Instituto Internacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Educativo INDTEC, C.A.
DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

Efecto Ecológico de Efluentes de la Actividad Langostinera de un Ecosistema de Manglar (Tumbes, Perú)

Luis Antonio Montalvo Moreno[1]
[1]Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú
lantoniomm@gmail.com | https://orcid.org/0009-0000-4658-0387
Correspondencia: lantoniomm@gmail.com

Resumen: Los efluentes de la actividad langostinera pueden alterar la calidad del agua de los ecosistemas de manglar, por lo que su caracterización resulta necesaria para la gestión ambiental. El objetivo del estudio fue determinar los niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes generados por la actividad langostinera en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes durante 2020, y comparar su variación entre centros. Se aplicó el método científico, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, transversal y descriptivo, en once de los doce centros de producción seleccionados mediante muestreo intencional. Los datos se analizaron con estadística descriptiva. Los sólidos suspendidos totales oscilaron entre 4 y 67,77 mg/L, con las mayores concentraciones en CP5, CP8, CP2 y CP7. En los parámetros químicos se registraron valores relativamente bajos de oxígeno disuelto (entre 2,04 y 2,53 mg/L) en cinco centros (dos con registros idénticos) y relativamente altos de nitrato en dos centros y de amoníaco en uno, que justifican su seguimiento; además, se registraron coliformes termotolerantes en diez de los once centros (entre 6,5 y 251,5 NMP/100 mL). Se concluye que los efluentes muestran valores diferenciados entre centros y se plantea, como orientación, una gestión ambiental integral del tratamiento de efluentes, la fiscalización y el ordenamiento territorial.

Palabras clave: efluentes acuícolas; cultivo de langostino; parámetros ambientales; ecosistema de manglar; gestión sostenible.
Código de clasificación internacional UNESCO: 330811 - Control de la contaminación del agua.
Clasificación OCDE-FOS: 1.5 - Ciencias de la tierra y ciencias ambientales afines.

Ecological Effect of Effluents from Shrimp Farming Activity in a Mangrove Ecosystem (Tumbes, Peru)

Abstract: Effluents from shrimp farming can alter the water quality of mangrove ecosystems, so their characterization is necessary for environmental management. The objective of the study was to determine the levels of the physical, chemical, and microbiological parameters of the effluents generated by shrimp farming in the buffer zone of Los Manglares de Tumbes National Sanctuary during 2020, and to compare their variation among production centers. The scientific method was applied, with a quantitative approach and a non-experimental, cross-sectional, descriptive design, in 11 of the 12 production centers selected through purposive sampling. The data were analyzed using descriptive statistics. Total suspended solids ranged from 4 to 67.77 mg/L, with the highest concentrations at CP5, CP8, CP2, and CP7. Among the chemical parameters, relatively low dissolved oxygen values (2.04 to 2.53 mg/L) were recorded at five centers (two with identical readings), and relatively high values of nitrate at two centers and of ammonia at one, which justify their monitoring; in addition, thermotolerant coliforms were detected at 10 of the 11 centers (6.5 to 251.5 MPN/100 mL). The study concludes that the effluents show differentiated values among centers and proposes, as guidance, integrated environmental management of effluent treatment, oversight, and land-use planning.

Keywords: aquaculture effluents; shrimp farming; environmental parameters; mangrove ecosystem; sustainable management.
UNESCO International Classification Code: 330811 - Water pollution control.
OECD-FOS Classification: 1.5 - Earth and related environmental sciences.

Efeito ecológico de efluentes da atividade de carcinicultura em um ecossistema de manguezal (Tumbes, Peru)

Resumo: Os efluentes da carcinicultura podem alterar a qualidade da água dos ecossistemas de manguezal, razão pela qual sua caracterização é necessária para a gestão ambiental. O objetivo do estudo foi determinar os níveis dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos efluentes gerados pela carcinicultura na zona de amortecimento do Santuário Nacional Los Manglares de Tumbes durante 2020, e comparar sua variação entre os centros. Aplicou-se o método científico, com abordagem quantitativa e delineamento não experimental, transversal e descritivo, em 11 dos 12 centros de produção selecionados por amostragem intencional. Os dados foram analisados com estatística descritiva. Os sólidos suspensos totais variaram entre 4 e 67,77 mg/L, com as maiores concentrações em CP5, CP8, CP2 e CP7. Nos parâmetros químicos, registraram-se valores relativamente baixos de oxigênio dissolvido (entre 2,04 e 2,53 mg/L) em cinco centros (dois com registros idênticos) e valores relativamente altos de nitrato em dois centros e de amônia em um, que justificam seu monitoramento; além disso, registraram-se coliformes termotolerantes em 10 dos 11 centros (entre 6,5 e 251,5 NMP/100 mL). Conclui-se que os efluentes apresentam valores diferenciados entre os centros e propõe-se, como orientação, uma gestão ambiental integral do tratamento de efluentes, da fiscalização e do ordenamento territorial.

Palavras-chave: efluentes aquícolas; carcinicultura; parâmetros ambientais; ecossistema de manguezal; gestão sustentável.
Código de classificação internacional da UNESCO: 330811 - Controle da poluição da água.
Classificação OCDE-FOS: 1.5 - Ciências da terra e ciências ambientais afins.

Cómo citar este artículo:
Montalvo, L. A. (2026). Efecto Ecológico de Efluentes de la Actividad Langostinera de un Ecosistema de Manglar (Tumbes, Perú). *Revista Scientific, 11*(40), 208–223. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223

Fecha de Recepción:	Fecha de Aceptación:	Fecha de Publicación:
16-10-2025	19-12-2025	05-05-2026

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

1. Introducción

Los manglares constituyen hábitats esenciales para la biodiversidad marina y costera, además de proveer servicios ecosistémicos fundamentales como la protección frente a la erosión, la captura de carbono y el sustento de las comunidades locales a través de actividades de pesca y turismo. No obstante, la expansión de la actividad langostinera (camaronicultura en la literatura internacional) en las últimas décadas se ha asociado con la descarga de nutrientes, materia orgánica y microorganismos (Iber & Kasan, 2021), que pueden alterar la calidad del agua y contribuir a los procesos de eutrofización (Queiroz et al., 2020). Desde una perspectiva científica, esta investigación destaca la importancia de aportar evidencias técnicas sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes, como insumo para valorar las concentraciones de nutrientes y materia orgánica descargadas hacia la zona de amortiguamiento, sin estimar volúmenes ni cantidades totales descargadas, dado que no se dispuso de caudales. Este conocimiento resulta crucial para cubrir los vacíos existentes en los estudios de impacto ambiental en ecosistemas costeros tropicales y para fortalecer la base científica que sustente futuros proyectos de conservación.

A nivel global, la acuicultura superó a la pesca de captura en la producción de animales acuáticos en 2022, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2024), y la producción mundial de langostino blanco cultivado (*Litopenaeus vannamei*) alcanzó 5.812.180 toneladas en 2020 (Rebolledo & Quiroga, 2022). Esta expansión se ha desarrollado sobre tierras bajas costeras, entre ellas salinas, manglares y marismas, cuya conversión en estanques camaroneros se estimó entre 1 y 1,5 millones de hectáreas, y el impacto de mayor preocupación es la destrucción de manglares (Páez-Osuna, 2001). A escala global, un análisis de la distribución y de los factores de cambio de los manglares entre 1996 y 2010 identificó la conversión de manglar en acuicultura y agricultura como la principal causa de pérdida de origen antrópico (Thomas et al., 2017). En el noreste de Brasil, por ejemplo, el impacto acumulativo de la camaronicultura se asoció con la pérdida de servicios ecosistémicos de los manglares (de Lacerda et al., 2021), lo que ilustra el alcance de la transformación ambiental asociada a esta industria.

Respecto de los efluentes, de acuerdo con Rebolledo y Quiroga (2022), los principales impactos identificados en la revisión de los estudios realizados en América entre 1986 y 2020 incluyen la pérdida de manglares y la transformación de los cuerpos de agua que reciben efluentes enriquecidos de las camaroneras. De conformidad con el World Bank Group (2025), el potencial de crecimiento de la acuicultura implica una transición significativa de la producción de pequeña escala hacia una más intensiva, lo que refuerza la necesidad de caracterizar la calidad de los efluentes que esta transición genera.

En el ámbito latinoamericano, Ecuador aportó el 63,76 % de la producción americana de langostino blanco (Rebolledo & Quiroga, 2022). En el contexto peruano, la región de Tumbes lidera la producción nacional de langostino: concentró el 91,9 % de la producción del país en 2019 (Alama, 2023). La actividad se desarrolló en el delta del río Tumbes desde finales de la década de 1970 y, como documentan Mialhe et al. (2013), la camaronicultura convirtió el 17 % del manglar peruano; la misma investigación estimó que el empleo a tiempo completo alcanzó su máximo en 2006, con 2.660 puestos, y que la población que depende de la actividad probablemente supera las 10.000 personas.

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes es un área natural protegida de ecosistema frágil, reconocida por su elevado valor ecológico y por su función en la conservación de la biodiversidad costera, y recibe en su zona de amortiguamiento los efluentes de la actividad langostinera. La pregunta y el objetivo que orientan el estudio se formulan en el planteamiento del problema.

La justificación de esta investigación se fundamenta en la necesidad de abordar con rigor

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

científico una problemática ambiental que puede comprometer la estabilidad de uno de los ecosistemas más relevantes del litoral peruano. El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes constituye un espacio estratégico para la reproducción de especies hidrobiológicas, la protección de aves migratorias y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales.

Este estudio adquiere relevancia en tanto permite generar información confiable y sistematizada acerca de la variación de los parámetros ambientales, útil para los procesos de fiscalización y gestión ambiental. Sus hallazgos pueden servir de base para formular políticas públicas y diseñar estrategias de producción acuícola sostenibles que favorezcan la coexistencia entre el desarrollo económico y la conservación de un ecosistema de alta sensibilidad ecológica. Asimismo, la investigación proporciona herramientas técnicas a las instituciones responsables de la protección del santuario y favorece la toma de decisiones informadas orientadas a preservar el patrimonio natural frente a la expansión de la actividad productiva.

1.1. Fundamento Teórico

La investigación científica en torno a la gestión ambiental y, en particular, al impacto de los efluentes generados por la actividad langostinera en ecosistemas de manglar exige una fundamentación epistemológica claramente definida. El presente estudio se sustenta en el positivismo científico como corriente filosófica central, que sostiene que el conocimiento válido se obtiene mediante la observación sistemática, la recolección de datos empíricos y la medición cuantitativa de variables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La elección de este enfoque responde a la necesidad de cuantificar con rigor la concentración de materia orgánica, nutrientes y microorganismos en los efluentes, y describir su variación entre centros, como insumo para valorar su posible vinculación con procesos como la eutrofización y la pérdida de biodiversidad. Bajo este paradigma, se aplica el método científico de manera estructurada, lo que favorece la objetividad, la replicabilidad y la trazabilidad de los resultados, condiciones indispensables para sustentar recomendaciones orientadas a la formulación de políticas ambientales y a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

El enfoque positivista se fortalece con el uso de técnicas estadísticas y herramientas de monitoreo ambiental, que permiten identificar patrones de variación y comparar los valores entre distintos centros de producción. La orientación cuantitativa contribuye a que las interpretaciones se fundamenten en evidencia verificable. Sin embargo, se reconoce que la ciencia ambiental no se desarrolla en un vacío axiológico. La problemática de los efluentes langostineros en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes implica también dimensiones éticas y sociales, en la medida en que la producción acuícola, si bien es una actividad económica vital, no puede desvincularse de la obligación de conservar un ecosistema estratégico.

Los sistemas de cultivo de camarón son diversos: siguiendo a Al Eissa et al. (2022), se distinguen sistemas extensivos, semiintensivos e intensivos, con insumos y descargas distintos. Esa diversidad es pertinente para el presente estudio porque el sistema y el manejo de cada centro podrían influir en las características de sus efluentes, aspecto ajeno al alcance de este estudio, y porque dichos efluentes se descargan hacia la zona de amortiguamiento de un área protegida.

En este estudio, los efluentes de cultivo se entienden como aguas residuales que arrastran restos de alimento, excretas, fertilizantes, fármacos y microorganismos (Iber & Kasan, 2021). En la literatura general se reconoce que los parámetros físicos, como la temperatura, la salinidad, la turbidez (no medida en este estudio) y los sólidos suspendidos, pueden incidir en la fotosíntesis y en la estructura bentónica, mientras que los parámetros químicos, entre ellos oxígeno disuelto, pH, DBO5, amoníaco, nitrato, fósforo total y sulfuros, se consideran indicadores relevantes de la calidad del agua. Los parámetros microbiológicos, a su vez, incluyen la presencia de coliformes termotolerantes, indicadores de

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

origen fecal, y de *Vibrio* spp. (no evaluado en este estudio), organismos que pueden representar riesgos sanitarios y de bioseguridad para el ecosistema y las comunidades locales.

Las áreas naturales protegidas son espacios que, además de conservar la biodiversidad, cumplen funciones sociales, culturales y económicas. Como subrayan Reyes-Arroyo et al. (2021), en comunidades de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (México) los servicios ecosistémicos del manglar más valorados fueron la protección frente a fenómenos meteorológicos, la pesca y la regulación del clima, y la contaminación y otras presiones afectan el ingreso económico y la seguridad alimentaria local, mientras que, tal como describen Peña-Puch et al. (2022) en su revisión de la literatura, la pesca ribereña y el turismo comunitario se han desarrollado en el área natural protegida de Isla Arena (Campeche, México). Ambos casos muestran que las comunidades dependen de los recursos de las áreas protegidas y que las actividades productivas coexisten con ellas, situación comparable a la del santuario de Tumbes, en cuyo entorno se desarrolla la actividad langostinera.

En el caso peruano, el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, creado en 1988, posee una extensión de 2.972 hectáreas, alberga cinco especies de mangle y aves como flamencos, cigüeñuelas y garzas, y sostiene la extracción de cangrejo de manglar y de concha negra, recursos principales de la economía de los pescadores de la zona (de la Cruz, 2025). En ese ámbito, las coberturas de manglar ocupan la mayor parte del interior del área y, dentro del manglar, *Rhizophora mangle* es la especie con mayor índice de valor de importancia (Dioses-Puelles et al., 2023).

Entre las medidas propuestas para mitigar los impactos adversos de la camaronicultura figuran la existencia de zonas de amortiguamiento, el equilibrio entre la superficie de manglar y la de los estanques, el diseño mejorado de estos y la reducción del recambio de agua (Páez-Osuna, 2001). En el caso del santuario, su zona de amortiguamiento recibe de forma directa los efluentes de los centros de producción acuícola, de modo que las características de los efluentes que llegan a ella son el punto de partida para valorar la relación de la actividad con el área protegida.

El marco conceptual de la investigación se estructura a partir de categorías fundamentales. El Centro de Producción Acuícola se entiende como la infraestructura destinada al manejo de especies hidrobiológicas en cualquiera de las fases de cultivo. El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que fija el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Ley N.° 28611, art. 31; Congreso de la República, 2005); para el agua, los ECA aplicables durante el periodo de estudio se aprobaron mediante el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (Ministerio del Ambiente, 2017). El ecosistema de manglar se concibe como un bioma tropical caracterizado por una elevada biodiversidad y por la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. La eutrofización hace referencia al exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que favorece la proliferación de algas y desencadena efectos adversos sobre la calidad del agua y la biota. Por último, el vertimiento se define como la descarga de compuestos líquidos en cuerpos receptores, cuya magnitud y composición determinan su impacto ambiental.

1.2. Antecedentes

El análisis de los antecedentes permite identificar que los estudios sobre la acuicultura camaronera coinciden en resaltar tres aspectos centrales: los mecanismos de afectación ambiental, las escalas y métodos de evaluación, y las respuestas de gestión y gobernanza. En primer lugar, en contextos tropicales como Vietnam, a partir de lo reportado por Cao et al. (2024) tras evaluar la calidad de las fuentes de agua y de los efluentes de las granjas camaroneras de la provincia

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

de Ninh Thuan, se determinaron cuatro causas principales de la contaminación hídrica: los eventos climáticos extremos, las prácticas de cultivo, la infraestructura deteriorada y la deficiente gestión de la gobernanza local. Las prácticas de alimentación y de uso de químicos se asociaron con niveles elevados de sólidos suspendidos, coliformes totales, materia orgánica y nutrientes. Este hallazgo muestra que la gestión productiva, las condiciones climáticas y la gobernanza actúan de manera combinada, lo que exige soluciones integradas que trasciendan medidas aisladas.

Desde una perspectiva temporal más amplia, como sostienen de Lacerda et al. (2021) en su revisión de los impactos acumulativos de la camaronicultura en los manglares del noreste de Brasil, los principales impactos son indirectos, por el aporte de contaminantes de los efluentes de los estanques, y se asocian con la reducción de la productividad primaria, del almacenamiento de carbono, de la resiliencia y de la biodiversidad, además de afectar el aprovechamiento de especies marinas de subsistencia. También indican que el daño al suelo y la infraestructura remanente tras la desactivación de los estanques dificultan la recuperación del manglar y que los cambios recientes en la legislación forestal brasileña debilitaron la protección de estos ecosistemas. Esto evidencia que los impactos ambientales están condicionados por marcos institucionales y normativos.

Por otro lado, distintas metodologías han permitido ampliar la comprensión de los impactos. Como afirman Al Eissa et al. (2022) tras un análisis de ciclo de vida de cadenas de producción de camarón en Estados Unidos y Vietnam, en el sistema intensivo la producción de alimento fue la principal contribuyente a la acidificación terrestre y al potencial de calentamiento global, mientras que la eutrofización de agua dulce estuvo dominada por la descarga de aguas residuales con fósforo en la granja. El sistema extensivo resultó el más sostenible en acidificación y eutrofización, aunque el cultivo abierto en zonas de manglar generó el mayor potencial de calentamiento global por la transformación del suelo. De manera complementaria, conforme a Bull et al. (2021), la modelación hidrodinámica y de calidad del agua en un estuario tropical permitió concluir que el cultivo de camarón no era la principal fuente antropogénica de contaminación del estuario estudiado y que no hubo diferencias significativas en las variaciones de nutrientes y materia orgánica entre las técnicas de manejo de cosecha evaluadas.

Desde una perspectiva tecnológica, como indican Iber y Kasan (2021) en su revisión de los avances recientes en el manejo de las aguas residuales de la acuicultura de camarón, las principales fuentes de contaminación son el exceso de alimento, la aplicación de fertilizantes, los desechos metabólicos, las mortalidades y el uso inadecuado de fármacos y productos químicos, y ningún enfoque resulta completo ni integrado en los aspectos tecnológicos, legales, sociales, ambientales, de salud pública e institucionales. En el caso peruano, tal como expone Martínez (2022) en su análisis de la presión antrópica sobre el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes entre 2000 y 2020, hubo una disminución seria en las poblaciones de las especies representativas del ecosistema, una baja vigorosidad de la cobertura vegetal desde 2014 y una reducción de dicha cobertura de 44,18 hectáreas, lo que evidencia la presión a la que está sometida el área protegida. Esta evidencia se complementa con el hecho de que la camaronicultura en Tumbes, como plantean Mialhe et al. (2013), se vincula con cambios en el uso del suelo, el empleo y la migración, lo que muestra la dimensión social de la sostenibilidad.

En el contexto latinoamericano, la evidencia sobre la calidad del agua en sistemas con camaroneras muestra patrones comparables. En el norte de Ecuador, como constatan Rebolledo y Verduga (2023) al comparar el agua de drenaje de las camaroneras con la de los drenajes de manglar, el agua de las camaroneras presenta mayor concentración de oxígeno disuelto y mayor contenido de amonio y de fósforo, además de mejores indicadores del estado ecológico de las comunidades bentónicas en los sectores con menos

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

granjas. En Brasil, como observan Silva et al. (2025) tras aplicar análisis de componentes principales a cuatro granjas del bajo São Francisco, se hallan valores elevados de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, principalmente en los puntos de cría y de drenaje.

Los estudios del noreste de Brasil indican que los efluentes enriquecidos en nutrientes aumentan el riesgo de eutrofización de los manglares. Como explican Queiroz et al. (2020) en su estudio sobre el estuario del Jaguaribe, los efluentes ricos en nitrógeno elevaron el nitrógeno total del suelo de manglar (de 1.446 a 1.998 mg/kg en promedio) y el 70 % del nitrógeno mineralizado pasó a las aguas de marea, lo que puede favorecer la eutrofización. Con base en Marins et al. (2020), en el mismo estuario el manglar influido por camaroneras registró un flujo de fósforo diez veces mayor que el de un manglar de referencia y una menor retención de fósforo y de sólidos suspendidos, mientras que en el manglar de referencia se retuvo más del 93 % del aporte mareal de sólidos suspendidos y de todas las fracciones de fósforo.

Los estudios también matizan estos efectos. Como destacan Bauer et al. (2017) tras evaluar un estuario de la laguna de los Patos (sur de Brasil) que recibía efluentes de una granja de camarón blanco del Pacífico, algunos parámetros de calidad del agua se alteraron, pero solo hasta 20 m del canal de descarga y durante cinco días, por lo que el ambiente asimiló rápidamente los efluentes. Tal como refieren Bezerra et al. (2016), en viveros de camarón marino del estado de Ceará no hubo diferencias significativas entre el agua afluente y la efluente, y la calidad del agua de captación ya se encontraba fuera de lo establecido por la legislación ambiental brasileña. Por otra parte, como revelan Molnar et al. (2013), en un manglar de Nueva Caledonia los efluentes estaban enriquecidos en nutrientes y materia orgánica y estimulaban la demanda de oxígeno y la regeneración de nutrientes en el sedimento, por lo que el manglar actúa solo como un filtro parcial.

En cuanto al origen de los nutrientes, como estiman Cao et al. (2025) en un sistema intensivo de Vietnam, el alimento comercial aportó el 81,9 % del nitrógeno y el 87,8 % del fósforo, y cada tonelada de camarón cosechado descargó alrededor de 263,6 kg de nitrógeno y 12.175 litros de agua residual rica en nutrientes. Además, como determinan Medina-Galván et al. (2022) al evaluar, en verano y en invierno, una laguna costera del golfo de California que recibe aguas residuales urbanas, camaronícolas y agrícolas, el estado fue mesotrófico en ambas estaciones, con la laguna como sumidero de nutrientes en verano y como fuente en invierno, sin procesos adversos de eutrofización, lo que muestra que la respuesta del cuerpo receptor depende de la estación y de la concurrencia de otras fuentes.

Del conjunto de estudios revisados se desprende que los impactos de la camaronicultura son multiescalares y multifactoriales. Mientras algunos estudios destacan los efectos acumulativos y persistentes sobre ecosistemas sensibles como los manglares, otros enfatizan los efectos inmediatos de las descargas en estuarios y su relación con prácticas de manejo y alimentación. También se identifican tensiones: no en todos los contextos la camaronicultura es la principal fuente de contaminación (Bull et al., 2021) y algunos efectos pueden ser limitados en el espacio y en el tiempo (Bauer et al., 2017), lo que obliga a diagnósticos multifuente y a intervenciones conjuntas. Además, los hallazgos subrayan la necesidad de marcos de gestión integrados que combinen innovación tecnológica, ordenamiento territorial y fortalecimiento de la fiscalización ambiental.

1.3. Planteamiento del Problema y Objetivo

En este contexto, surge la interrogante central que orienta el estudio: ¿cuáles son los niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los efluentes de cultivo de la actividad langostinera en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes durante 2020 y cómo varían entre los centros de producción? Esta pregunta sintetiza el problema de investigación y permite estructurar el

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

análisis hacia la identificación de los centros con concentraciones relativamente mayores en un ecosistema altamente vulnerable, al mismo tiempo que ofrece una base técnica para la formulación de estrategias de gestión sostenible.

En consecuencia, el objetivo general del estudio es determinar y describir los niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes generados por la actividad langostinera en once centros de producción de la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes durante 2020, así como comparar su variación entre los centros.

2. Metodología

La investigación se basó en el método científico, coherente con el paradigma positivista que sustenta el estudio (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Se adoptó un enfoque cuantitativo, porque los parámetros de los efluentes se midieron y se analizaron de forma numérica (Creswell & Creswell, 2018). El diseño fue no experimental, transversal y descriptivo, dado que los parámetros se observaron en su contexto natural durante un único periodo (2020), sin manipular variables y sin establecer relaciones de causalidad entre ellas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Por su finalidad, el estudio fue de tipo aplicado, ya que buscó generar conocimiento útil para la gestión ambiental y sanitaria de los efluentes de la actividad langostinera, con el propósito de aportar información de base para orientar la toma de decisiones.

El estudio se desarrolló en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (Tumbes, Perú) y comprendió el año 2020. Se estudiaron tres grupos de variables: los parámetros físicos (temperatura, salinidad y sólidos suspendidos totales, SST), los parámetros químicos (oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días [DBO5], amoníaco, nitrato, fósforo total y sulfuros) y el parámetro microbiológico (coliformes termotolerantes). La unidad de análisis estuvo constituida por los efluentes de cultivo descargados desde los estanques hacia la zona de amortiguamiento. La población comprendió los centros de producción acuícola que descargan sus efluentes en el área de estudio, y la muestra seleccionada estuvo conformada por doce de ellos (CP1 a CP12), elegidos mediante un muestreo intencional, de los cuales se analizaron once (CP1 a CP11). Las tablas de resultados presentan un único valor por centro de producción, registrado en 2020 en sus efluentes; los puntos de monitoreo aguas arriba, en la descarga y aguas abajo, también establecidos en el estudio, no se analizan en este artículo. Además, dado el carácter no probabilístico de la selección, los resultados describen a los centros evaluados y no se extrapolan al conjunto de la actividad langostinera de la zona.

Para la recolección de datos, se aplicaron técnicas de monitoreo ambiental y registros estandarizados, con mediciones directas en los efluentes, y se utilizaron instrumentos como multiparámetros portátiles, espectrofotómetros, incubadoras y medios de cultivo selectivos, siguiendo protocolos de control de calidad. El análisis de datos se efectuó mediante estadística descriptiva (valores por centro, rangos y comparación entre centros) e interpretación contextual a la luz de la literatura. Los valores no se contrastaron con límites normativos específicos, de modo que las valoraciones del estudio son relativas entre centros, y los resultados se organizaron en tablas y se vincularon con los impactos potenciales descritos en la literatura.

El registro de CP12 reproduce, en otro orden, valores de CP3 y CP4, por lo que no contiene datos propios y se excluyó del análisis; los resultados corresponden, por tanto, a once centros (CP1 a CP11). El fósforo total de CP8, incompatible con el resto de la serie, se consignó sin modificación, se excluyó del cálculo del rango de fósforo total y no se interpretó; en adelante se designa como registro atípico.

Los registros repetidos entre centros (CP3 y CP4 en los parámetros físicos y químicos; CP5 y CP7 en pH, amoníaco y nitrato; nitrato de CP2 y CP10; fósforo total de CP2 y CP11; coliformes de 13 NMP/100 mL en CP2,

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

CP4, CP10 y CP11) se mantuvieron sin modificación, se incluyeron en los rangos y se interpretaron con cautela; en adelante se designan como registros idénticos. Los términos bajo, alto y elevado se emplean en sentido relativo, respecto del resto de los centros evaluados, y los cortes numéricos usados al describir los resultados (por ejemplo, 3 mg/L de OD, 10 mg/L de DBO5, 27,5 °C y 35 ‰ de salinidad) son criterios descriptivos de agrupación dentro de la serie y no límites normativos.

Finalmente, el estudio se desarrolló bajo principios éticos de veracidad, transparencia y confidencialidad, con observancia de los protocolos de bioseguridad, y contó con la autorización institucional de los centros de producción evaluados. Asimismo, se atendió el principio de responsabilidad ambiental de la Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611, Título Preliminar, art. IX; Congreso de la República, 2005).

3. Resultados

La síntesis de resultados indica que se cumplió el objetivo de la investigación, al registrarse, en once centros de producción, los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes langostineros descargados hacia la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. En cuanto a los parámetros físicos, la temperatura (25,3 a 27,9 °C) y los sólidos suspendidos totales (SST; 4 a 67,77 mg/L) variaron entre centros, y la salinidad se ubicó entre 33,8 y 39 ‰, valores cercanos a los del agua marina. Estas variaciones no se valoran frente a un referente, por lo que su relevancia ambiental queda por evaluar en estudios con seguimiento sostenido.

Respecto de los parámetros químicos, la situación fue más contrastada: se observaron valores relativamente bajos de oxígeno disuelto en cinco de los once centros y valores muy superiores a los del resto en nitrato (CP2 y CP10) y amoníaco (CP8), que justifican su seguimiento, sin que el diseño permita establecer su origen ni su efecto sobre el cuerpo receptor. El fósforo total de CP8 es un registro atípico, no interpretado. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes se registraron en diez de los once centros (sin registro en CP6), con valores entre 6,5 y 251,5 NMP/100 mL; por tratarse de un indicador de origen fecal, justifican evaluar en estudios posteriores su origen y su relevancia sanitaria, aspectos que este estudio no valoró.

Tabla 1. Síntesis del Cumplimiento del Objetivo General.

Evidencia Obtenida	Resultado	Interpretación
Análisis de parámetros físicos (temperatura, salinidad y SST).	Temperatura entre 25,3 y 27,9 °C; salinidad entre 33,8 y 39 ‰; SST entre 4 y 67,77 mg/L.	Variación entre centros, con las mayores concentraciones de sólidos en CP5, CP8, CP2 y CP7.
Análisis de parámetros químicos (OD, pH, DBO5, amoníaco, nitrato, fósforo, sulfuros).	OD entre 2,04 y 7,17 mg/L; pH entre 7,28 y 8,25; DBO5 entre 3,2 y 13,65 mg/L (más de 10 mg/L en CP1, CP5, CP7 y CP9); amoníaco entre 0,05 y 2,86 mg/L; nitrato entre 0,08 y 136 mg/L; fósforo total entre 0,03 y 0,51 mg/L en ocho centros y 1.208,54 mg/L en CP8 (atípico); sulfuros con dato solo en CP1 (0,01 mg/L) y CP11 (0 mg/L).	OD relativamente bajo en cinco de los once centros, nitrato notablemente superior en CP2 y CP10 y amoníaco máximo en CP8, valores que justifican su seguimiento; el fósforo de CP8 es un registro atípico, no interpretado.
Análisis de parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes).	Coliformes termotolerantes registrados en diez de los once centros analizados en 2020 (sin registro en CP6), con valores entre 6,5 y 251,5 NMP/100 mL.	Presencia en diez de los once centros, con valores mayores en CP9 y CP8; origen y relevancia sanitaria no evaluados.

Nota. Fuente: Montalvo (2025), resultados del monitoreo de efluentes de 2020. Los resultados corresponden a once centros (CP1 a CP11); el rango de fósforo total excluye el registro atípico de CP8. SST = sólidos suspendidos totales; OD = oxígeno disuelto; DBO5 = demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días; NMP = número más probable.

Como se observa en la tabla 1, el balance por dimensión fue diferenciado. Los centros de mayor temperatura (CP2, CP11, CP5 y CP10) y de mayor salinidad (CP2, CP11 y CP10) solo coinciden de forma parcial con los de mayores concentraciones de SST (CP5, CP8, CP2 y CP7): CP2 figura en los tres grupos y CP5 en los de temperatura y SST, mientras que CP10 y CP11 no figuran en el de SST. La tabla integra, por tanto, la evidencia que respalda el cumplimiento del objetivo, y las tablas siguientes detallan los valores observados en cada centro de producción durante 2020.

3.1. Parámetros Físicos

El análisis de los parámetros físicos de los efluentes de cultivo de las langostineras durante 2020 revela contrastes entre los centros de producción, lo que permite identificar los centros con valores relativamente mayores.

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

Tabla 2. Parámetros Físicos en Efluentes de Cultivo de Langostineras, Año 2020.

Centro de Producción	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	SST (mg/L)
CP1	25,81	36,43	29,37
CP2	27,91	39	55
CP3	25,32	35	4
CP4	25,32	35	4
CP5	27,54	35,73	67,77
CP6	26,81	36,8	46,35
CP7	25,94	35,8	53,83
CP8	27,14	33,83	63,67
CP9	26,46	35,35	28,75
CP10	27,51	37,4	25,65
CP11	27,77	37,57	21,93

Nota. Fuente: Montalvo (2025), resultados del monitoreo de efluentes de 2020. CP = centro de producción; SST = sólidos suspendidos totales. CP3 y CP4 presentan registros idénticos.

La tabla 2 presentó la temperatura, la salinidad y los sólidos suspendidos totales registrados en cada centro. En primer lugar, respecto de la temperatura del agua, se observó una tendencia general de valores moderados, comprendidos entre 25,3 y 27,9 °C. Persisten, sin embargo, diferencias entre centros: CP3 y CP4 (25,32 °C, idénticos), CP1 (25,81 °C) y CP7 (25,94 °C) registraron las temperaturas más bajas, aunque sin una referencia normativa con la cual valorarlas. En cambio, CP2, CP5, CP10 y CP11 superaron los 27,5 °C, sin una relación evidente con el oxígeno disuelto en la serie (7,17, 2,04, 4,29 y 5,67 mg/L en CP2, CP5, CP10 y CP11, respectivamente). En este artículo no se analizan datos del cuerpo receptor.

En segundo lugar, respecto de la salinidad, los datos muestran valores iguales o superiores a 35 ‰ en diez de los once centros (33,83 ‰ en CP8), con los valores más altos en CP2 (39 ‰), CP11 (37,57 ‰) y CP10 (37,4 ‰). Estos valores se sitúan en el rango de la salinidad marina y, al no analizarse en este artículo datos del cuerpo receptor, no se interpretan como riesgo de salinización.

En tercer lugar, los sólidos suspendidos totales (SST) mostraron concentraciones relativamente altas de partículas en suspensión en varios centros. Los centros CP5 (67,77 mg/L), CP8 (63,67 mg/L), CP2 (55 mg/L) y CP7 (53,83 mg/L) sobresalieron por sus mayores concentraciones; la turbidez, la sedimentación y la penetración de luz no se midieron, por lo que sus posibles consecuencias sobre el manglar no se valoran en este estudio. En contraste, CP3 y CP4 registraron los valores mínimos (4 mg/L, registros idénticos).

En resumen, los valores fueron diferenciados entre los centros evaluados, y el seguimiento podría comenzar por aquellos con mayores valores relativos (CP2, CP5, CP7 y CP8 en sólidos suspendidos; CP2, CP10 y CP11 en salinidad).

3.2. Parámetros Químicos

Los parámetros químicos se determinaron en los efluentes de los centros de producción durante 2020, con dato disponible para un número variable de los once centros analizados, que depende del parámetro.

Tabla 3. Parámetros Químicos en Efluentes de Cultivo de Langostineras, Año 2020.

Centro de Producción	Oxígeno Disuelto (mg/L)	pH	DBO5 (mg/L)	Amoniaco (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Sulfuros (mg/L)
CP1	4,01	7,7	13,65	0,11	1,43	0,37	0,01
CP2	7,17	8,22	5	0,89	136	0,4	s. d.
CP3	2,53	7,48	s. d.	s. d.	s. d.	s. d.	s. d.
CP4	2,53	7,48	s. d.	s. d.	s. d.	s. d.	s. d.
CP5	2,04	7,46	10,85	0,54	0,08	0,16	s. d.
CP6	5,16	7,32	3,2	0,05	s. d.	0,51	s. d.
CP7	2,08	7,46	10,2	0,54	0,08	0,22	s. d.
CP8	3,24	7,28	7	2,86	0,16	1.208,54	s. d.
CP9	2,39	7,96	13,2	0,68	0,46	0,03	s. d.
CP10	4,29	8,15	9	0,61	136	0,3	s. d.
CP11	5,67	8,25	7,6	0,9	0,47	0,4	0

Nota. Fuente: Montalvo (2025), resultados del monitoreo de efluentes de 2020. CP = centro de producción; DBO5 = demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días; s. d. = sin dato. CP3 y CP4 presentan registros idénticos, y el fósforo total de CP8 se consigna sin modificación como registro atípico, no interpretado.

El análisis de los parámetros químicos de los efluentes langostineros durante 2020, presentados en la tabla 3, revela un panorama complejo, en el que se combinan condiciones que justifican seguimiento con desempeños más moderados en determinados centros de producción. Respecto del oxígeno disuelto, los cinco valores más bajos de la serie, inferiores a 3 mg/L, correspondieron a CP3 y CP4 (registros idénticos), CP5, CP7 y CP9. La literatura general admite que concentraciones de oxígeno tan bajas, de mantenerse en el medio que reciba el efluente, podrían limitar la supervivencia de peces, crustáceos y organismos bentónicos, aspecto fuera del alcance de este estudio.

Los valores de pH se mantuvieron en los once centros dentro de rangos alcalinos, entre 7,28 y 8,25, compatibles con aguas ligeramente básicas. La literatura general describe que, en cuerpos de agua poco renovados como los manglares, incluso pequeñas variaciones de pH pueden alterar procesos

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

biogeoquímicos, y la fracción tóxica del amoníaco aumenta en condiciones alcalinas; este estudio no evaluó esa relación. CP11 y CP2 registraron los pH más altos (8,25 y 8,22) y también amoníaco relativamente alto (0,90 y 0,89 mg/L), por lo que su seguimiento conjunto resulta pertinente.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), como indicador de la presencia de materia orgánica biodegradable, muestra niveles diferenciados de materia orgánica entre los efluentes. Cuatro de los nueve centros con registro (CP1, CP5, CP7 y CP9) superaron los 10 mg/L, lo que sugiere una mayor disponibilidad de materia orgánica que, en términos generales, al ser descompuesta por bacterias puede reducir el oxígeno disponible en el medio. En contraste, CP6 reportó el nivel más bajo (3,2 mg/L), lo que sugiere una menor concentración de materia orgánica biodegradable.

El comportamiento del amoníaco resulta especialmente relevante, pues, en general, se trata de un compuesto que puede ser tóxico para la vida acuática. En 2020, los valores más altos se registraron en CP8, con 2,86 mg/L, seguido de CP11, con 0,90 mg/L, y CP2, con 0,89 mg/L, mientras que en los demás centros con registro el amoníaco estuvo entre 0,05 y 0,68 mg/L. Estas cifras destacan a CP8, cuyo valor es muy superior al de CP11 y CP2, que se ubican cerca del resto de los centros; dada su posible toxicidad para peces e invertebrados, este parámetro merece seguimiento.

El nitrato también muestra contrastes entre centros: aunque la mayoría de los centros presentó valores bajos, CP2 y CP10 alcanzaron concentraciones elevadas de 136 mg/L (registros idénticos), frente a valores de 0,08 a 1,43 mg/L en los demás centros con registro. En la literatura general, las concentraciones altas de nitrógeno pueden asociarse con la proliferación de algas y la reducción del oxígeno disuelto, relación que escapa al diseño de este estudio.

El fósforo total, considerado un nutriente clave en la eutrofización de sistemas acuáticos, mostró una situación contrastada. Ocho centros se mantuvieron en un rango entre 0,03 y 0,51 mg/L, pero CP8 registró 1.208,54 mg/L, más de tres órdenes de magnitud superior al máximo del resto de la serie (0,51 mg/L); se trata de un registro atípico, que no se interpreta ni se emplea como base de conclusiones sobre la concentración de nutrientes de CP8.

En el caso de los sulfuros, solo se dispuso de registro en CP1 (0,01 mg/L) y CP11 (0 mg/L), valores cercanos a cero que no aportan evidencia de procesos de descomposición anaerobia en estos dos centros. La falta de datos en los demás centros impide extender esta valoración al conjunto de los centros evaluados.

Al comparar los centros, CP2 y CP10 destacan por su concentración de nitrato (136 mg/L) y CP8 por el amoníaco más alto (2,86 mg/L), seguido de CP11 y CP2 (0,90 y 0,89 mg/L), además de un fósforo atípico, no interpretado. CP5, CP7 y CP9 destacan por sus bajos niveles de oxígeno disuelto y sus concentraciones elevadas de DBO5, y CP3 y CP4 por su bajo oxígeno disuelto, aunque sin registro de DBO5. Por el contrario, CP6 muestra la menor DBO5 y el menor amoníaco, con el fósforo más alto del rango de ocho centros (0,51 mg/L).

En suma, varios de los centros evaluados presentan, en términos relativos, concentraciones que merecen atención, ya sea por valores bajos de oxígeno disuelto, mayor materia orgánica o concentraciones relativamente altas de nitrógeno. El efecto de estos valores sobre el ecosistema receptor no fue evaluado, por lo que se recomienda mantener el monitoreo de estos parámetros en los centros de cultivo de langostinos.

3.3. Parámetros Microbiológicos

La concentración de coliformes termotolerantes se determinó en los efluentes de los centros de producción durante 2020.

Tabla 4. Concentración de Coliformes Termotolerantes en Efluentes de Cultivo de Langostineras, Año 2020.

Centro de Producción	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
CP1	22
CP2	13
CP3	10,4
CP4	13
CP5	6,5
CP6	s. d.
CP7	8,75
CP8	110
CP9	251,5

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

Centro de Producción	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
CP10	13
CP11	13

Nota. Fuente: Montalvo (2025), resultados del monitoreo de efluentes de 2020. CP = centro de producción; NMP = número más probable; s. d. = sin dato. Los cuatro valores de 13 NMP/100 mL (CP2, CP4, CP10 y CP11) se mantienen sin modificación.

El análisis de coliformes termotolerantes en los efluentes de los centros de producción acuícola durante 2020, presentados en la tabla 4, revela niveles microbiológicos que varían de forma marcada entre los diez centros con registro. En algunos casos se reportaron valores bajos (entre 6,5 y 13 NMP/100 mL), lo que indica niveles bacterianos menores; en otros se registraron concentraciones más elevadas, como las de CP9 (251,5 NMP/100 mL) y CP8 (110 NMP/100 mL), que podrían reflejar influencia fecal o proliferación bacteriana, cuyo origen no se evaluó. No se dispuso de registro para CP6.

Al comparar con los demás parámetros, CP9 (DBO5 de 13,2 mg/L) y CP1 (13,65 mg/L) combinaron coliformes mayores que los de la mayoría de los centros (251,5 y 22 NMP/100 mL, respectivamente) con una DBO5 superior a 10 mg/L, y CP8 combinó el segundo valor más alto de coliformes (110 NMP/100 mL) con el segundo mayor SST (63,67 mg/L). Sin embargo, CP5 y CP7, con DBO5 superior a 10 mg/L y oxígeno disuelto bajo, registraron los menores valores de coliformes, de modo que no se observó una concordancia consistente entre estas variables, y no se calculó ninguna medida estadística de asociación.

Dado que los coliformes termotolerantes son un indicador de origen fecal, los valores relativamente mayores de CP9 y CP8 podrían sugerir una influencia fecal en esos efluentes, cuyo origen, efecto sobre el cuerpo receptor e implicancias para el uso local de los recursos del manglar no se evaluaron en este estudio. Los valores más bajos correspondieron a CP5 (6,5 NMP/100 mL), CP7 (8,75 NMP/100 mL) y CP3 (10,4 NMP/100 mL).

Desde el punto de vista ambiental, la presencia de coliformes en los efluentes langostineros es relevante porque los manglares sirven de espacios de aprovechamiento directo para pescadores y extractores de cangrejo y de concha negra (de la Cruz, 2025) y, en general, de zonas de crianza de especies marinas. Los niveles bacterianos relativamente mayores de algunos efluentes justifican evaluar, en estudios posteriores, el riesgo sanitario para el ecosistema y para las comunidades que aprovechan sus recursos, aspecto que este estudio no valoró. El efecto de estos efluentes sobre la zona de amortiguamiento no se analizó en este artículo.

4. Discusión

La interpretación de los resultados parte de una condición que delimita su alcance: los datos describen la calidad de los efluentes en el punto de descarga durante un solo año, sin mediciones del cuerpo receptor ni contraste con los límites normativos aplicables. Por ello, la discusión no pretende establecer un efecto ecológico demostrado, sino valorar si los contrastes entre centros resultan plausibles frente a la evidencia de otros países productores y qué señales aportan para orientar la vigilancia ambiental en la zona de amortiguamiento del santuario. Bajo esa lógica, se examina primero la consistencia científica de los hallazgos y, después, sus consecuencias para las comunidades costeras y la gestión pública.

4.1. Validez Científica y Fundamentos Ambientales

Los resultados obtenidos en Tumbes para el año 2020 muestran valores diferenciados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los efluentes de la actividad langostinera, cuya relevancia para la calidad del agua de la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y, potencialmente, para su biodiversidad queda por evaluar. Se observan, en centros distintos, valores relativamente bajos de oxígeno disuelto (cinco de los once centros), relativamente altos de amoníaco (CP8) y de nitrato (CP2 y CP10) y presencia de coliformes termotolerantes en diez de los once centros, con valores mayores solo en CP9 y CP8, lo que justifica darles seguimiento. Estos

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

hallazgos son comparables con lo informado por Cao et al. (2024) en Vietnam, quienes asociaron los niveles elevados de sólidos suspendidos, materia orgánica y nutrientes con las prácticas de cultivo, entre otras causas; el presente estudio no recopiló datos de manejo, por lo que esa asociación no puede contrastarse aquí.

Los mismos autores precisan que los coliformes hallados en el agua subterránea cercana provenían de aguas domésticas, lo que recuerda que, en Tumbes, también convendría descartar fuentes distintas de la acuicultura. Dado que el presente estudio no evaluó eventos climáticos, no es posible determinar su contribución en Tumbes; en cambio, los resultados sí muestran valores químicos y microbiológicos relativamente altos en varios centros de producción. En el norte de Ecuador, como registran Rebolledo y Verduga (2023), el agua de drenaje de las camaroneras presentó mayor oxígeno disuelto y mayores concentraciones de amonio y de fósforo que la de los drenajes de manglar; en los centros evaluados, en cambio, el oxígeno disuelto fue bajo en términos relativos (inferior a 3 mg/L) en cinco de los once centros. Al no existir un grupo de referencia de drenaje de manglar, la comparación es solo indicativa.

De igual manera, lo señalado por de Lacerda et al. (2021) en Brasil sobre los impactos acumulativos de la camaronicultura en los manglares ofrece un marco comparativo para los valores observados en los centros evaluados. Como el periodo de este estudio es más acotado (2020), los resultados no permiten afirmar que los impactos sean persistentes en el tiempo; la presencia simultánea de valores relativamente altos en varios centros no permite descartar, no obstante, que podrían consolidarse como procesos de degradación ambiental si no se corrigen, hipótesis que requiere series temporales para ser contrastada.

En esa misma línea de cautela, como evidencian Bull et al. (2021) en un estuario tropical, la camaronicultura no siempre es la principal fuente de contaminación, por lo que conviene actuar con prudencia al atribuir íntegramente a la actividad langostinera los valores observados en Tumbes, pues el diseño del presente estudio no permite discriminar otras fuentes. Además, como muestran Bauer et al. (2017), tras la descarga los parámetros de calidad del agua permanecieron dentro de los límites de las guías de referencia, lo que indica que la magnitud de los valores registrados en los efluentes no equivale necesariamente a un efecto sostenido sobre el ecosistema receptor.

Los estudios sobre el origen de los nutrientes apuntan en la misma dirección: el alimento comercial aportó más del 80 % del nitrógeno y del fósforo en un sistema intensivo (Cao et al., 2025), y el sistema intensivo presentó el mayor potencial de eutrofización por la descarga de fósforo (Al Eissa et al., 2022). El presente estudio, sin embargo, no clasificó los centros por su sistema de cultivo ni recopiló datos de manejo, por lo que no puede contrastar estas relaciones, y el único valor atípico de fósforo (CP8) no se interpretó.

Asimismo, dado que los efluentes de camaroneras reducen la capacidad de los manglares para retener fósforo (Marins et al., 2020), el rango de 0,03 a 0,51 mg/L de ocho centros no permite valorar ese riesgo con los datos disponibles.

En el contexto peruano, como demuestra Martínez (2022), existió presión antrópica sobre el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes entre 2000 y 2020. Los resultados del presente estudio, al mostrar valores relativamente altos en varios parámetros de calidad del agua, respaldan la pertinencia de ampliar su verificación en la zona de amortiguamiento, sin que sea posible vincularlos con los cambios de cobertura vegetal que ese autor reportó. La semejanza cualitativa con la literatura internacional y regional, que reconoce la multicausalidad de los impactos ambientales asociados a la camaronicultura, aporta plausibilidad a los hallazgos, sin que ello elimine las limitaciones que imponen el registro atípico de fósforo y los registros idénticos.

4.2. Implicancias Socioeconómicas y de Política Pública

La presencia de valores relativamente altos en varios centros no permite inferir la efectividad de la

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

fiscalización ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), que este estudio no evaluó; en todo caso, justifica ampliar el monitoreo y contrastar los valores con los límites aplicables, en coherencia con los hallazgos antes señalados.

En términos socioeconómicos, las concentraciones químicas y microbiológicas observadas en los centros evaluados podrían repercutir sobre las comunidades locales que dependen de los manglares como fuente de sustento. La extracción de cangrejo y de concha negra, de la que depende la economía de los pescadores de la zona (de la Cruz, 2025), podría verse afectada si los coliformes termotolerantes y los nutrientes de los efluentes alcanzaran los sitios de aprovechamiento, hipótesis que exige evaluar el cuerpo receptor. En Tumbes, la dependencia de miles de personas de la actividad (Mialhe et al., 2013) ilustra la doble relación de las comunidades con los manglares y con la acuicultura.

En Tumbes no se evaluó la tecnología de tratamiento ni la capacidad institucional de fiscalización, de modo que la posibilidad de un escenario de vulnerabilidad, señalada en la experiencia internacional de países productores como Brasil y Vietnam (Cao et al., 2024; de Lacerda et al., 2021), queda como hipótesis por contrastar.

En consecuencia, la evidencia generada en Tumbes no debe interpretarse únicamente como un diagnóstico ambiental del año 2020, sino como un insumo para políticas públicas más integrales. En consonancia con Cao et al. (2024), quienes indican que sus resultados podrían servir de base para tecnologías de tratamiento del agua en una fase posterior, la sostenibilidad de la acuicultura podría depender no de mejoras técnicas aisladas, sino de fortalecer los mecanismos de fiscalización, promover tecnologías sostenibles de tratamiento de efluentes, garantizar la participación de las comunidades locales en la gestión ambiental y priorizar la sostenibilidad en la planificación territorial. La articulación de innovación tecnológica, gobernanza ambiental sólida y marcos regulatorios coherentes constituiría una vía para equilibrar la producción acuícola con la protección del ecosistema de manglar y el bienestar de las comunidades costeras que dependen de él.

5. Conclusiones

La presente investigación caracterizó los efluentes generados por la actividad langostinera en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y evidenció valores diferenciados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos entre los once centros de producción analizados, lo que permite identificar centros con mayores valores relativos; su posible relación con el ecosistema receptor es una hipótesis que este estudio no evaluó.

Los parámetros químicos muestran las mayores diferencias entre centros, con valores relativamente bajos de oxígeno disuelto en cinco de los once centros (dos con registros idénticos), valores relativamente altos de demanda bioquímica de oxígeno en cuatro centros y de amoníaco y nitrato en centros puntuales (CP2, CP8 y CP10), que justifican su monitoreo. La presencia de coliformes termotolerantes en diez de los once centros justifica evaluar en estudios posteriores su origen y su relevancia sanitaria para la biodiversidad y las comunidades locales, aspectos que no se valoraron en este estudio, que tampoco contrastó los valores con límites normativos. En síntesis, los hallazgos son compatibles con lo documentado en otros contextos internacionales, donde la intensificación productiva y el tratamiento insuficiente de efluentes se han asociado con la degradación de ecosistemas sensibles, aunque el diseño del presente estudio no permite atribuir causas.

Como principal contribución, el estudio aporta una caracterización comparada de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes de once centros de producción de la zona de amortiguamiento del santuario (el número de centros con dato varía entre dos y once por parámetro), información útil para orientar la fiscalización y la gestión ambiental. Los resultados, de

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

carácter descriptivo, son coherentes con la literatura que plantea, para la actividad langostinera, un enfoque integral de gestión ambiental que articule tecnologías de tratamiento de aguas residuales, fortalecimiento de la fiscalización estatal, ordenamiento territorial y adopción de prácticas productivas más responsables.

Entre las limitaciones del estudio figuran que los datos corresponden a un solo año (2020) y a un único valor por centro, sin caudales ni datos del cuerpo receptor, que la selección intencional de los centros no permite extrapolar los resultados al conjunto de la actividad, que los valores no se contrastaron con límites normativos específicos, que no se evaluaron otras fuentes de contaminación de la zona de amortiguamiento ni se aplicaron pruebas estadísticas de asociación. Además, un centro seleccionado (CP12) se excluyó porque su registro reproduce valores de CP3 y CP4, el fósforo total de CP8 es un registro atípico y algunos registros se repiten entre centros (como los de CP3 y CP4, CP5 y CP7, o el nitrato de CP2 y CP10), por lo que las inferencias deben interpretarse con cautela. Se identifican también vacíos de investigación relacionados con el monitoreo de largo plazo, el contraste con los ECA-Agua y con otros límites normativos aplicables, la discriminación de las fuentes de contaminación, la evaluación del impacto en especies indicadoras de biodiversidad y el análisis de los efectos acumulativos de los efluentes en la salud pública. Abordar estas líneas futuras permitirá avanzar hacia un modelo de acuicultura que equilibre productividad económica, conservación del ecosistema y bienestar de las comunidades costeras.

6. Referencias

Alama, J. M. (2023). *IVAI acuicultura sostenible de langostinos en Tumbes*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.

Al Eissa, A., Chen, P., Brown, P. B., & Huang, J.-Y. (2022). Effects of feed formula and farming system on the environmental performance of shrimp production chain from a life cycle perspective. *Journal of Industrial Ecology, 26*(6), 2006–2019. https://doi.org/10.1111/jiec.13370

Bauer, W., Abreu, P. C., & Poersch, L. H. (2017). Plankton and water quality variability in an estuary before and after the shrimp farming effluents: Possible impacts and regeneration. *Brazilian Journal of Oceanography, 65*(3), 495–508. https://doi.org/10.1590/s1679-87592017143406503

Bezerra, M. A., Lustosa, D. C. P., & Furtado-Neto, M. A. A. (2016). Padrões hidrobiológicos como indicadores ambientais em águas afluentes e efluentes de viveiros de carcinicultura marinha no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, (41), 75–85. https://doi.org/10.5327/z2176-947820160083

Bull, E. G., Cunha, C. de L. da N., & Scudelari, A. C. (2021). Water quality impact from shrimp farming effluents in a tropical estuary. *Water Science and Technology, 83*(1), 123–136. https://doi.org/10.2166/wst.2020.559

Cao, T. T., Le, H. A., & Eppe, G. (2025). Nutrient dynamics, environmental impacts, and feed efficiency in intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming on sandy soils in Ninh Thuan, Vietnam. *Aquaculture Reports, 44*, Article 103050. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103050

Cao, T. T., Nguyen, K. L. P., Le, H. A., & Eppe, G. (2024). The integrating impacts of extreme weather events and shrimp farming practices on coastal water resource quality in Ninh Thuan Province, Vietnam. *Sustainability, 16*(13), Article 5701. https://doi.org/10.3390/su16135701

Congreso de la República. (2005). *Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente*. Diario Oficial El Peruano.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

de la Cruz, F. (2025). *Manglares de Tumbes: Resguardando el mayor bosque de manglar del Perú junto a la comunidad local*. Actualidad Ambiental.

Dioses-Puelles, J., García-García, R. L., & Bermejo-Requena, L. A. (2023). Tipos de cobertura vegetal del Área Natural Protegida “Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes”, Tumbes, Perú. *Manglar, 20*(2), 177–183. https://doi.org/10.57188/manglar.2023.020

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Iber, B. T., & Kasan, N. A. (2021). Recent advances in shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon, 7*(11), Article e08283. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283

de Lacerda, L. D., Ward, R. D., Godoy, M. D. P., de Andrade, A. J., Borges, R., & Ferreira, A. C. (2021). 20-years cumulative impact from shrimp farming on mangroves of Northeast Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change, 4*, Article 653096. https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.653096

Marins, R. V., Lacerda, L. D., Araújo, I. C. S., Fonseca, L. V., & Silva, F. A. T. F. (2020). Phosphorus and suspended matter retention in mangroves affected by shrimp farm effluents in NE Brazil.

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

Anais da Academia Brasileira de Ciências, 92(3), Article e20200758. https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200758

Martínez, R. (2022). Presión antrópica y su relación con la susceptibilidad del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, 2000-2020. *Cátedra Villarreal Posgrado, 1*(2), 97–109. https://doi.org/10.24039/rcvp2022121642

Medina-Galván, J., Osuna-Martínez, C. C., Padilla-Arredondo, G., Frías-Espericueta, M. G., Barraza-Guardado, R. H., León-Cañedo, J. A., & Arreola-Lizárraga, J. A. (2022). Estado trófico, dinámica de nutrientes y metabolismo neto de una laguna costera subtropical (Golfo de California) receptora de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 38*, 429–443. https://doi.org/10.20937/rica.54396

Mialhe, F., Gunnell, Y., & Mering, C. (2013). The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. *Ocean & Coastal Management, 73*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.12.014

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*.

Molnar, N., Welsh, D. T., Marchand, C., Deborde, J., & Meziane, T. (2013). Impacts of shrimp farm effluent on water quality, benthic metabolism and N-dynamics in a mangrove forest (New Caledonia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 117*, 12–21. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.07.012

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción*. ONU.

Páez-Osuna, F. (2001). The environmental impact of shrimp aquaculture: Causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management, 28*(1), 131–140. https://doi.org/10.1007/s002670010212

Peña-Puch, A. del C., Rivera-Arriaga, E., Memije, M. G., & Dzul, Z. D. (2022). El desarrollo de la pesca ribereña y el turismo comunitario en un área natural protegida: Una revisión cualitativa del sistema socio-ecológico de Isla Arena, Campeche 2003-2021. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático, 4*(1), 23–40. https://doi.org/10.26359/52462.0222

Queiroz, H. M., Ferreira, T. O., Taniguchi, C. A. K., Barcellos, D., do Nascimento, J. C., Nóbrega, G. N., … Artur, A. G. (2020). Nitrogen mineralization and eutrophication risks in mangroves receiving shrimp farming effluents. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(28), 34941–34950. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09720-1

Rebolledo, E., & Quiroga, E. (2022). Farmed shrimp aquaculture in coastal wetlands of Latin America: A review of environmental issues. *Marine Pollution Bulletin, 183*, Article 113956. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113956

Rebolledo, E., & Verduga, L. (2023). Water and sediment quality changes in mangrove systems with shrimp farms in the northern Ecuadorean coast. *Applied Sciences, 13*(13), Article 7749. https://doi.org/10.3390/app13137749

Reyes-Arroyo, N., Camacho-Valdez, V., Saenz-Arroyo, A., & Infante-Mata, D. (2021). Socio-cultural analysis of ecosystem services provided by mangroves in La Encrucijada Biosphere Reserve, southeastern Mexico. *Local Environment, 26*(1), 86–109. https://doi.org/10.1080/13549839.2020.1867836

Silva, R. A. S., Oliveira, G. A. A., da Silva, J. M., Silva, I. S., Garcia, C. A. B., Gomes, M. V. T., … da Costa, S. S. L. (2025). Evaluation of shrimp farming impacts on the water quality of the Lower São Francisco watershed region, Brazil. *Regional Studies in Marine Science, 81*, Article 103933. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103933

Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A., & Simard, M. (2017). Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010. *PLOS ONE, 12*(6), Article e0179302. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179302

World Bank Group. (2025). *Harnessing the waters: A trillion dollar investment opportunity in sustainable aquaculture* (Vol. 1). The World Bank.

Reseña biográfica del autor

Luis Antonio Montalvo Moreno | lantoniomm@gmail.com

Es biólogo pesquero y maestrante en Ciencias Ambientales, con filiación institucional en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú. Su línea de investigación se centra en la calidad ambiental de los efluentes de la acuicultura de langostino y su relación con los ecosistemas de manglar del norte peruano. Es autor de la tesis de maestría “Impacto de los efluentes de cultivo de la actividad langostinera sobre la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes”, desarrollada en la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM.

Agradecimientos. El autor no tiene agradecimientos que declarar.

DOI: https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.40.12.208-223
OAI-PMH: http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/oai

Declaraciones del autor

Contribución del autor (Taxonomía CRediT). Luis Antonio Montalvo Moreno: conceptualización; curación de datos; análisis formal; investigación; metodología; administración del proyecto; recursos; validación; visualización; redacción del borrador original; y redacción, revisión y edición.

Financiamiento. Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses. El autor declara no tener ningún interés personal o institucional que pueda influir en los resultados de este estudio.

Declaración de disponibilidad de datos. Los datos que sustentan los resultados de este estudio están disponibles bajo solicitud razonable al autor de correspondencia, Luis Antonio Montalvo Moreno (lantoniomm@gmail.com).

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. El autor declara que empleó herramientas de inteligencia artificial únicamente como apoyo complementario en dos tareas: la adecuación de las citas y referencias a las normas APA (7.ª edición) y la corrección ortográfica y de estilo de la redacción. Estas herramientas no generaron datos, resultados ni interpretaciones, y no sustituyeron el razonamiento ni el juicio crítico del autor, quien revisó todo el contenido y asume plena responsabilidad por él. El manuscrito constituye un trabajo original, no publicado con anterioridad, y fue sometido a una verificación de originalidad mediante plataformas especializadas.

Aprobación ética y consentimiento informado. El estudio no involucró seres humanos como participantes y contó con la autorización institucional de los centros de producción evaluados, por lo que no requirió la aprobación de un comité de ética ni consentimiento informado individual.

Revista Scientific - Artículo de Investigación Empírica - Arbitrado - Volumen 11, Número 40 - Mayo-Julio 2026 - pp. 208-223
pp. BA2016000002 - e-ISSN: 2542-2987 - ISNI: 0000 0004 6045 0361

El contenido de este manuscrito se difunde bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional