



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**La eutrofización como un potencial riesgo en el cultivo del camarón blanco  
(*Litopenaeus vannamei*).**

**RUEDA CALLE JOEL NICOLAS  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**La eutrofización como un potencial riesgo en el cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).**

**RUEDA CALLE JOEL NICOLAS  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO**

**La eutrofización como un potencial riesgo en el cultivo del  
camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).**

**RUEDA CALLE JOEL NICOLAS  
INGENIERO ACUICOLA**

**VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON**

**MACHALA  
2023**

# JOEL NICOLAS RUEDA CALLE - EXAMEN COMPLEXIVO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uptc.edu.co">repositorio.uptc.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://eclipse.red.cinvestav.mx">eclipse.red.cinvestav.mx</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1%
7	Sugenith Margarita Arteaga Castillo. "Cultivos para el cambio climático: selección y caracterización de variedades de judía ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y <i>Phaseolus lunatus</i> tolerantes a la sequía y salinidad", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1%

8

repositorio.unan.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

9

www.tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

10

www.un.org

Fuente de Internet

<1 %

11

lookformedical.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



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


El que suscribe, RUEDA CALLE JOEL NICOLAS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado La eutrofización como un potencial riesgo en el cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), 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.



RUEDA CALLE JOEL NICOLAS

1106018011

## Resumen

La eutrofización se presenta como un potencial riesgo en la acuicultura, especialmente en los cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Este fenómeno se debe al enriquecimiento excesivo de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en el agua. Esto puede llevar al crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas, causando problemas como la disminución de la calidad del agua y la hipoxia, lo que afecta a los camarones y al ecosistema circundante. Las causas de la eutrofización incluyen la liberación de nutrientes de diversas fuentes tanto directas como indirectas. Para evaluar el grado de eutrofización en un cuerpo de agua, se utilizan índices como el Índice de Eutrofización por Nutriente (IE). Para prevenir y mitigar la eutrofización en los cultivos de camarón blanco, se deben aplicar estrategias como el manejo adecuado de nutrientes en la alimentación, la adopción de sistemas de recirculación de agua, el tratamiento de aguas residuales y el control de la densidad de población. También es importante monitorear regularmente los parámetros del agua y fomentar la investigación para desarrollar prácticas más sostenibles.

**Palabras clave:** eutrofización, camarón blanco, nutrientes, índice trófico.

## Summary

Eutrophication is presented as a potential risk in aquaculture, especially in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultures. This phenomenon is due to excessive enrichment of nutrients, mainly nitrogen and phosphorus, in the water. This can lead to uncontrolled growth of algae and aquatic plants, causing problems such as decreased water quality and hypoxia, which affects the shrimp and the surrounding ecosystem. The causes of eutrophication include the release of nutrients from various sources both direct and indirect. To evaluate the degree of eutrophication in a body of water, indices such as the Nutrient Eutrophication Index (IE) are used. To prevent and mitigate eutrophication in white shrimp cultures, strategies such as adequate nutrient management in feed, adoption of water recirculation systems, wastewater treatment and control of population density must be applied. It is also important to periodically monitor water parameters and encourage research to develop more sustainable practices.

**Keywords:** eutrophication, white shrimp, nutrients, trophic index.



## INDICE

1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
2. CAPITULO II: DESARROLLO.....	3
2.1. Eutrofización.....	3
2.2. Indicadores de eutrofización en la acuicultura.....	4
2.2.1. Nutrientes.....	4
2.2.2. Concentraciones de fitoplancton.....	5
2.3. La eutrofización en los cultivos de camarón blanco .....	6
2.3.1. Causas que contribuirían a la eutrofización en los cultivos de camarón blanco.....	7
2.3.2. Afectación de la eutrofización en los cultivos de camarón blanco.....	9
2.4. Métodos para calcular la eutrofización de un cuerpo de agua .....	10
2.4.1. Análisis de concentraciones de nutrientes en piscinas camaroneras .....	12
2.4.2. Ejemplo de eutrofización en los sistemas de cultivo de camarón blanco.....	13
2.5. Medidas de prevención y mitigación de la eutrofización en el cultivo de camarón blanco	15
3. CAPITULO III: CONCLUSIÓN .....	17
4. BIBLIOGRAFÍA .....	18

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Eutrofización de un cuerpo de agua.....	3
<b>Figura 2:</b> Granjas acuícolas para el cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	6

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Métodos para calcular el Estado Trófico de un cuerpo de agua.....	11
<b>Tabla 2:</b> Resultados obtenidos de los análisis al agua (concentración de nutrientes) de una piscina camaronera .....	12

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es la principal especie seleccionada con el fin de ser cultivada en la región, al cual lo podemos encontrar en la costa del pacífico, desde el norte del Perú hasta México. Su popularidad deriva de su rápido desarrollo, alta capacidad de reproducción en cautiverio y adaptabilidad a diversas condiciones de cría, el cultivo del camarón blanco ha surgido como respuesta a la creciente demanda de productos marinos en los mercados internacionales, y ante la disminución de las poblaciones silvestres (Cevallos et al., 2020).

Desde una perspectiva económica de acuerdo a Novillo et al. (2021), el cultivo del camarón blanco ejerce un impacto significativo en la economía global y en la seguridad alimentaria, su producción a gran escala genera empleo tanto directo como indirecto en zonas costeras y regiones donde la acuicultura desempeña un papel crucial. Adicionalmente según Cobo & Pérez (2018), la exportación del camarón blanco contribuye a los ingresos nacionales y al comercio internacional, especialmente en naciones productoras como China, Tailandia, Ecuador y Vietnam, la relevancia económica del cultivo del camarón blanco también se evidencia en su contribución a la disponibilidad de proteínas de alta calidad en la alimentación humana. Como fuente nutricional rica y de sabor exquisito, el camarón blanco satisface la creciente demanda de consumidores que buscan alternativas alimenticias saludables.

Debido a la alta demanda a nivel mundial del camarón blanco, la acuicultura ha experimentado un notorio incremento en las últimas décadas, sin embargo, esta industria, además de las oportunidades que brinda, presenta desafíos ambientales que requieren un tratamiento cuidadoso (Roque et al., 2020). Estos desafíos que incluyen preocupaciones medioambientales

como la gestión de desechos y la interacción con ecosistemas costeros, mantener un equilibrio entre los beneficios económicos y la sostenibilidad medioambiental constituye un aspecto crítico en el ámbito de la acuicultura contemporánea (Nguyen et al., 2019).

El camarón se ha convertido en una especie de gran importancia económica a nivel mundial, sin embargo, su cultivo intensivo ha llevado a la acumulación de nutrientes en los cuerpos de agua cercanos, lo que conlleva a problemas de eutrofización (Limsuwan, 2018).

El objetivo del presente trabajo de revisión es analizar los principales factores que contribuyen a la eutrofización así como las medidas de mitigación y buenas prácticas que se pueden implementar para reducir este potencial riesgo y garantizar la sostenibilidad del cultivo del camarón blanco.

## CAPITULO II

### 2. DESARROLLO

#### 2.1. Eutrofización

El vocablo eutrofización está formado por las raíces griegas (eu): bien, bueno; (trofé, és): alimentación, nutrición; del infijo isis: formación, operación; y por el sufijo ción: resultado de la acción; su significado literal es “resultado o efecto de una buena alimentación”.

La eutrofización se define como un proceso de deterioro de la calidad del recurso agua, se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, condicionando la utilización de estos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional (Ledesma et al., 2013).

**Figura 1:** Eutrofización de un cuerpo de agua



**Fuente:** (Revista Bird, 2018)

## **2.2. Indicadores de eutrofización en la acuicultura**

### **2.2.1. Nutrientes**

Nitrógeno (N): el nitrógeno se obtiene principalmente de la atmósfera y regresa al medio ambiente a través de procesos como la escorrentía, la lluvia y las interacciones biológicas. Este elemento se encuentra en una variedad de compuestos y es altamente variable debido a la influencia de microorganismos y a su capacidad de transformación química (Roldán & Ramirez, 2008). En entornos acuáticos, se encuentra principalmente en forma inorgánica, como amoníaco, amonio, nitrito y nitrato, que se forman como resultado de la descomposición de la materia orgánica (Hernández, 2018).

Fosforo (P): el fósforo se libera en el agua desde los sedimentos debido a procesos de óxido-reducción causados por bacterias que realizan la metanogénesis. Esto conduce a un aumento en las concentraciones de fósforo. Algunas especies de cianobacterias, como *Anabaena*, dependen de la cantidad total de fósforo (PT) tanto para su crecimiento como para la producción de toxinas (Hernández, 2018).

De acuerdo con la investigación realizada por Queiroz et al. (2020), la eutrofización se caracteriza por el enriquecimiento de los cuerpos de agua con nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en cantidades que exceden los niveles naturales, estos excesos nutricionales pueden ocasionar un desarrollo desmedido de algas y vegetación acuática, lo cual a su vez puede tener consecuencias adversas en la calidad del agua y el equilibrio ecológico del entorno. Algunos aspectos a considerar incluyen:

Sobrealimentación: La desmesurada administración de alimento a los camarones puede propiciar la liberación de nutrientes no consumidos en el agua., estos nutrientes presentes en el



alimento no utilizado pueden funcionar como una fuente de nitrógeno y fósforo que estimula el crecimiento de algas.

**Residuos de Camarones:** Los desechos producidos por los camarones, que contienen nutrientes, pueden contribuir a la eutrofización, en sistemas de cultivo intensivo, donde la densidad de camarones es alta, la acumulación de excrementos puede ser notable.

**Fugas de Nutrientes:** En caso de que los estanques no estén diseñados de manera adecuada y permitan que agua rica en nutrientes se filtre hacia los cuerpos de agua circundantes, esto puede elevar los niveles de nutrientes en dichos cuerpos de agua y propiciar la eutrofización.

**Escorrentía Agrícola:** Si los estanques de cultivo se localizan en áreas donde la escorrentía agrícola puede transportar nutrientes provenientes de fertilizantes hacia los cuerpos de agua, esto puede aumentar la carga de nutrientes en los estanques y contribuir a la eutrofización.

**Fertilización Inapropiada:** Ciertas prácticas agrícolas involucran la aplicación de fertilizantes que contienen nitrógeno y fósforo, si estos fertilizantes llegan a los cuerpos de agua, podrían incrementar los niveles de nutrientes y favorecer la eutrofización.

### **2.2.2. Concentraciones de fitoplancton**

La carga excesiva de nutrientes es asociada como un potenciador a la proliferación de algas productoras de toxinas, como cianobacterias y dinoflagelados en aguas costeras (Wurtsbaugh et al., 2019).

Estas floraciones de algas nocivas de acuerdo a Brown et al. (2020) pueden llevar a un rápido crecimiento y muerte de estas algas, cuando las algas mueren, son descompuestas por

bacterias, un proceso que consume oxígeno en el agua, esto puede resultar en la formación de áreas sin oxígeno, conocidas como zonas muertas o anóxicas, que afectan a la vida en el medio acuático.

### 2.3. La eutrofización en los cultivos de camarón blanco

La eutrofización en los cultivos de camarón blanco denota el fenómeno mediante el cual se produce una excesiva aportación de nutrientes, en los cuerpos de agua, este exceso conduce al desarrollo desmesurado de algas y vegetación acuática, lo cual puede acarrear consecuencias adversas en el ecosistema acuático. El incremento de nutrientes fomenta la proliferación de algas y la formación de floraciones algales, a medida que estas últimas perecen y se descomponen, se agota el oxígeno presente en el agua, originando la disminución de los niveles de oxígeno disuelto, un fenómeno reconocido como hipoxia (Concha et al., 2019).

**Figura 2:** Granjas acuícolas para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*



**Fuente:** (GlobalSeafood, 2018)

La eutrofización puede dar origen a una serie de complicaciones, abarcando la reducción de la calidad del agua, la merma de la diversidad biológica en el medio acuático y la alteración del

equilibrio del ecosistema, en el marco de los cultivos de camarón blanco, esta situación puede adquirir especial inquietud debido a que los camarones requieren condiciones de oxígeno adecuadas y un entorno acuático limpio para su sano crecimiento y desarrollo (Zhou et al., 2022).

Con el fin de atenuar los impactos de la eutrofización en los cultivos de camarón blanco, resulta crucial aplicar prácticas de gestión idóneas, estas pueden incorporar la regulación de la carga de nutrientes en los estanques de cría, la optimización del consumo de alimento y la adecuada disposición de los residuos orgánicos generados por los camarones. Así mismo, la adopción de sistemas de tratamiento de agua y la rotación de los estanques de cultivo también pueden coadyuvar en la reducción del riesgo de eutrofización y el mantenimiento de un equilibrio en el ambiente acuático (Kohan et al., 2019).

### **2.3.1. Causas que contribuirían a la eutrofización en los cultivos de camarón blanco**

Las causas que podrían contribuir al fenómeno de la eutrofización en cuerpos de agua están asociados según Barcellos et al. (2019), tanto a actividades antrópicas como a procesos naturales que incrementan la aportación de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, al entorno acuático, varias de estas causas y factores incluyen:

**Liberación de Nutrientes:** La emanación de nutrientes provenientes de fuentes terrestres, como la escorrentía agrícola y urbana, los desechos industriales y los efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, introduce volúmenes excesivos de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua.

**Agricultura Intensiva:** La aplicación intensiva de fertilizantes en la agricultura puede inducir la escorrentía de nutrientes desde campos de cultivo hacia cuerpos de agua cercanos.

Deforestación: La supresión de vegetación y la deforestación en áreas adyacentes a cuerpos de agua pueden acelerar la erosión del suelo y amplificar el flujo de nutrientes hacia dichos cuerpos de agua.

Urbanización: La urbanización puede derivar en la pavimentación de áreas, lo cual limita la absorción natural de nutrientes por parte del suelo, esto incrementa la escorrentía de nutrientes hacia los cuerpos de agua.

Despilfarro Alimentario: El derroche de alimentos y la inadecuada disposición de residuos orgánicos pueden contribuir a la liberación de nutrientes en sistemas acuáticos.

Cambio Climático: Las alteraciones en los patrones de precipitación y el incremento de temperaturas pueden incidir en la liberación y el transporte de nutrientes.

Vertido de Aguas Residuales: El vertido descontrolado de aguas residuales sin adecuado tratamiento puede introducir nutrientes en cuerpos de agua cercanos.

Modificaciones en el Uso del Suelo: La transformación de tierras para diversos fines, como la construcción de represas o la creación de embalses, puede perturbar el equilibrio de nutrientes en el agua.

Crecimiento Poblacional: El aumento de la población humana puede intensificar la demanda de recursos y aumentar la producción de desechos, incluyendo nutrientes.

En su conjunto, estas causas y factores pueden propiciar el incremento de nutrientes en los cuerpos de agua, engendrando así el fenómeno de la eutrofización y sus implicaciones negativas en los ecosistemas acuáticos (Kohan et al., 2019).

### **2.3.2. Afectación de la eutrofización en los cultivos de camarón blanco**

La afectación de la eutrofización en los cultivos de camarón resulta en una serie de consecuencias adversas que afectan tanto a los camarones cultivados como al entorno acuático circundante, la acumulación excesiva de nutrientes puede llevar a un aumento en el crecimiento de algas y plantas acuáticas, lo que resulta en una disminución de la claridad del agua. Esto puede dificultar la visibilidad y afectar la disponibilidad de luz necesaria para el crecimiento óptimo de los camarones, la descomposición de las algas y las plantas acuáticas en exceso consume oxígeno disuelto en el agua, lo que puede conducir a la hipoxia (bajos niveles de oxígeno) en los estanques de cultivo, los camarones requieren oxígeno adecuado para su respiración, y la falta de oxígeno puede resultar en estrés y mortalidad (Ihsan et al., 2019).

La eutrofización tiene el potencial de modificar la calidad global del agua al afectar la transparencia y la nitidez del agua, el crecimiento excesivo de algas puede generar aguas turbias y con tonalidades verdes, lo cual podría interferir en la capacidad de los camarones para detectar alimento, además de complicar la labor de los acuicultores al monitorear la salud de los camarones (Liu et al., 2019).

El exceso de nutrientes puede causar cambios en los estados de los ecosistemas costeros, uno de estos es el cambio en la red alimentaria (Wurtsbaugh et al., 2019). También se presentan floraciones que tienen consecuencias diversas y que abarcan varios aspectos, algunas algas nocivas producen toxinas que pueden ser dañinas para organismos acuáticos y para la salud humana, estas toxinas pueden acumularse en organismos marinos, como los camarones, y ser transferidas a través de la cadena alimentaria, causando problemas en la salud de animales y humanos que consumen dichos organismos (Tayaban et al., 2018).

Las condiciones desfavorables causadas por la eutrofización pueden debilitar el sistema inmunológico de los camarones, haciéndolos más susceptibles a enfermedades. La calidad nutricional de los camarones cultivados puede verse comprometida debido a las condiciones de cultivo afectadas por la eutrofización, esto puede influir en su crecimiento y desarrollo, así como en la calidad de los productos finales (Hwang, 2020).

La eutrofización puede llevar a una disminución en la tasa de crecimiento y la supervivencia de los camarones, lo que resulta en pérdidas económicas para los productores, además de los efectos en los camarones, la eutrofización puede tener un impacto negativo en el ecosistema circundante, alterando la biodiversidad acuática y desencadenando efectos en cascada en la cadena alimentaria (Liu et al., 2019). Además, las condiciones de estrés causadas por la eutrofización, como la falta de oxígeno y la competencia por recursos, pueden debilitar el sistema inmunológico de los camarones. Esto puede hacerlos más susceptibles a enfermedades y patógenos, lo que puede resultar en brotes de enfermedades en los cultivos (Suresh et al., 2023).

#### **2.4. Métodos para calcular la eutrofización de un cuerpo de agua**

El índice de eutrofización expuesto por Toro et al. (2019), es una medida que indica el nivel de enriquecimiento de nutrientes en cuerpos de agua, generalmente asociado con actividades agrícolas o acuícolas.

El índice de estado eutrófico es la caracterización de un cuerpo de agua en relación a su grado de eutrofización, ya sea de origen natural o causado por actividades humanas. Para determinar el estado trófico de un ecosistema acuático, se utilizan índices que se derivan de diferentes parámetros (Gomez et al., 2014). En la Tabla 1 se describen algunos métodos para determinar el estado trófico de un cuerpo de agua:



**Tabla 1:** Métodos para calcular el Estado Trófico de un cuerpo de agua (Aranda, 2004)

<p><b>Trophic Index (TRIX)</b></p>	<p>Este método establece la relación entre la respuesta biológica, la productividad, las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos de nitrógeno (N) y fósforo (P), y los niveles de oxígeno disuelto en el agua en respuesta al proceso de eutrofización.</p>	<p><math>TRX = \frac{\log(Chla \times OD \times NT \times PT) + 1.5}{1.2}</math></p> <p>TRIX: Índice del Estado Trófico</p> <p>Chla: Clorofila a (<math>mg\ m^{-3}</math>)</p> <p>OD: Valor absoluto del porcentaje de saturación del OD (<math> 100 - \%OD </math>)</p> <p>NT: Nitrógeno Total (<math>\mu M</math>)</p> <p>PT: Fósforo Total (<math>\mu M</math>)</p>	<p>(Vollenweider et al., 1998)</p>
<p><b>Índice de Estado Trófico Total modificado por Toledo et al. (1985) (IETM)</b></p>	<p>Es una variación del Índice de Carlson (1977) donde se considera la transparencia, fósforo total y clorofila activa, con la diferencia de que el IETM es más adecuado para embalses y lagos tropicales</p>	<p><math>IETM_{Total} = \frac{IETM_{DS} + IETM_{C} + IETM_{PT}}{3}</math></p> <p>Ds: Dato dado por medio del Disco Secchi</p> <p>Cl a: Clorofila a</p> <p>PT: Fósforo total</p>	<p>(Toledo et al., 1985)</p>
<p><b>Índice de Eutrofización por Nutriente (IE)</b></p>	<p>Se toma en cuenta la presencia de nutrientes en distintas zonas, es adimensional, además su uso se extiende en diferentes tipos de agua.</p>	<p><math>IE = \frac{C}{C - \log X} + \log A</math></p> <p>A: Número de las estaciones de muestreo</p> <p>C: Logaritmo del total de la cantidad de nutrientes; PRS (fósforo reactivo soluble) y NID (nitrógeno inorgánico disuelto).</p> <p>X: Concentración referencial del nutriente (NID, PRS) en la estación del muestreo</p>	<p>(Karydis et al., 1983)</p>

### 2.4.1. Análisis de concentraciones de nutrientes en piscinas camaroneras

Tabla 2: Resultados obtenidos de los análisis al agua (concentración de nutrientes) de una piscina camaronera (Cedeño & Vera, 2019).

(Los valores son expresados en mg/l)

Parámetros	Afluente	SEMANAS											Efluente	Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<b>NO<sub>2</sub></b>	0.045	0.097	0.09	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.11	0.12	0.15	0.06	0.08	0.079
<b>NO<sub>3</sub></b>	0.06	0.13	0.14	0.12	0.07	0.055	0.07	0.06	0.14	0.15	0.2	0.08	0.09	0.106
<b>NH<sub>3</sub></b>	0.04	0.05	0.04	0.07	0.046	0.03	0.04	0.045	0.065	0.072	0.069	0.057	0.047	0.052
<b>PO<sub>4</sub></b>	0.06	0.072	0.12	0.1	0.08	0.063	0.085	0.062	0.12	0.16	0.18	0.1	0.12	0.102

El presente análisis se realizó en Ecuador- Manabí; el tipo de cultivo de acuerdo a su densidad fue extensivo. La toma de muestras de agua se dió a lo largo de un período de tres meses. Se obtuvo una muestra en el punto de entrada de agua (afluente), se recolectaron un total de once muestras durante el proceso de producción y se tomó una muestra en el punto de salida de agua (efluente) (Cedeño & Vera, 2019).

### 2.4.2. Ejemplo de eutrofización en los sistemas de cultivo de camarón blanco

Luego de repasar los métodos para calcular el estado eutrófico de un cuerpo de agua, usaremos el Índice de Eutrofización por Nutriente (IE) para determinar la eutrofización de una camaronera, para esto tomaremos los valores de Nitrógeno y Fosfato de la Tabla 2, además tendremos valores referenciales muy comunes en el cultivo de camarón.

#### Valores referenciales de piscinas de camarón

**Nitrógeno:** 5,96

**Fosforo:** 1,02

#### Datos de la camaronera donde se midió las concentraciones de nutrientes (Tabla 1)

**Nitrógeno:**  $0,079+0,106+0,052= 0,237$

**Fosforo:** 0,102

**Muestras:** 11

#### Desarrollo

$\log (0,237)=-0,625$        $\log (0,102)=-0,991$

#### Nitrógeno

$$IE = \frac{C}{C - \log X} + \log A$$

$$IE = \frac{-0,625}{-0,625 - \log(5,96)} + \log(11)$$

$$IE = 1,49$$

## **Fosforo**

$$IE = \frac{C}{C - \log X} + \log A$$

$$IE = \frac{-0,991}{-0,991 - \log(1,02)} + \log(11)$$

$$IE = 2,03$$

## **IE Final**

$$IE = 1,49 + 2,03$$

$$IE = 3,52$$

En cuanto a los valores del Índice de Eutrofización (IE) son los siguientes:

$IE < 3$ : Oligotrófico (baja eutrofización).

$3 \leq IE < 5$ : Mesotrófico (eutrofización moderada).

$IE \geq 5$ : Eutrófico (alta eutrofización).

En este caso el valor fue de 3,52 lo cual califica a este cuerpo de agua dentro de una eutrofización moderada, esto debido a que esta camaronera contaba con buenas medidas de prevención y constantes controles. El valor del IE se utiliza para evaluar el grado de eutrofización en el cuerpo de agua, generalmente se utilizan clasificaciones como baja, media, alta o muy alta para categorizar los niveles de eutrofización, es importante tener en cuenta que este es solo un ejemplo de cómo se puede calcular el IE y que pueden existir variaciones en la fórmula y los valores de referencia utilizados según el contexto y los estándares utilizados.

## **2.5. Medidas de prevención y mitigación de la eutrofización en el cultivo de camarón blanco**

La implementación de medidas preventivas y de mitigación de la eutrofización en la cría del camarón blanco se revela como un factor fundamental para garantizar la sostenibilidad ecológica y la perspectiva a largo plazo de esta actividad acuícola, a continuación de acuerdo a Iber & Kasan (2021), señalan diversas estrategias que pueden ser aplicadas:

**Manejo de nutrientes en la alimentación:** Regular la cantidad y composición de los alimentos suministrados a los camarones con el fin de evitar la excesiva introducción de nutrientes en el agua, utilizar alimentos de alta calidad formulados específicamente para reducir la liberación de nutrientes no asimilados.

**Adopción de sistemas de recirculación de agua:** Integrar sistemas de recirculación de agua en las instalaciones de cultivo, estos sistemas posibilitan la reutilización y depuración del agua, disminuyendo la emisión de nutrientes y sustancias químicas al entorno.

**Implantación de tratamientos y reutilización de aguas residuales:** Instaurar sistemas de tratamiento para las aguas residuales derivadas de las piscinas de cultivo, estos sistemas pueden involucrar procedimientos biológicos y químicos para eliminar nutrientes antes de liberar el agua al medio ambiente.

**Control de la densidad de población:** Evitar la sobrepoblación en las piscinas de cultivo para minimizar la acumulación de desechos y nutrientes en el agua, manteniendo una densidad de camarones que proporcione un entorno saludable.

Restricción en la selección de áreas de cultivo: Elegir ubicaciones adecuadas para las instalaciones de cría de camarones, evitando áreas sensibles o ya impactadas por la eutrofización, considerar factores como la circulación del agua y la distancia a cuerpos de agua naturales.

Supervisión y regulación del agua: Llevar a cabo un monitoreo periódico de los parámetros del agua, como los niveles de oxígeno disuelto, nutrientes y pH, tomar medidas correctivas si los valores se desvían de los rangos óptimos.

Implementación de enfoques para el control de enfermedades: Adoptar métodos biológicos y prácticas de manejo que reduzcan la dependencia de productos químicos para el control de enfermedades en los camarones, evitando la liberación de sustancias químicas al agua.

Estímulo de educación y formación: Brindar capacitación a los acuicultores sobre prácticas de manejo sostenible y la comprensión de los efectos de la eutrofización, incentivando la adopción de prácticas responsables.

Establecimiento de zonas de protección: Establecer áreas de vegetación natural o barreras vegetales entre las instalaciones de cría de camarones y los cuerpos de agua circundantes para reducir la escorrentía de nutrientes hacia el agua.

Apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico: Respaldar la investigación científica y el desarrollo de tecnologías innovadoras que permitan una acuicultura más sustentable, incluyendo sistemas de tratamiento de agua más eficientes y prácticas mejoradas de cultivo.

La conjunción de estas medidas de prevención y mitigación puede contribuir a minimizar los impactos adversos de la eutrofización en la cría de camarón blanco y a lograr un equilibrio entre la producción acuícola y la conservación del entorno acuático (Iber & Kasan, 2021).



## CAPITULO III

### 3. CONCLUSIÓN

La eutrofización se presenta como un potencial riesgo en el cultivo del camarón blanco (*L. vannamei*) debido a su alta demanda de alimento y la acumulación de nutrientes en el agua, esta situación puede conducir a un desequilibrio en el ecosistema acuático, causando problemas como la disminución de la calidad del agua y demás, estos desbalances pueden traer consigo patógenos y por ende una disminución o pérdida total de los ingresos económicos en el cultivo.

Para mitigar este riesgo, es fundamental implementar estrategias de manejo adecuadas, como la mejora de los sistemas de alimentación y el monitoreo regular de los niveles de nutrientes en el agua, además, se requiere un enfoque integrado que considere aspectos ambientales, sociales y económicos para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la industria camaronera, siendo necesario fomentar la investigación continua en este tema, con el objetivo de desarrollar prácticas más eficientes y sostenibles que minimicen el impacto de la eutrofización en el cultivo del camarón blanco.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Aranda Cirerol, N. (2004). EUTROFIZACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE UNA ZONA COSTERA TROPICAL. *Tesis Doctoral*. Universitat de Barcelona, Barcelona. Obtenido de <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/35296/1/TESISNANCY.pdf>
- Barcellos, D., Queiroz, H. M., Nóbrega, G. N., de Oliveira Filho, R. L., Santaella, S. T., Otero, X. L., & Ferreira, T. O. (2019). Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, *142*, 58–63. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.031>
- Brown, A. R., Lilley, M., Shutler, J., Lowe, C., Artioli, Y., Torres, R., Berdalet, E., & Tyler, C. R. (2020). Assessing risks and mitigating impacts of harmful algal blooms on mariculture and marine fisheries. *Reviews in Aquaculture*, *12*(3), 1663–1688. <https://doi.org/10.1111/RAQ.12403>
- Cedeño Muñoz, J. J., & Vera Santana, M. A. (2019). Variabilidad Físicoquímica del Agua Durante el Proceso Productivo del Camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*), en una Piscina Camaronera, Sitio El Pueblito, Chone. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí* Manuel Félix López. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/983/1/TTMA29.pdf>
- Cevallos-Valdiviezo, H., Rodríguez-Cristiansen, A., Valdiviezo-Valenzuela, P., Arévalo-Avecillas, D., & Padilla-Lozano, C. (2020). Predicción del nivel de cosecha de camarón blanco: el caso de una pequeña camaronera en la parroquia Tenguel del cantón Guayaquil, Ecuador. *Revista de Métodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, *30*. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3791>

- Cobo, R., & Pérez, L. (2018). Aspectos generales del cultivo y la genética del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 35(1), 18–23. <https://aquadocs.org/handle/1834/15129>
- Concha, K., Ladines, J., & Arguello, W. (2019). Diseño de un protocolo de remediación de efluentes en cultivos semi intensivos de camarón blanco *Penaeus vannamei*. *ESPOL*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51422>
- Gomez , R., Tovilla , C., Barba, E., Valle, F., Romero, E., & Ramos, E. (2014). Indices tróficos de importancia ecológica y su relación con algunas variables físico-químicas en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 47-57. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1834/9096>
- Hernández Meza, D. (2018). EL PAPEL DE LA FORMA Y CONCENTRACIÓN DEL NITRÓGENO INORGÁNICO EN UN PERFIL VERTICAL EN DOS TIEMPOS DEL DÍA SOBRE LA POBLACIÓN DE *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Tesis de grado*. Universidad Veracruzana, Veracruz. Obtenido de <https://www.uv.mx/met/files/2018/06/Daniela-Hernandez-Meza-marzo2018.pdf>
- 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>
- Iber, B. T., & Kasan, N. A. (2021). Avances recientes en la gestión de aguas residuales de la acuicultura de camarón. *Heliyon*, 7(11), e08283. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E08283>

- Ihsan, Y. N., K Pribadi, T. D., & Schulz, C. (2019). *Nitrogen assimilation potential of seaweed (Gracilaria verrucosa) in polyculture with Pacific white shrimp (Penaeus vannamei)*. 12(1). <http://www.bioflux.com.ro/aacl>
- Kohan, A., Nasrolahi, A., Aeinjamshid, K., & Kiabi, B. H. (2019). Potential use of two fouling species (*Amphibalanus amphitrite* and *Saccostrea cucullata*) to prevent shrimp farm-induced coastal eutrophication. *Ocean & Coastal Management*, 173, 10–16. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2019.02.009>
- Ledesma, C., Bonansea, M., Rodriguez, C., & Sanchez, A. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Revista Ciencia Agronomica*, 419-425. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195326432021.pdf>
- Limsuwan, C. (2018). Cultivo Intensivo Del Camaron Blanco. *Nicovita*.
- Liu, C., Hu, N., Song, W., Chen, Q., & Zhu, L. (2019). Aquaculture Feeds Can Be Outlaws for Eutrophication When Hidden in Rice Fields? A Case Study in Qianjiang, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 4471, 16(22), 4471. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16224471>
- Lukwambe, B., Nicholaus, R., Zhang, D., Yang, W., Zhu, J., & Zheng, Z. (2019). Successional changes of microalgae community in response to commercial probiotics in the intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) culture systems. *Aquaculture*, 511, 734257. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734257>
- Nguyen, T. A. T., Nguyen, K. A. T., & Jolly, C. (2019). Is Super-Intensification the Solution to Shrimp Production and Export Sustainability? *Sustainability* 2019, Vol. 11, Page 5277, 11(19), 5277. <https://doi.org/10.3390/SU11195277>

- Novillo Jiménez, C., Romero, H., & Cevallos, H. (2021). Análisis del pronóstico de las exportaciones del camarón en el Ecuador a partir del año 2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1). <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/348>
- Queiroz, H. M., Ferreira, T. O., Taniguchi, C. A. K., Barcellos, D., do Nascimento, J. C., Nóbrega, G. N., Otero, X. L., & Artur, A. G. (2020). Riesgos de mineralización de nitrógeno y eutrofización en manglares que reciben efluentes de cultivo de camarón. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(28), 34941–34950. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-09720-1/TABLES/2>
- Roldán Pérez, G., & Ramirez Restrepo, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roque Salinas, M. L., Canales Machado, M. L., Cáceres Quiroz, O. J., Flores Romero, J. J., Cea Navas, N. E., & Hernández Dimas, V. M. (2020). Comparación del crecimiento del camarón blanco en dos condiciones de estudio, salinidad óptima y salinidad cercana a cero. *Ciencia e Interculturalidad*, 26(01). <https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9890>
- Suresh, K., Tang, T., Van Vliet, M. T. H., Bierkens, M. F. P., Stokal, M., Sorger-Domenigg, F., & Wada, Y. (2023). Recent advancement in water quality indicators for eutrophication in global freshwater lakes. *Environmental Research Letters*, 18(6), 063004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ACD071>
- Tayaban, K. M. M., Pintor, K. L., & Vital, P. G. (2018). Detection of potential harmful algal bloom-causing microalgae from freshwater prawn farms in Central Luzon, Philippines, for bloom monitoring and prediction. *Environment, Development and Sustainability*, 20(3), 1311–1328. <https://doi.org/10.1007/S10668-017-9942-8/TABLES/3>

- Toro, L., Asesor, G., Alberto, J., & Baena, P. (2019). *Aplicación de metodologías para la estimación de la eutrofización en embalses tropicales y selección del índice de estado trópico más adecuado para el embalse Peñol- Guatapé, Colombia.* <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/12104>
- Vollenweider, R., Giovardini, F., Montanari, G., & Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 329-357. Obtenido de [https://www.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-095X\(199805/06\)9:3%3C329::AID-ENV308%3E3.0.CO;2-9](https://www.doi.org/10.1002/(SICI)1099-095X(199805/06)9:3%3C329::AID-ENV308%3E3.0.CO;2-9)
- Wurtsbaugh, W., Paerl , H., & Dodds, W. (2019). Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *Wiley Interdisciplinary Reviews*. doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1373>
- Zhou, J., Leavitt, P. R., Zhang, Y., & Qin, B. (2022). Anthropogenic eutrophication of shallow lakes: Is it occasional? *Water Research*, 221, 118728. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2022.118728>