



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Análisis comparativo de las variaciones de la demanda química de oxígeno
en esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón**

**MATUTE PEREZ PAUL ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**WASHCO GUERRERO HECTOR AARON
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Análisis comparativo de las variaciones de la demanda química de oxígeno en esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón

**MATUTE PEREZ PAUL ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**WASHCO GUERRERO HECTOR AARON
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis comparativo de las variaciones de la demanda química de oxígeno en esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón

**MATUTE PEREZ PAUL ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**WASHCO GUERRERO HECTOR AARON
INGENIERO ACUICOLA**

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

**MACHALA
2023**

Tesis DQO

por Paul Matute

Fecha de entrega: 11-oct-2023 09:13a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2187915070

Nombre del archivo: TESIS_para_TURNITIN_HectorW.docx (1.15M)

Total de palabras: 9319

Total de caracteres: 48098

Tesis DQO

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
2	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
3	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
8	www.aqualex.org Fuente de Internet	<1 %
9	Submitted to Universidad Alfonso X el Sabio Trabajo del estudiante	<1 %

10 Paula García Negueroles. "Empleo de sustancias tipo húmicas obtenidas a partir de diferentes residuos orgánicos en la eliminación de contaminantes emergentes", Universitat Politecnica de Valencia, 2021
Publicación <1 %

11 qdoc.tips
Fuente de Internet <1 %

12 repositorio.cientifica.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

13 repositorio.unfv.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

14 repositorio.upeu.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

15 riuma.uma.es
Fuente de Internet <1 %

16 pt.scribd.com
Fuente de Internet <1 %

17 www.investigarmqr.com
Fuente de Internet <1 %

18 Submitted to Universidad Carlos III de Madrid
Trabajo del estudiante <1 %

19 biblioteca.espam.edu.ec
Fuente de Internet <1 %

20	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
21	yuss.me Fuente de Internet	<1 %
22	"Reacondicionamiento de edificios de oficinas mediante la integración de la agricultura y la reutilización de agua: hacia una construcción sostenible y autosuficiente", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2023 Publicación	<1 %
23	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
25	www.casavaria.com Fuente de Internet	<1 %
26	context.reverso.net Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
28	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

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

Los que suscriben, MATUTE PEREZ PAUL ALEXANDER y WASHCO GUERRERO HECTOR AARON, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Análisis comparativo de las variaciones de la demanda química de oxígeno en esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



MATUTE PEREZ PAUL ALEXANDER

0706694411



WASHCO GUERRERO HECTOR AARON

0706018835

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Héctor Eduardo Washco Duarte y Magdalena Judith Guerrero Elizalde, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido la base de mi educación. Vuestras enseñanzas y valores han guiado cada paso de mi camino académico.

A mi hermano Eduardo Xavier Washco Guerrero cuya presencia en mi vida ha sido un faro de apoyo, amor y amistad sincera. Gracias por estar siempre.

En memoria de mi abuelo Audino (+) cuya sabiduría y amor eterno siguen guiando mi camino. Esta tesis es un tributo a su legado y a la inspiración que el represento en mi vida.

A Katty Carrión la persona que ha llenado mi vida de sonrisas, risas y momentos inolvidables. Gracias por ser mi compañera

Dedico esta tesis a todos aquellos que nunca dejaron de creer en sus sueños y que siguen luchando por alcanzar sus metas. Que este trabajo sea un recordatorio de que el esfuerzo y la perseverancia pueden llevarnos lejos.

Héctor Washco Guerrero.

Dedico esta tesis a mis padres, Manuel René Matute Saquicela y Jessenia Raquel Pérez Silva, gracias a su apoyo y esmero logre llegar a donde estoy, sus enseñanzas y crianza son las bases de quien soy.

A mis hermanos, René Andrés Matute Pérez y Olga María Berrezueta Pérez, quienes me apoyaron en momentos de dificultad.

A toda mi familia quienes con su amor y compañía facilitaron este proceso de aprendizaje

Paúl Alexander Matute Pérez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias por su amor incondicional y apoyo constante a lo largo de este viaje. Sus palabras de aliento y su presencia nos han dado la fuerza para superar los desafíos y perseverar en este proceso.

De igual manera agradecer al Ing. Acuac. Patricio Colón Velásquez López, Ph.D, Dr. Roberto Santacruz, Ph.D y Ing. Acu. Rivera Intriago Leonor Margarita, Ph.D. por su orientación experta, paciencia infinita y compromiso con nuestro crecimiento académico. Sus valiosos consejos y comentarios críticos han sido fundamentales para dar forma a esta investigación.

Queremos expresar nuestra gratitud a nuestros amigos y colegas, quienes han compartido sus conocimientos, experiencias y recursos con nosotros.

También queremos agradecer a todas las personas que han formado parte de este proceso, les estamos eternamente agradecidos. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este trabajo y en nuestras vidas.

Héctor Washco Guerrero & Paul Matute Pérez.

RESUMEN

La demanda química de oxígeno (DQO) nos indica la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica suspendida en un cuerpo de agua. El presente trabajo estudia la DQO en canales de ingreso de agua de camaroneras, en estanques de cultivo de camarón y en estuarios, de la estructura acuícola de la provincia de EL Oro Ecuador. Los datos de DQO se obtuvieron analizando las muestras de agua con el método del dicromato de potasio. Los datos resultantes fueron sometidos a un análisis comparativo entre diferentes áreas de la estructura del cultivo de camarón. Los resultados de este trabajo determinaron que el agua de canales de entrada para cultivo de camarón tuvo la mayor cantidad de materia orgánica con una concentración de DQO de 8,1 mg/l. El agua de los estanques camaroneros reportó una concentración de DQO de 4,12 mg/l. El agua de la zona estuarina reportó una concentración de DQO de 2,07 mg/l. Los resultados ayudan a comprender la dinámica de la calidad del agua en la estructura de cultivo de camarón de la Provincia de EL Oro, Ecuador.

Palabras claves:

Demanda química de oxígeno, materia orgánica, calidad de agua, esteros, estuarios y piscinas de cultivo

ABSTRACT

The chemical oxygen demand (COD) tells us the quantity of oxygen required to oxidize the suspended organic matter in a water body. The present work study the COD in inlet canals of the shrimp farming, in shrimp farming ponds and in estuaries of the aquaculture structure of the province of EL Oro Ecuador. The COD data was obtained analyzing the water samples with the potassium dichromate method. The resulting data was subjected to a comparative analysis between different areas of the shrimp farming structure. The results of this work determined that the inlet water canals of the shrimp farming had the greatest amount of organic matter with a COD concentration of 8.1 mg/l. The water in the shrimp ponds reported a COD concentration of 4.12 mg/l. The water from the estuarine zone reported a COD concentration of 2.07 mg/l. The results help to understand the water quality dynamic in the shrimp farming structure of the Province Of EL Oro, Ecuador.

Key words:

Chemical oxygen demand, organic matter, water quality, estuaries, estuaries and culture pools

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
Palabras claves:	IV
ABSTRACT	V
Key words:	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVO GENERAL	4
1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.6. VARIABLE INDEPENDIENTE	5
1.7. VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
2. MARCO TEORICO	6
2.1. Producción acuícola.....	6
2.2. Producción acuícola en ecuador	6
2.3. Agua en acuicultura	6
2.4. Parámetros del agua.....	7
2.5. Materia orgánica	7
2.6. Tipos de materia orgánica.....	7
2.7. Oxígeno disuelto.....	9
2.8. Interacción del oxígeno disuelto en los estanques.....	14
2.9. Demanda química de oxígeno	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Enfoque de investigación.....	21
3.2. Método de obtención de datos	21
3.3. Alcance de la investigación y diseño del monitoreo	22
3.4. Ubicación.....	22
3.5. Sitios de muestreo.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1. Resultados	24
4.1.1. Análisis comparativo de DQO durante el cultivo en piscinas de camarón de Santa Rosa (SR) y Jambelí (J)	24
4.1.2. Análisis comparativo de DQO en Región de estuarios.	27

4.1.3.	Análisis comparativo de DQO en esteros.....	29
4.1.4.	Análisis comparativo de DQO entre piscinas camaroneras, esteros y estuarios.....	31
4.2.	Discusión.....	32
4.2.1.	DQO en agua de esteros de la provincia de El Oro.....	33
4.2.2.	DQO en zonas de estuario de la provincia de El Oro.	34
4.2.3.	Variación de DQO durante el cultivo del camarón.....	34
4.2.4.	Comparación de los tres cuerpos de agua y consideraciones ambientales..	35
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
5.1.	Conclusión.....	37
5.2.	Recomendaciones.....	37
	BIBLIOGRAFÍA.....	38

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso de demanda química de oxígeno en una piscina acuícola.....	18
Ilustración 2. Área macro de estudio	23
Ilustración 3. Demanda química de oxígeno durante el cultivo de camarón.....	26
Ilustración 4. Prueba de Kruskal Wallis entre sitios.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del oxígeno disuelto en camarones.....	13
Tabla 2. Ubicación de los sitios de muestreo	22
Tabla 3. Sitios de muestreo de agua para DQO	23
Tabla 4. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk.....	24
Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	24
Tabla 6. Prueba de ANOVA para las piscinas de Santa Rosa y Jambelí	25
Tabla 7. Prueba de Scheffe para las piscinas de Santa Rosa y Jambelí	25
Tabla 8. Estadística descriptiva para estuarios	27
Tabla 9. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en región de estuarios.....	27
Tabla 10. Prueba de Friedman para la región de estuarios.....	28
Tabla 11. Comparaciones múltiples para la región de estuarios.	28
Tabla 12. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en esteros.....	29
Tabla 13. Prueba de Kruskal Wallis en esteros	30
Tabla 14. Comparaciones múltiples en esteros	30
Tabla 15. Estadísticos descriptivos para piscinas camaroneras, esteros y estuarios	31
Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en esteros de camaroneras.....	31
Tabla 17. Comparaciones múltiples entre piscinas, estuarios y esteros	32

1. INTRODUCCIÓN

Desde su inicio en 1970, el negocio del camarón de Ecuador ha crecido hasta convertirse en uno de los principales generadores de divisas del país, empleando directa e indirectamente a unas 180.000 personas. El camarón se mantiene como el rubro de exportación más importante del Ecuador después del petróleo, con ingresos anuales que superan los \$14 mil millones, lo que lo convierte en una de las industrias más exitosas (Boyd *et al.*, 2021).

La industria de producción de camarón se ha clasificado con cuatro tipos de cultivo: intensivo, semi-intensivo, extensivo y super intensivo, en Ecuador se trabaja en sistemas semi-intensivo con la especie *Litopenaeus vannamei*, conocida vulgarmente como camarón blanco, que requiere reposiciones diarias alrededor del 5 al 10% del agua de las piscinas de producción, siendo este el motivo principal el tipo de alimento utilizado en este cultivo, debido a que el alimento cargado de proteína se acumula en las piscinas, lo cual la perjudica (Lucien-brun, 2017).

Debido a este movimiento de agua, el resultado son efluentes con una carga alta de suplementos y residuos producidos por el stock justo, los cuales, al ser vertidos en cuerpos de agua de captación (océano, estuarios, esteros, piscinas de producción acuícola, etc.) sin tratamiento, se puede acelerar la eutrofización natural, debido a la presencia de estos residuos, contribuye al deterioro de la calidad del agua y aumenta la densidad de las poblaciones de fitoplancton que, al morir, se convierten consumidores de oxígeno (Veuthey & Gerber, 2012).

En la actualidad, la demanda química de oxígeno (DQO) se mide mediante el análisis de la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua. La DQO se puede relacionar experimentalmente con demanda biológica de oxígeno, carbono o orgánica para muestras de un origen específico. El enfoque funciona tanto para aguas

superficiales como para aguas residuales, por aquello se ha tomado en cuenta la efectividad de este método y el análisis de sus variaciones en un cultivo de camarón.

1.1.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El agua es uno de los recursos más utilizados en el mundo, y también es necesaria para la supervivencia de la vida en la tierra, su uso en actividades cotidianas o comerciales modifica sus propiedades fisicoquímicas, generando contaminación en este ambiente. La acuicultura es una actividad comercial popular y atractiva en todo el mundo, se están desarrollando dificultades de agua congruentes en el cultivo de camarones a nivel mundial; con el paso del tiempo, esta actividad ha crecido a pesar de que no es sostenible; el uso de insumos para realizar esta actividad lleva a que se altere el estado fisicoquímico del agua.

Se tomaron grandes extensiones de tierra para el desarrollo de piscinas camaroneras una vez que esta industria llegó al Ecuador en la década de 1970. Otro tema fue la influencia fisicoquímica o de deterioro del agua utilizada para abastecer las lagunas. En la provincia de El Oro respectivamente, el agua utilizada en cultivos de camarón puede cambiar en sus propiedades fisicoquímicas, al momento de utilizar fertilizantes, balanceados, desinfectantes u otros químicos en el proceso productivo.

El problema de la investigación se enfoca a la cantidad de materia o desechos orgánicos que se pueden encontrar en el agua que está relacionada con el nivel de contaminación del sistema (carga orgánica), esta es sensible a la oxidación se puede medir, este método se conoce como Demanda Química de Oxígeno (DQO). Gran parte de la problemática que abarca esta investigación es la falta de información tanto del proceso de obtención de este parámetro, como de su importancia.

1.2.JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, el 81,1% de cada 100 litros de agua se utilizan para la agricultura y la acuicultura, el 12,3% para uso residencial, el 6,3% para la industria y el 0,3% para otros fines. Durante 40 años, el negocio del camarón ha sido parte de la industria industrial del país. El cultivo de camarones ocupa alrededor de 210.000 hectáreas de tierra en todas las regiones costeras del país, lo que tiene un impacto ambiental significativo.

El artículo 411 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Estado velará por la conservación, recuperación y gestión integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico, y regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, particularmente en las fuentes y zonas de recarga. Las cuencas hidrológicas, los principales proveedores de servicios ambientales relacionados con el agua, son fundamentales para la supervivencia de los seres vivos, como resultado, la gestión de los recursos hídricos es fundamental para prevenir la degradación de los bienes y servicios ambientales.

La materia orgánica que se encuentra en estado de descomposición genera la mayor cantidad de inconvenientes en la calidad del agua de las piscinas acuícolas, esto incrementa tanto la demanda química de oxígeno como los metabolitos tóxicos entre ellos el amoníaco, en el agua.

1.3.OBJETIVO GENERAL

Evaluar la variabilidad de la demanda química de oxígeno del agua durante el proceso productivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), en sistemas de cultivo de camarón ubicados en la provincia de El Oro.

1.4.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la variabilidad de la demanda química de oxígeno del agua en piscinas acuícolas de cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), en la provincia del Oro.
- Determinar la variabilidad de DQO en esteros del sector camaronero en la provincia del Oro.
- Comparar la variabilidad de la demanda química de oxígeno del estanque con la de los estuarios en la provincia del Oro.

1.5.HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El proceso productivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) influye en las variaciones de la demanda química de oxígeno en el agua de los tanques de cultivo.

1.6.VARIABLE INDEPENDIENTE

Ubicación de las piscinas de cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

1.7.VARIABLE DEPENDIENTE

La demanda química de oxígeno del agua, de cada piscina de cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*).

2. MARCO TEORICO

2.1.Producción acuícola

La producción acuícola ha aumentado continuamente en todo el mundo, más del doble que en la década anterior. Las principales dificultades que deben abordarse en la acuicultura, según este grupo, son cuestiones de tecnología adecuada y recursos financieros, así como repercusiones ambientales y enfermedades (Sánchez Calle *et al.*, 2021).

2.2.Producción acuícola en Ecuador

El cultivo de camarón en Ecuador comenzó en 1968, año en que comenzó la industrialización, y se ha desarrollado favorablemente durante más de 55 años, a pesar de los problemas de producción causados por las plagas de crustáceos (Mora *et al.*, 2020).

La cría de camarones implica una serie de tareas, comenzando con la selección genética de los reproductores, seguida por la larvicultura en laboratorios especializados, la cría de camarones en cautiverio y la recolección y congelación para la venta. En términos económicos, la exportación de camarón ha sido un rubro significativo para el Ecuador durante las dos décadas anteriores, ocupando el primer lugar entre los rubros exportados (Claver Cortés *et al.*, 2017).

Inicialmente, el 85% del camarón exportado provenía de la pesca oceánica, mientras que el 15% procedía de la acuicultura. El camarón de cultivo representa actualmente entre el 90 y el 96 % del total de las exportaciones, en su mayoría del tipo conocido como “camarón blanco” (whiteshrimp), del cual Ecuador es uno de los principales productores desde hace varios años (Capelo *et al.*, 2021).

2.3.Agua en acuicultura

El uso del agua en la acuicultura es agua asociada con la cría de organismos que viven en el agua, como peces y mariscos, para alimentación, restauración, conservación o deporte. La

producción acuícola se lleva a cabo bajo procedimientos controlados de alimentación, saneamiento y cosecha, principalmente en estanques, canales de flujo continuo y, en menor medida, jaulas, corrales de red y tanques de recirculación cerrados (Gopalakrishnan & Jameson, 2020).

2.4. Parámetros del agua

La calidad del agua es un factor crítico cuando se cultiva cualquier organismo acuático, la calidad óptima del agua varía según la especie y debe controlarse para garantizar el crecimiento y la supervivencia. La calidad del agua en los sistemas de producción puede afectar significativamente la salud del organismo y los costos asociados a llevar un producto al mercado (Chen *et al.*, 2020).

Los parámetros de calidad del agua típicamente bajo observación en la industria de la acuicultura abarcan aspectos como la temperatura, la cantidad de oxígeno disuelto, el nivel de acidez (pH), la alcalinidad, la dureza, la presencia de amoníaco y nitritos. Además, según el tipo de cultivo utilizado, también se pueden llevar a cabo seguimientos de dióxido de carbono, cloruros y el nivel de salinidad del agua (Chen *et al.*, 2020).

Algunos parámetros, como la alcalinidad y la dureza, son bastante estables, pero otros, como el oxígeno disuelto y el pH, fluctúan diariamente, es importante establecer un protocolo estandarizado de análisis de la calidad del agua para su situación particular. Debe conocer el rango de tolerancia para su especie de cultivo, estableciendo niveles críticos y estar preparado para actuar si ocurre algún problema (Briones-Pérez *et al.*, 2017).

2.5. Materia orgánica

En el campo de la acuicultura, previamente se utilizaba la materia orgánica como abono al ser aplicada de manera directa en los estanques, incluyendo estiércol animal, vegetación y desechos agrícolas. Asimismo, se origina de manera natural a través del proceso de fotosíntesis

realizado por el fitoplancton y otras especies de plantas acuáticas. Cuando estas plantas llegan al final de su ciclo de vida, sus residuos se transforman en materia orgánica inerte (Perero et al, 2016).

Las fuentes de materia orgánica en los cuerpos de agua estuarinos de estanques pueden originarse a través de diversas vías, como los escurrimientos de ríos o la erosión de áreas agrícolas provocada por lluvias que entran en contacto con material vegetal. Estos materiales llegan posteriormente a los estuarios o canales de marea y son transportados mediante procesos de bombeo. Otras fuentes incluyen la introducción de desechos fecales, así como la muerte y descomposición de organismos acuáticos como el fitoplancton y el zooplancton. También se debe tener en cuenta los residuos o sobrantes de alimentos balanceados, que forman parte de lo que conocemos como detritus. Una porción de esta materia orgánica se depositará en el lecho del estanque, mientras que otra permanecerá suspendida en el agua (Dat et al., 2019).

La materia orgánica en el agua sirve como fuente de alimentación para numerosos organismos acuáticos de pequeño tamaño, y su descomposición es llevada a cabo por microorganismos como bacterias y hongos. Aunque una fracción reducida de esta materia orgánica es consumida por animales, bacterias y hongos, la mayoría se convierte en compuestos inorgánicos mediante la oxidación, principalmente dióxido de carbono y amoníaco. Aquella materia orgánica que permanece en suspensión en el agua es conocida como materia particulada, y en el caso de partículas lo suficientemente grandes, estas se asientan en el fondo (Pascual & Venegas, 2014).

La materia orgánica está compuesta por carbohidratos, proteínas y grasas que pueden ser descompuestas con facilidad, pero también incluye fibra y otros elementos que presentan mayor resistencia a la descomposición. La fracción de materia orgánica que se degrada fácilmente (conocida como fracción lábil) suele ser prácticamente consumida en su totalidad

por las bacterias durante el período de cultivo. Cuando los estanques son vaciados, una cantidad significativa de materia orgánica es eliminada del fondo junto con el agua de salida (Grand & Michel, 2020).

Si se deja un período de inactividad de dos o tres semanas entre cosechas en los estanques, se produce una adicional descomposición de la materia orgánica que se encuentra en el suelo de los mismos. La materia orgánica que queda y que se descompone a un ritmo más lento se conoce como materia orgánica refractaria. En los estanques de acuicultura, este tipo de materia orgánica rara vez genera complicaciones. Los problemas relacionados con la demanda de oxígeno y la calidad del agua en los estanques generalmente son causados principalmente por la materia orgánica reciente y lábil que se añade durante el proceso de cultivo (Drózd et al., 2020).

2.6. Tipos de materia orgánica

En la acuicultura, los estanques albergan una diversidad considerable de sustancias sólidas que se encuentran tanto disueltas como suspendidas en el agua. El agua es el componente líquido predominante de interés en este contexto, dado que actúa como el medio en el cual se disuelven o se mantienen en suspensión los solutos, que pueden ser tanto sólidos como gases. La medición de los gases presentes en el agua requiere un enfoque diferente en comparación con la evaluación de los sólidos, y es necesario abordarlos por separado (Peura et al., 2020).

Los sólidos, al igual que otros tipos de materia, están compuestos por una multitud de partículas. Las partículas más básicas incluyen protones, neutrones y electrones, que son las entidades más pequeñas que conforman un átomo. No obstante, en la práctica, el concepto de "partícula" se interpreta de manera más amplia, refiriéndose a una porción pequeña de algo, como una fracción de materia orgánica o un fragmento de suelo. Este término abarca, por

supuesto, átomos, iones, complejos iónicos y moléculas disueltas en agua, así como partículas minerales presentes en el suelo, bacterias vivas, plancton y fragmentos inanimados de materia orgánica en suspensión en el agua. Las partículas en suspensión en el agua descienden lentamente debido a su baja densidad y tamaño diminuto. La agitación del agua también contribuye a mantenerlas en estado de suspensión (Yang et al., 2021).

Las partículas disueltas son de menor tamaño en comparación con las partículas en suspensión y están compuestas principalmente por átomos, iones, complejos iónicos y moléculas. En el análisis de la calidad del agua, se consideran partículas como disueltas si tienen un tamaño menor de 2 micrómetros (mm), que equivale a 0,000002 metros. Para determinar esto, se emplea un filtro con una membrana de 2 mm, de manera que las partículas que atraviesan dicho filtro se clasifican como sólidos disueltos, mientras que las que quedan atrapadas en el filtro se consideran sólidos en suspensión (Brainard & Fairchild, 2012).

Se emplea un sistema de alta complejidad con el propósito de categorizar los componentes sólidos presentes en el agua. Los sólidos totales (TS) se determinan mediante la evaporación de un volumen específico de agua sin filtrar en una placa de pesaje, seguido por la medición del peso de los sólidos remanentes al concluir este proceso, generalmente expresado en miligramos por litro (mg/L). Los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos son considerados dentro de la categoría de los sólidos totales. Los discos utilizados para el análisis de TS y los residuos resultantes pueden ser sometidos a combustión en un horno para su posterior pesaje. Por otro lado, los sólidos volátiles totales (TVS), que comprenden tanto materiales orgánicos disueltos como particulados, representan la fracción de masa que se reduce durante este procedimiento; en contraste, la porción restante, conocida como sólidos fijos totales (SFT), está compuesta exclusivamente por material inorgánico (Boyd, 2018).

La determinación de la concentración de sólidos disueltos totales (TDS) se llevó a cabo mediante el paso de una cantidad previamente medida de agua a través de un filtro de 2 metros, seguido de la evaporación del filtrado en un recipiente limpio. Luego, se procedió a pesar el residuo resultante y a expresar el valor obtenido en miligramos por litro (mg/L). Posteriormente, se sometió el disco del filtro y los restos del recipiente a una incineración en un horno, seguida de su pesaje. Los sólidos inorgánicos disueltos totales (TDIS) o los sólidos fijos disueltos totales (TDFS) representan la cantidad residual, mientras que los sólidos volátiles disueltos totales (TDVS) corresponden a la masa disminuida durante el proceso. Adicionalmente, los sólidos suspendidos volátiles totales (TDVS) se definen como la diferencia entre los sólidos volátiles totales (TVS) y los sólidos volátiles disueltos totales (TDVS), mientras que los sólidos suspendidos totales (TSS) se definen como la diferencia entre los sólidos totales (TS) y los sólidos disueltos totales (TDS) en una muestra (Henares et al., 2020).

Dentro del ámbito de la gestión de la calidad del agua, resulta esencial prestar atención a la concentración de Sólidos en Suspensión Totales (TSS). El procedimiento empleado para la determinación de TSS implica el paso de una cantidad previamente medida de agua a través de un filtro con un tamaño de poro de 2 micrómetros (μm). Posteriormente, se procede a secar el filtro y determinar su masa resultante. Esta masa obtenida representa la concentración de TSS o materia particulada en el agua. Como alternativa, es posible incinerar el papel de filtro junto con los residuos en un horno, y la pérdida de peso resultante se corresponderá con la concentración de Sólidos Volátiles en Suspensión Totales (TSVS) o la concentración de materia orgánica particulada (Dat et al., 2019).

En el agua, las partículas suspendidas suelen sedimentarse con el tiempo. El tamaño, la densidad y la temperatura de las partículas, así como la temperatura del agua, son los determinantes clave de la rapidez con la que avanza este proceso de sedimentación. En particular, la densidad y viscosidad del líquido están significativamente influenciadas por la

temperatura del agua. En general, cuando la temperatura del agua aumenta, la densidad y la viscosidad del líquido disminuyen. Esto, a su vez, hace que la sedimentación de las partículas se produzca más rápidamente (Wang, 1990).

2.7.Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es un factor importante en la producción acuícola, el bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua puede causar la muerte de camarones, el oxígeno disuelto es el factor más crítico y limitante en el cultivo de camarón intensivo. El oxígeno penetra en el agua debido a la fotosíntesis realizada organismos fotosintéticos tales como: las plantas acuáticas, especialmente el fitoplancton, y a través de la difusión en la zona donde el aire y el agua se encuentran. La difusión se produce cuando la concentración de oxígeno en el agua está por debajo del nivel de saturación, y cuanto más bajo sea este nivel de oxígeno, más rápido será el proceso de difusión (Supriatna *et al.*, 2017).

En los estanques, la difusión de oxígeno se ve impulsada por factores como la acción del viento y las olas en la superficie del agua, así como por la introducción intencionada de aire. La concentración de oxígeno en el agua disminuye debido a la respiración de criaturas como los camarones, el plancton y otros organismos, además de la descomposición aeróbica de materia orgánica. A lo largo del día, se observan fluctuaciones en los niveles de oxígeno, siendo más bajos poco después del amanecer y aumentando gradualmente a medida que avanza el día. Esto se debe a que la producción fotosintética de oxígeno, que también se ve beneficiada por la mayor presencia de viento durante el día, alcanza su punto máximo hacia la tarde y luego disminuye nuevamente durante la noche (McGraw *et al.*, 2018).

Tabla 1. Efectos del oxígeno disuelto en camarones

Oxígeno disuelto (ppm)	Efectos en camarones
0.3	camarones mueren
1.0	Anoxia en camarones, los camarones pueden morir
2.0	Los camarones no pueden crecer
3.0	El camarón crece lentamente
4.0	El camarón crece normalmente.
5.0 - 7.0	El camarón crece y sana rápidamente

Fuente: (McGraw et al., 2018)

Elaboración: Los Autores

Por lo tanto, los mejores niveles de oxígeno disuelto para camarones son iguales o superiores a 5 ppm, la concentración de oxígeno disminuye dependiendo de la profundidad del agua. El oxígeno disuelto disminuye cuando la temperatura y la salinidad disminuyen (Cao *et al.*, 2021).

Durante el día, con la luz del sol, las algas y el plancton hacen la fotosíntesis y crean oxígeno disuelto en el agua, por la noche, en días sin luz solar o con tiempo nublado y lluvia, el agua no tendrá suficiente oxígeno disuelto para los camarones. En este momento, se debe aumentar el oxígeno disuelto utilizando un aireador de paletas, un soplador de aireación o cambiando una parte del agua (Supriatna *et al.*, 2017).

El uso excesivo de productos químicos para eliminar las algas o insecticidas que hacen que las plantas acuáticas mueran también puede provocar una escasez de oxígeno disuelto, algunos síntomas de los camarones cuando se carece de agua con oxígeno disuelto: Los

camarones se concentran cerca de la superficie del agua, bordes de estanques, cerca de la posición donde entra el agua; camarones letárgicos con frecuencia respiratoria fuerte, coma y posible muerte en camarones (Supriatna *et al.*, 2017).

En agua que es aire saturado, el aire disuelto invadirá el sistema circulatorio de los camarones y formará burbujas que impedirán el flujo sanguíneo de los camarones. Esto crea la "enfermedad de la burbuja de gas" que causa muertes en los camarones (McGraw *et al.*, 2018).

2.8. Interacción del oxígeno disuelto en los estanques

En entornos naturales, la cantidad de oxígeno disuelto (OD) experimentan fluctuaciones considerables en el transcurso del día y la noche debido a los cambios biológicos, químicos y físicos que tienen lugar en el medio acuático. Por lo general, durante el día, la concentración de oxígeno es mayor, mientras que disminuye durante la noche. Durante la noche, la falta de luz solar interrumpe la fotosíntesis realizada por las microalgas, lo que significa que dejan de producir oxígeno. Como resultado, los niveles de oxígeno en el agua pueden caer más drásticamente en las primeras horas de la mañana. A partir de la madrugada y durante el día, el proceso de fotosíntesis se reanuda gracias al fitoplancton, lo que provoca un aumento gradual en los niveles de OD, alcanzando su punto máximo por la tarde. En el contexto de la piscicultura tropical, se recomienda mantener una concentración de OD superior a 5 mg/L (Boyd & Hanson, 2010).

Es conocido como difusión de oxígeno al proceso en el que el oxígeno atmosférico (O₂) entra en contacto directo con el agua de un estanque. Principalmente, este proceso se debe a la acción mecánica que generan los vientos, los que provocan una mezcla que permite que el oxígeno (O₂) de la atmósfera pase al agua. La cantidad de O₂ en el agua del estanque varía en proporción inversa a su temperatura y salinidad. Por lo tanto, a medida que la temperatura y la

salinidad aumentan, la capacidad del agua para retener este gas disminuye, lo que generalmente resulta en una disminución de los niveles de oxígeno en el agua (Ali, 2012a).

El oxígeno en el agua del estanque se agota debido a la descomposición de materiales orgánicos durante la respiración de diversas formas de vida acuática, como macrovegetación, fito y zooplancton, así como bacterias. Un estudio realizado en estanques piscícolas a gran escala reveló que, en un estanque con abundante vegetación acuática, la mayor parte del consumo de oxígeno estaba relacionada principalmente con la respiración de la macrovegetación. En otro escenario, en un estanque con peces y una alta concentración de estiércol pero sin mucha vegetación, la población de fitoplancton disminuyó significativamente debido a la proliferación del zooplancton. En esta situación, el principal consumidor de oxígeno fue el zooplancton (Torres González *et al.*, 2016).

En contraste, en un estanque que alberga peces, la cantidad de zooplancton se redujo significativamente debido a la depredación de los peces, llegando a un nivel tan bajo que incluso la eliminación química del zooplancton remanente no tuvo un impacto apreciable en el consumo de oxígeno del estanque. En general, el consumo de oxígeno en el agua de estanques con peces tiende a variar entre diferentes estanques y condiciones (Smith & Piedrahita, 1988).

El oxígeno consumido en el lecho del estanque se relaciona con las necesidades para descomponer la materia orgánica que se acumula en el fondo y para mantener las funciones esenciales de los organismos bentónicos. Además, no podemos subestimar la absorción de oxígeno que ocurre en la zona donde el lodo y el agua se encuentran, dado que el nivel de oxígeno disuelto en la capa de agua directamente en contacto con el lodo es considerablemente inferior al de las capas superiores del agua (Mallya, 2007).

De acuerdo con ciertos estudios, la tasa de consumo de oxígeno en el lecho del estanque en un período de 24 horas oscila entre 1 y 3 gramos por metro cuadrado, considerando una

profundidad del agua de 1 metro. Esto significa que el consumo de oxígeno en el fondo del estanque durante un día varía entre 1 y 3 miligramos por litro. A lo largo de su evolución, las diversas especies de peces han desarrollado adaptaciones a diferentes condiciones de vida. En términos generales, las especies que habitan en corrientes de aguas rápidas y ricas en oxígeno, como los salmónidos, requieren cantidades significativas de oxígeno, y incluso una ligera disminución en los niveles de oxígeno disuelto puede resultar en pérdidas importantes. (Saman Wijsekara *et al.*, 2005).

Las especies que han evolucionado para adaptarse a aguas con movimiento lento o estancadas, como varios tipos de ciprínidos, tienen una menor demanda de oxígeno y pueden soportar períodos breves de escasez de oxígeno. También se ha observado que algunas especies de peces, especialmente en regiones tropicales, han desarrollado mecanismos para utilizar el oxígeno atmosférico a través de métodos como la respiración a través de la piel, la respiración intestinal, la vejiga natatoria o incluso mediante órganos respiratorios similares a los pulmones (Kunlasak *et al.*, 2013).

La cantidad de oxígeno consumido por los animales acuáticos se suele expresar en términos de miligramos por unidad de peso corporal y kilogramos por hora. En contraste, el consumo estándar de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno requerida por estos organismos cuando no están en movimiento ni se están alimentando, es decir, la cantidad necesaria para mantener sus funciones vitales. Este consumo estándar de oxígeno no está directamente ligado a la cantidad de oxígeno presente en el agua, pero está notablemente influenciado por la temperatura del agua. Por ejemplo, en la acuicultura práctica, se puede utilizar el concepto de consumo de oxígeno activo, que considera el oxígeno consumido durante la actividad de natación y la alimentación de los peces. (Ali, 2012b).

Hasta el momento, se ha realizado un escaso análisis del consumo de oxígeno activo por parte de los peces, principalmente debido a las complicaciones técnicas involucradas en su medición. Además, los datos disponibles no pueden ser contrastados adecuadamente debido a descripciones imprecisas o deficientes de las condiciones en las que se llevaron a cabo las mediciones (Ma & Ding, 2018).

El oxígeno consumido de manera activa por parte de los animales de cultivo está estrechamente relacionado con la saturación de oxígeno en el agua. Algunos investigadores sugieren que los organismos acuáticos pueden detectar una disminución en el nivel de oxígeno disuelto en el agua antes de que afecte su capacidad de respirar. Por lo tanto, buscan activamente agua con un mayor contenido de oxígeno. Si esta búsqueda no tiene éxito y los niveles de oxígeno disuelto en el agua continúan disminuyendo, los animales aumentan su actividad respiratoria tanto como les sea posible para suministrar oxígeno a los músculos respiratorios. (Hargreaves & Tucker, 2002).

Hay un punto en el que la carencia de oxígeno impide cualquier incremento en la actividad respiratoria. Aunque ciertos organismos acuáticos pueden tolerar estas condiciones hasta cierto grado, si los niveles de oxígeno disuelto continúan disminuyendo, el ritmo cardíaco de estos organismos desciende y eventualmente mueren, dependiendo de su resistencia intrínseca. La "concentración letal de oxígeno" se refiere al nivel de oxígeno disuelto que una especie de pez específica no puede soportar durante un periodo de tiempo concreto. (Hargreaves & Tucker, 2002).

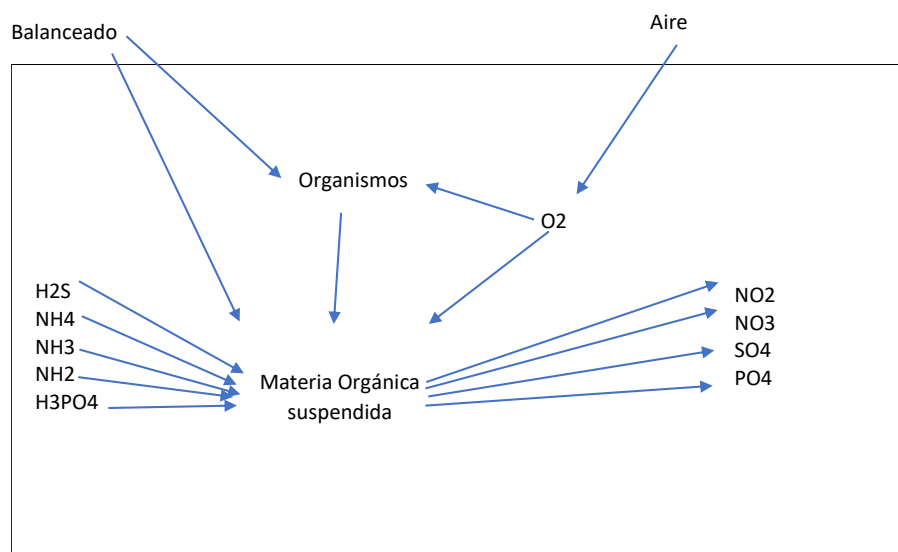
2.9.Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) representa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica contenida en una muestra de agua, bajo condiciones específicas que involucran un agente oxidante determinado, una temperatura particular y un período de

tiempo definido. La DQO se puede relacionar experimentalmente con la DQO, el contenido de carbono orgánico o la cantidad de materia orgánica presente en muestras procedentes de una fuente particular. Este enfoque es aplicable tanto a aguas superficiales como a aguas residuales. (Zhang et al., 2020).

Los nitratos y nitritos son iones naturales que forman parte del ciclo del nitrógeno, según Sánchez y Ching (2010). Los niveles de nitrato en las aguas superficiales y subterráneas suelen ser de unos pocos miligramos por litro. La materia fecal reciente es uno de los signos que pueden indicar la presencia de nitritos en el agua; en aguas superficiales bien oxigenadas, el nivel de nitritos normalmente no supera los 0,1 mg/l (Kishi *et al.*, 2018).

Ilustración 1. Proceso de demanda química de oxígeno en una piscina acuícola



Elaborado: Los autores

La DQO, refleja la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar completamente la materia orgánica presente en una muestra, y siempre será mayor que la DQO. Por lo general, la concentración de DQO representa aproximadamente un 65 por ciento de la concentración de DQO. (Gong *et al.*, 2012).

El proceso de cálculo de la DQO se puede adaptar para calcular la cantidad equivalente de carbono orgánico que consume el permanganato de potasio durante la prueba. Esta variante

del método de DQO modificado posibilita la medición de la concentración global de carbono orgánico, tanto en forma disuelta como suspendida, en una muestra. Mediante la utilización de la filtración por membrana, es factible eliminar las partículas de carbono orgánico de una parte de la muestra, y la diferencia entre el contenido de carbono orgánico en la porción no filtrada y la filtrada permite calcular las concentraciones de materia orgánica en ambas formas. Por lo general, multiplicar la concentración de carbono orgánico por un factor de 1,8 a 2,0 proporciona una estimación adecuada de la cantidad de materia orgánica disuelta y suspendida. (Deka, 2015).

Una elevada presencia de iones de cloruro puede afectar la precisión de la medición de DQO, ya que el dicromato de potasio tiende a oxidar parte de los iones de cloruro, convirtiéndolos en cloro. Esto provoca que los valores de DQO sean incorrectamente elevados. Aunque hay un método para mitigar este efecto, su eficacia es limitada. (Gong *et al.*, 2012).

Según Lien & Giao, (2020), se encontró que los niveles de DQO en el agua del estanque estaban disminuyendo. El contenido de DQO fue de 8,64 mg/L al inicio del cultivo, pero descendió a 7,8 mg/L al tercer mes, mientras que Smith *et al.* (1988) recomienda que las concentraciones de DQO en los estanques de camarón se mantengan en 20 ppm (20 mg/L). Cuando el contenido de DQO estuvo entre 6 y 20 mg/L, el agua en el estanque de camarones se designó como limpia (Be, 1995).

La DQO representa la cantidad de oxígeno equivalente al dicromato de potasio consumido durante la oxidación completa de la materia orgánica en una muestra de agua que ha sido acidificada y sometida a dos horas de ebullición en un dispositivo de reflujo para evitar la evaporación del agua. La DQO es un método más ágil para evaluar la demanda de oxígeno en una muestra. (Nagaraju *et al.*, 2022).

En un estudio según Lien & Giao, (2020), el contenido de DQO varió entre 3,04 y 3,28 mg/L, y el segundo intervalo de muestreo produjo lecturas más bajas que el primero. Un estanque de acuicultura típico tiene un valor de DQO de 5-20 mg/L; mayor DQO significa materia orgánica más rica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Enfoque de investigación

La presente investigación se realizó con un enfoque cuantitativo ya que se recogieron valores de la DQO en diferentes sitios de estudio (esteros, estuarios y camaroneras) en la provincia EL ORO, para realizar un análisis comparativo de las variaciones de DQO. Acorde a Jimenez (2020), la investigación cuantitativa se utiliza con el fin de recolectar información numérica la cual permite analizar datos, con el fin de obtener e identificar tendencias, relaciones a partir de una muestra o porción de la población representativa.

3.2. Método de obtención de datos

Los datos de la presente investigación fueron obtenidos de la base de investigaciones y monitoreos de calidad de agua realizados por el Dr. Colon Velásquez a través del programa de acuicultura del centro de investigaciones agropecuarias de la facultad de ciencias agropecuarias.

El DQO de la base de datos fue determinado utilizando dicromato potásico, cuya composición química es $K_2Cr_2O_7$, con sulfato de plata de composición química Ag_2SO_4 , como catalizador y sulfato mercurico ($HgSO_4$) con el fin de eliminar las interferencias de los cloruros. La forma en la que trabaja el dicromato es oxidando la materia inorgánica pertenecientes a las muestras y a su vez es reducido de Cr^{+6} a Cr^{+3} . Para este método se utiliza una temperatura de $150\text{ }^{\circ}C$ a reflujo por 2 horas. Luego de realizado el proceso digestivo el excedente de dicromato de potasio titula con sal de Mohr en la cual se utiliza la ferroína como agente indicador. El resultado cambia de color verde a rojo. Este procedimiento es conocido como el método de dicromato de potasio (American Public Health Association, & American Water Works Association., 1995).

3.3. Alcance de la investigación y diseño del monitoreo

Para este trabajo de investigación se usan datos del monitoreo de DQO de esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón. Los valores de DQO obtenidos surgen de investigaciones del Dr. Velasquez con el programa de acuicultura del centro de investigaciones agropecuarios. El alcance de la investigación es exploratorio ya que el análisis de la información permite generar una explicación de los valores de DQO registrados, interpretando acorde a las condiciones geográficas de estudio.

3.4. Ubicación

Los datos para el presente estudio provienen del monitoreo de varias localidades de la provincia de El Oro. En la Figura 2, se muestra las ubicaciones de los distintos sitios donde se realizaron los muestreos.

3.5. Sitios de muestreo

Los muestreos se realizaron en 25 ubicaciones distribuidas en tres zonas de estudio que se describen a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Ubicación de los sitios de muestreo

ESTEROS					ESTUARIOS		
1	Bajo alto	8	Pto phitaya	15	Can Jambelí	21	Huayla
2	Guarumal	9	Hualtaco	16	Jambelí	22	Santa Rosa
3	Pto Jeli	10	La aguada	17	Casitas	23	Bravito
4	Pto Pilo	11	Jumon pith	18	Payana	PISCINAS DE CULTIVO	
5	Primavera	12	La puntilla	19	Pongalillo	24	Santa rosa
6	El coco	13	Pagua	20	Pongal	25	Bravito y Jambelí
7	Pto grande	14	Parlamento				

Ilustración 2. Área macro de estudio



Tabla 3. Sitios de muestreo de agua para DQO

Esteros	Ubicación
Esteros camaronera	Bajo Alto
Esteros camaronera	Can. Jamb
Esteros camaronera	Casitas
Esteros camaronera	El Coco
Esteros camaronera	Guarumal
Esteros camaronera	Hualtaco
Esteros camaronera	Jambelí
Esteros camaronera	Jumón-Pith
Esteros camaronera	La Aguada
Esteros camaronera	La Puntilla
Esteros camaronera	Pagua
Esteros camaronera	Parlamento
Esteros camaronera	Payana
Esteros camaronera	Pogalillo
Esteros camaronera	Pongal
Esteros camaronera	Primavera
Esteros camaronera	Puerto Jeli
Esteros camaronera	Puerto Grande
Esteros camaronera	Puerto Phitaya
Esteros camaronera	Puerto Pilo
Estuarios	Ubicación
Región de estuario	Huayla 1
Región de estuario	Huayla 3
Región de estuario	Santa Rosa 1
Región de estuario	Santa Rosa 2
Región de estuario	Santa Rosa 3
Región de estuario	Bravito
Piscinas de cultivo	Ubicación
Estanque 1	Santa Rosa
Estanque 2	Santa Rosa
Estanque 3	Santa Rosa
Estanque 1	Jambelí
Estanque 2	Jambelí
Estanque 3	Jambelí

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.Resultados

4.1.1. Análisis comparativo de DQO durante el cultivo en piscinas de camarón de Santa Rosa (SR) y Jambelí (J).

Prueba de normalidad de los datos

De acuerdo a la Tabla 4, y acogiéndose a la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal cuando el valor de significancia (sig) es mayor a 0.05, los resultados para el supuesto de normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilk, reflejan que, los datos de DQO recolectados de las piscinas de ambas localidades (Santa Rosa [SR] y Jambelí [J]) siguen una distribución normal ($p \geq 0,05$) excepto la piscina 1 (P1J) y 3 (P3J) de Jambelí.

Tabla 4. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

DQO	Piscina	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	P1J	,877	16	,035
	P1SR	,981	18	,962
	P2J	,965	18	,702
	P2SR	,934	18	,228
	P3J	,851	18	,009
	P3SR	,985	14	,993

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			Sig.
		Levene	gl1	gl2	
DQO	Se basa en la media	6,372	5	96	,000
	Se basa en la mediana	6,289	5	96	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	6,289	5	58,109	,000
	Se basa en la media recortada	6,353	5	96	,000

Nota. *. Se muestra la prueba de homogeneidad de varianzas basados en la media aritmética y mediana de los datos de las piscinas.

Acorde a la Tabla 5, se puede observar que en base a la media aritmética y las medianas de los datos de DQO de las piscinas, el valor de significancia (sig) es menor a 0,05, por lo cual se determina que las varianzas de los datos son diferentes por lo cual los grupos (sitios de estudio) no son homogéneos.

Tabla 6. Prueba de ANOVA para las piscinas de Santa Rosa y Jambelí

DQO	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	430,249	5	86,050	22,633	,000
Dentro de grupos	364,988	96	3,802		
Total	795,237	101			

Nota. Se visualiza la prueba de ANOVA para DQO entre y dentro de grupos de piscinas de Santa Rosa y Jambelí.

Se puede evidenciar mediante la prueba de ANOVA que el estadístico (sig) es menor a 0,05 por lo cual se determina que al menos una de las medias de los grupos de piscinas es diferente. Para determinar qué grupo de piscinas difieren en sus valores de DQO se aplicó la prueba post hoc de Scheffe dado que el tamaño de la muestra entre piscinas no es igual.

Tabla 7. Prueba de Scheffe para las piscinas de Santa Rosa y Jambelí

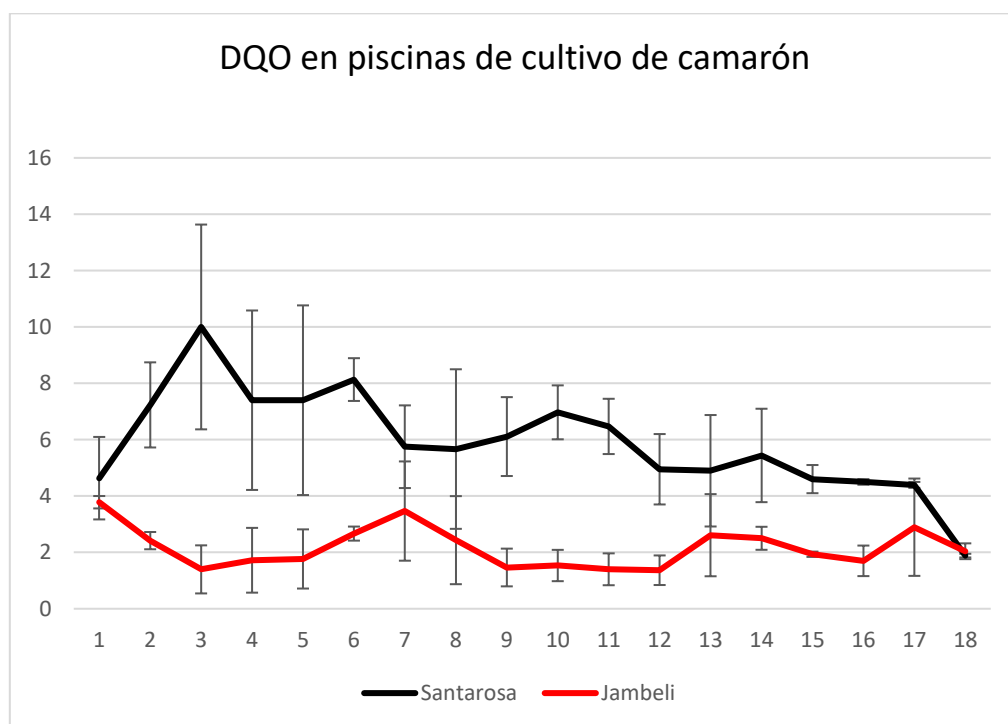
(I) Piscina	(J) Piscina	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite Inferior	Límite superior
P1SR	P2SR	-,65833	,64995	,960	-2,8668	1,5502
	P3SR	-1,33833	,69483	,594	-3,6993	1,0227
	P1J	4,09417*	,66996	,000	1,8177	6,3706
	P2J	3,44056*	,64995	,000	1,2321	5,6491
	P3J	2,52167*	,64995	,014	,3132	4,7302
P2SR	P1SR	,65833	,64995	,960	-1,5502	2,8668
	P3SR	-,68000	,69483	,965	-3,0410	1,6810
	P1J	4,75250*	,66996	,000	2,4760	7,0290
	P2J	4,09889*	,64995	,000	1,8904	6,3074
	P3J	3,18000*	,64995	,001	,9715	5,3885
P3SR	P1SR	1,33833	,69483	,594	-1,0227	3,6993
	P2SR	,68000	,69483	,965	-1,6810	3,0410
	P1J	5,43250*	,71358	,000	3,0078	7,8572
	P2J	4,77889*	,69483	,000	2,4179	7,1399
	P3J	3,86000*	,69483	,000	1,4990	6,2210
P1J	P1SR	-4,09417*	,66996	,000	-6,3706	-1,8177
	P2SR	-4,75250*	,66996	,000	-7,0290	-2,4760
	P3SR	-5,43250*	,71358	,000	-7,8572	-3,0078
	P2J	-,65361	,66996	,966	-2,9301	1,6229
	P3J	-1,57250	,66996	,365	-3,8490	,7040

P2J	P1SR	-3,44056*	,64995	,000	-5,6491	-1,2321
	P2SR	-4,09889*	,64995	,000	-6,3074	-1,8904
	P3SR	-4,77889*	,69483	,000	-7,1399	-2,4179
	P1J	,65361	,66996	,966	-1,6229	2,9301
	P3J	-,91889	,64995	,848	-3,1274	1,2896
P3J	P1SR	-2,52167*	,64995	,014	-4,7302	-,3132
	P2SR	-3,18000*	,64995	,001	-5,3885	-,9715
	P3SR	-3,86000*	,69483	,000	-6,2210	-1,4990
	P1J	1,57250	,66996	,365	-,7040	3,8490
	P2J	-,91889	,64995	,848	-1,2896	3,1274

Nota. *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Se puede evidenciar que los grupos de piscinas de Santa Rosa con las de Jambelí presentan diferencias significativas en sus valores de DQO, sin embargo, dentro de las piscinas de una misma localidad no presentan diferencias.

Ilustración 3. Demanda química de oxígeno durante el cultivo de camarón



Podemos observar en la Figura 3 que ambas localidades empiezan con una concentración similar de DQO y conforme avanzan las semanas se distancia una de la otra. La concentración promedio de DQO de las piscinas de producción de camarón en Santa rosa incrementa a lo largo del cultivo, mientras que las de Jambelí disminuyen, esto debido a distintas formas de manejo de las piscinas. Al finalizar el proceso de cultivo se puede observar

que ambas localidades adquieren una concentración de DQO similar nuevamente, siendo estas menores que al inicio.

4.1.2. Análisis comparativo de DQO en Región de estuarios.

Prueba de normalidad de los datos

Tabla 8. Estadística descriptiva para estuarios

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínim o	Máxim o	Media	Desv. Desviación	Varian za
Huayla 1	35	,30	4,30	1,8223	1,31930	1,741
Huayla 3	36	,30	10,30	4,4286	2,68017	7,183
Sta Rosa 1	34	,30	6,80	2,2465	1,83605	3,371
Sta Rosa 2	34	,03	4,20	1,6456	1,18240	1,398
Sta Rosa 3	33	,30	4,25	1,3021	1,12089	1,256
Bravito	23	,10	3,92	,9904	1,17804	1,388
N válido (por lista)	22					

En la tabla 7 se realiza un estadístico descriptivo, para la región de estuarios

De acuerdo a la Tabla 8, los resultados para el supuesto de normalidad de los datos de DQO de los puntos de la región de estuarios reflejan que no siguen una distribución normal excepto la de Huayla 3.

Tabla 9. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en región de estuarios

DQO	PISCINA	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	Bravito	,667	23	,000
	HUAYLA 1	,900	35	,004
	HUAYLA 3	,970	36	,415
	S. ROSA1	,888	34	,002
	S. ROSA2	,928	34	,027
	S. ROSA3	,836	33	,000

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

Al no tener una distribución normal se aplicó la prueba de Friedman para muestras relacionadas como alternativa a ANOVA a fin de comparar las medianas y evaluar el estadístico de prueba (sig).

Tabla 10. Prueba de Friedman para la región de estuarios

Rango promedio		Estadísticos de prueba	
Huayla 3	5,64	N	22
Huayla 1	3,36	Chi-cuadrado	49,297
Sta. Rosa 1	3,95	gl	5
Sta. Rosa 2	3,09	Sig. Asintótica	,000
Sta. Rosa 3	2,84		
Bravito	2,11		

Nota. Se visualiza los rangos promedio de cada punto y los estadísticos de prueba

Se puede evidenciar mediante la prueba de Friedman, que el estadístico (sig) es menor a 0,05 por lo cual se determina que los valores de DQO de al menos un grupo de estuarios son diferentes. Para determinar qué grupo de estuarios difieren en sus valores de DQO se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Friedman.

Tabla 11. Comparaciones múltiples para la región de estuarios.

Grupos	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig	Sig ajustado
Bravito-Sta Rosa 1	1,841	0,564	3,264	0,001	0,017
Bravito-Huayla 3	3,523	0,564	6,245	0,000	0,000
Sta Rosa 3-Huayla 3	2,795	0,564	4,956	0,000	0,000
Sta Rosa 2-Huayla 3	2,545	0,564	4,513	0,000	0,000
Huayla 1-Huayla 3	2,273	0,564	4,029	0,000	0,001
Sta. Rosa 1-Huayla 3	1,682	0,564	2,982	0,003	0,043

Nota. Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y 2 son las mismas. Se muestran las significaciones (sig) asintóticas a un nivel de significancia de 0,05.

Se puede evidenciar en la tabla 11, que los estuarios entre Bravito y Santa Rosa 1; Bravito y Huayla 3; Santa Rosa 3 y Huayla 3; Santa Rosa 2 y Huayla 3; Huayla 1 y Huayla 3; y Santa Rosa 1 y Huayla 3, presentan diferencias significativas en sus valores de DQO.

4.1.3. Análisis comparativo de DQO en esteros

Prueba de normalidad de los datos

De acuerdo a la Tabla 12, los resultados para el supuesto de normalidad para los datos de los esteros por medio de la prueba de Shapiro Wilk, reflejan que todas las piscinas siguen una distribución normal excepto Jambelí y Jumón-Pith. Dado el bajo tamaño muestral de datos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis como alternativa a ANOVA para comparar las medianas de los datos.

Tabla 12. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en esteros

		Estadístico	gl	Sig.
DQO	Bajo Alto	,983	2	,747
	Can. Jam			
	Casitas			
	Guarumal	,812	2	,144
	Hualtaco	,790	2	,091
	Jambelí	,552	4	,000
	Jumón-Pith	,765	2	,034
	La Puntilla			
	Pagua			
	Parlamento			
	Pongal			
	Primavera	,788	3	,083
	Pto Grande			
	Pto Pilo	,909	2	,414

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

Al no tener una distribución normal se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para muestras relacionadas como alternativa a ANOVA a fin de comparar las medianas y evaluar el estadístico de prueba (sig).

Tabla 13. Prueba de Kruskal Wallis en esteros

DQO	Rangos		Rango promedio
	Numero	N	
	Bajo Alto	3	26,50
	Guarumal	3	38,00
	Pto.Jeli	3	20,83
	Pto.Pilo	3	34,50
	Primavera	4	43,00
	El Coco	1	31,50
	PtoGrande	2	41,50
	Pto.Phit	1	47,00
	Hualtaco	3	27,17
	Aguada	1	36,00
	Jumón	3	21,50
	Puntilla	2	18,50
	Pagua	3	27,67
	Parlamento	2	19,75
	Canal de.Jam	2	5,00
	Jambeli	5	6,10
	Pongal	2	5,00
	Casitas	1	15,00
	Payana	2	8,75
	Pogalill	1	10,50
	Total	47	

Nota. Se visualiza los rangos promedio de cada estero

Estadísticos de prueba	
	DQO
H de Kruskal-Wallis	41,328
G1	19
Sig. Asintótica	,002

Nota. Se visualiza los estadísticos de prueba

Se puede evidenciar mediante la prueba de Kruskal Wallis, que el estadístico (sig) es de 0,02, menor a 0,05 por lo cual se determina que los valores de DQO de al menos un grupo de esteros son diferentes. Para determinar qué grupo de esteros difieren en sus valores de DQO se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Friedman y se visualiza en la tabla 14.

Tabla 14. Comparaciones múltiples en esteros

Grupos	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig	Sig ajustado
Jambelí-Primavera	-36,900	9,165	-4,026	0,000	0,013

Nota. Se visualiza que el grupo de Jambelí y Primavera difieren significativamente en sus valores de DQO.

La muestra de Jambelí con la Primavera difieren estadísticamente en los valores recogidos de DQO, mientras que en las demás piscinas no existen diferencias significativas.

4.1.4. Análisis comparativo de DQO entre piscinas camaroneras, esteros y estuarios

Tabla 15. Estadísticos descriptivos para piscinas camaroneras, esteros y estuarios

ESTEROS			PISCINAS CAMARONERAS			ESTUARIOS		
Estadísticos			Estadísticos			Estadísticos		
MEDIA			MEDIA			MEDIA		
N	Válido	47	N	Válido	6	N	Válido	6
	Perdidos	0		Perdidos	53		Perdidos	43
Media		8,1265	Media		4,123383	Media		2,072583
Error estándar de la media		0,94549	Error estándar de la media		0,9373114	Error estándar de la media		0,5030170
Mediana		7,8000	Mediana		4,205850	Mediana		1,733950
Desv. Desviación		6,48196	Desv. Desviación		2,2959347	Desv. Desviación		1,2321350
Mínimo		1,10	Mínimo		1,3725	Mínimo		0,9904
Máximo		22,97	Máximo		6,8050	Máximo		4,4286

Nota. Se visualiza la media, mediana, desviación, mínimo y máximo de esteros, piscinas camaroneras y estuarios.

De acuerdo a la Tabla 16, los valores de DQO para las piscinas camaroneras, esteros y estuarios no siguen una distribución normal de acuerdo a la prueba de Shapiro Wilk.

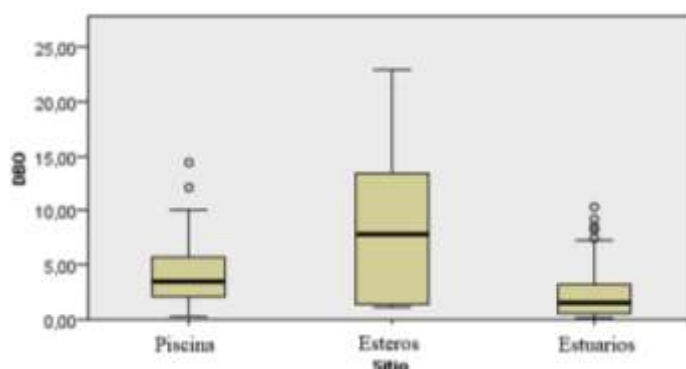
Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk en esteros de camaroneras

		Estadístico	gl	Sig.
DQO	Piscinas	,129	96	,000*
	Esteros	,172	46	,001*
	Estuarios	,168	155	,000*

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis como alternativa a ANOVA para comparar las medianas de los datos y se puede visualizar en la Figura 4.

Ilustración 4. Prueba de Kruskal Wallis entre sitios



Nota. Se visualiza las medianas de los valores de DQO de los tres grupos (Piscinas, Esteros y Estuarios)

Mediante la prueba de Kruskal Wallis se evidenció que el estadístico (sig) es de 0,000, por lo cual se determina que los valores de DQO de al menos un grupo de piscinas son diferentes. Para determinar qué sitios difieren en sus valores de DQO se aplicó la prueba de Friedman de comparaciones múltiples y se visualiza en la tabla 16.

Tabla 17. Comparaciones múltiples entre piscinas, estuarios y esteros

Grupos	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig	Sig ajustado
Estuarios y Piscinas	73,257	12,135	6,037	0,000	0,000
Estuarios y Esteros	109,761	16,137	6,802	0,000	0,000

Nota. Se visualiza que el grupo de piscinas Jambelí y primavera difieren significativamente en sus valores de DQO.

Los estuarios de la región difieren significativamente en sus valores de DQO con el grupo de piscinas de Santa Rosa y Jambelí. También se evidencia que los valores de DQO difieren significativamente entre los estuarios con los esteros.

4.2.Discusión

El presente trabajo realizo un análisis comparativo de la DQO en el agua de esteros, estuarios y camaroneras de diferentes zonas de la provincia de El Oro. En total se cuantifican 28 ubicaciones que comprenden 20 zonas de esteros, 6 zonas de estuario y 2 dos zonas de camaroneras. En cada zona de camaroneras constan 3 piscinas de cultivo de camarón.

La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno que se necesita con el fin de oxidar la materia orgánica perteneciente a una muestra de agua en condiciones específicas como las de agente oxidante, tiempo y temperatura (Menéndez *et al.*, 2018). Para muestras de un origen particular, la DQO se puede relacionar empíricamente tanto con la demanda biológica de oxígeno (DBO), la materia orgánica o con el carbono orgánico (Kovo *et al.*, 2023).

4.2.1. DQO en agua de esteros de la provincia de El Oro

Aunque hay escasez de literatura sobre los sistemas camaroneros en el Ecuador, la DQO de efluentes estimada o la tasa de intercambio de agua anticipada pueden tener un impacto significativo económico, ecológico y ambiental en el diseño y la concesión de licencias a las granjas camaroneras (Olivas Rivas, 2018). Estos efectos incluyen la densidad de producción en las piscinas y los factores económicos asociados relacionados con las economías de escala, así como los costos iniciales y continuos de bombas y aireadores (Florentina, 2022). Con menos intercambio de agua y/o menor densidad de población, el peso total de nutrientes, sólidos y DQO agregado al agua receptora tenderá a disminuir, por lo que los criadores de camarones tendrán una forma práctica de disminuir inmediatamente los efectos de sus efluentes en las aguas receptoras (Marcillo-Caguasango *et al.*, 2021).

De acuerdo con Díaz *et al.* (2018), la DQO en aguas superficiales en el estero ubicado en Perú en la ciudad de Chota, no debe ser superior a 50 mg/l porque a mayor DQO se reducen los niveles de oxígeno disuelto, lo que puede impactar negativamente la flora y fauna acuática (López *et al.*, 2020). En el presente estudio, los valores de DQO no sobrepasaron este valor crítico en ninguna de las zonas de muestreo, siendo el mayor registrado en el estero de Puerto Phitaya con 23 mg/l y “Primavera” con 21 mg/l en la zona de los esteros camaroneros. Por lo cual los niveles de DQO están dentro del rango normal que no afecta la biodiversidad acuática.

Los esteros de la Provincia de el Oro, tienen la característica de ser estructuras internas de agua, que reciben descargas de otras actividades humanas como la de agricultura, acuicultura

y desechos humanos. Por tanto, es necesario considerar que a pesar de tales condiciones no hay afectación total, posiblemente por el recambio de agua diario como producto de la dinámica intermareal. Por ejemplo, los esteros ubicados en la zona continental tuvieron mayor DQO con una concentración de 10.79 mg/l a diferencia de los esteros que están en la región insular que tuvieron una DQO de 1.18 mg/l, aspecto que corrobora lo anteriormente explicado en relación a la descarga de otras actividades humanas.

4.2.2. DQO en zonas de estuario de la provincia de El Oro.

En la base al análisis estadístico de los datos tomados de las zonas estuarinas, podemos interpretar que el DQO de ninguno de los puntos tiene relación, independientemente si estos pertenecen a la misma zona, como ejemplo tenemos las variaciones de Huayla 3 en el que el mínimo es 0,3 mg/l y el máximo 10,3 mg/l y el promedio es 4.43 mg/l. Se puede suponer que esto es debido a que el DQO de cada punto varía en base a sus características físicas, químicas y biológicas.

Si comparamos los valores de DQO de esteros con el de estuarios, los cuales son 8,12 mg/L y 2,07 mg/L respectivamente, podemos interpretar que la región estuarina es más limpia que la de los esteros.

4.2.3. Variación de DQO durante el cultivo del camarón

Estudios y monitoreos ambientales han demostrado que el agua utilizada para las actividades camaroneras sufre cambios o variabilidad en sus características fisicoquímicas (Sappati et al., 2019). Un caso es de la camaronera Ostratek, Ecuador, que en su estudio de impacto ambiental recolectó muestras de DQO en el afluente y efluente con valores de 0,9 y 1140 mg/l respectivamente (Cedeño y Vera, 2019).

En el caso del presente estudio, los valores de DQO fueron bajos (en promedio 4,12 mg/l, n=6 piscinas) y están dentro del máximo permitido según la legislación ambiental ecuatoriana (AGUA DULCE O DE MAR) (50 mg/l). Estos valores pueden obedecer al área del

estanque o piscina, volumen de agua, densidad poblacional del camarón y la biomasa fitoplanctónicas (Zhang *et al.*, 2022).

Sin embargo, el DQO de la piscina 1 de la camaronera de Santa Rosa aumento gradualmente desde la primera semana hasta la octava semana (3,7 mg/l a 8,5 mg/l respectivamente) en piscinas de la localidad de Santa Rosa se mantuvieron variaciones, pero en la localidad de Jambelí se mantuvieron estables. Trujillo-Rogel (2022), sugiere que altos valores de DQO y altos niveles de oxígeno disuelto pueden estar relacionados con un aumento aparente en la producción de fitoplancton.

Se enfatiza que la cantidad total de nutrientes, sólidos y demanda de oxígeno en el agua descargada aumenta significativamente en estanques con muy poco recambio regular de agua debido al drenaje. Por lo que la descarga total de nutrientes, sólidos y demanda de oxígeno de estanques con intercambio de agua de rutina y dilución continua, solo se ve mínimamente afectada al incluir el drenaje del estanque (Villarreal, 2022).

Los sistemas de cultivo tradicionales como los que han sido reflejados en este trabajo, tienen la característica de recibir alimento balanceado para la alimentación de los camarones. Por esta razón se notó un aumento de la DQO en el agua, lo cual indica que a medida que transcurre el cultivo la carga orgánica aumenta. Sin embargo, es también apreciable que tiende a cambiar posiblemente por el manejo y los recambios de agua diarios que corrientemente realiza el sector camaronero.

4.2.4. Comparación de los tres cuerpos de agua y consideraciones ambientales

Se realizó una prueba estadística entre las zonas de esteros, estuarios y camaroneras en las cuales se puede interpretar que no existe una distribución normal entre las distintas zonas. En una comparación ambiental de cada zona podemos apreciar que la zona que tiene mayor DQO es la zona de esteros con 8,1 mg/l seguido de la zona de piscinas camaroneras con 4,12 mg/l y la zona con menor DQO es la zona de estuarios con 2,07 mg/l. Por lo cual podemos

interpretar que la zona con mejor calidad de agua es la zona de estuarios y la peor es la de esteros, debido a que los esteros están cargados de desechos de residuos domésticos, las piscinas camaroneras se encuentran a la mitad debido al manejo de agua que se encuentra en estas y finalmente el estuario es el más limpio debido a que es el agua más alejado de la contaminación humana.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

Los análisis de DQO realizados en esteros, piscinas y estuarios, explican claramente que los esteros de la zona continental de la provincia de El oro tienen una significativa carga de materia orgánica cuyas aguas al ingresar a la estructura camaronera establecidas en toda la franja litoral al ser tratadas con sustancias química, microorganismos y a través de los procesos bilógicos del camarón cultivado, reducen la carga orgánica. A pesar de ello la carga orgánica es todavía considerable puesto que los estuarios tienen una carga 50% inferior al de las camaroneras, constituyéndose los cuerpos de aguas que se encuentra mejores en condiciones naturales de la región sur.

La DQO para el cultivo del camarón es de significativa importancia y los resultados de la investigación indican que el agua que ingresa en piscinas camaroneras tiene mayor DQO en comparación con el agua de los efluentes el cual tiene menor DQO.

5.2. Recomendaciones

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede determinar que los cuerpos de agua provenientes de esteros de la zona continental no son aptos para el cultivo en estructuras camaroneras debido a la carga de material orgánico disuelto en el agua. En consecuencia, se recomienda tomar en cuenta la condición del agua de cada sector para el manejo del agua, y su posible tratamiento tanto para el cultivo del camarón como para la descarga al medio ambiente externo. Los resultados también permiten recomendar la reutilización del agua mediante un sistema de recirculación para no desperdiciar el agua cuya condición es mejorada en los estanques de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, S. (2012a). Dissolved oxygen mass balance in aquaculture ponds. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 29(4). <https://doi.org/10.21608/mjae.2012.101388>
- Ali, S. (2012b). DISSOLVED OXYGEN MASS BALANCE IN AQUACULTURE PONDS. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 29(4). <https://doi.org/10.21608/mjae.2012.101388>
- American Public Health Association, & American Water Works Association. (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. In Standard methods for the examination of water and wastewater (pp. 1000-1000).
- Boyd, C. E., Davis, R. P., Wilson, A. G., Marcillo, F., Brian, S., & McNevin, A. A. (2021). Resource use in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* farming in Ecuador. In *Journal of the World Aquaculture Society* (Vol. 52, Issue 4). <https://doi.org/10.1111/jwas.12818>
- Boyd, C. E., & Hanson, T. (2010). Dissolved-oxygen concentration in pond aquaculture. *Ratio*, 2, 42. <https://www.researchgate.net/publication/281309202>
- Brainard, A. S., & Fairchild, G. W. (2012). Sediment characteristics and accumulation rates in constructed ponds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67(5). <https://doi.org/10.2489/jswc.67.5.425>
- Briones-Pérez, E., Hernández-Acosta, E., Leal-Mendoza, A. I., Calvario-Rivera, C. I., En, M., Ambientales, C., Estatal De Sanidad, C., Tlaxcala, A., Autónoma De Tlaxcala, U., Cesatlx, S. C., Chapingo, U. A., Tlaxcala, T., Chapingo, M., & México, ; (2017). La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México . *ReIbCi*. https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/320624258_La_calidad_del_agua_en_diferentes_unidades_de_produccion_acuicola_de_Tlaxcala_Mexico/links/5d8d1376299bf10cff12b43d/La-calidad-del-agua-en-diferentes-unidades-de-produccion-acuicola-de-Tlaxcala-Mexico.pdf
- Cao, S., Zhou, L., & Zhang, Z. (2021). Prediction of Dissolved Oxygen Content in Aquaculture Based on Clustering and Improved ELM. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3064029>
- Capelo, J., Ruiz, E., Asanza, V., Toscano-Quiroga, T., Sánchez-Pozo, N. N., Lorente-Leyva, L. L., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2021). Raspberry Pi-based IoT for shrimp farms Real-time remote monitoring with automated system. *International Conference on Applied Electronics, 2021-September*. <https://doi.org/10.23919/AE51540.2021.9542907>
- Cedeño, J.J. y Vera, M. A. (2019). *Variabilidad físicoquímica del agua durante el proceso productivo del camarón patiblanco (litopenaeus vannamei), en una laguna camaronera, sitio El Pueblito, Chone* [Tesis de Pregrado, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/983>
- Chen, M., Chen, X. Q., Tian, L. X., Liu, Y. J., & Niu, J. (2020). Improvement of growth, intestinal short-chain fatty acids, non-specific immunity and ammonia resistance in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary water-soluble chitosan and mixed

- probiotics. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 236, 108791. <https://doi.org/10.1016/J.CBPC.2020.108791>
- Claver Cortés, E., González Illescas, M., Zaragoza Sáez, P., & Campuzano Vázquez, J. (2017). Dimensiones de la dirección del conocimiento en las empresas productoras de camarón en Ecuador. *Espacios*, 38(59).
- Dat, T. T. H., Tam, V. T. T., Dung, T. T. K., Bui, L. M., Anh, H. L. T., & Oanh, P. T. T. (2019). Isolation and screening of cellulose and organic matter degrading bacteria from aquaculture ponds for improving water quality in aquaculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 266(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/266/1/012002>
- Deka, P. (2015). A comparative study of the seasonal trend of Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand and Dissolved Organic Matter in two fresh water aquaculture ponds of Assam. *IJFAS*, 3(1), 266–268. <https://www.fisheriesjournal.com/vol3issue1/Pdf/3-1-58.1.pdf>
- Díaz, L.A., Tarrillo, R. E. y Campos Idrogo, A.J. (2018). *Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo-Chota* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/293>
- Drózd, D., Malińska, K., Mazurkiewicz, J., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Fish pond sediment from aquaculture production-current practices and the potential for nutrient recovery: A Review. In *International Agrophysics* (Vol. 34, Issue 1). <https://doi.org/10.31545/intagr/116394>
- Florentina, M. S. J. (2022). *Sistemas de costos en el proceso productivo del sector camaronero del cantón Chone* [Tesis de maestría]. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Gong, L., Yang, X., Xiong, B., Li, G., & Chen, X. (2012). Study on Nitrogen, Phosphor and Chemical Oxygen Demand of Different Categories of Aquaculture Lakes by Means of Principal Component Analysis, Factor Analysis and Cluster Analysis. *Advanced Materials Research*, 340, 369–377. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.340.369>
- Gopalakrishnan, P., & Jameson, J. D. (2020). Water recirculation system for goldfish rearing. *Fish Farming Technology*, 473–476. <https://doi.org/10.1201/9781003077770-81>
- Grand, A., & Michel, V. (2020). Materia Orgánica del Suelo. In *Best4Soil*.
- Hargreaves, J. A., & Tucker, C. S. (2002). Measuring Dissolved Oxygen Concentration in Aquaculture. *Mississippi State University*. https://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_4601_measuring_dissolved_oxygen_concentration_in_aquaculture.pdf
- Jimenez, L. (2020). Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. *Convergence Tech*, 4, 59-68.

- Kishi, M., Takee, H., Kawai, M., Nagao, N., & Toda, T. (2018). Sequential high rate algal ponds operation for enhanced treatment of organic wastewater. *Journal of Environmental Biology*, 39(5). [https://doi.org/10.22438/jeb/39/5\(SI\)/2](https://doi.org/10.22438/jeb/39/5(SI)/2)
- Kovo, A. S., Alaya-Ibrahim, S., Abdulkareem, A.S., Adeniyi, O.D., Egbosiuba, T.C., Tijani, J. O., Saheed, M., Okafor, B.O. & Yusuff, A. S. (2023). Column adsorption of biological oxygen demand, chemical oxygen demand and total organic carbon from wastewater by magnetite nanoparticles-zeolite A composite. *Heliyon*, 9(2), e13095. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13095>
- Kunlasak, K., Chitmanat, C., Whangchai, N., Promya, J. & Lebel, L. (2013). Relationships of Dissolved Oxygen with Chlorophyll-a and Phytoplankton Composition in Tilapia Ponds. *International Journal of Geosciences*, 04(05), 46–53. <https://doi.org/10.4236/IJG.2013.45B008>
- Lien, B. T. B., & Giao, N. T. (2020). Quality of water and sediment in whiteleg shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) pond. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(5). <https://doi.org/10.22161/ijeab.55.19>
- López, W. D. S., Olivos, G. S. M., Oliveros, G. I. G., & Martinez, W. E. C. (2020). Caracterización de la contaminación de las aguas de los humedales de Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote Ancash—Perú. *Veritas et Scientia*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.47796/ves.v9i2.399>
- Lucien-brun, H. (2017). A success story: Ecuadorian shrimp farming. *International Aquafeed*, July.
- Mallya, Y. J. (2007). Los Efectos Del Oxígeno Disuelto En El Crecimiento De Los Peces En La Acuicultura. *The United Nations University Fisheries Training Programme, Final Project*. <https://www.grocentre.is/static/gro/publication/58/document/yovita07prf.pdf>
- Ma, Y., & Ding, W. (2018). Design of Intelligent Monitoring System for Aquaculture Water Dissolved Oxygen. *Proceedings of 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference, IAEAC 2018*, 414–418. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2018.8577649>
- Marcillo-Caguasango, P. X., Sacro-Arciniegas, J. R., & Maigual-Enriquez, Y. A. (2021). Métodos de filtración biológica en sistemas de recirculación acuícola como una alternativa para el mantenimiento de la calidad de agua: una revisión. *Revista Investigación Pecuaria*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.22267/revip.2181.26>
- Menéndez, C., Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97-107.
- McGraw, W., Teichert-Coddington, D. R., Rouse, D. B., & Boyd, C. E. (2018). Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yields in earthen ponds. *Aquaculture*, 199(3–4), 311–321. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00530-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00530-0)
- Mora, M. A. A., Martínez, N. R. U., & Luzuriaga, F. V. B. (2020). Impacto de exportaciones primarias en el crecimiento económico del Ecuador: análisis econométrico desde Cobb Douglas, período 2000-2017. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 206–217. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V5.N1.2020.1140>

- Nagaraju, T. v., Sunil, B. M., & Chaudhary, B. (2022). *Understanding the Role of Biological Oxygen Demand in Aquaculture Waters in the Western Delta Region of Andhra Pradesh*. 13–20. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5077-3_2/COVER
- Olivas, E.A. (2018). *Externalidades asociadas a la producción camaronera en la Empresa Camarones del Pacífico, S.A., El Viejo, Chinandega 2016-2017* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3750/>
- Pascual, R., & Venegas, S. (2014). La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos. In *Ciencias Ambientales*.
- Perero van Hove, E. Gimare, D. y Ronquillo, L. (2016). El desafío de la gestión de la materia orgánica. *El Desafío de La Gestión de La Materia Orgánica*.
- Peura, S., Wauthy, M., Simone, D., Eiler, A., Einarsdóttir, K., Rautio, M., & Bertilsson, S. (2020). Ontogenic succession of thermokarst thaw ponds is linked to dissolved organic matter quality and microbial degradation potential. *Limnology and Oceanography*, 65(S1). <https://doi.org/10.1002/lno.11349>
- Saman, R., Nomura, N. & Matsumura, M. (2005). Electrochemical removal of ammonia, chemi-cal oxygen demand and energy consumption from aquaculture waters containing different marine algal species. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology J Chem Technol Biotechnol*, 80, 1408–1415. <https://doi.org/10.1002/jctb.1343>
- Sánchez, J.E., Valles, M. Á. y Gonzales, P. A. (2021). Políticas promovedoras de la tecnificación y su efecto en la productividad acuícola. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(3). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2100
- Sappati, P. K., Nayak, B., VanWalsum, G.P. & Mulrey, O. T. (2019). Combined effects of seasonal variation and drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activity of sugar kelp (*Saccharina latissima*). *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1311-1332. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1596-x>
- Smith, D. W. & Piedrahita, R.H. (1988). The relation between phytoplankton and dissolved oxygen in fish ponds. *Aquaculture*, 68(3), 249–265. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90357-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90357-2)
- Supriatna, M., Hariati, A.M. & Mahmudi, M. (2017). Dissolved oxygen models in intensive culture of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in East Java, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(4).
- Torres, C. J., Landassuri, M., Carbajal, J. J. y Flores, J. M. (2016). Predicción de oxígeno disuelto en acuicultura semi-intensiva con redes neuronales artificiales Dissolved Oxygen Prediction in Semi-intensive Aquaculture with Artificial Neural Networks. *Research in Computing Science*, 120, 159–168. https://www.rcs.cic.ipn.mx/2016_120/Prediccion%20de%20oxigeno%20disuelto%20en%20acuicultura%20semi-intensiva%20con%20redes%20neuronales%20artificiales.pdf
- Trujillo-Rogel, A. (2022). *Impacto en la calidad del agua por técnicas alternativas de nutrición en la producción acuícola* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/137532>

- Veuthey, S. & Gerber, J. F. (2012). Accumulation by dispossession in coastal Ecuador: Shrimp farming, local resistance and the gender structure of mobilizations. *Global Environmental Change*, 22(3). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.010>
- Villarreal, A. V. (2022). *Efecto de la aireación en el cultivo hiper-intensivo foto-heterotrófico del camarón blanco Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) en un sistema sin recambio de agua* [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3139>
- Wang, J. K. (1990). Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. *Aquacultural Engineering*, 9(1). [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(90\)90011-N](https://doi.org/10.1016/0144-8609(90)90011-N)
- Yang, K., Zhang, Y., Dong, Y., Peng, J., Kaal, J., Li, W., Ma, X. & Nie, Z. (2021). Tracking variations in the abundance and composition of dissolved organic matter in solar ponds of oilfield-produced brine. *Applied Geochemistry*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105008>
- Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, Q., Liu, P., Guo, R., Jin, S., Liu, J., Chen, L., Ma, Z., & Ying, L. (2020). Evaluation and analysis of water quality of marine aquaculture area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041446>
- Zhang, D., Xu, W., Wang, F., He, J. & Chai, X. (2022). Carbon dioxide fluxes from mariculture ponds with swimming crabs and shrimps in eastern China: The effect of adding razor clams. *Aquaculture Reports*, 22, 100917. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100917>