencia de remoción (%) para el parámetro nitratos dentro del tratamiento, considerando la media de las muestras iniciales (antes de la aplicación de los tratamientos) y la media de las muestras luego de la aplicación de los tratamientos a las 42 horas. Se observa que el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) tiene mayor eficiencia de remoción con 13,7% y C1 (Biofiltro + agua residual) tiene la menor eficiencia de remoción con 0,6%.

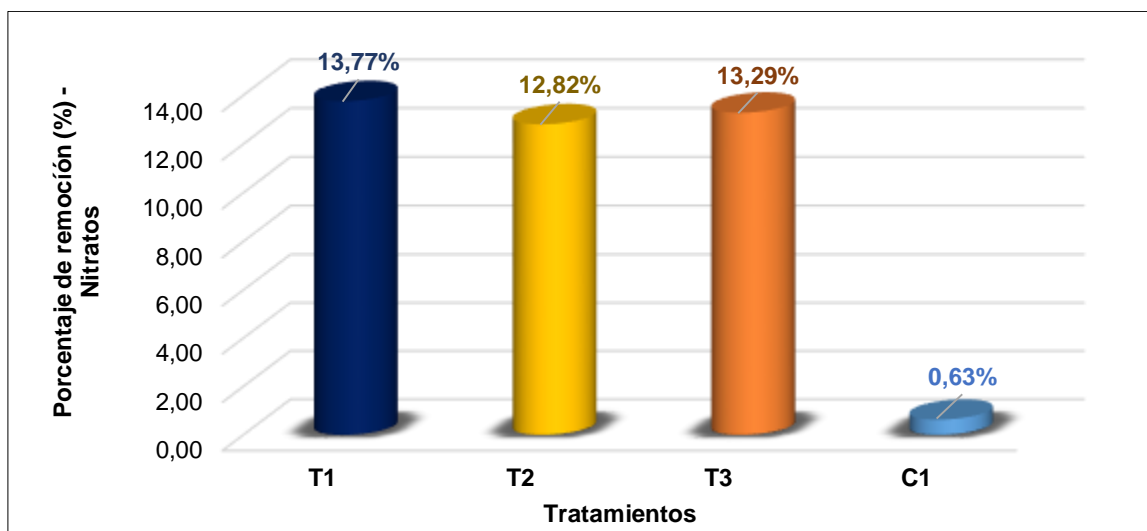


Figura 20. Eficiencia de remoción por tratamiento para nitratos
Haro, 2020

4.3.3 Tratamiento más efectivo.

En la Figura 21, se observan los tratamientos más efectivos por parámetro, se observa que en el parámetro nitratos y nitritos, el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) fue el más efectivo con 13,77% y 93,72% respectivamente. Mientras que en los parámetros turbidez y color, el tratamiento tres (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) fue el más efectivo con 68,24% y 64,80% respectivamente.

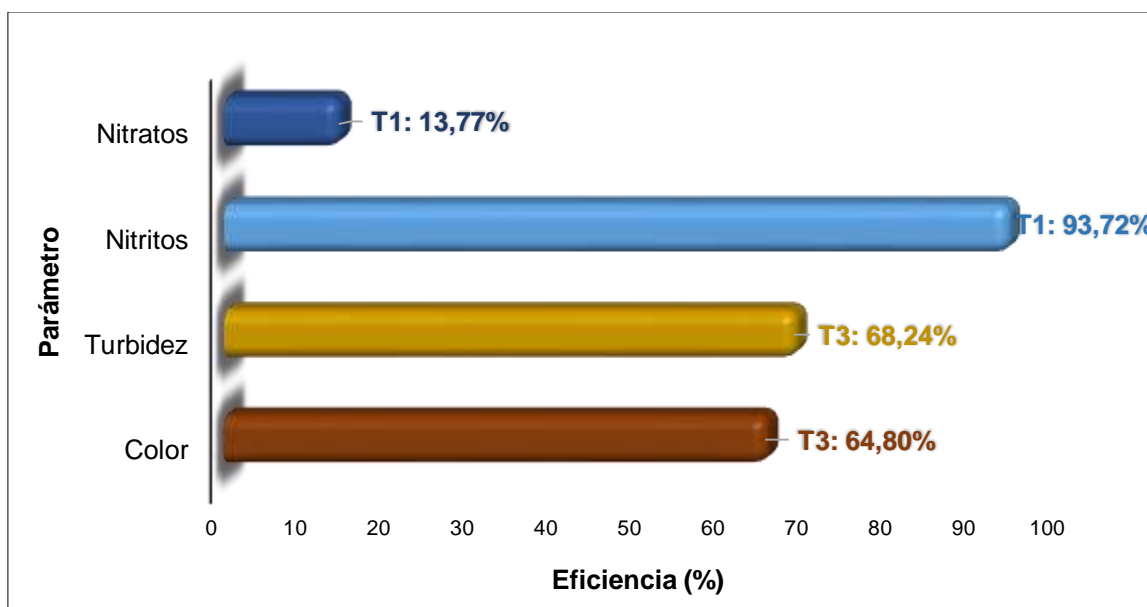


Figura 21. Tratamientos más eficientes por parámetros
Haro, 2020

Al analizar la interacción tratamiento-tiempo se determinó cual fue el tratamiento significativamente mayor y que por tanto tendría mayor efecto en la remoción de contaminantes en aguas residuales. En la tabla 27 se observa que en el parámetro color el tratamiento de mayor efecto fue el tratamiento tres (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) a las 42 horas con una media de 11 PtCo. En el parámetro turbidez el tratamiento de mayor efecto fue el tratamiento tres (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) a las 42 horas con una media de 21,85 NTU.

En el parámetro nitritos el tratamiento de mayor efecto fue el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) a las 42 horas con una media de 0,13 mg,L-1. En el parámetro nitratos el tratamiento de mayor efecto fue el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) a las 42 horas con una media de 5,45 mg.L-1.

Evaluando los tratamientos de menor efecto se observa que el tratamiento control (Biofiltro + agua residual) presentó la menor media en la mayoría de interacciones, principalmente a las 6 horas de aplicado el tratamiento.

Tabla 27. Mayor y menor efecto según interacción tratamiento-tiempo

Parámetro	Tratamientos		
	Unidad	Mayor efecto	Menor efecto
pH	-	T1 42h: 7,045	T1 42h: 6,80
Color	PtCo	T3 42h: 11	C1 6h: 32
Turbidez	NTU	T3 42h: 21,85	C1 6h: 68,5
Nitritos	mg.L-1	T1 42h: 0,13	T2 30h: 2,16
Nitratos	mg.L-1	T1 42h: 5,45	C1:30 6,28

Haro, 2020

5. Discusión

Un estudio realizado por Gallego & García (2016) en México sobre la eficiencia de un biofiltro para el tratamiento de aguas para piscinas de truchas arcoíris, con una combinación de percolador-columna de arena, se obtuvo la remoción de compuestos nitrogenados. Con una eficiencia de remoción de NAT mayor que 70%. Similar a lo que se pudo observar en este trabajo de titulación usando un biofiltro para remoción de contaminantes como son nitritos y nitratos en aguas residuales de una industria camaronera removiendo así hasta un 94%.

Gleixner (2017) en Chile se elaboró un biofiltro de lecho fijo mediante el cual buscó disminuir la solubilidad del metano y el n-pentano con la ayuda de una biopelícula, tanto el aumento en la temperatura como en la actividad de agua del lecho empaquetado disminuyen levemente la solubilidad del metano y el n-pentano. De igual manera ocurrió en este trabajo llevando consigo una biopelícula para reducción de nitratos y nitritos tanto así que el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) fue el más efectivo con 13,77% y 93,72% con su pronta estabilidad del agua.

En Colombia Torres (2016) mediante un biofiltro se evaluó la factibilidad de usar bacterias sulfuro oxidantes inmovilizadas en carbón activado como material de empaque en un proceso de biofiltración, para la remoción de H₂S y el pH del medio líquido que irriga el lecho, obteniendo como resultado eficiencias de remoción por encima del 80%. Haciendo validez a lo expuesto y comparando con resultados de otros investigadores, en este estudio se da como resultado que el proceso de biofiltración es necesario a la entrada del agua a la piscina y al final es decir al momento de su descarga ya que en

nitratos se removió un 13.77% y nitritos un 93,72% Dándole a agua residual una ayuda con el uso de carbón activado clarificando.

Dentro del parámetro turbidez dentro del proyecto realizado se evidenció una remoción de 68,24% en el tratamiento tres (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón), obteniendo una media de 21,85 NTU. Como explicación se mejoró el aspecto del agua tanto en olor y color con un 64,80% de remoción al usar carbón activado, arena y algodón, haciendo similitud a la investigación de (Bustamante, 2017) para la remoción de sulfuro de hidrógeno y la retención de malos olores mediante el uso de un biofiltro con una columna de humidificación, el biofiltro ha demostrado ser altamente eficaz en la eliminación de sulfuro de hidrogeno en flujos de 5 L/min y 10L/min.

Peñafiel, Moreno & Ochoa (2016) en su estudio realizado de un biofiltro para la remoción de materia orgánica y compuestos nitrogenados de agua residual pre tratada en lagunas anaeróbicas de una extractora de aceite crudo de palma. El biofiltro dentro de sus tres etapas dio como resultado una remoción entre el 41 al 85% para DQO, y entre 66 a 87 % para NH_4 . Haciendo comparación con este proyecto de titulación se evidencia que el tratamiento uno (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) con tales porcentajes en nitratos 13,77% y nitritos 93,72%, fue el más efectivo con su inicial de nitritos de 2.074 mg/l disminuyendo al 0.112 mg/l y nitratos inicial de 6.281 mg/l bajando su nivel al 5.473 mg/l.

6. Conclusiones

En el presente estudio de titulación las bacterias nitrificadoras cumple la hipótesis que si disminuye los niveles de nitritos NO_2^- y nitratos NO_3^- de aguas residuales presentes en una camaronera, provincia de El Oro.

Para desarrollar el primer objetivo se realizó la caracterización de los parámetros del agua para sus análisis iniciales y finales en un rango de horas de 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42. El primer análisis fue la hora 0 para conocer los niveles existentes en la muestra previa a su análisis. Para el cumplimiento del segundo objetivo se llevó a cabo la implementación del sistema de biofiltración, el mismo que se puso a prueba con los elementos propuestos anteriormente, este tuvo una duración de 42 horas en los cuales se llevaron a cabo la toma de las muestras previo a su análisis en el laboratorio.

Para el cumplimiento del tercer objetivo se pudo demostrar que las bacterias nitrificantes permiten remover hasta un 94%. Especificando un porcentaje de remoción a las 42 horas se observó que para el tratamiento T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) tiene mayor eficiencia de remoción de nitritos con 93,7%. Para la variable nitratos el tratamiento T1 tiene mayor eficiencia de remoción con 13,7%. La variable de color demostró una gran diferencia en el tratamiento T3 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes + carbón) tiene mayor eficiencia de remoción con 64,8%. La variable de turbidez obtuvo el mejor resultado en el tratamiento T3 con mayor eficiencia de remoción siendo un 68,2%. En T1 (Biofiltro + agua residual + bacterias nitrificantes) presentó la media significativamente mayor de 7,01 de pH. Los tratamientos de menor efecto fue el tratamiento control (Biofiltro + agua residual) presentó la menor media en la mayoría de interacciones, principalmente a las 6 horas de aplicado el tratamiento.

7. Recomendaciones

En el transcurso del proyecto de investigación y la implementación de biofiltros con minerales y bacterias para depuración de aguas residuales en la piscina camaronera de cantón Santa Rosa- San José provincia de El Oro, se obtuvieron resultados favorables llegando a la máxima conclusión de que el objetivo por lo que fue planteado puede cambiar o mejorar la situación de la problemática. Es por esto que se recomienda algunos puntos a favor de una mejora en el futuro:

Es indispensable realizar análisis físico-químico antes de la entrada del agua a la piscina camaronera y después del recambio o descarga del agua residual ya que se pueden controlar los parámetros que se requieran disminuir para no causar daño o retraso en su posterior utilización.

El prototipo del biofiltro puede ser mejorado e incluso ser diseñado de otras formas dependiendo de lo que se quiera lograr, analizar y demostrar. Es decir, en este caso estos biofiltros fueron creados en escala de laboratorio y ensayos para demostrar la remoción de contaminantes como nitritos y nitratos que se puede obtener en las aguas residuales provenientes de la piscina camaronera.

Para la demostración de la eficiencia de cada tratamiento con su biofiltro al momento de obtener más eficiencia, se propone aumentar los ensayos o aumentar las capas de material filtrante. Al momento de su función el material filtrante solo se ocupará en depurar el agua se puede investigar el origen o procedencia como también su funcionamiento y el lapso de tiempo que tiene como material filtrante, como se lo realizó en este proyecto de investigación ya que estos ítems también influyen en la eficiencia de su remoción.

8. Bibliografía

- Aguilar, S. (2015). *Caracterización del agua utilizada por la industria camaronera*. Pachuca: Biopec.
- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua*. Barcelona, España: Veloria.
- Antón, A., & Lizaso, J. (2005). *Nitritos, nitratos y nitrosamina*. Madrid, España: Libanesa.
- Arevalo, N. (2014). Diagnostico del sector camaronero. En F. Montes, *Acuícola en producción*. (págs. 5-8). Colombia: Cantoya.
- Betancourth, M. (2004). Biopelículas: una comunidad microscópica en desarrollo. *Colombia Médica*, 12-23.
- Bravo, E. (2002). La industria del camarón. En H. Juca, *Cultivo Semi-Intensivo*. (págs. 15-16). Venezuela: Miramar.
- Bustamante, N. (2017). Biofiltración con un sistema de tres lechos de compost . *GreenBoct*, 5-9.
- Carranza, O. (2017). Cómo tratar y reutilizar las aguas residuales de la industria del camarón. *ADECAGUA*, 11-18.
- Carrasco, A. (2012). *Estudio de la calidad de efluentes*. Caracas, Venezuela: Water Adventure.
- Casios, L. M. (2015). *Tratamiento de piscinas camaroneras con Bacterias*. Lima, Perú: Pesopluma.
- Chiriboga, F. (2016). Ecuadorian shrimp farms: an environmental controversy. *Universidad y Sociedad*, 14-23.
- Chuquimboques, J. (2019). OPTIMIZACIÓN DE LA REMOCIÓN SIMULTÁNEA DE NITRATO Y NITRITOS EN AGUAS MUNICIPALES. *Sociedad Química Perú.*, 10-12.

- Danh, L. T. (2014). Biofiltro para mejorar la calidad del agua. *Network International*, 25(2)18-26.
- Díaz, M. Y., & Purihuamán, C. N. (2018). Tratamiento de aguas residuales domésticas. *SimpecFiltro*, 2(5) 17-18.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras*. Lima, Perú: Futura.
- Estrada, R. (2018). Depuración de las propiedades microbiológicas de las aguas domésticas. En *Camino a la depuración*. (págs. 25-33). Caracas, Venezuela: Editorial FiltroSinc.
- FAO. (2001). La acuicultura y las pesquerías basadas en el cultivo. *La acuicultura y las pesquería*, 13-15.
- FAO. (2010). *Visión general del sector acuícola nacional*. Granada, España: Almería.
- FAO. (2011). Manual para extensionistas en acuicultura. *Agricultura para el desarrollo*, 52-55.
- FAO. (2020). Visión general de la legislación acuicola nacional. *acuicola nacional*, 18-19.
- Fernández, L. (2016). *Prueba t de Student para datos pareados o muestras seleccionadas* (Vol. I). Tacna, Tacna, Perú: Grupo COESI.
- Ferrer, J. (2018). *Agroalimentaria, Forestal, Medioambiental y Biotecnología*. Valencia: Unidad politécnica de Valencia.
- Fuentes, J. (2015). Reseña Toxicológica de Nitrato y Nitrito. Bogotá, Colombia: Alba.

- Gallego, I., & García, D. (2016). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. En T. Duarte, *Biofiltración* (págs. 14-16). Pereira, Colombia: Ekured.
- Galván, C. L., Pérez, C. A., & Oviedo, R. A. (2017). Evaluación de la efectividad en la recuperación de aguas contaminadas por hidrocarburos, mediante la técnica de biofiltración y Biopelículas. *Santander UDEI*, 14(8) 3-5.
- Garay, F. (2018). *Industria de Acuicultura*. Iquitos, Perú: Limesa.
- Garzón, C. (2008). Inmovilización microbiana: técnicas y usos en el tratamiento de residuos tóxicos. En *Caracterización microbiana* (págs. 9-11). Caracas, Venezuela: Polar.
- Gleixner, M. (Abril de 2017). *Solubilización*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/LA-BIOFILTRACIO%CC%81N-SOBRE-CAMA-DE-TURBA%2C-UN-EFICIENTE-Z%C3%BA%C3%B1iga/d6213bd90750a831d6cc99da120a23e622c8c9a6?p2df>
- Harrison, J. J. (2014). *Ciencia e Innovación*. Lima, Perú: Almadía.
- Howard, C. (2016). *Technology Science*. Santiago de Chile: Academic Press.
- LLamuca, N. (Junio de 2018). *Análisis de piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de una lavadora y lubricadora de autos "city wash", ubicada en la ciudad ambato, provincia de tungurahua*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155852>
- Mancheno, S. (Septiembre de 2016). Enseñanza del uso de biofiltros aplicado a aguas residuales. *ImezaGob*, 15(2) 23-24.
- Marques, P. B. (2017). Avaliação da remoção de micropoluentes emergentes. (págs. 25-29). Rio De Janeiro: Publishnews.

- Moreno, L. L., & Fernández, E. (2007). MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LA HABANA. *Agroecología*, 25(12) 13-14.
- Ortiz, L. (2016). Estudio de impacto ambiental de la camaronera edumar. *Alba*, 25(3) 51-52.
- Ortiz, S. (2010). Prueba de Dunnett. *Comienzo de la Estadística*, 10(4) 1-3.
- Palta, G. H., & Velasco, S. M. (2013). Cultivo intensivo en aguas de piscinas camaroneras. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(5) 57-85.
- Peñafiel, R., Moreno, C., & Ochoa, V. (13 de Diciembre de 2016). *Removal of nitrogen and organic pollutants from industrialwastewater pre-treated inanaerobic ponds by means of a sand biofilter*. Bogota: ACI.
- Perez, A. (2019). Métodos y fórmulas de las comparaciones múltiples en ANOVA de un solo factor. Caracas: Aleaguara.
- Prócel, D. (Abril de 2014). *Diseño de un proceso de biofiltración para el tratamiento de agua residual*. Obtenido de Senici: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52437>
- Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Almenia*, 23(3) 50-55.
- Rojas, M. F. (2006). Evaluación de un probiótico y un atioxidante. Barcelona, España: Miraluz.
- Ruiz, M. (Febrero de 2015). *MiraGuia*. Obtenido de <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/786>
- Sáenz, D. E. (2015). VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO PARA LA ESTABILIZACIÓN. *Ingentied*, 18(9) 7-14.

- Thiesen, G. T. (2018). Influência da cinza pesada e do pó de ferro em compósitos sinterizados obtidos. *TegnoAqua*, 12(2) 14-15.
- Torres, E. C. (2018). Eficiencia del sistema de biofiltros en la remoción de metales pesados. *CientificBio*, 14-15.
- Torres, P. (Diciembre de 2016). *Ingeniería y competitividad*. Obtenido de https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2291
- Turner, R. J. (2015). Microbiomas. *AdvanceTec*, 23-25.
- Ullauri, L. (2017). *Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando el sistema de biofiltración*. Madrid, España: Campana.
- Valencia, M. (2014). *subsecretaria-acuacultura*. Manta: Samateo.
- Valera, G., & Bertha, E. (2017). Exportación de camarón de la provincia de El Oro en el contexto del Tratado Comercial con la Unión Europea. *ESPACIOS*, 24-25.
- Vicente, J. (septiembre de 2016). Determination of the efficiency of sawdust and coco fiber used as Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater. *Senecyt*, 25-27.

9. Anexos

9.1. Anexo 1. Criterios de calidad permisibles Libro VI- ANEXO I

Tabla 28. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles hexano	mg/l	
Alkil mercurio	-	mg/l	30,0
Aluminio	Al	mg/l	No detectable
Arsénico	As	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	0,1
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	2,0
Cianuro total	Cn	mg/l	0,02
Cinc	Zn	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	5,0
Cloroformo	Ext. Carbón Clorofor.	mg/l	0,5
Cloruros	Cl	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	1000
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	0,5
Color real	Color real	Unid. Color	2000
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	Inaprec. en disol.1/20
Cromo hexavalente	Cr	mg/l	0,2
Demanda B. O (5 días)	DBO ₅	mg/l	0,5
Demanda Quim. de O	DQO	mg/l	100
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	5,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarb. De Petroleo	TPH	mg/l	10,0
Manganeso total	Mn	mg/l	20,0
Materia Flot.	Visibles	-	2,0
Mercurio total	Hg	mg/l	Ausencia
Niquel	Ni	mg/l	0,005
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	2,0
Nitrogeno total Kjeldal	N	mg/l	30,0
Comp. Organoclorados	Organoclorados Tot.	mg/l	50,0
Comp. Organofosforados	Organofosforados Tot.	mg/l	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,1
Potencial de hidrogeno	Ph	-	0,2
Selenio	Se	mg/l	6-9
Solidos Susp. Total	SST	mg/l	0,1
Solidos totales	ST	mg/l	130
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1600
Sulfuros	S ²	mg/l	1000
Temperatura	°C	-	0,5
Tensoactivos	Sust. Azul metileno	mg/l	Cond.natural ±3
Tetracloruro de C.	Tetracloruro de C	mg/l	0,5
			1,0

Tabla 29. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	CRITERIOS DE CALIDAD	
			Agua dulce marina	Agua
Aluminio(1)	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total(2)	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos	PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Policlorados	B	mg/l	0,75	5,0
Boro	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cadmio	CN	mg/l	0,01	0,001
Cianuros	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cinc	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Cloro residual total	-	mg/l	0,05	0,05
Clorofenoles	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobalto	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cobre	Cr	mg/l	0,032	0,05
Cromo total	Sn	mg/l	-	2,00
Estaño	Expre. como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Feno. monohídricos	Sust. solub. en	mg/l	0,3	0,3
Aceites y grasas	Hexano	mg/l	0,5	0,5
Hidroc. T. petróleo	TPH	mg/l	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,1	0,1
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
M.de O.Antropico	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno disuelto	OD	%de Saturación	>80	>60
Piretroides	Concentr.piretroides	mg/l	0,05	0,05
Plagu. Organoclor.	Organoclorados	µg/l	10,0	10,0
Plaguic. organofosf.	Organofosforados	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Poten. Hidrógeno	pH	Unid.de pH	6,5-9	6,5-9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustan. azul Metile.	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	-
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos suspendi.	SST	mg/l	Max 10%	-

Acuerdo ministerial 097-A, 2015

Tabla 30. Test Tukey para color real en función del tiempo

Tiempo (hora)	N	Media	Agrupación			
6	16	31.425	A			
12	16	30.1438		B		
18	16	28.6313			C	
24	16	26.5625				D
30	16	24.475				E
36	16	21.9625				F
42	16	19.4938				G

Tabla 31. Test Tukey para turbidez en función del tiempo

Tiempo (hora)	N	Media	Agrupación			
6	16	67.55	A			
12	16	63.5563		B		
18	16	58.1938			C	
24	16	51.7313				D
30	16	46.5313				E
36	16	42.5313				F
42	16	38.8313				G

Tabla 32. Test Tukey para nitritos en función del tiempo

Tiempo (hora)	N	Media	Agrupación			
6	16	2.06313	A			
12	16	2.04194	A	B		
18	16	1.95894		B		
24	16	1.80444			C	
30	16	1.62869				D
36	16	1.43238				E
42	16	1.12813				F

Tabla 33. Test Tukey para nitratos en función del tiempo

Tiempo (hora)	N	Media	Agrupación			
6	16	6.22031	A			
12	16	6.04625		B		
18	16	5.95256			C	
24	16	5.85519				D
30	16	5.81286				D
36	16	5.76394				E
42	16	5.68061				E
						F

9.2. Anexo 2. Análisis de las muestras iniciales en laboratorio.



Figura 22. Zona a muestrear
Haro, 2020



Figura 23. Toma de muestra
Haro, 2020



Figura 24. Análisis de muestras iniciales en laboratorio Haro, 2020



Figura 25. Respektivas anotaciones de resultados Haro, 2020



Figura 26. Resultados de nitratos y nitritos
Haro, 2020

9.3. Anexo 3. Proceso de pesado de los materiales a utilizar



Figura 27. Pesado de carbón activado y algodón
Haro, 2020



Figura 28. Pesado de arena y grava
Haro, 2020

9.4. Anexo 4. Análisis de las muestras finales en el laboratorio



Figura 29. Biofiltro actuando para la remoción de contaminantes
Haro, 2020



Figura 30. Muestra de los tratamientos finales
Haro, 2020



Figura 31. Analisis de muestras finales de color
Haro, 2020



Figura 32. Resultados finales de nitritos
Haro, 2020

9.5. Anexo 5. Resultados de los parámetros analizados en laboratorio



**INFORME INTERNO
DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS**

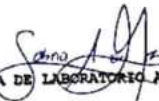
DATOS DE LA MUESTRA	
(3) Tipo de Muestra/ítem de Ensayo: Agua residual / Tratada	(3) Fecha/Hora Toma de Muestra: 08/10/2020 7:00
(3) Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1 L / La muestra presentó poca coloración y sin presencia de sólidos suspendidos aparentemente.
(3) Lugar/Punto de Toma de Muestra: Cantón Durán - Guayas/Salida del sistema de biofiltración C1	(3) Muestra Tomada por: MANUEL HARO
	Fecha/Hora de Recepción de Muestra: 08/10/2020 8:00

RESULTADOS DE LOS ANALISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A	Cond. Amb. del Laboratorio: 22.3 °C 28.5 tHR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2± Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	6.99 UpH	0.09 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-14 S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017	05/10/2020
Turbidez	62.7 NTU	8.21 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-12 S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017	05/10/2020
(1) Color Real	28 PtCO	-	-	-	S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017	05/10/2020
(1) Nitratos	6.281 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017	05/10/2020
(1) Nitritos	2.074 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO-G, 2017	05/10/2020

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) No se realizó comparación con norma ni declaración de conformidad

Quando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.


 JEFÉ DE LABORATORIO ANALÍTICO

- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
 - Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.





**INFORME INTERNO
DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS**

DATOS DE LA MUESTRA	
(3) Tipo de Muestra/ítem de Ensayo: Agua residual / Tratada	(3) Fecha/Hora Toma de Muestra: 08/10/2020 7:00
(3) Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1 L / La muestra presentó poca coloración y sólidos suspendidos aparentemente.
(3) Lugar/Punto de Toma de Muestra: Cantón Durán - Guayas/Salida del sistema de biofiltración T1	(3) Muestra Tomada por: MANUEL HARO
	Fecha/Hora de Recepción de Muestra: 08/10/2020 8:00

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A	Cond. Amb. del Laboratorio: 22.3 °C 28.5 #HR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2± Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	7.05 UpH	0.15 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-14 S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017	05/10/2020
Turbidez	42.8 NTU	5.60 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-12 S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017	05/10/2020
(1) Color Real	24 PtCO	-	-	-	S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017	05/10/2020
(1) Nitratos	5.34 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017	05/10/2020
(1) Nitritos	0.024 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO-G, 2017	05/10/2020

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) No se realizó comparación con norma ni declaración de conformidad

Cuando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.

Manuel Haro 02-10-20
JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.





**INFORME INTERNO
DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS**

DATOS DE LA MUESTRA	
(3) Tipo de Muestra/Ítem de Ensayo: Agua residual / Tratada	(3) Fecha/Hora Toma de Muestra: 08/10/2020 7:00
(3) Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1 L / La muestra no presentó coloración y sin presencia de sólidos suspendidos aparentemente.
(3) Lugar/Punto de Toma de Muestra: Cantón Durán - Guayas/Salida del sistema de biofiltración T2	(3) Muestra Tomada por: MANUEL HARO
	Fecha/Hora de Recepción de Muestra: 08/10/2020 8:00

RESULTADOS DE LOS ANALISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A	Cond. Amb. del Laboratorio: 22.3 °C 28.5 %HR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2± Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	6.78 UpH	0.09 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-14 S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017	05/10/2020
Turbidez	22 NTU	2.88 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-12 S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017	05/10/2020
(1) Color Real	11.9 PtCO	-	-	-	S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017	05/10/2020
(1) Nitratos	5.467 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017	05/10/2020
(1) Nitritos	2.015 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO-G, 2017	05/10/2020

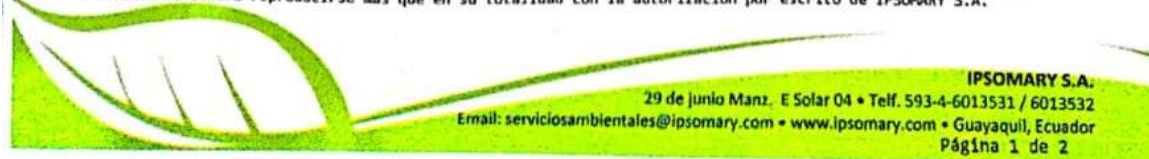
- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) No se realizó comparación con norma ni declaración de conformidad

Cuando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO



- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.



IPSOMARY S.A.
 29 de Junio Manz. E Solar 04 • Telf. 593-4-6013531 / 6013532
 Email: serviciosambientales@ipsomary.com • www.ipsomary.com • Guayaquil, Ecuador
 Página 1 de 2



**INFORME INTERNO
DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS**

DATOS DE LA MUESTRA	
(3) Tipo de Muestra/ítem de Ensayo: Agua residual / Trajada	(3) Fecha/Hora Toma de Muestra: 08/10/2020 7:00
(3) Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1 L / La muestra no presentó coloración y sin presencia de sólidos suspendidos aparentemente.
(3) Lugar/Punto de Toma de Muestra: Cantón Durán - Guayas/Salida del sistema de biofiltración T3	(3) Muestra Tomada por: MANUEL HARO
	Fecha/Hora de Recepción de Muestra: 08/10/2020 8:00

RESULTADOS DE LOS ANALISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A	Cond. Amb. del Laboratorio: 22.3 °C 28.5 iHR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2t Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	6.95 UpH	0.09 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-14 S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017	05/10/2020
Turbidez	21.5 NTU	2.81 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-12 S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017	05/10/2020
(1) Color Real	9.4 PtCO	-	-	-	S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017	05/10/2020
(1) Nitratos	5.473 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017	05/10/2020
(1) Nitritos	0.112 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO-G, 2017	05/10/2020

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) No se realizó comparación con norma ni declaración de conformidad

Quando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.


 JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
 - Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.



IPSOMARY S.A.
 29 de Junio Manz. E Solar 04 • Telf. 593-4-6013531 / 6013532
 Email: serviciosambientales@ipsomary.com • www.ipsomary.com • Guayaquil, Ecuador
 Página 1 de 2



**INFORME INTERNO
DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS**

DATOS DE LA MUESTRA	
(3) Tipo de Muestra/ítem de Ensayo: Agua residual / No Tratada	(3) Fecha/Hora Toma de Muestra: 04/10/2020 15:00
(3) Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 3 L / La muestra presentó coloración y sólidos suspendidos que se debieron remover para efectuar ciertos análisis
(3) Lugar/Punto de Toma de Muestra: Parroquia Jumón, Cantón Santa Rosa - El Oro /Puertas de descarga de Piscina de camarónera	(3) Muestra Tomada por: MANUEL HARO
	Fecha/Hora de Recepción de Muestra: 05/10/2020 8:00

RESULTADOS DE LOS ANALISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A	Cond. Amb. del Laboratorio: 20.5 °C 29.2 %HR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2± Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	6.99 UpH	0.15 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-14 S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017	05/10/2020
Turbidez	68.7 NTU	8.99 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-12 S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017	05/10/2020
(1) Color Real	32 PtCO	-	-	-	S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017	05/10/2020
(1) Nitratos	6.281 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017	05/10/2020
(1) Nitritos	2.074 mg/L	-	-	-	S.M.Ed. 23th 4500 NO-G, 2017	05/10/2020

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) No se realizó comparación con norma ni declaración de conformidad

Cuando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.


 JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO



- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
 - Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.

IPSOMARY S.A.
 29 de Junio Manz. E Solar 04 • Telf. 593-4-6013531 / 6013532
 Email: serviciosambientales@ipsomary.com • www.ipsomary.com • Guayaquil, Ecuador
 Página 1 de 2



Guayaquil, 19 de octubre de 2020


CERTIFICADO

Yo, Sabina Andrea Mera Vélez, con cédula de ciudadanía N°1315690832, certifico que el Sr. Manuel Haro, con cédula de ciudadanía N°0926333444, realizó los ensayos correspondientes a la parte experimental de su trabajo de titulación en el laboratorio IPSOMARY S.A en su calidad de Asistente de Laboratorio, bajo mi supervisión.

Estos ensayos fueron:

- Potencial de Hidrógeno. - S.M.Ed. 23th 4500 H+B, 2017
- Turbidez. - S.M.Ed. 23th 2130 B, 2017
- Nitratos. - S.M.Ed. 23th 4500 NO3-B, 2017
- Nitritos. - S.M.Ed. 23th 4500 NO3 B, 2017
- Color Real. - S.M.Ed. 23th 2120 C, 2017

Atentamente,


JEFA DE LABORATORIO ANALITICO
Ing. Sabina Mera Vélez
CI 1315690832



IPSOMARY S.A
29 de Junio Manz. B Solar 04 • Telf. 593-4-6013531 / 6013532
Email: serviciosambientales@ipsomary.com • www.ipsomary.com • Guayaquil, Ecuador