



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Efecto del tiempo de cultivo en la producción y consumo de oxígeno disuelto  
en estanques acuícolas**

**TELLO ESPINOZA DARWIN ALEXANDER  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Efecto del tiempo de cultivo en la producción y consumo de oxígeno  
disuelto en estanques acuícolas**

**TELLO ESPINOZA DARWIN ALEXANDER  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Efecto del tiempo de cultivo en la producción y consumo de  
oxígeno disuelto en estanques acuícolas**

**TELLO ESPINOZA DARWIN ALEXANDER  
INGENIERO ACUICOLA**

**SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN**

**MACHALA  
2024**



# draft - titulación - TelloEspinoza - 24D2

5%  
Textos  
sospechosos



2% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
3% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: draft - titulación - TelloEspinoza - 24D2.docx  
ID del documento: ca0f0cc5856046f789f3afc3e1fc283ac8662e6c  
Tamaño del documento original: 918,77 kB  
Autores: []

Depositante: SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN  
Fecha de depósito: 18/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 18/2/2025

Número de palabras: 7516  
Número de caracteres: 47.361

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/622/2015lindarobayo.pdf">repository.usta.edu.co</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)
2	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17512/1/ECUACA-2021-IAC-DE00011.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://www.globalseafood.org/advocate/dinamica-del-oxigeno-disuelto/">www.globalseafood.org</a>   Dinámica del oxígeno disuelto - Responsible Seafood Adv...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	<a href="http://132.248.9.195/ptb2010/noviembre/0664452/Index.html">132.248.9.195</a>   Producción primaria del fitoplancton en un lago hipertrófico durante ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
3	<a href="https://www.um.es/documents/4874468/18084291/p4-productividad.pdf/b62f29db-67fc-40fc-8fd...">www.um.es</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	<a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4866027.pdf">dialnet.unirioja.es</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

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

El que suscribe, TELLO ESPINOZA DARWIN ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Efecto del tiempo de cultivo en la producción y consumo de oxígeno disuelto en estanques acuícolas, otorga 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 tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara 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.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume 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.



TELLO ESPINOZA DARWIN ALEXANDER

0704817196

## **AGRADECIMIENTOS**

Sin el apoyo, y la ayuda incansable de mis Padres esto no pudiera haber sido posible. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento, por su apoyo incondicional, su amor y su motivación. Gracias por ser mi pilar y por enseñarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos, por su apoyo inquebrantable y por ser mis compañeros en este camino. Sus palabras de ánimo y su compañía han sido fundamentales en momentos difíciles.

Agradezco enormemente a mi tutor Roberto Santacruz, Ph.D, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso de esta investigación. Su conocimiento y compromiso con mi formación han sido claves para el desarrollo de este trabajo

Finalmente, quiero extender mi más sincero agradecimiento a todos mis docentes, gracias por compartir su conocimiento, por sus consejos que ha contribuido a mi crecimiento académico y personal.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

## RESUMEN

La acuicultura, especialmente la producción de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) en Ecuador, es de gran importancia económica y social. En los sistemas de cultivo de camarones, los estanques son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los juveniles. La monitorización de parámetros como el oxígeno disuelto en el agua es crucial, ya que su concentración influye directamente en la salud de los camarones. Concentraciones bajas de oxígeno pueden reducir la ingesta de alimento, el crecimiento y aumentar la susceptibilidad a enfermedades.

El objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica del oxígeno disuelto durante un ciclo de cultivo en estanques y proponer estrategias para mejorar la producción. Utilizando el método de botellas claras y oscuras, se monitorearon los niveles de oxígeno en distintas ubicaciones del estanque. Los resultados mostraron una disminución en la producción de oxígeno disuelto (22,62%) y un aumento en el consumo de oxígeno de (29,49%), a lo largo del cultivo.

El estudio también analizó la productividad primaria neta (PPN) y la respiración, observando una disminución de la PPN y un aumento en la respiración, lo que sugiere una mayor demanda de oxígeno debido al crecimiento de los organismos y la acumulación de materia orgánica. La supervivencia de los camarones fue del 54,04%, lo que indica una mortalidad significativa, posiblemente debido a factores como la calidad del agua y el manejo del cultivo. El factor de conversión alimenticia (FCA) fue de 2,5, lo que sugiere una eficiencia relativamente baja en la conversión de alimento.

**Palabras clave:** *Litopenaeus vannamei*, oxígeno disuelto, productividad primaria.

## ABSTRACT

Aquaculture, especially the production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Ecuador, is of great economic and social importance. In shrimp farming systems, ponds are essential for the growth and development of juveniles. Monitoring parameters such as dissolved oxygen in water is crucial, since its concentration directly influences shrimp health. Low oxygen concentrations can reduce feed intake, growth, and increase susceptibility to disease.

The objective of this study was to evaluate the dynamics of dissolved oxygen during a pond culture cycle and to propose strategies to improve production. Using the light and dark bottle method, oxygen levels were monitored at different locations in the pond. The results showed a decrease in dissolved oxygen production (22.62%) and an increase in oxygen consumption (29.49%), throughout the culture.

The study also analyzed net primary productivity (NPP) and respiration, observing a decrease in NPP and an increase in respiration, suggesting increased oxygen demand due to organism growth and organic matter accumulation. Shrimp survival was 54.04%, indicating significant mortality, possibly due to factors such as water quality and culture management. The feed conversion ratio (FCR) was 2.5, suggesting relatively low feed conversion efficiency.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, dissolved oxygen, primary productivity.



<b>Contenido</b>	
AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3 OBJETIVOS:.....	10
1.3.1. Objetivo General:.....	10
1.3.2. Objetivo Especifico:.....	10
1.4 Hipótesis:.....	10
1.5 Variable:.....	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1. Calidad de agua y productividad primaria.....	11
2.2. Ciclo del oxígeno en estanques acuícolas.....	12
2.3. Factores que afectan el od.....	12
2.3.1 Temperatura.....	13
2.3.2. pH.....	14
2.3.3. Turbidez.....	14
2.3.4. Clima.....	15
2.3.5. Salinidad.....	16

2.4. Importancia del oxígeno disuelto.....	16
2.5. Técnicas de monitoreo de botellas claras y oscuras.....	17
2.6. Fitoplancton y oxígeno disuelto.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1. Ubicación del área de estudio.....	22
3.2. Equipos y Materiales.....	23
3.2.1. Equipos .....	23
3.2.2. Materiales .....	23
3.2.3. Material biológico .....	23
3.2.4. Material de oficina .....	23
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. Instalación e incubación de botellas claras y oscuras .....	24
3.3.2. Toma de datos final .....	25
3.4. Metodología para medición de producción y consumo de oxígeno disuelto. ..	25
4. RESULTADOS .....	26
4.1. Producción y consumo de oxígeno disuelto. ....	26
4.2. Cálculos de productividad primaria.....	28
4.3. Datos productivos del cultivo .....	32
5. DISCUSIÓN.....	34
6. CONCLUSIÓN .....	39
7. RECOMENDACIÓN .....	40

8. BIBLIOGRAFÍA .....	41
-----------------------	----

### **Ilustraciones**

Ilustración 1 Método Botella Clara y Oscura.....	6
Ilustración 2 Variación de oxígeno en la razón de la densidad fitoplanctónica.....	21
Ilustración 3 Ubicación donde se realizó el trabajo experimental.....	22
Ilustración 4 Ilustración de la profundidad de compensación en un estanque.....	24
Ilustración 7 Productividad primaria neta (1DS) .....	31
Ilustración 8 Productividad primaria neta (2DS) .....	31

### **Tablas**

Tabla 1 Producción y consumo de oxígeno disuelto(ppm) durante las 12 semanas de cultivo.....	26
Tabla 2 Productividad primaria bruta y productividad primaria neta durante todo el periodo de cultivo.....	28
Tabla 3 Datos productivos durante todo el cultivo (12 semanas) .....	32



## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha adquirido gran relevancia en años recientes, particularmente en Ecuador sigue creciendo y genera un gran impacto económico y social en el desarrollo del país. Entre las distintas especies cultivadas, el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es una de las más importantes, debido a su alta demanda en el mercado internacional y a su potencial de producción en sistemas controlados.

En los sistemas de cultivo de camarón blanco, los estanques son el principal medio de producción, donde se lleva a cabo el proceso de engorde de los juveniles hasta que obtienen el tamaño y peso apropiado para su comercialización. Durante esta etapa, el monitoreo de los parámetros físicos y químicos es fundamental para garantizar un crecimiento y desarrollo óptimo de los camarones, así como para prevenir enfermedades y minimizar los impactos ambientales.

El control del oxígeno disuelto es muy importante en la producción de camarón y factores como el pH, la turbidez, el clima, la salinidad y especialmente la temperatura influyen en la concentración de oxígeno disuelto. Concentraciones bajas de oxígeno disuelto pueden afectar negativamente a los animales de cultivo, causando disminución en la ingesta de alimento, menor crecimiento, inmunosupresión e incluso la muerte.

Al estudiar el problema en todo el tiempo de cultivo nos va a brindar mucha información en el manejo del cultivo. Es por ello que el objetivo del presente trabajo es evaluar la dinámica del oxígeno disuelto en el agua durante un ciclo de cultivo en sugerir posibles soluciones o medidas preventivas para reducir los problemas en los sistemas de producción. Para esto, se va a realizar por el método botellas claras y oscuras.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estanques de producción de *Litopenaeus vanamei* son ecosistemas acuáticos complejos donde la disponibilidad de oxígeno disuelto juega un papel fundamental. Este parámetro es esencial para el mantenimiento de la vida acuática y puede variar significativamente durante el ciclo de cultivo de los camarones. Sin embargo, existe una necesidad de comprender en detalle cómo varía el oxígeno disuelto a lo largo del ciclo de cultivo y cómo estos cambios afectan tanto la producción como el consumo de oxígeno disuelto en diferentes etapas del cultivo.

A pesar de la importancia del oxígeno disuelto, hay limitaciones en cuanto al conocimiento específico sobre las fluctuaciones que ocurren en estos estanques durante un ciclo completo de cultivo. Es crucial determinar estas variaciones utilizando métodos rápidos y manejables como el de botella clara y oscura, los cuales permiten evaluar de manera detallada la dinámica de este parámetro en diferentes condiciones ambientales y etapas del ciclo de cultivo.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la dinámica del oxígeno disuelto en estanques de producción de *Litopenaeus vanamei* es crucial ya que comprende cómo varía el oxígeno disuelto a lo largo de un ciclo de cultivo, lo cual permitirá optimizar las prácticas de manejo acuícola, esto incluye ajustes en la aireación, alimentación y densidad de cultivo para mantener condiciones óptimas de oxigenación que promuevan el crecimiento saludable de los camarones.

El oxígeno disuelto influye directamente en la salud y productividad de *Litopenaeus vanamei*. Niveles inadecuados pueden llevar a estrés, menor crecimiento y aumento de la susceptibilidad a enfermedades, afectando negativamente la rentabilidad del cultivo.

### **1.3 OBJETIVOS:**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Evaluar la dinámica del oxígeno disuelto en el agua durante un ciclo de cultivo en estanques de producción de *Litopenaeus vannamei*.

#### **1.3.2. Objetivo Especifico:**

- Determinar la variación de oxígeno disuelto en un ciclo de cultivo con el método botella clara y oscura.
- Identificar la producción y consumo de oxígeno disuelto en diferentes etapas de un ciclo de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

### **1.4 Hipótesis:**

El aumento de tiempo de cultivo tendrá un efecto significativo en la producción y consumo de oxígeno disuelto en estanques acuícolas, aumentando la demanda de oxígeno conforme avanza el tiempo de cultivo.

### **1.5 Variable:**

**Dependiente:** Oxígeno

**Independiente:** Tiempo

El tiempo de cultivo afecta a la cantidad de oxígeno en el estanque.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Calidad de agua y productividad primaria**

La calidad del agua es uno de los factores más importantes para el éxito del cultivo de camarón blanco, entre los elementos esenciales se encuentra el fitoplancton, un grupo de organismos microscópicos presentes tanto en aguas dulces como saladas, estos desempeñan un papel vital en la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos, lo que a su vez influye directamente en el éxito del cultivo de camarón blanco (Espinoza et al., 2022)

El fitoplancton, al ser un organismo fotosintético, juega un papel esencial en los ecosistemas acuáticos al almacenar energía y convertirla en carbohidratos y lípidos, lo que lo convierte en la principal fuente de alimento natural para otros organismos acuáticos, incluido el camarón blanco. Además, el fitoplancton es una fuente importante de oxígeno en el agua y contribuye a la regulación del clima al absorber dióxido de carbono (Fernandes et al., 2019).

Sin embargo, la concentración y composición del fitoplancton en los estanques de cultivo de camarón blanco pueden variar significativamente debido a factores ambientales y a las prácticas de manejo utilizadas en el cultivo. Por tanto, es crucial monitorear la variación cualitativa y cuantitativa del fitoplancton en los estanques durante la etapa de engorde del camarón blanco (Fernandes et al., 2019).

El control de los parámetros físicos y químicos es esencial para un manejo eficaz de los estanques acuícolas, ya que, aunque cada sistema presenta condiciones similares, también exhibe diferencias significativas. Monitorear la productividad primaria, que incluye conocer la cantidad y diversidad de fitoplancton, es fundamental porque este es un indicador clave de la calidad del agua y proporciona información sobre el comportamiento de los estanques. Un aumento en la cantidad de fitoplancton puede indicar un exceso de nutrientes o una mayor cantidad de luz disponible. Mantener un nivel adecuado de fitoplancton es crucial para



garantizar el óptimo funcionamiento de los estanques acuícolas, lo que se traduce en una mejor productividad (Lürling, 2021).

## **2.2. Ciclo del oxígeno en estanques acuícolas**

El fitoplancton es esencial como fuente de alimento para numerosos organismos acuáticos, como peces, crustáceos y moluscos, y se utiliza en la acuicultura para nutrir a los organismos cultivados. Sin embargo, algunas especies de microalgas, como *Anabaena*, *Microcystis*, *Planktothrix* y *Raphidiopsis*, pueden ser problemáticas. Estas especies no solo son difíciles de digerir para ciertos organismos, sino que también pueden proliferar fácilmente en la columna de agua, causando desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. La proliferación excesiva de estas microalgas puede provocar floraciones algales, que liberan toxinas dañinas para el medio acuático. Por lo tanto, para mantener la salud del ecosistema acuático y garantizar la seguridad alimentaria en la acuicultura, es esencial monitorear y controlar las poblaciones de estas especies problemáticas (Zhang et al., 2021).

La concentración de oxígeno en el agua disminuye durante la noche debido a la respiración del fitoplancton, que consume oxígeno en lugar de producirlo. Este proceso puede causar estrés e incluso la muerte de los organismos acuáticos cultivados. Además, en estanques sin aireación y con floraciones de microalgas, la profundidad de la turbidez puede reducirse significativamente (Silva, 2022).

## **2.3. Factores que afectan el od**

Los factores que afectan la disponibilidad de oxígeno disuelto en estanques acuícolas son diversos y están interrelacionados. El pH juega un papel importante, con valores entre 7-8 favoreciendo la actividad microbiana que consume oxígeno. La turbidez del agua reduce la penetración de luz solar, limitando la fotosíntesis y, por ende, la producción de oxígeno por las microalgas. Las condiciones climáticas también son cruciales. Períodos

prolongados de nubosidad disminuyen la fotosíntesis y la producción de oxígeno. La salinidad afecta inversamente la solubilidad del oxígeno en el agua; a mayor salinidad, menor capacidad del agua para retener oxígeno disuelto (Celi, 2021).

### **2.3.1 Temperatura**

La temperatura es uno de los factores que más influye en la concentración de oxígeno disuelto. Su aumento o disminución afecta directamente la composición química del agua, impactando a los organismos que viven allí (Carranza, 2020). Un incremento de 10°C en la temperatura del agua (de 20 a 30°C) puede duplicar el crecimiento de los organismos y su consumo de oxígeno, haciendo que las épocas cálidas sean mucho más críticas que las frías (Boyd, 2001). Además, Carranza (2020) llevó a cabo un proyecto en un cultivo de *Litopenaeus vannamei* en donde midió la cantidad de oxígeno disuelto a diferentes temperaturas sin usar aireación externa. Después de unos minutos, observó que los camarones a 31°C consumían más oxígeno que los que estaban a 27°C.

Además, la temperatura desempeña un papel importante en el agua, ya que su aumento excesivo puede causar problemas como estrés metabólico, falta de alimentación, enfermedades o incluso la muerte de los organismos de cultivo. Asimismo, tiene un impacto en la aceleración del comportamiento metabólico de la flora, fauna y microbiota del ecosistema, y favoreciendo los procesos fisiológicos como la respiración, entre otros (Rondón, 2020). Asimismo, cuando la temperatura aumenta, calienta la superficie del agua, haciéndola más ligera e impidiendo la mezcla del agua debido a la diferencia de densidad, lo que resulta en un agua más fría a mayor profundidad. Este fenómeno, conocido como estratificación térmica, desaparece durante la noche, unificando la temperatura en toda la masa de agua (López-Martínez et al., 2019).

Sin embargo, Gattorno (2019) señala que, en ecosistemas con poco flujo de agua en climas tropicales, la termoclina, o la zona donde se estabiliza la temperatura, se encuentra aproximadamente a 0.75 metros de profundidad. A profundidades superiores a 1.50 metros, puede haber una estratificación térmica prolongada. En estos casos, una salida de agua (como una compuerta) puede romper la estratificación y mejorar la calidad del agua, centrándose en la concentración de oxígeno disuelto.

### **2.3.2. pH**

El pH es un parámetro que a menudo se pasa por alto en el cultivo de organismos acuáticos, pero tiene un impacto significativo en la concentración de oxígeno disuelto (Krebs, 2003). El pH influye en la tasa fotosintética de las algas. A pH óptimos, la fotosíntesis es más eficiente, produciendo más oxígeno durante el día (Paredes & Rodríguez, 2020). El pH ideal para la actividad microbiana oscila entre 7 y 8, aunque cada especie de microorganismo tiene un rango de pH óptimo diferente (Santillan, 2023). Boyd y Pippopinyo (1994) señalan que agregando hidróxido de calcio en el fondo del suelo en sistemas acuáticos, provoca un aumento en la respiración bacteriana, debido que el pH se eleva por encima de 7. Sin embargo, no se recomienda aumentar el pH por encima de 8.5, ya que esto ralentiza la descomposición orgánica.

### **2.3.3. Turbidez**

Su influencia es compleja y varía según los niveles de turbidez presentes. Una turbidez moderada, generalmente medida entre 25-30 cm con el disco Secchi, es beneficiosa ya que indica una productividad primaria adecuada, lo que se traduce en una buena producción de oxígeno por fotosíntesis durante el día. Sin embargo, cuando la turbidez es excesiva (menos de 25 cm de visibilidad), puede tener efectos negativos en los niveles de oxígeno disuelto (Davila, 2022). No toda la radiación solar que llega a la superficie de nuestro planeta es absorbida y utilizada como fuente de energía; una parte es reflejada. Los

sólidos en suspensión son la principal causa de la turbidez en el agua. A mayor cantidad de sólidos suspendidos, mayor turbidez (Matute & Washco, 2023). Normalmente, debido que en los océanos hay menor cantidad de sólidos suspendidos que en los ecosistemas costeros, los rayos solares podrán penetrar a una mayor profundidad (Franklin & Forster, 1997).

A medida que aumenta la profundidad de un ecosistema acuático, el oxígeno disuelto disminuye porque los rayos solares no pueden alcanzar áreas más profundas. La zona de compensación es donde la cantidad de oxígeno generado por las microalgas se iguala a la cantidad de oxígeno consumido por los organismos en ese estanque (Hwang, 2020). Noriega (1979) menciona que en los estanques acuícolas, la zona de compensación suele estar a 70 centímetros de profundidad, aunque este dato puede variar según factores específicos como la concentración de fitoplancton o la disponibilidad de nutrientes.

Las aguas costeras suelen ser más turbias debido a la cercanía de los ríos, que depositan una cantidad mayor disponibilidad de nutrientes para la microbiota y el fitoplancton (Reid et al., 2010). Como se mencionó anteriormente, el exceso de nutrientes en el agua es aprovechado por las microalgas, Acelerando su tasa de reproducción. El fitoplancton aprovecha estos nutrientes liberados durante el proceso de mineralización, y en ocasiones se forma una capa de partículas en la superficie que bloquea la penetración de la luz solar, provocando una reducción de la concentración de oxígeno disuelto (Hill et al., 2021).

#### **2.3.4. Clima**

Cuando las algas y plantas reciben abundante luz solar durante el día, son capaces de generar suficiente oxígeno en el agua a través de la fotosíntesis, además de permitir la difusión de oxígeno atmosférico. Generalmente, durante el día las microalgas producen oxígeno y durante la noche lo consumen al igual que los demás organismos. Sin embargo,

cuando hay varios días consecutivos de nubosidad, y los rayos solares apenas alcanzan el agua, la concentración de oxígeno en el agua disminuye a niveles inferiores a los normales debido a la prolongación de las horas de respiración celular (Kulangana et al., 2024).

### **2.3.5. Salinidad**

La salinidad afecta la demanda de energía necesaria para regular los procesos de ósmosis en los animales. Además, existe una relación inversamente proporcional entre salinidad y concentración de oxígeno disuelto: al aumentar la salinidad del agua, se reduce la cantidad de oxígeno disuelto (Echeverría, 2022). Esto ocurre porque a mayor cantidad de minerales en el agua, la solubilidad del oxígeno disminuye, ya que las sales ocupan los espacios intermoleculares, limitando el espacio disponible para el oxígeno (Cao et al., 2021). Cuando tanto la salinidad como la temperatura del agua son elevadas, la concentración de oxígeno disuelto puede reducirse hasta en un 65% (Diana et al., 2019).

### **2.4. Importancia del oxígeno disuelto**

El oxígeno es esencial para la mayoría de los organismos vivos, tanto terrestres como acuáticos. Según McGraw et al., 2018 algunas especies necesitan altas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. Por ejemplo, Carranza (2020) señala que el intervalo de oxígeno disuelto que se necesita para el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es de 4 a 7 ppm. En contraste, hay especies que requieren poca o casi ninguna presencia de oxígeno disuelto. Es fundamental destacar el papel de la temperatura en la concentración de oxígeno disuelto en el agua, ya que afecta tanto a los animales como a los microorganismos.

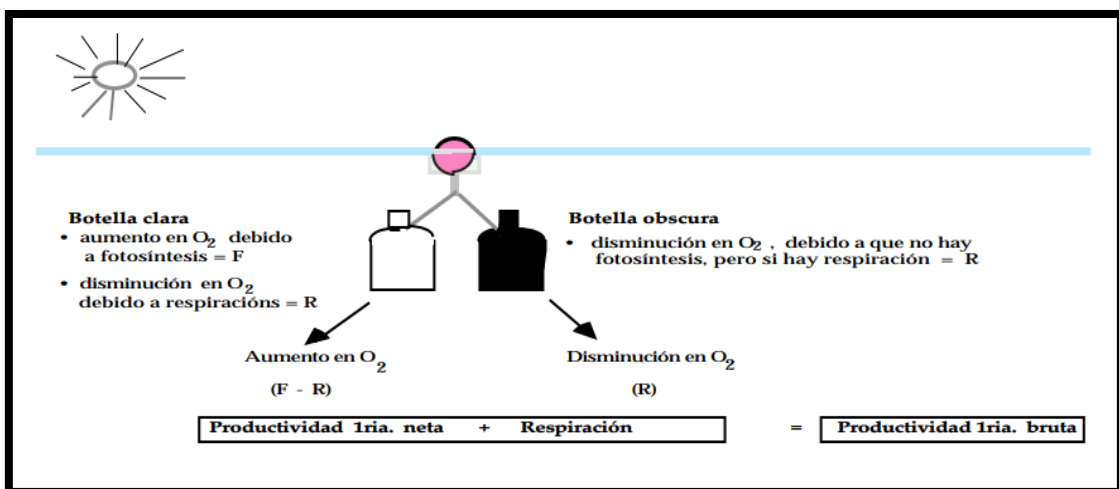
En todos los ecosistemas acuáticos, diversos parámetros físico-químicos son cruciales, y entre ellos destaca la concentración de oxígeno disuelto. Esta es fundamental no solo para la respiración de los animales, sino también porque influye en procesos como la mineralización de la materia orgánica y la actividad microbiana (É. Carranza, 2020).

La disponibilidad de oxígeno disuelto para llevar a cabo procesos metabólicos marca una gran diferencia en los ecosistemas acuáticos. Una reducción de 1 ppm en la concentración de oxígeno puede resultar en una disminución del 25% en la energía utilizada para la producción de biomasa, lo que implica un 25% menos de crecimiento mientras el oxígeno permanezca bajo (Puente, 2009). En casos extremos, esta falta de oxígeno puede incluso provocar la muerte de los organismos acuáticos.

## 2.5. Técnicas de monitoreo de botellas claras y oscuras

El método de botellas claras y oscuras, propuesto por Gaarden y Gran (1927), consiste en medición de la producción de oxígeno en un cuerpo de agua, colocado durante un tiempo específico en botellas claras, y el consumo de oxígeno o respiración en botellas oscuras (Fidyantini et al., 2024). Este método permite obtener un valor total de la producción primaria fotosintética (PPF) en la capa fótica, expresado en términos de superficie ( $m^2$ ).

Ilustración 1 Método de botellas claras y oscuras.



Fuente: Webber y Thurman (1991)

El método es basado en la idea de que la cantidad de oxígeno generado durante la fotosíntesis es proporcional a la cantidad de fotosintatos producidos (como los carbohidratos), ya que por cada átomo de carbono fijado una molécula de oxígeno se produce. En las botellas claras (expuestas a la luz), hay fotosíntesis, en donde se genera una cantidad de oxígeno proporcional a la cantidad de materia orgánica fijada. Simultáneamente, en estas botellas, los fotótrofos consumen una parte del oxígeno generado para llevar a cabo la respiración celular (respiración autótrofa). La concentración de fotosintatos remanentes es proporcional a la cantidad de oxígeno residual, lo que constituye la producción primaria neta. Por otro lado, en las botellas oscuras (excluidas de la luz), los fotótrofos no producen oxígeno, pero si lo consumen. La tasa respiratoria de los fotótrofos se puede calcular restando el valor de oxígeno disuelto de la botella oscura del valor inicial de oxígeno disuelto (Figura 1) (Fidyantini et al., 2024).

El concepto de productividad neta se fundamenta en en la suposición de que la respiración observada en las botellas oscuras es realizada por fotótrofos que metabolizan sus propios fotosintatos y tejidos (Cole, 1983). Este método también asume que la tasa respiratoria autótrofa es la misma en ambas botellas, una premisa inicialmente respaldada por los estudios de Brown (1953), quien midió la incorporación de un isótopo pesado de oxígeno bajo condiciones de luz y oscuridad, encontrando que no había diferencia en la tasa de incorporación del isótopo entre luz y oscuridad durante períodos de incubación cortos. No obstante, esta premisa no se aplica a todos los organismos fototróficos (Foo et al., 2024).

Para estimar la productividad primaria a lo largo de la columna de agua, se colocan botellas claras y oscuras a distintas profundidades, considerando tanto la profundidad de la zona fótica como el patrón de atenuación de la luz a lo largo del perfil. Este análisis permite determinar hasta qué profundidad la intensidad lumínica es suficiente para mantener la

actividad fotosintética, y también facilita la identificación de la profundidad de compensación de oxígeno (Foo et al., 2024).

La obtención de valores de productividad primaria en un cultivo acuícola es fundamental ya que actúa como un indicador crítico de la salud del ecosistema, revelando la capacidad del sistema para producir materia orgánica a través de organismos fotosintéticos y sustentando la cadena alimenticia acuática. Estos valores no solo reflejan la disponibilidad de alimento natural y la calidad del agua mediante parámetros como oxígeno disuelto, pH y concentración de nutrientes, sino que también permiten tomar decisiones informadas sobre el manejo del sistema, incluyendo densidades de siembra, tasas de alimentación y fertilización. Además, la productividad primaria ayuda a determinar la capacidad de producción del sistema y su potencial biomasa, mientras contribuye a la sostenibilidad a largo plazo del cultivo al mantener el equilibrio del ecosistema y reducir el impacto ambiental, lo que resulta esencial para optimizar la eficiencia productiva mientras se preserva la integridad ecológica del sistema acuícola (Herrera et al., 2023).

Con la siguiente ecuación, se establece la tasa de respiración

$$R = \frac{C_o - C_D}{\Delta t}$$

Dónde:

R= Tasa de respiración

$C_o$ = Concentración inicial de  $O_2$  (Oxígeno disuelto en el agua)

$C_D$ = Concentración final de  $O_2$  de la botella oscura

$\Delta t$ = Tiempo de muestreo

Posteriormente se halla la productividad primaria bruta a partir de la siguiente fórmula:



$$PPB = \frac{C_L - C_D}{\Delta t}$$

Dónde:

PPB= Productividad primaria bruta

$C_L$ = Concentración final de O<sub>2</sub> de la botella clara.

Últimamente se determina la productividad neta de oxígeno:

$$PPN = PPB - R$$

PPN= Productividad primaria neta.

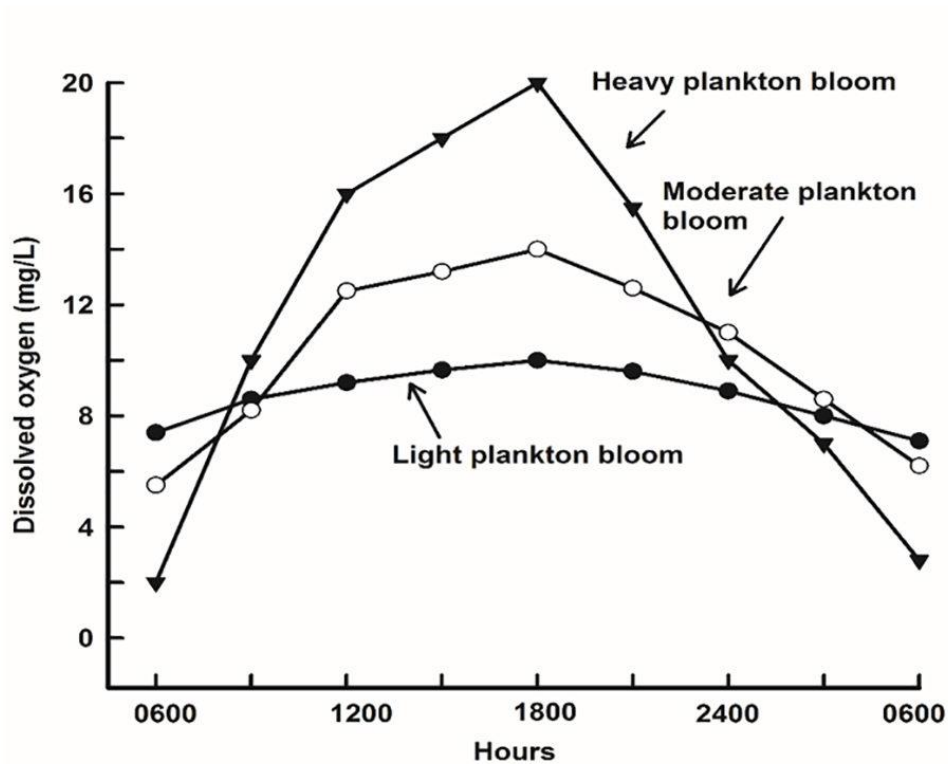
## **2.6. Fitoplancton y oxígeno disuelto.**

Estos microorganismos unicelulares fotosintetizadores constituyen la base de las redes tróficas y, debido a su alta sensibilidad a cambios ambientales, actúan como bioindicadores de la calidad del agua (Contreras et al., 2021). Es un productor primario fundamental, responsable de generar una gran parte del oxígeno a través de la fotosíntesis. Además, forma la base de la cadena alimentaria acuática, nutriendo directa o indirectamente a casi toda la vida marina. Su capacidad para absorber grandes cantidades de dióxido de carbono lo convierte en un regulador climático natural, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático (Ramos, 2021).

Según Ramos (2021) Señala que el fitoplancton es un productor crucial de oxígeno en los ecosistemas acuáticos, responsable de generar entre el 50% y el 80% del oxígeno disuelto en el agua de océanos y lagos. Esta producción varía según algunos factores, esta contribución de oxígeno es fundamental para la vida acuática.

Es esencial regular y estandarizar los niveles de concentración de fitoplancton a lo largo del ciclo de cultivo. Aunque durante el día el fitoplancton genera gran cantidad de oxígeno, por la noche lo consume, lo que puede crear problemas, especialmente en las partes más profundas del estanque (Oberle et al., 2019). Esto puede provocar la formación de áreas con hipoxia total, desplazando a los animales y reduciendo su zona de distribución (Fig.2). Por lo tanto, el manejo efectivo de la población de fitoplancton es esencial para mantener niveles adecuados y estables de oxígeno disuelto, garantizando así un ambiente saludable para los organismos acuáticos cultivados (Boyd, 2019).

*Ilustración 1 Variación de oxígeno en la razón de la densidad fitoplanctónica.*



**Fuente:** Claude E. Boyd, Ph.D. (2018)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de titulación se realizó en la Camaronera del Ing. Lenin Ruiz, ubicada cerca de la parroquia Puerto Bolívar, cantón Machala, provincia de El Oro, la piscina se encuentra cruzando el estero “Casa Camarón” con las siguientes coordenadas geográficas:  $3^{\circ}17'16''\text{S}$ ,  $79^{\circ}59'21''\text{W}$ .

*Ilustración 2 Ubicación donde se realizó el trabajo experimental.*



**Fuente:** Google Earth (2024)

## **3.2. Equipos y Materiales**

### **3.2.1. Equipos**

- Oxigenometro (YSI Pro20i)
- Salinometro

### **3.2.2. Materiales**

- Botellas claras (6)
- Botellas oscuras (6)
- Estaca (3)
- Disco Secchi
- Uniones (6)
- Amarradores

### **3.2.3. Material biológico**

- *Litopenaeus vannamei*

### **3.2.4. Material de oficina**

- Libreta de apuntes
- Esferos y lápices
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Cronometro

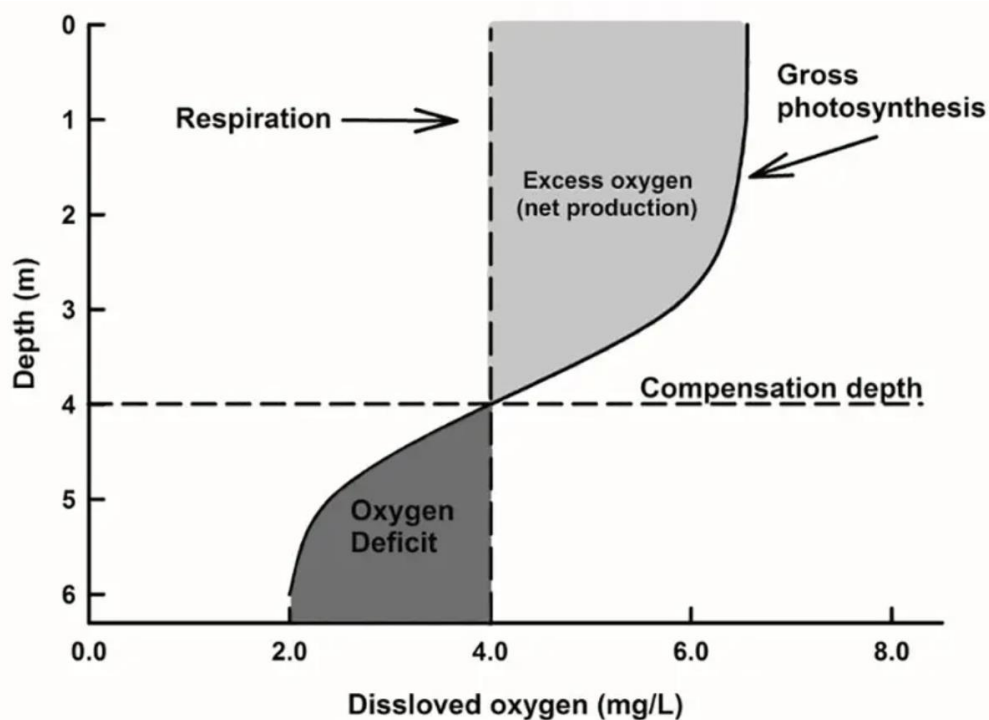
## **3.3. Metodología**

El trabajo metodológico se lo realiza en 2 fases: en instalación e incubación, y toma de datos final.

### 3.3.1. Instalación e incubación de botellas claras y oscuras

La primera ubicación de las botellas (una clara y una oscura) es a lo que marca el disco secchi y la segunda ubicación es el doble del disco secchi. Primeramente, con el disco secchi se mide la turbidez y se las amarra en las ubicaciones correctas: a 1 disco secchi y a 2 disco secchi, por debajo de lo que marca el doble de disco secchi, es el punto de compensación. Boyd en el (2018) nos dice que el punto de compensación es donde la producción de oxígeno es igual al consumo de oxígeno disuelto por la respiración de los microorganismos, y por debajo del punto de compensación no hay producción solo consumo.

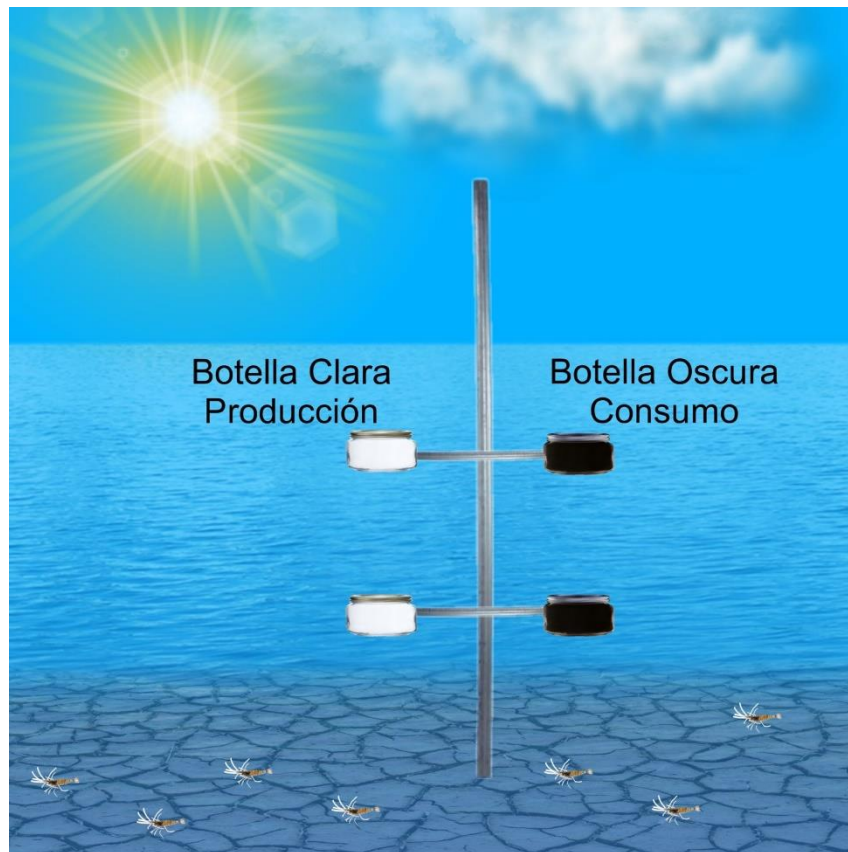
Ilustración 3 Ilustración de la profundidad de compensación en un estanque.



**Fuente:** Claude E. Boyd, Ph.D. (2018)

La instalación de las botellas se realiza en la entrada, en el medio y en la salida del estanque, al mismo tiempo que se instala las botellas se mide el oxígeno inicial en todas las ubicaciones, una vez instaladas todas las botellas se las deja incubar por 4 horas.

*Ilustración 5 Instalación del método botella clara y oscura*



**Fuente:** Autor

### **3.3.2. Toma de datos final**

Una vez esperado la incubación de 4 horas, cuidadosamente se empieza retirar las botellas y se realiza la toma de datos final, en donde las botellas claras debido a que recibe rayos solares vamos a tener un incremento de oxígeno disuelto por la fotosíntesis, y en las botellas oscuras debido a que no hay introducción de rayos solares, solo hay consumo de oxígeno, en el cual se obtendrá un valor inferior debido a la respiración de los organismos.

### **3.4. Metodología para medición de producción y consumo de oxígeno disuelto.**

Las mediciones se realizaron 1 vez por semana durante toda la corrida, una vez esperada las 4 horas de incubación de las botellas. Este enfoque facilitó un seguimiento constante y minucioso de las variables del oxígeno disuelto en las diferentes etapas del cultivo.

## 4. RESULTADOS

La evaluación de la dinámica del oxígeno disuelto en el agua durante un cultivo en estanques de producción de *Litopenaeus vannamei*, se determinó mediante el uso del método de botellas claras y oscuras, para evaluar la producción y el consumo de oxígeno disuelto en un estanque acuícola. A través de mediciones realizadas durante el periodo de cultivo y a diferentes ubicaciones dentro del estanque, se obtuvieron datos útiles para comprender los procesos biológicos que influyen en la dinámica del oxígeno disuelto, con implicaciones directas para la gestión y optimización de las condiciones de cultivo.

### 4.1. Producción y consumo de oxígeno disuelto.

*Tabla 1 Producción y consumo de oxígeno disuelto(ppm) durante las 12 semanas de cultivo*

<b>Fecha</b>	<b>Medida</b>		<b>Entrada</b>	<b>Medio</b>	<b>Salida</b>
<b>7/11/2024</b>	1DS	Producción	1,38	1,50	1,61
		Consumo	1,23	1,15	1,29
	2DS	Producción	1,32	1,31	1,37
		Consumo	1,29	1,55	1,51
<b>14/11/2024</b>	1DS	Producción	1,36	1,48	1,59
		Consumo	1,24	1,17	1,36
	2DS	Producción	1,30	1,28	1,36
		Consumo	1,38	1,60	1,55
<b>21/11/2024</b>	1DS	Producción	1,33	1,45	1,54
		Consumo	1,27	1,21	1,38
	2DS	Producción	1,26	1,25	1,34
		Consumo	1,40	1,62	1,58
<b>28/11/2024</b>	1DS	Producción	1,30	1,42	1,57
		Consumo	1,29	1,23	1,41
	2DS	Producción	1,23	1,24	1,31
		Consumo	1,43	1,60	1,61
<b>5/12/2025</b>	1DS	Producción	1,28	1,36	1,53
		Consumo	1,30	1,24	1,44
	2DS	Producción	1,21	1,19	1,28
		Consumo	1,48	1,65	1,64
<b>12/12/2025</b>	1DS	Producción	1,27	1,32	1,42
		Consumo	1,32	1,26	1,46
	2DS	Producción	1,20	1,15	1,26
		Consumo	1,50	1,66	1,67
<b>19/12/2025</b>	1DS	Producción	1,25	1,30	1,35
		Consumo	1,28	1,28	1,48
	2DS	Producción	1,18	1,13	1,20
		Consumo	1,51	1,67	1,69
<b>26/12/2025</b>	1DS	Producción	1,23	1,28	1,29
		Consumo	1,35	1,31	1,51

	2DS	Producción	1,13	1,11	1,14
		Consumo	1,59	1,71	1,70
<b>2/1/2025</b>	1DS	Producción	1,21	1,27	1,23
		Consumo	1,38	1,39	1,52
	2DS	Producción	1,11	1,09	1,10
		Consumo	1,60	1,77	1,74
<b>9/1/2025</b>	1DS	Producción	1,19	1,24	1,21
		Consumo	1,42	1,44	1,59
	2DS	Producción	1,08	1,08	1,09
		Consumo	1,77	1,75	1,82
<b>16/1/2025</b>	1DS	Producción	1,18	1,19	1,20
		Consumo	1,44	1,49	1,64
	2DS	Producción	1,04	1,06	1,02
		Consumo	1,81	1,79	1,85
<b>23/1/2025</b>	1DS	Producción	1,17	1,18	1,19
		Consumo	1,46	1,51	1,78
	2DS	Producción	1,03	1,04	0,96
		Consumo	1,84	1,80	1,99

**Fuente:** Autor

En la Tabla 1, se observa como la producción de oxígeno disuelto en el sistema mostró una tendencia gradual a la disminución a lo largo del tiempo, con la excepción de la semana 5, en la que se observó un pequeño incremento en los niveles de oxígeno, con respecto a la disminución de todas las semanas. Sin embargo, al observar la evolución de la producción de oxígeno disuelto durante las 12 semanas de cultivo, se puede mencionar que la tendencia general fue negativa. En términos cuantitativos, la reducción total en la producción de oxígeno disuelto al comparar las semanas 1 y 12 fue de un 22,62%, lo que refleja una disminución significativa en la capacidad del sistema para generar oxígeno.

Por otro lado, las semanas 4, 6, 7, 8 y 11 mostraron una disminución más pronunciada en la producción de oxígeno disuelto en comparación con las demás semanas del cultivo. Estos valores de producción oscilaron entre 1,10 mg/l como el valor más bajo registrado y 1,61 mg/l como el valor máximo observado, indicando una considerable variabilidad a lo



largo del tiempo. La media de la producción de oxígeno disuelto en todo el período de cultivo fue de 1,26 mg/l.

A su vez el consumo de oxígeno aumentó progresivamente y al llegar a la semana 12, se llegó a ver un 29.49% de incremento con respecto al inicio del cultivo, obteniendo valores de 1,82 mg/l. Desde la semana 8 hasta la semana 12 fueron las semanas que más consumo hubo de oxígeno, con respecto a las otras semanas, sin embargo en la semana 11 el incremento fue menor que las semanas 9 y 10 previamente.

#### 4.2. Cálculos de productividad primaria.

Tabla 2 Productividad primaria bruta y productividad primaria neta durante todo el periodo de cultivo.

Semana	Fecha	Medida	Respiración (mg C/m <sup>3</sup> /h)	Productividad Primaria Bruta (mg C/m <sup>3</sup> /h)	Productividad Primaria Neta (mg C/m <sup>3</sup> /h)
Semana 1	7/11/2024	1DS (E)	0,3075	0,65	0,34
		2DS (E)	0,3225	0,653	0,33
		1DS (M)	0,2875	0,662	0,375
		2DS (M)	0,3875	0,715	0,327
		1DS (S)	0,325	0,727	0,402
		2DS (S)	0,3775	0,72	0,342
Semana 2	14/11/2024	1DS (E)	0,31	0,625	0,34
		2DS (E)	0,345	0,67	0,325
		1DS (M)	0,2925	0,6625	0,37
		2DS (M)	0,40	0,72	0,32
		1DS (S)	0,34	0,737	0,397
		2DS (S)	0,3875	0,727	0,34
Semana 3	21/11/2024	1DS (E)	0,317	0,65	0,333
		2DS (E)	0,35	0,665	0,315
		1DS (M)	0,302	0,665	0,363
		2DS (M)	0,405	0,7175	0,3125
		1DS (S)	0,345	0,74	0,395
		2DS (S)	0,395	0,73	0,335
Semana 4	28/11/2024	1DS (E)	0,3225	0,6475	0,325
		2DS (E)	0,3575	0,665	0,3075
		1DS (M)	0,3075	0,6625	0,35
		2DS (M)	0,4	0,71	0,31
		1DS (S)	0,3525	0,745	0,3925
		2DS (S)	0,4025	0,73	0,3275
	5/12/2024	1DS (E)	0,325	0,645	0,32

<b>Semana 5</b>		2DS (E)	0,37	0,6725	0,3025
		1DS (M)	0,31	0,65	0,34
		2DS (M)	0,4125	0,71	0,2975
		1DS (S)	0,36	0,7425	0,3825
		2DS (S)	0,41	0,73	0,32
<b>Semana 6</b>	12/12/2024	1DS (E)	0,33	0,6475	0,3175
		2DS (E)	0,375	0,675	0,3
		1DS (M)	0,315	0,645	0,33
		2DS (M)	0,415	0,7025	0,2875
		1DS (S)	0,365	0,72	0,355
		2DS (S)	0,4175	0,7325	0,315
<b>Semana 7</b>	19/12/2024	1DS (E)	0,3325	0,645	0,3125
		2DS (E)	0,3775	0,6725	0,295
		1DS (M)	0,32	0,645	0,325
		2DS (M)	0,4175	0,7	0,2825
		1DS (S)	0,37	0,7075	0,3375
		2DS (S)	0,4225	0,7225	0,3
<b>Semana 8</b>	26/12/2024	1DS (E)	0,3375	0,643	0,3075
		2DS (E)	0,3975	0,68	0,2825
		1DS (M)	0,3275	0,6475	0,32
		2DS (M)	0,4275	0,705	0,2775
		1DS (S)	0,3775	0,7	0,3225
		2DS (S)	0,425	0,71	0,285
<b>Semana 9</b>	2/1/2025	1DS (E)	0,345	0,6475	0,3025
		2DS (E)	0,4	0,6775	0,2775
		1DS (M)	0,3475	0,665	0,3175
		2DS (M)	0,4425	0,715	0,2725
		1DS (S)	0,38	0,6875	0,3075
		2DS (S)	0,435	0,71	0,275
<b>Semana 10</b>	9/1/2025	1DS (E)	0,355	0,6525	0,2975
		2DS (E)	0,4425	0,7125	0,27
		1DS (M)	0,36	0,67	0,31
		2DS (M)	0,4375	0,7075	0,27
		1DS (S)	0,3975	0,7	0,3025
		2DS (S)	0,455	0,7275	0,2725
<b>Semana 11</b>	16/1/2025	1DS (E)	0,36	0,655	0,295
		2DS (E)	0,4525	0,7125	0,26
		1DS (M)	0,3725	0,67	0,2975
		2DS (M)	0,4475	0,7125	0,265
		1DS (S)	0,41	0,71	0,3
		2DS (S)	0,4625	0,7175	0,255
<b>Semana 12</b>	23/1/2025	1DS (E)	0,365	0,6575	0,2925
		2DS (E)	0,46	0,7175	0,2575
		1DS (M)	0,3775	0,6725	0,295
		2DS (M)	0,45	0,71	0,26
		1DS (S)	0,445	0,7425	0,2975

2DS (S)	0,4975	0,7375	0,24
---------	--------	--------	------

**Fuente:** Autor

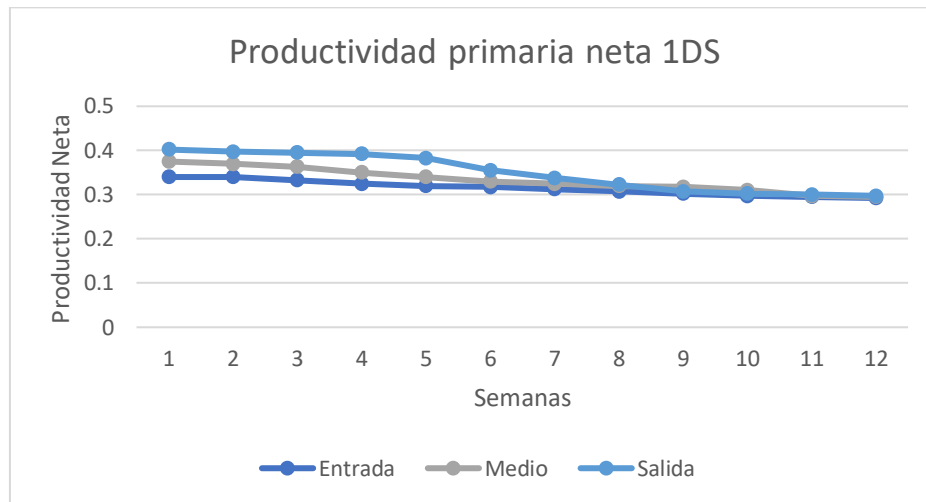
La tabla 2 presenta un análisis detallado de tres variables fundamentales en el estudio de procesos biológicos: la respiración, la productividad primaria bruta (PPB) y la productividad primaria neta (PPN).

La productividad primaria neta (PPN) presenta una tendencia descendente marcada, iniciando en 0,353 mg C/m<sup>3</sup> y disminuyendo consistentemente hasta 0,274 mg C/m<sup>3</sup>. Los valores intermedios muestran una progresión descendente regular, pasando por 0,335 mg C/m<sup>3</sup>, 0,31mgC/m<sup>3</sup>, y 0,299 mg C/m<sup>3</sup>. La disminución total en la PPN es de aproximadamente 0,079, representando una reducción del 22,4% respecto al valor inicial.

Por otro lado, la respiración muestra una tendencia ascendente consistente, iniciando en 0,335 mg C/m<sup>3</sup> y aumentando gradualmente a través de valores intermedios clave como 0,346 mg C/m<sup>3</sup>, 0,357 mg C/m<sup>3</sup>, y 0,373 mg C/m<sup>3</sup>, hasta alcanzar 0,432 mg C/m<sup>3</sup> en la medición final. Este incremento representa un aumento total de aproximadamente 0,098 desde el inicio hasta el final de las mediciones, lo que equivale a un incremento de cerca del 29,2% en la tasa de respiración.

En cuanto la productividad primaria bruta (PPB) exhibe fluctuaciones más sutiles, con un valor inicial de 0,689 mg C/m<sup>3</sup> y oscilaciones que incluyen un mínimo de 0,681 mg C/m<sup>3</sup> (en la semana 8) y un máximo de 0,706 mg C/m<sup>3</sup> (en la medición final). La variación total en la PPB es de aproximadamente 0,025 unidades, lo que representa una fluctuación relativamente pequeña del 3.7% respecto al valor inicial. Es notable que los valores intermedios como 0,693 mg C/m<sup>3</sup>, 0,692 mg C/m<sup>3</sup> y 0,687 mg C/m<sup>3</sup> mantienen una relativa estabilidad en torno a 0,69 mg C/m<sup>3</sup>.

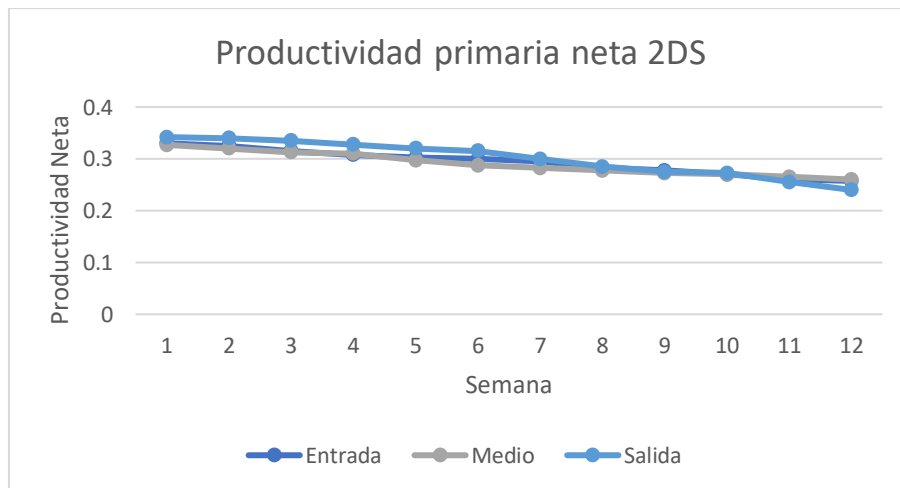
Ilustración 4 Productividad primaria neta (1DS)



**Fuente:** Autor

Se puede observar que, al inicio del cultivo en la entrada del estanque en un disco secchi (1DS) hay menos productividad neta que en el resto del estanque, al contrario de la salida que se puede notar que hay más productividad, luego desde la semana 6 hasta el final del cultivo la productividad se va igualando en todo el estanque.

Ilustración 5 Productividad primaria neta (2DS)



**Fuente:** Autor

Se observó que, la productividad neta a dos discos secchi (2DS) en todos los puntos no hay mucha diferencia, pero al igual que en la (Ilustración 6) se puede notar que gradualmente mientras pasan las semanas de cultivo la productividad neta tiende a disminuir.

### 4.3. Datos productivos del cultivo

Tabla 3 Datos productivos durante todo el cultivo (12 semanas)

Fecha	Semana	Población	IPS	Peso (g)	Alimento por día (Kg)	Sacos por día
7/11/2024	1	1'600.000			75 kg	3
14/11/2024	2	1'510.400			75 kg	3
21/11/2024	3	1'426.370	0,56 g	0,56 g	150 kg	6
28/11/2024	4	1'347.210	0,83 g	1,4 g	175 kg	7
5/12/2024	5	1'273.126	1 g	2,4 g	225 kg	9
12/12/2024	6	1'204.458	1,2 g	3,6 g	250 kg	10
19/12/2024	7	1'140.521	1,4 g	5 g	275 kg	11
26/12/2024	8	1'081.636	1,3 g	6,3 g	300 kg	12
2/1/2025	9	1'027.406	1,6 g	7,9 g	350 kg	14
9/1/2025	10	977,506	1,8 g	9,7 g	375 kg	15
16/1/2025	11	931,657	1,3 g	11 g	400 kg	16
23/1/2025	12	615.079	1,6 g	12,6 g	450 kg	18

Fuente: Autor

Se sembraron 1'600.000 camarones y al finalizar las 12 semanas de cultivo se obtuvo una población final de 615.079 organismos, lo que representa una supervivencia del 54,04%. La semana 10 fue donde se observó más crecimiento (1,8 gramos), luego a la semana siguiente el incremento decayó (1,3g) con respecto a la semana anterior, lo mismo se observó en la semana 8 de cultivo donde el incremento de peso fue inferior que la semana anterior, lo que pudimos observar que no hubo un incremento uniforme al término del cultivo.

Al finalizar el cultivo el peso final de los camarones fue de 12,6 gramos, con una media de crecimiento de 1,26 gramos por semana, dando una biomasa total de 7749,99 kg al término del cultivo.

En cuanto al alimento balanceado, a medida que pasaban las semanas se iba suministrando más balanceado, aunque lo máximo que se aumentaba por semana eran 2 sacos (50 kg), y una mínima de 1 saco (25 kg). Llegando a la semana 12 suministrando 450 kg de balanceado (18 sacos) sabiendo que cada saco de alimento balanceado pesa 25 kg, dando como resultado un total de 3100 kg de alimento acumulado.

Con el resultado de biomasa (7749,99 kg) y el total de alimento acumulado (3100 kg), podemos calcular el Factor de Conversión Alimentaria (FCA) dando como resultado 2.5.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de esta investigación evidencian una clara disminución en la producción de oxígeno disuelto durante las 12 semanas de cultivo, registrando una caída del 22,62% en la producción de oxígeno. Esta tendencia negativa es consistente con estudios previos como el de Smith et. al. (1999) quienes indican que, en sistemas acuáticos de tipo cerrado, la disminución en la producción de oxígeno puede estar asociada a diversos factores, como la disminución de nutrientes disponibles, el incremento en la biomasa microbiana y las variaciones en las condiciones físico-químicas del ambiente, entre las que destacan cambios en la temperatura y la salinidad.

La falta de recambio de agua en los estanques puede tener efectos negativos en la producción de oxígeno y en la salud general del cultivo. Según Beveridge & Randall (2016), quienes afirman que la circulación deficiente del agua en los estanques contribuye a un aumento en la concentración de nutrientes y desechos orgánicos, lo que lleva a una disminución de la calidad del agua. Esto provoca una serie de efectos negativos, como la reducción de oxígeno disuelto y un entorno más propenso a enfermedades. La acumulación de nutrientes puede desencadenar procesos de eutrofización, afectando no solo la producción de oxígeno, sino también alterando las condiciones del agua para el cultivo. Así, la escasa renovación del agua genera condiciones desfavorables para los organismos acuáticos, afectando tanto su salud como su productividad.

Por otro lado, el aumento progresivo en el consumo de oxígeno, que alcanzó un incremento del 29.49% al final del cultivo, es un fenómeno ampliamente documentado en la literatura. Ali et al. (2022) explican que el consumo de oxígeno en sistemas acuícolas está directamente relacionado con la biomasa presente y la actividad metabólica de los organismos, incluyendo tanto los camarones como el microbiota asociado. Este incremento en el consumo de oxígeno, podría estar asociado con el crecimiento acelerado de los

camarones y la mayor actividad microbiana en el sistema, tal como lo mencionan Coelho Emerenciano, M. G. et al (2015) en sus estudios sobre sistemas de cultivo de camarón.

No obstante, existen autores que ofrecen perspectivas diferentes. Por ejemplo, Boyd y Tucker (1998) argumentan que la disminución en la producción de oxígeno disuelto no siempre es lineal y puede verse influenciada por factores como la gestión del cultivo, la tasa de recambio de agua y la eficiencia en la remoción de desechos orgánicos. Estos autores sugieren que, con un manejo adecuado, es posible mitigar la disminución en la producción de oxígeno, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en este estudio, donde la tendencia negativa fue predominante.

Los resultados obtenidos en la presente investigación sobre la productividad primaria bruta (PPB), la productividad primaria neta (PPN) y la respiración en el cultivo de camarón, muestran patrones que coinciden parcialmente con estudios previos en ecosistemas acuáticos y cultivos marinos. La tendencia observada en la PPN, con un descenso gradual del 22,16% durante las 12 semanas de cultivo, podría reflejar la dinámica natural de los sistemas acuáticos donde la eficiencia en la fijación de carbono disminuye con el tiempo debido a factores como la carga orgánica, la disponibilidad de nutrientes y la competencia por recursos. Este fenómeno ha sido reportado en estudios como los de Barliza et al. (2023), quienes señalaron que la PPN en cultivos marinos tiende a decrecer con el tiempo debido al agotamiento de nutrientes esenciales y la acumulación de materia orgánica que consume el oxígeno disponible.

En cuanto a la respiración, se observó un aumento progresivo hacia el final del cultivo, alcanzando un valor máximo de 0,433 mgC/m<sup>3</sup>. Este comportamiento es consistente con la literatura sobre la respiración en sistemas acuáticos, donde se ha documentado que la respiración suele aumentar a medida que aumenta la biomasa orgánica y las actividades



metabólicas de los organismos presentes en el sistema, como se describe en el trabajo de Odum (1971). Este autor sugiere que el incremento en la respiración puede estar relacionado con el crecimiento y la actividad metabólica de los organismos (en este caso, el camarón) y la descomposición de materia orgánica acumulada en el sistema.

Por otro lado, la productividad primaria bruta (PPB), se alcanzaron valores máximos al final del cultivo (0.71 mgC/m<sup>3</sup>), lo cual podría estar asociado a la máxima producción de biomasa por parte de las plantas y microorganismos acuáticos. Este aumento en la PPB al final del cultivo podría deberse a un pico en la disponibilidad de nutrientes o a una compensación por los altos niveles de respiración, lo que generaría una mayor producción primaria. Este fenómeno ha sido reportado por Mann & Lazier (2005), quienes argumentaron que las condiciones de cultivo, como el suministro de nutrientes o el régimen de luz, pueden influir en las fluctuaciones de la PPB durante el ciclo de cultivo.

Sin embargo, la reducción en la productividad neta a lo largo del tiempo puede ser también el resultado de un cambio en la relación entre la fotosíntesis y la respiración, lo que se refleja en la disminución de la PPN observada en este estudio. La competencia entre organismos y los efectos de la acumulación de materia orgánica en el sistema podrían estar contribuyendo a una mayor demanda de oxígeno y a la reducción en la eficiencia de la producción primaria neta. Esto coincide con los hallazgos de Aguirre-Bahena et al. (2020), quienes sugieren que, en los cultivos de camarón, la eficiencia de la producción primaria neta se ve afectada por las condiciones específicas del medio ambiente, la estructura trófica y los flujos de energía en el ecosistema.

En este estudio, se obtuvo una supervivencia del 54.04% después de 12 semanas de cultivo de camarones, Martínez-Córdova et al. (2017) afirman que, la supervivencia en cultivo de camarón puede verse influenciada por diversos factores como la calidad del agua,

la temperatura, la presencia de enfermedades y la genética de los animales. Las tasas de supervivencia en cultivos intensivos varían entre 50% y 80%, lo que indica que, si bien no se logró una supervivencia alta, el resultado obtenido no es inusual.

Sin embargo, la mortalidad observada podría ser consecuencia de factores como enfermedades, estrés por el mal manejo en el estanque, mala calidad de agua o fluctuaciones en las condiciones ambientales. Es fundamental mejorar la gestión de estos factores para reducir la mortalidad en futuras siembras. Sin embargo, Nunes et al. (2020) argumentan que, en sistemas de cultivo con altas densidades de siembra, es posible lograr tasas de supervivencia superiores al 70% mediante el uso de tecnologías avanzadas de recirculación de agua y un manejo más eficiente de la alimentación. En base a los resultados de estos autores, se puede sugerir que la supervivencia del 54.04% obtenida en este trabajo, podría mejorarse con la implementación de mejores prácticas de manejo.

En cuanto al crecimiento, el peso final de los camarones al concluir el cultivo fue de 12,6 gramos, registrando un incremento promedio de 1,26 gramos por semana, debido principalmente al mal manejo del estanque. Prates et al (2020), afirman que el crecimiento reducido de los camarones se asocia frecuentemente con una alimentación subóptima, donde la calidad de los alimentos no cubre sus necesidades nutricionales. Combinado con un manejo deficiente del agua, que favorece la acumulación de desechos y reduce los niveles de oxígeno disuelto, estos factores provocan un estrés físico y metabólico en los camarones, lo que se traduce en un menor crecimiento.

En cuanto al consumo de alimento, se utilizaron un total de 3100 kg de balanceado a lo largo de las 12 semanas, con un factor de conversión alimenticia (FCA) de 2,5. Indica que, para cada kilogramo camarón producido, se utilizaron 2,5 kg de alimento balanceado. Este valor es relativamente alto en comparación con los rangos reportados en estudios previos,

donde el FCA en cultivos de camarones típicamente oscila entre 1.5 y 2.0. Alvarez & Tomalá (2022) argumentan que el valor observado en este estudio podría estar relacionado con la mortalidad observada, ya que una menor supervivencia genera una conversión alimentaria menos eficiente.

## 6. CONCLUSIÓN

La dinámica del oxígeno disuelto durante el ciclo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* mostró una progresiva disminución, pasando de 1,42 mg/L a 1,10 mg/L, lo que se traduce en una disminución del 22.62% en la producción de oxígeno, comparando el inicio y el final del cultivo. Este resultado demuestra como la capacidad del sistema para generar oxígeno se ve afectada conforme avanza el ciclo de cultivo.

El método de la botella clara y oscura resulta sumamente práctico para determinar la variación de oxígeno disuelto en un ciclo de cultivo en cuerpos de agua, ya que permite monitorear de manera eficaz los cambios en los niveles de oxígeno. Los resultados aquí presentados confirman lo previamente mencionado, ya que se puede rescatar información valiosa sobre el proceso de fotosíntesis y respiración en el sistema acuático, al comparar las variaciones de oxígeno entre la botella expuesta a luz (clara) y la protegida de la luz (oscura), que sucedieron durante la parte experimental del presente estudio.

Se identificaron patrones distintos en la producción y consumo de oxígeno a lo largo del ciclo del cultivo. De manera general, se observó una tendencia decreciente en la producción de oxígeno disuelto, y lo contrario en el consumo de oxígeno disuelto. En este contexto, la producción de oxígeno disuelto disminuyó en 1,41%, 9,82%, 22.62 %, y aumentó en 3,52%, 10,63%, 29,49%, en las semanas 1, 6 y 12, respectivamente. Estas condiciones repercutieron en los resultados productivos del estanque de estudio, observándose una alta mortalidad, un bajo incremento en el peso del camarón y un elevado FCA.

## **7. RECOMENDACIÓN**

Dado que la capacidad del sistema para generar oxígeno disuelto se ve afectada a medida que avanza el ciclo de cultivo, un mejor control y manejo en su producción sería lo primordial, por lo que se sugiere que haya una correcta recirculación de agua, al igual que un monitoreo continuo de los niveles de oxígeno disuelto.

Por otro lado, se podría considerar el uso de tecnificación para optimizar las condiciones en el estanque y mejorar la productividad acuática, considerándose crucial implementar un sistema eficiente de aireación y realizar un monitoreo constante de los parámetros de calidad del agua, como de la concentración de nutrientes y el pH.

Desde el punto de vista productivo, en pro de mejorar la tasa de crecimiento y reducir la mortalidad, se sugiere realizar un análisis exhaustivo de las condiciones de cultivo durante el ciclo, observando de cerca la relación entre el consumo de oxígeno y la salud de los camarones, para optimizar el crecimiento y minimizar el impacto negativo del FCA.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Bahena, F., Eduardo, G.-R., Ramos-Rodríguez, J. A., Torres-Hernández, M. Y., Cervantes-Duarte, R., & Lara-Lara, J. R. (2020). Magnitud de la Productividad Primaria, de los flujos de Carbono orgánico y de la eficiencia de la Producción Exportada en los mares mexicanos. *PROGRAMA MEXICANO DEL CARBONO*, 318–330.
- Ali, B., . A., & Mishra, A. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4), 113–127. <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693>
- Alvarez Perero, C. D., & Tomalá Solano, D. B. (2022). *Comparación del rendimiento productivo del cultivo de camarón blanco “Litopenaeus vannamei” entre la alimentación manual (tradicional) y alimentación automática temporizada en sistemas semi-intensivos*. UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA.
- Barliza, K., Granados-Martínez, C., & Bastidas Molina, B. (2023). Primary production of phytoplankton in Buenavista lagoon, Manaure - La Guajira (Colombian Caribbean). *Interdisciplinar de Estudios En Ciencias Básicas e Ingenierías*, 10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10370185>
- Beveridge Malcolm C. M., & Brummett Randall E. (2016). Aquaculture and the environment. *Freshwater Fisheries Ecology*, 1, 795–703.
- Boyd, C. E. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (Eds.). Métodos Para Mejorar La Camaronicultura En Centroamérica. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua.*, 24–25.

- Boyd, C. E. (2018). Dinámica del oxígeno disuelto: La gestión adecuada del oxígeno disuelto el aspecto más importante de la gestión de la calidad del agua de los estanques acuícolas. *USA: Institute of Aquaculture; [Consultado El 25 de Jul. de 2024]*. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/dinamica-del-oxigeno-disuelto/>
- Boyd, C. E., & Pippopinyo, S. (1994). Factores que afectan la respiración en suelos de fondo de estanque seco. *Aquaculture*, *120*(3–4), 283–293. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90085-X)
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers.*
- 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>
- Carranza, É. (2020). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. *Revista Ciencia y Tecnología*, *25*, 55–65. <https://doi.org/10.5377/RCT.V13I25.10412>
- Carranza, É. O. (2020). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. *Revista Ciencia y Tecnología*, *25*, 55–65. <https://doi.org/10.5377/rct.v13i25.10412>
- Celi Freire, H. (2021). *Factores que contribuyen a la variación espacial de la concentración de oxígeno disuelto en estanques acuícolas en época fría* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17512>

- Contreras, L., Henao-Castro, A., & Torres V., M. (2021). Variación temporal de la composición y abundancia del fitoplancton en Ciénaga Honda, Cartagena, Colombia. *Intropica*, 168–179. <https://doi.org/10.21676/23897864.4065>
- Davila Merizalde, L. (2022). *Relación entre los niveles de oxígeno y la turbidez del agua en cultivos de camarón blanco (litopenaeus vannamei)*. UTMACH.
- Diana, J. S., Szyper, J. P., Batterson, T. R., Boyd, C. E., & Piedrahita, R. H. (2017). Water Quality in Ponds. *Dynamics of POND Aquaculture*, 53–71. <https://doi.org/10.1201/9780203759028-3>
- Echeverría, G. (2022). *Análisis técnico-económico para la implementación de un sistema de aireación en camaroneras con sistema de recirculación a baja salinidad*.
- Espinoza Cruz, P. J., Lucas Aguirre, Y. M., Ramos Mosquera, B., & Alarcón Salvatierra, J. A. (2022). Impacto del internet de las cosas en el control y monitoreo de los parámetros del agua para la producción del camarón de Ecuador. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(43), 83–92. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss43.2022pp83-92>
- Fernandes, V., Sabu, E., Shivaramu, M., Gonsalves, M., & Sreepada, R. (2019). Dynamics and succession of plankton communities with changing nutrient levels in tropical culture ponds of whiteleg shrimp. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 639–655. <https://doi.org/10.3354/aei00341>
- Fidyantini, F., Candri, D. A., & Japa, L. (2024). Primary Productivity of Phytoplankton in Mandalika Coastal Area, Central Lombok Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1). <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1.5659>



- Foo, S. C., Yusoff, F. M., & Khong, N. M. H. (2024). Storage and degradation kinetics of physicochemical and bioactive attributes in microalgal-derived fucoxanthin-rich microcapsules. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100823>
- Franklin, L., & Forster, R. (1997). The changing irradiance environment: Consequences for marine macrophyte physiology, productivity and ecology. *European Journal of Phycology*, 32(3). <https://doi.org/10.1080/09670269710001737149>
- Gaarder, T., & Gran, H. H. (1927). Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. *Rapp. Cons. Explor*, XLII, 1–48.
- Gattorno Fúnez, J. F., & Pocasangre Collazos, A. E. (2019). Comportamiento de la estratificación térmica en una laguna de estabilización facultativa. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 14(1), 119–134. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v14i1.1208>
- Gustavo Coelho Emerenciano, M., Lemos de Mello, G., de Azevedo Silva Ribeiro, F., Miranda-Baeza, A., & Martínez-Córdova, L. R. (2015). Recent Advances in Aquaculture Systems Based on Microorganisms: The Biofloc Technology (Bft) Case. *Avances En Nutrición Acuícola*, 51–61. [www.ceres.udesc.br](http://www.ceres.udesc.br)
- Herrera, K., Granados, C., & Bastidas, B. (2023). Producción primaria del fitoplancton en la laguna Buenavista, Manuere – La Guajira (Caribe Colombiano). *Ciencia e Ingeniería*, 10, 1–16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10370185>
- Hill, M. J., Greaves, H. M., Sayer, C. D., Hassall, C., Milin, M., Milner, V. S., Marazzi, L., Hall, R., Harper, L. R., Thornhill, I., Walton, R., Biggs, J., Ewald, N., Law, A., Willby, N., White, J. C., Briers, R. A., Mathers, K. L., Jeffries, M. J., & Wood, P. J.

- (2021). Pond ecology and conservation: research priorities and knowledge gaps. *Ecosphere*, 12(12). <https://doi.org/10.1002/ecs2.3853>
- Hwang, S. J. (2020). Eutrophication and the Ecological Health Risk. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 6332, 17(17), 6332. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17176332>
- Krebs, L. (2003). Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura. *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8666/1/lkrebs.pdf>
- Kulangana, T., Ariyaratne, W. M. T. P., Priyantha, H. M. D. N., & Iqbal, M. C. M. (2024). Enhancing water quality and sustainable organic-phosphate fertilizer production through phytoremediation of cattle farm effluent using artificial wetlands. *Sri Lankan Journal of Biology*, 9(1). <https://doi.org/10.4038/sljb.v9i1.135>
- López-Martínez, M.-L., Jurado-Rosero, G.-A., Páez- Montero, I.-D., & Madroñero-Palacios, S.-M. (2017). Estructura térmica del lago Guamués, un lago tropical de alta montaña. *Luna Azul*, 44, 94–119. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.7>
- Lürling, M. (2021). Grazing resistance in phytoplankton. *Hydrobiologia*, 848(1), 237–249. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04370-3>
- Mann, K. H., & Lazier, J. R. N. (2005). *Dynamics of marine ecosystems*. Biological-physical interactions in the oceans.
- Martínez Córdova, L. R., Martínez Porchas, M., & Miranda Baeza, A. (2017). *Uso de Microorganismos Inmovilizados en Cultivos Camaronícolas y su Efecto en la Respuesta Productiva, Condición Fisiológica y Microbioma Intestinal*.

- Matute, P., & Washco, H. (2023). *Análisis comparativo de las variaciones de la demanda química de oxígeno en esteros, estuarios y piscinas de cultivo de camarón*. Utmach.
- 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)
- Noriega-Curtis, P. (1979). Primary productivity and related fish yield in intensely manured fishponds. *Aquaculture*, 17(4). [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(79\)90088-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(79)90088-7)
- Nunes, A. J. P., Guedes Coutinho, A., Camelo de Sena, D., Alves Rufino, L., & Oliveira Neto, S. (2020). Cultivo de juveniles de camarones blancos del Pacífico en condiciones superintensivas. *Global Seafood Alliance*.
- Oberle, M., Salomon, S., Ehrmaier, B., Richter, P., Lebert, M., & Strauch, S. M. (2019). Diurnal stratification of oxygen in shallow aquaculture ponds in central Europe and recommendations for optimal aeration. *Aquaculture*, 501, 482–487. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.005>
- Odum Eugene P. (1971). *Fundamentals of Ecology* (Third Edition). W.B. Saunders Company.
- Paredes, J., & Rodríguez, J. (2020). *Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (Litopenaeus vannamei Boone, 1931)*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

- Prates, E., Holanda, M., & Wasielesky Junior, W. (2020). *Evaluación del crecimiento compensatorio de camarones blancos del Pacífico en un sistema de biofloc*.
- Puente, E. (2009). Respuesta fisiológica del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones simuladas de oxígeno, temperatura y salinidad. *Repositorio Digital IPN*.  
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14322/1/puentec2.pdf>
- Ramos, J. L. (2021). *Relación de los parámetros fisicoquímicos con la estructura de la comunidad fitoplanctónica de las aguas superficiales del desembarcadero pesquero del Puerto de Ilo, región Moquegua*. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental.
- Reid, P. C., Fischer, A. C., Lewis-Brown, E., Meredith, M. P., Sparrow, M., Andersson, A. J., Antia, A., Bates, N. R., Bathmann, U., Beaugrand, G., Brix, H., Dye, S., Edwards, M., Furevik, T., Gangstø, R., Hátún, H., Hopcroft, R. R., Kendall, M., Kasten, S., ... Washington, R. (2010). Impacts of the oceans on climate change. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 56). [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(09\)56001-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(09)56001-4)
- Rondón, D. (2020). *Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto (Tesis de pregrado)*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Santillan, J. (2023). *Análisis de calidad de agua en un sistema acuapónico mediante redes neuronales y conglomerados (Trabajo de titulación)*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
- Silva Mascote. (2022). *Variabilidad de fitoplancton en aguas residuales de la playa Chipipe, Salinas 2021* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA

ELENA]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8104/4/UPSE-TBM-2022-0022.pdf>

Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999, March 22). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100 , 179–196. [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)

Zhang, M., Dong, J., Gao, Y., Liu, Y., Zhou, C., Meng, X., Li, X., Li, M., Wang, Y., Dai, D., & Lv, X. (2021). Patterns of phytoplankton community structure and diversity in aquaculture ponds, Henan, China. *Aquaculture*, 544, 737078. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737078>