

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR
ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en
Contralmirante Villar-Tumbes, utilizando sistemas de información
geográfica

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuícola

Autor:

Br. Jesus Tomas Flores Ynfante

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR
ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en
Contralmirante Villar, Tumbes utilizando sistemas de información
geográfica

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Mg. Milton Sandro Sócola Sunción
ORCID N° 0009-0004-5977-4331

Presidente

Mg. Paul Ricardo Noblecilla Retamozo
ORCID N° 0000-0001-8133-5387

Secretario

Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila
ORCID N° 0000-0002-4919-8607

Vocal y
Asesor

TUMBES, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR
ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA



Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en
Contralmirante Villar, Tumbes utilizando sistemas de información
geográfica

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:

Bach. Jesús Tomas Flores Ynfante

(Autor)

Dr. Saldarriaga Yacila David Edilberto

(Asesor)

ORCID N° 0000-0002-4919-8607

TUMBES, 2026

COPIA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y CIENCIAS DEL MAR

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Pesquera"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puerto Pizarro, el día quince del mes de mayo del dos mil veintiséis, siendo las trece horas, en el aula A-1 de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la UNTUMBES, se reunió el Jurado Calificador, designado con Resolución N° 046-2025/UNTUMBES-FIPCM-D, Mg. MILTON SANDRO SÓCOLA SUNCIÓN (Presidente), Mg. PAUL RICARDO NOBLECILLA RETAMOZO (Secretario) y Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA (Vocal – asesor, CODIGO ORCID N°0000-0002-4919-8607), luego de la presentación, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar – Tumbes, utilizando sistemas de información geográfica", para optar el Título Profesional de INGENIERO PESQUERO ACUÍCOLA, presentado por el:

Br. JESÚS TOMAS FLORES YNFANTE

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado, según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al Bachiller:

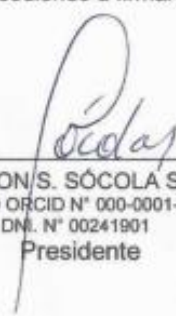
JESÚS TOMAS FLORES YNFANTE APROBADO, con calificativo: BUENO

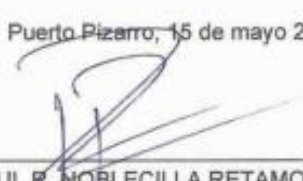
Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el Jurado le indica.

En consecuencia, queda EXPEDITO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General de la UNTUMBES, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las 13 horas y 40 minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta de sustentación.

Puerto Pizarro, 15 de mayo 2026


Mg. MILTON/S. SÓCOLA SUNCIÓN
CODIGO ORCID N° 000-0001-9392-5499
DNI. N° 00241901
Presidente


Mg. PAUL R. NOBLECILLA RETAMOZO
CODIGO DE ORCID N° 0000-0003-1901-7462
DNI. N° 00371122
Secretario


Dr. DAVID E. SALDARRIAGA YACILA
CODIGO ORCID N° 0000-0002-4919-8607
DNI. N° 00320699
Vocal y Asesor

C.C.:

- Jurado (03)
- Interesado
- Asesor Dr. DAVID SALDARRIAGA Y.
- Archivo Decanato.

Los Ceibos S/N. Puerto Pizarro. Tumbes – Perú

Jesus Tomas Flores Ynfante

Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes, utilizando sistemas de informac...

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:615692149

Fecha de entrega

20 ago 2026, 13:56 GMT+0

Fecha de descarga

20 ago 2026, 13:58 GMT+0

Nombre del archivo

Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes, utiliz.....docx

Tamaño del archivo

8.8 MB



Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA
ASESOR
ORCID N° 0000-0002-4919-8607

33 páginas

5567 palabras

31.131 caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA
ASESOR
ORCID N° 0000-0002-4919-8607

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA
ASESOR
ORCID N° 0000-0002-4919-8607

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
repositorio.untumbes.edu.pe		4%
2	Internet	
repositorio.unsm.edu.pe		<1%
3	Internet	
www.coursehero.com		<1%

DEDICATORIA

Este trabajo representa la culminación de un esfuerzo continuo, superando desafíos y abriendo paso hacia el futuro profesional. Agradezco a Dios, por ser mi guía constante, mi fortaleza en los momentos difíciles y la luz que iluminó cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sus oraciones silenciosas y sus sacrificios diarios. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia, por creer en mí incluso cuando las circunstancias eran adversas y por ser el pilar fundamental que me permitió salir adelante y alcanzar hoy este sueño profesional.

A mis profesores y mentores, quienes con vocación, paciencia y rigor académico no solo me transmitieron sus conocimientos, sino que forjaron en mí la disciplina, la ética y la pasión por la investigación.

A cada obstáculo en el camino, que lejos de detenerme, me enseñó que la resiliencia y la fe son la clave para convertir los grandes desafíos en grandes victorias.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las instituciones y personas que hicieron posible la realización de la presente investigación:

A la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES), mi casa de estudios, por abrirme sus puertas, brindarme las herramientas académicas necesarias y formarme como un profesional comprometido con el desarrollo de nuestra región.

A mi asesor de tesis el Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila, por su invaluable guía, paciencia y rigor científico a lo largo de este proceso. Sus valiosos aportes y correcciones metodológicas fueron fundamentales para llevar a buen término esta investigación.

A mis profesores y jurados, por compartir sus conocimientos con generosidad, por sus exigencias académicas que enriquecieron mi formación profesional y por sus valiosas observaciones para el perfeccionamiento de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de aula, por las jornadas de estudio compartidas, el apoyo mutuo en el campo y las experiencias vividas a lo largo de la etapa universitaria.

A todos ellos, mi eterna gratitud.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1. ANTECEDENTES	21
2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA Y PERIODO DE ESTUDIO	24
3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	26
3.2.1. Tipo de investigación	26
a) De acuerdo al fin que se persigue	26
b) De acuerdo al enfoque	26
3.2.2. Diseño de investigación	26
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	26
3.4. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE ÁREAS GEOGRÁFICAS CON POTENCIAL PARA LA ACUICULTURA	27
3.4.1. Fuentes de información	27
3.4.2. Fases para la elaboración de los mapas	27
a) Fase 1: preparación de las capas temáticas	27
b) Fase 2: Adición del campo CID_CODE	28
c) Fase 3: Conversión a formato Ráster (TIF)	28
d) Fase 4: Aplicación de la Calculadora de Álgebra de Mapas	28
e) Fase 5: Generación del mapa final	29
f) Fase 6: Validación y presentación	29
3.5. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA	29

3.5.1. Fuentes de abastecimiento de agua	29
3.5.2. Análisis de calidad de agua de las fuentes	29
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	30
3.6.1. Recolección de datos	30
3.6.2. Procesamiento y análisis de datos	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. ÁREAS GEOGRÁFICAS CON POTENCIAL PARA LA ACUICULTURA	31
4.1.1. Determinación de áreas de exclusión	31
4.1.2. Cuencas hidrográficas en Contralmirante Villar	32
4.1.3. Ubicación y extensión de las áreas geográficas con potencial para la acuicultura	33
4.2. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA	39
V. CONCLUSIONES	43
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	48
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD	51
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA UNTUMBES	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1	
<i>Ubicación geográfica de la provincia de Contralmirante Villar</i>	20
Tabla 2	
<i>Métodos y equipos utilizados en el análisis de calidad de agua</i>	26
Tabla 3	
<i>Áreas geográficas potenciales y no potenciales en cada distrito de la provincia de Contralmirante Villar</i>	30
Tabla 4	
<i>Parámetros de calidad de las potenciales fuentes de agua para acuicultura continental en Contralmirante Villar, Tumbes</i>	37
Tabla 5	
<i>Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar, Tumbes: Quebrada Bocapán</i>	44
Tabla 6	
<i>Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar, Tumbes: Quebrada Seca</i>	44
Tabla 7	
<i>Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar, Tumbes: Quebrada Fernández</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de la provincia de Contralmirante Villar, en la región de Tumbes	21
Figura 2. Áreas geográficas de exclusión en las provincias de la región de Tumbes (Ministerio del Ambiente, 2019)	27
Figura 3. Cuencas hidrográficas de la provincia de Contralmirante Villar	29
Figura 4. Áreas geográficas potenciales y no potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	30
Figura 5. Áreas geográficas potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	32
Figura 6. Centroides de las áreas geográficas potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	33
Figura 7. Variación de la temperatura en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	34
Figura 8. Variación del oxígeno disuelto en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	35
Figura 9. Variación del pH en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	35
Figura 10. Variación de la salinidad en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	36
Figura 11. Variación del amonio total en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes	36
Figura 13. Análisis de calidad de agua de las fuentes potenciales para el abastecimiento de agua	43

ÍNDICE DE ANEXOS

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD	46
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA UNTUMBES	48

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de determinar las áreas potenciales para desarrollar actividades de acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes, haciendo uso del Sistemas de Información Geográfica, como metodología principal y análisis de calidad de agua y suelo en puntos de monitoreo accesibles. El análisis e integración de mapas digitales se realizó por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG) con el software ArcGis 10.0, utilizando información en las páginas web correspondientes del estado peruano y con monitoreos de campo. Se excluyeron las áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento, áreas agrícolas, asentamientos humanos urbanos y rurales. Las áreas geográficas con potencial para la acuicultura quedaron definidas por distritos: Casitas con 6 705,30 ha (9,24%), Canoas de Punta Sal, 32 235,80 ha (44,43%) y Zorritos con 33 610,25 ha (46,33%). Las posibles fuentes de agua aptas por su calidad y suelo del entorno, estarían constituidas por las cuencas hidrográficas de la Quebrada Bocapán (Casitas y Zorritos), Quebrada Seca-Quebrada Fernández (Casitas). Los niveles promedio de los parámetros de calidad de agua fueron: Temperatura, $27,04 \pm 29,18 \pm 0,53^{\circ} \text{C}$; oxígeno disuelto, $4,95 \pm 0,40$ a $5,19 \pm 0,32 \text{ mg/L}$; pH, $7,69 \pm 0,26$ a $7,75 \pm 0,27$; salinidad, $0,50 \pm 53 (\text{‰})$ y amonio total, $0,21 \pm 0,05 \text{ mg/L}$ a $0,27 \pm 0,03$. Desde el punto de vista ambiental y de la acuicultura, las fuentes agua potenciales presentaron niveles de los parámetros de calidad aptos para el desarrollo de sistemas de cultivo, en especial para especies de agua dulce.

Palabras clave: acuicultura, planificación espacial, zonificación ecológica económica, SIG

ABSTRACT

A study was conducted to determine potential areas for aquaculture development in Contralmirante Villar-Tumbes, using Geographic Information Systems as the primary methodology and water and soil quality analysis at accessible monitoring points. The analysis and integration of digital maps was performed using a Geographic Information System (GIS) with ArcGis 10.0 software, utilizing information from the corresponding Peruvian government websites and field monitoring. Protected natural areas and their buffer zones, agricultural areas, and urban and rural human settlements were excluded. Geographic areas with potential for aquaculture were defined by district: Casitas with 6,705.30 ha (9.24%), Canoas de Punta Sal with 32,235.80 ha (44.43%), and Zorritos with 33,610.25 ha (46.33%). The possible sources of water suitable for their quality and surrounding soil would be the hydrographic basins of Quebrada Bocapán (Casitas and Zorritos) and Quebrada Seca-Quebrada Fernández (Casitas). The average levels of water quality parameters were: Temperature, $27.04 \pm 29.18 \pm 0.53^{\circ} \text{C}$; dissolved oxygen, 4.95 ± 0.40 a $5.19 \pm 0.32 \text{ mg/L}$; pH, 7.69 ± 0.26 a 7.75 ± 0.27 ; salinity, $0.50 \pm 53 (\text{‰})$ and total ammonium, $0.21 \pm 0.05 \text{ mg/L}$ a 0.27 ± 0.03 . From an environmental and aquaculture perspective, potential water sources presented levels of quality parameters suitable for the development of culture systems, especially for freshwater species.

Keywords: aquaculture, spatial planning, economic ecological zoning, GIS

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, la acuicultura como actividad comercial produce biomasa de peces, crustáceos y moluscos. En Perú, se cultivan peces de agua dulce en la Amazonía, sierra y costa (Piura), crustáceos *Peneidos* como *Litopenaeus vannamei* en Tumbes y Piura. En el caso del cultivo de moluscos, se realiza en Piura, Ancash e Ica.

En Tumbes, la pesca ha decaído por la disminución de los *stocks* de peces, al parecer debido a la sobreexplotación, por lo que, no hay un abastecimiento que satisfaga la demanda local y nacional.

Por otro lado, Tumbes presenta grandes extensiones de terreno eriazos colindantes con las cuencas del río Zarumilla y río Tumbes, quebrada Casitas, quebrada Seca y quebrada Fernández, que pueden utilizarse para el cultivo y producción comercial de peces de agua dulce a fin de suplir el desabastecimiento de estos recursos a nivel local, nacional e internacional.

En este contexto, los estudios para la identificación, georreferenciación y extensión de esas áreas que tengan potencial para acuicultura, en un futuro próximo es de vital importancia con el fin de hacer una planificación espacial del territorio y extender la frontera acuícola en la región.

Aguilar-Manjarrez et al. (2018), refieren que, en algunos países donde se desarrollan actividades de acuicultura que la industria contribuye a la economía nacional, han adoptado una planificación espacial del territorio, para la generación de oportunidades de inversiones económicas que minimicen los impactos negativos.

Por estas razones, se ejecutó la presente tesis, con el objetivo general de determinar las áreas potenciales para desarrollar actividades de acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes, haciendo uso del Sistemas de Información

Geográfica Arc Gis, como metodología principal y análisis de calidad de agua en puntos de monitoreo accesibles.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Saldarriaga (2026), identificó y zonificó las áreas geográficas con potencial para el desarrollo de la acuicultura continental en el departamento de Tumbes a nivel exploratorio. Se emplearon herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) integrando capas temáticas de fisiografía, tipo de suelo, disponibilidad hídrica, vías de acceso y pendiente territorial, procesadas mediante superposición de mapas temáticos. La superficie total evaluada a nivel regional de la región Tumbes fue de 4,669 km², aproximadamente; la distribución de la aptitud territorial: Aptitud Alta: 12,4% del territorio (~578 km²), ubicado principalmente en abanicos aluviales y terrazas bajas con pendiente < 5%, la aptitud Media/Moderada: 28,1% del territorio (~1,311 km²), condicionada por la distancia a fuentes hídricas permanentes; aptitud Baja/Restringida: 59,5% restante, debido a pendientes pronunciadas (> 15%), suelos permeables o cruce con Áreas Naturales Protegidas (ANP). Las zonas clasificadas como Alta aptitud y Media/Moderada se encontraron a una distancia no mayor a 2,5 km de una fuente de agua superficial y a menos de 3 km de la red vial principal.

Valerio (2022), con el objetivo de determinar zonas aptas para el ordenamiento y desarrollo de actividades acuícolas evaluó la capacidad de carga y restricciones territoriales. Utilizó metodología SIG para la elaboración de mapas de aptitud espacial mediante la delimitación de cuerpos de agua, accesibilidad y restricciones ambientales (zonas de protección), combinado con análisis espacial de parámetros fisicoquímicos. Evaluó el área del cuerpo de agua de la laguna Punrún (~28.5 km²), superficie apta delimitada por SIG: Se identificaron 3,42 km² (el 12% del espejo de agua) como zona idónea para la instalación de infraestructura acuícola (jaulas flotantes), además, determinó que, la capacidad de carga calculada máxima sostenible es de 450 toneladas/año de biomasa sin alterar el estado trófico del cuerpo de agua. El área de exclusión normativa, se aplicó una franja de amortiguamiento (buffer) obligatoria de 200 metros desde la orilla y de 500 metros

respecto a captaciones de agua potable, excluyendo el 38% de la superficie total por restricciones ambientales.

Díaz et al. (2021), identificaron y regionalizaron las zonas con mayor potencial territorial para el desarrollo acuícola integrando criterios económicos, ambientales y sociales, para lo cual, utilizaron Integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la Evaluación Multicriterio (EMC) mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP de Saaty). Se ponderaron variables como pendiente, calidad de agua, cercanía a carreteras, centros urbanos y mercado local. Los resultados muestran la generación de un mapa de aptitud acuícola categorizado en cuatro niveles (Muy Alta, Alta, Moderada y Restringida), identificando áreas óptimas ligadas a la red vial y disponibilidad hídrica. La zonificación cuantitativa del potencial: Muy Alta aptitud (8,3%) del área de estudio; Alta aptitud (23,5%); Moderada aptitud (41,2%) y Restringida/No Apta (27,0%). El impacto de la accesibilidad (distancia a vías primarias) obtuvo el mayor peso relativo en el modelo socioeconómico con una ponderación del 34,2%, demostrando que distancias mayores a 10 km reducían en más de un 50% la calificación global de aptitud del suelo.

Pardo-Carrasco (2017), con el objetivo de evaluar la idoneidad espacial del territorio costero para el emplazamiento de granjas acuícolas mediante modelado cartográfico interactivo, utilizó la metodología de Integración de imágenes satelitales (MDT/DEM), datos vectoriales de uso de suelo, clima y parámetros de agua. Se aplicaron restricciones de exclusión (áreas protegidas, zonas urbanas, franja de marea) y ponderación de factores de aptitud mediante análisis espacial en SIG.

Oviedo et al. (2013), utilizaron las herramientas del Sistema de Información Geográfica para definir áreas para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Encontraron que 2% del área de estudio resultó apta, pero que existieron efectos negativos por los niveles altos de requerimientos básicos no cumplidos e infraestructura para el transporte deficiente. Se observaron áreas con suelos ácido sulfatados con altos niveles de hierro y pH ácido. En otros lados, determinaron alta turbidez y sólidos suspendidos en las fuentes de agua, también, la limitada capacidad de drenaje evidenció riesgos de inundación. Las partes altas

evidenciaron la mejor aptitud para cultivar tilapia, pero las partes estuarinas, ambientes cercanos a los lagos y áreas aledañas a la parte baja de la cuenca baja no mostraron aptitud.

Assefa y Abebe (2018), evaluaron los potenciales sitios para cultivo de *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo), basándose en indicadores biofísicos y socioeconómicos en la cuenca del lago Tana al Noroeste de Etiopía, los resultados de la evaluación mediante SIG determinaron que, del total identificado como sitios para acuicultura, 32 678,9 ha (2,7%) son muy adecuados, mientras que 1 166 594,5 ha (97,2%) son moderadamente adecuados para un sistema de acuicultura en estanques a pequeña escala.

Hortúa (2013), realizó un estudio similar al de esta investigación sobre zonificación de áreas con aptitud para la acuicultura en Colombia, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica, determinando que el 12,30 fue apto, 23,70% medianamente apto y 64,00% no apto, de un total de 113 983,36 ha de terreno. Esto indica que los SIG, constituyen una herramienta útil para estudios de zonificación geográfica en acuicultura.

2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto integrado de soporte lógico (*software*), soporte físico (*hardware*), datos geográficos y procedimientos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información georreferenciada. En la planificación del uso del suelo, los SIG permiten la superposición cartográfica de múltiples capas temáticas (fisiografía, hidrología, infraestructura), transformando datos espaciales complejos en mapas temáticos de idoneidad o aptitud territorial (Aronoff, 1989) y Bosque, 1992.

La zonificación de áreas geográficas es una parte de la planificación espacial para actividades marino costeras, Ehler y Douvere (2013), al respecto refieren que, es un proceso público para analizar y asignar la distribución espacial y temporal de las actividades humanas en zonas marinas de manera abierta y planificada con el fin de organizar racionalmente la utilización del espacio marino y sus interacciones con otros usos, estableciendo un equilibrio entre la demanda de desarrollo con la necesidad de proteger los ecosistemas marinos y de esta manera alcanzar objetivos ecológicos, sociales y económicos.

Con la zonificación espacial se identifican áreas potenciales de crecimiento para la acuicultura ya sea como actividad económica nueva o para contribuir con la regulación de su desarrollo donde ya está establecida. Entre otros aspectos, puede utilizarse para: prevenir y controlar el deterioro ambiental, estimar la capacidad de carga ambiental, aumentar la producción y el desarrollo social, delimitar áreas de trabajo donde los planificadores y autoridades establecen y monitorean los objetivos de desarrollo comunal (Aguilar-Manjarrez et al., 2018).

La zonificación ambiental, es una herramienta para el ordenamiento y manejo del territorio lo que incluyen aspectos biofísicos, socioeconómicos y de gobernabilidad, para ello, el análisis e integración de criterios como: representatividad, grado de intervención y función de los ecosistemas, estado actual de la fauna asociada, presencia de riesgos naturales, alteración del equilibrio hídrico, intensidad, aptitud y conflictos de uso, permitió la definición de áreas de manejo de ecosistemas estratégicos, recuperación, aprovechamiento sostenible, producción sostenible y

zonas urbanas y suburbanas, las cuales dieron las pautas para la definición de las orientaciones de manejo integrado del área (López et al., 2012).

Para instalar sistemas de cultivo en las áreas continentales de Tumbes, el centro de producción se ubicará en un lugar donde la cantidad y calidad de agua esté asegurada. Lejos de zonas donde haya asentamientos humanos, que puedan contaminar el agua con residuos orgánicos. También es necesario evitar cualquier posibilidad de contaminación por la agricultura, industrias o residuos tóxicos

derivados de la aplicación de pesticidas o plaguicidas que pudieran llegar a la fuente de abastecimiento principal de agua. Los químicos usados para controlar las plagas en las actividades agropecuarias pueden contaminar el agua debido a la escorrentía y causar toxicidad a las especies en cultivo. Además de la provisión de agua, se debe garantizar que el drenaje se efectúe en afluentes preferiblemente distintos al de la fuente de agua (Saldarriaga, 2008).

Según este autor, la selección de sitios para instalar centros de producción acuícola incluye tres ámbitos:

- **Aspectos generales:** Aspectos legales, Ubicación geográfica, Extensión, Accesibilidad, Disponibilidad de mano de obra, equipos y suministros, Asistencia técnica,
- **Calidad de agua:** Los factores físicos, químicos y biológicos, deben estar en los rangos requeridos por las especies a cultivar.
- **Calidad de suelo:** Los factores físicos como la textura; químicos y fertilidad son importantes para la impermeabilidad de las unidades de producción como para productividad acuática.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA Y PERIODO DE ESTUDIO

La investigación fue realizada en la provincia de Contralmirante Villar en la región de Tumbes (Figura 1), en un periodo de tres meses (setiembre a diciembre de 2025).

La provincia de Contralmirante Villar en el departamento de Tumbes tiene una extensión de 2 123,22 km², está ubicada en la región de Tumbes, al norte del Perú; se encuentra delimitada por el norte con la quebrada de Charán; al sur con los cerros Carmela; al este con la provincia de Tumbes; y al oeste con el Océano Pacífico (Municipalidad Provincial de Contralmirante Villar, 2024).

Geográficamente se ubica entre 03°40'03" LS, 80°39'21" LO (distrito de Zorritos) y 03°54'00" LS 80°52'00" LO (distrito de Canoas de Punta Sal) (Tabla 1).

Tabla 1

Ubicación geográfica de la provincia de Contralmirante Villar

Provincia/Distrito	Capital	Ubicación Geográfica	Extensión (km ²)	Altitud (m.s.n.m.)
Contralmirante Villar	Zorritos		2 123,22	
Zorritos	Zorritos	03°40'03" LS 80°39'21" LO		6
Casitas	Cañaverall	03°56'24" LS 80°38'57" LO		134
Canoas de Punta Sal	Cancas	03°54'00" LS 80°52'00" LO		6

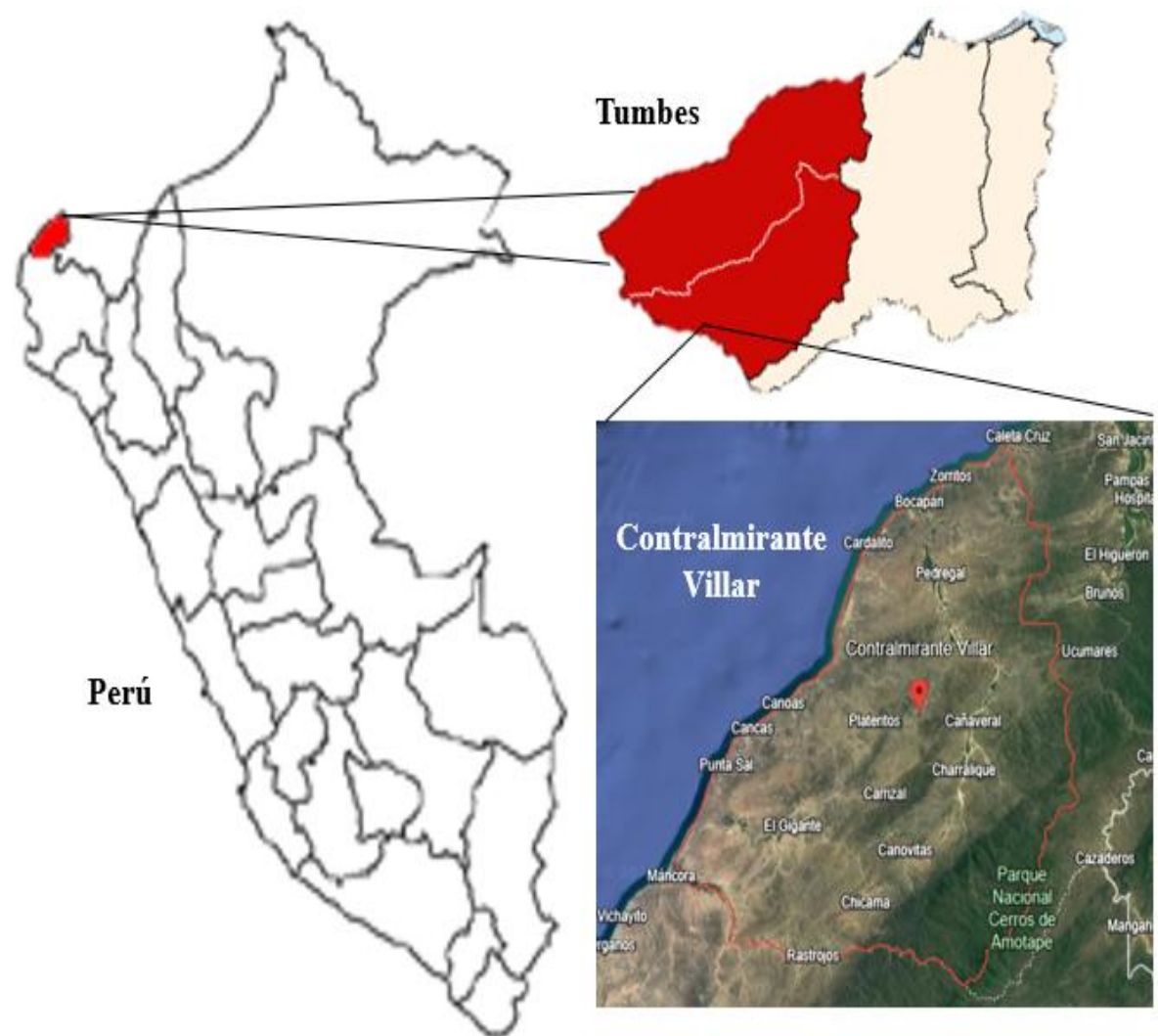


Figura 1. Ubicación de la provincia de Contralmirante Villar, en la región de Tumbes.

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

- a) **De acuerdo al fin que se persigue:** La investigación de acuerdo a su fin es de tipo básica (Tresierra, 2000), en ella, se aplicaron conocimientos sobre hidrología, geografía, acuicultura, geología, sistemas de información geográfica (SIG) y ambiente. Esta información servirá para realizar los estudios de ordenamiento territorial por parte del Gobierno Regional de Tumbes y de la Municipalidad de Contralmirante Villar, estudios específicos de selección del lugar, impacto ambiental, tipo de sistemas de cultivo por cada especie, etc., e incluso para la gestión legal del predio que algún inversionista público o privado interesado debe realizar antes de la construcción e instalación de los centros de producción.
- b) **De acuerdo al enfoque:** La investigación de acuerdo al enfoque es de tipo cuantitativa y descriptiva (Tresierra, 2000), porque se describe la realidad tal como se encuentra y la situación del potencial acuícola de las áreas geográficas, además de la calidad de los recursos presentes como el agua y suelo, siendo indispensables para llevar a cabo las actividades de acuicultura.

3.2.2. Diseño de investigación

La investigación se llevó a cabo, bajo un diseño descriptivo simple (Tresierra, 2000), porque se describió las posibles zonas de potencial acuícola, mediante distribuciones, ubicación georreferencial, calidad de los recursos agua y suelo, además de la selección de áreas geográficas.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

La población de estudio estuvo conformada por el área continental de la provincia de Contralmirante Villar, con una extensión de 2132,22 km², distribuidas en el distrito de Zorritos, Casitas y Canoas de Punta Sal.

La metodología de muestreo se realizó según Pucha-Copred y Cánova-García (2017), utilizando un Software ArcGis 10.0, para la búsqueda de zonas de interés, usando el análisis espacial de mapas digitales por medio de un SIG.

3.4. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE ÁREAS GEOGRÁFICAS CON POTENCIAL PARA LA ACUICULTURA

3.4.1. Fuentes de información

Los mapas se obtuvieron de las páginas webs oficiales del estado peruano:

- Plataforma Nacional de Datos Georreferenciales Geo Perú (<https://visor.geoperu.gob.pe/>),
- Plataforma Nacional de Datos Abiertos (<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/limites-departamentales>),
- Servicio Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (SERNAMP) (<https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>).

El método utilizado fue la integración de los mapas que se obtuvieron de las páginas webs y el análisis espacial por medio del SIG con el software ArcGis 10.0; para este último, se elaboró una base de datos en el Excel que se utilizó en la creación de los mapas digitales con formato vector y ráster.

Luego se aplicó la técnica de Campos de Idoneidad, utilizando capas de mapas, asignándose un campo de viabilidad (GID_CODE), para después utilizarse la calculadora de álgebra de mapas, obteniéndose un análisis final (Pucha-Cofrep y Cánovas-García, 2017).

3.4.2. Fases para la elaboración de los mapas

a) Fase 1: preparación de las capas temáticas

Se realizó un análisis de exclusión, identificándose y recopilándose, las capas de mapas espaciales relacionadas con dicho análisis, es decir, que las capas reúnen los criterios de exclusión siguientes:

- Zonas agrícolas
- Capacidad de uso mayor
- Áreas naturales protegidas
- Zonas de amortiguamiento
- Áreas de conservación privadas
- Áreas de conservación regional
- Áreas de conservación ambientales

b) Fase 2: Adición del campo CID_CODE

Después de realizada la exclusión de las capas temáticas, se agregaron al CID_CODE (campo de idoneidad), asignándose un valor a las áreas no potenciales (exclusión) y a las áreas potenciales mediante una tabla de atributos de capa.

Los valores designados son los siguientes:

- Áreas no potenciales o inviables: 0
- Áreas potenciales o viables: 1

Para la realización del proceso, se abrió cada capa temática en el software ArcGis, posteriormente se creó el campo CID_CODE en la tabla de atributos de cada capa, para luego asignar mediante reglas automatizadas los valores basados en los criterios definidos.

c) Fase 3: Conversión a formato Ráster (TIF)

Las capas temáticas o vectoriales se transformaron a formato Ráster, donde los valores viables se mapearon a los píxeles resultantes, estos valores son el resultado de la viabilidad emitidas por el campo CID_CODE.

Para la realización del proceso, se usó la herramienta de conversión “Vector a Ráster” en el software SIG, luego se selecciona el campo CID_CODE, con los valores viables en píxeles, asegurándose todas las capas Ráster.

d) Fase 4: Aplicación de la Calculadora de Álgebra de Mapas

Se utilizó la calculadora de álgebra de mapas para combinar todas las capas que se convirtieron a formato Ráster ya pixelada o preparadas, para así crear un mapa de campos de idoneidad final

Para realizar dicha combinación de capas, se utilizó criterios de expresión lógica para la identificación de áreas con mayor potencial acuícola, usándose operadores de suma o intersección, combinando cada capa; esta expresión se representó en la siguiente fórmula:

$$\text{Idoneidad} = (\text{Capa}_1 * \text{Capa}_2 * \text{Capa}_3 * \dots * \text{Capa}_x)$$

e) Fase 5: Generación del mapa final

La resultante dio valores bajos y altos, los altos (1) indicaron las áreas con mayor viabilidad, dando a entender que cumplen con múltiples criterios beneficiosos para la acuicultura, siendo posibles zonas con potencial acuícola; por otro lado, los valores bajos (0) indicaron áreas con menor viabilidad, es decir, que cumplen con pocos criterios beneficiosos o no.

f) Fase 6: Validación y presentación

Luego de la obtención del mapa final con los valores de cada zona, se realizó un análisis de comparación con resultados de campo y las opiniones de expertos para verificar la idoneidad de las zonas resultantes.

El mapa final, representó temáticamente las zonas potenciales para la acuicultura, indicando las áreas viables, realizándose la verificación con análisis de campo (agua y suelo)

3.5. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

3.5.1. Fuentes de abastecimiento de agua

Las posibles fuentes de abastecimiento de agua fueron identificadas en el mapa temático de cuencas hidrográficas de la provincia de Contralmirante Villar, a partir de la Plataforma Nacional de Datos Georreferenciales Geo Perú (<https://visor.geoperu.gob.pe/>).

3.5.2. Análisis de calidad de agua de las fuentes

Los análisis de agua y suelo se realizaron a las principales fuentes hídricas en la provincia de Contralmirante Villar, siendo la quebrada de Bocapán y quebrada Fernández, acorde con las cuencas del mismo nombre.

se observa los análisis físico-químicos del agua (temperatura, pH, salinidad y N-amonio) y suelo (pH, textura y pendiente), los cuales fueron monitoreados quincenalmente entre julio y agosto de 2025, en puntos de muestreo seleccionados en el mapa temático de áreas potenciales para la acuicultura; cada análisis se realizó con su respectivo equipo y método indicado en la Tabla 2.

Tabla 2***Métodos y equipos utilizados en el análisis de calidad de agua***

Parámetro	Método	Equipo/Reactivo
Temperatura (°C)	Lectura directa en oxigenómetro	Oxigenómetro YSI, modelo 550A-12
Oxígeno disuelto (mg/L)	Electrométrico utilizando electrodos de membrana	Oxigenómetro YSI, modelo 550A-12 0 a 50 mg/L, $\pm 0,3$ mg/L
pH (agua)	Indicador de pH por colorimetría	Fenolftaleína
Salinidad (g/L)	Refracción de la luz	Refractómetro B Bubblefin con ATC 0 a 100 ‰, $\pm 1,0$ ‰
Amonio Total (mg/L)	Indicador por colorimetría	Kit para determinar amonio

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**3.6.1. Recolección de datos**

Se recolectaron datos fundamentales sobre la ubicación geográfica (base de datos oficiales) en el software Excel, la extensión de las áreas y los criterios establecidos para la exclusión de áreas, con ello, se elaboraron las capas temáticas y se generaron los mapas necesarios para la obtención de áreas geográficas con potencial acuícola.

3.6.2. Procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron procesados y sistematizados mediante hojas de cálculo de Excel, obteniendo promedios estadísticos, dispersiones y gráficos, siendo utilizados para el mejor análisis de los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ÁREAS GEOGRÁFICAS CON POTENCIAL PARA LA ACUICULTURA

4.1.1. Determinación de áreas de exclusión

Las áreas que se excluyeron en la provincia de Contralmirante Villar y a nivel regional fueron: Áreas de centros poblados y áreas naturales protegidas, estas últimas están constituidas por zonas históricas culturales, zonas de uso turístico y recreativo, zonas silvestres, zonas de protección estricta, zonas de recuperación y zonas de amortiguamiento (Servicio Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (SERNAMP, <https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/> y MINAM, 2019). Figura 2.

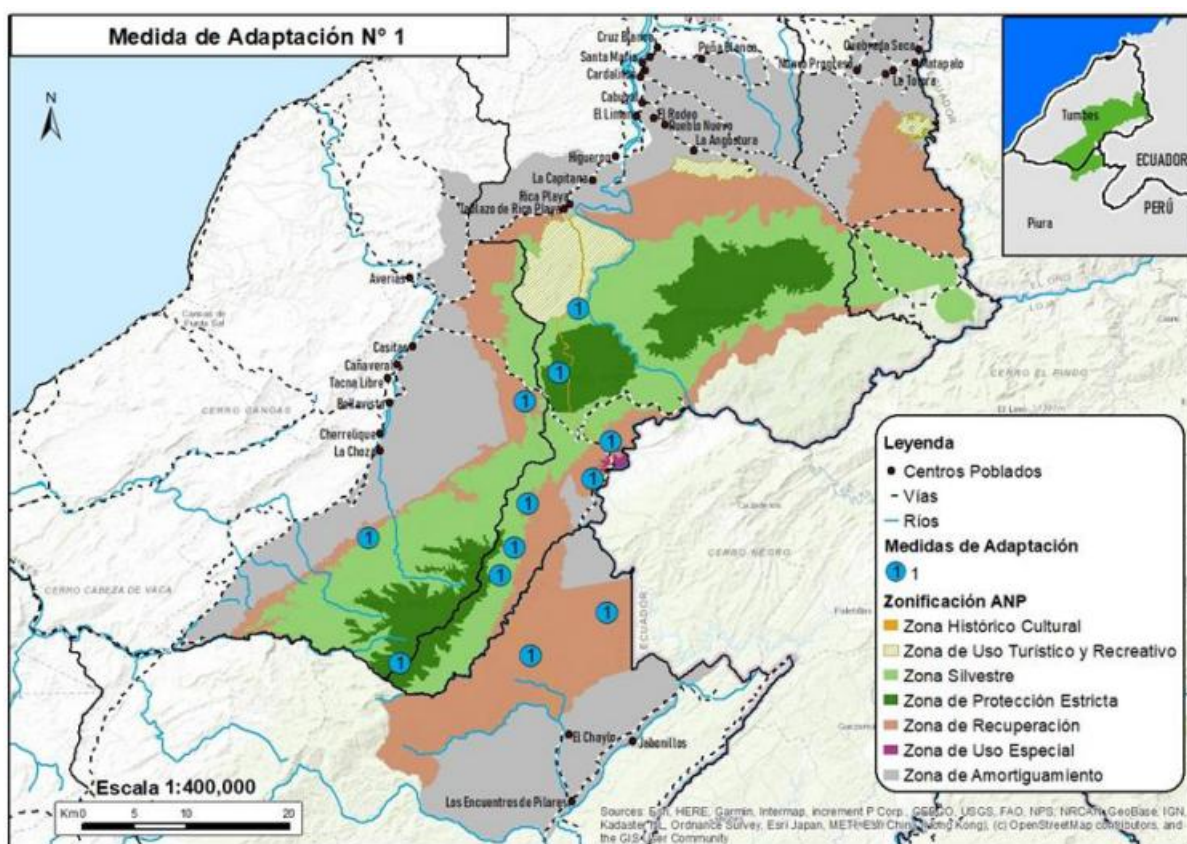


Figura 2. Áreas geográficas de exclusión en las provincias de la región de Tumbes (Ministerio del Ambiente, 2019)

Según MINAM (2019), la provincia de Contralmirante Villar presenta un área natural protegida, siendo el Parque Nacional Cerros de Amotape, comprendiendo a la provincia de Tumbes y a la provincia de Sullana (Piura), presentando una extensión geográfica de 151 768,49 ha, de la cual, 123,3 ha se reconocen como área de conservación privada, perteneciendo a la provincia de Contralmirante Villar, esto se estableció en la Resolución Ministerial N° 242-2010-MINAM.

El Parque Nacional Cerros de Amotape, presenta diferentes zonas geográficas protegidas según la zonificación de SERNANP (2015), describiendo zonas de protección estricta con área de 25 342,46 ha (16,72 %), zonas de recuperación con área de 60 409,09 ha (39,86 %), zonas de uso especial con área de 323,87 ha (0,21%), zonas de uso turístico y recreativo con área de 8 450,60 ha (5,58 %), zonas históricas culturales con área de 598,60 ha (0,39 %) y zonas silvestres con área de 56 436,65 ha (37,24 %); además presenta zonas de amortiguamiento, teniendo un área total de 92 014,54 ha.

Las áreas indicadas, fueron excluidas de la investigación, con el fin de conservar la biodiversidad, asegurando la continuidad de los procesos biológicos y ambientales naturales, evitando la extinción o pérdida de flora y fauna; además de asegurar, manejar y mantener los recursos naturales, incluyendo la calidad del agua de las cuencas hidrográficas, siendo fundamentales para diversas actividades; por otro lado proporciona desarrollo cultural, educativo, recreacional, turístico y de investigación científica (Ley de Áreas Naturales Protegidas N° 26834).

4.1.2. Cuencas hidrográficas en Contralmirante Villar

Las cuencas hidrográficas consideradas en la investigación como fuentes de captación de agua, fueron la Cuenca Quebrada de Bocapán y la Cuenca Quebrada de Fernández, como se observa en la figura 3.

Uno de los factores más importantes para indicar que una zona geográfica es potencial en acuicultura, es la calidad y permanencia de la fuente de agua, además de la ubicación, evitando que esté cerca a áreas que puedan contaminarla; otros factores relevantes son la accesibilidad vial, la calidad de suelo, productividad básica (electricidad o mano de obra), entre otros (Aguilar-Manjarrez et al., 2018).

En la provincia de Contralmirante Villar, las cuencas conformadas por varias quebradas tributarias que la ramifican tienen permanencia son: Quebrada Bocapán la Quebrada Fernández, Quebrada Seca es una cuenca que sólo presenta agua en épocas de lluvia entre diciembre a mayo de cada año.



Figura 3. Cuencas hidrográficas de la provincia de Contralmirante Villar
(Municipalidad Provincial de Contralmirante Villar, 2024)

4.1.3. Ubicación y extensión de las áreas geográficas con potencial para la acuicultura

Las áreas con potencial acuícola en los distritos de Casitas, Canoas de Punta Sal y Zorritos representaron el 9,24%, 44,43% y 46,33% respectivamente, con respecto al total del área potencial para la acuicultura de la provincia (Tabla 3 y figura 4).

Tabla 3

Áreas geográficas potenciales y no potenciales en cada distrito de la provincia de Contralmirante Villar

Distritos	Áreas potenciales (ha)	Áreas no potenciales (ha)	Total
Casitas	6 705,30	78 387,1616	85 092,4619
Canoas Punta Sal	32 235,80	30 258,9960	62 494,7955
Zorritos	33 610,25	31 125,0318	64 735,2854
Total	72 551,35	139 771,19	212 322,54

El área total analizada de la provincia de Contralmirante Villar fue de 212 322 ,54 ha, resultando que, las áreas geográficas con potencial acuícola representaron el 34,17% (Figura 4).

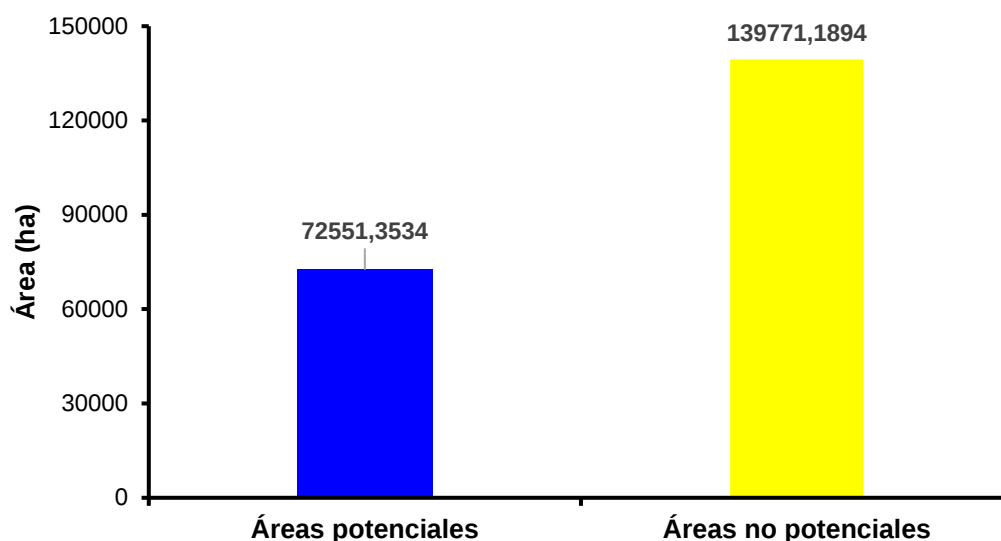


Figura 4. Áreas geográficas potenciales y no potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

En la Figura 5, se muestra la distribución de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes. Las áreas geográficas potenciales del distrito de Zorritos estarían siendo irrigadas por las aguas de la cuenca de Quebrada Bocapán al noroeste de la provincia, las del distrito de Casitas por la cuenca de la Quebrada Bocapán al sureste de la provincia y en el distrito de Canoas de Punta Sal, por la cuenca de Quebrada Fernández y dependiendo de la estación

del año en el periodo de diciembre a mayo por las aguas de Quebrada Seca, al suroeste de la provincia.

En la Figura 6, se puede observar los centroides de las pareas con potencial acuícola por cada distrito de la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes. En Zorritos se distinguen 22 áreas potenciales; en Canoas de Punta Sal, 26 áreas potenciales y en Casitas 33 áreas potenciales.

El análisis de mapas utilizando el Sistema de Información Geográfica permitió discriminar las áreas geográficas potenciales con las restricciones y requerimientos para la acuicultura continental, como peces y camarones de agua dulce. Al respecto, Aguilar-Manjarrez et al. (2018), consideran que, actualmente la atención se centra en los procesos, métodos y herramientas que permiten la práctica implementación del enfoque ecosistémico para la acuicultura (EEA).

En este contexto, Assefa y Abebe (2018), quienes evaluaron los potenciales sitios para cultivo de *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo), basándose en indicadores biofísicos y socioeconómicos en la cuenca del lago Tana al Noroeste de Etiopía SIG. Determinaron que, del total identificado como sitios para acuicultura, 32 678,9 ha (2,7%) son muy adecuados, mientras que 1 166 594,5 ha (97,2%) son moderadamente adecuados para un sistema de acuicultura en estanques a pequeña escala.

Hortúa (2013), realizó un estudio similar al de esta investigación sobre zonificación de áreas con aptitud para la acuicultura en Colombia, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica, determinando que el 12,30 fue apto, 23,70% medianamente apto y 64,00% no apto, de un total de 113 983,36 ha de terreno. Esto indica que los SIG, constituyen una herramienta útil para estudios de zonificación geográfica en acuicultura.

Sin embargo, esto requerirá el uso de diversas herramientas de planificación espacial, incluidos sistemas de información geográfica, detección y mapeo para la gestión, análisis, modelado, toma de decisiones de datos y aplicación de metodologías, con visión de una gestión basada en ecosistemas, lo que implica una transición de la gestión tradicional.

Al respecto, la presente investigación, es coincidente con las realizadas por Saldarriaga (2026), Valerio (2022), Díaz et al. (2021) y Pardo-Carrasco (2017), constituye un antecedente directo con relevancia geográfica, al ofrecer la línea base metodológica, el SIG, de variables específicas aplicadas a la realidad territorial del departamento de Tumbes, aportando resultados que delimitan de manera precisa de polígonos aptos para la instalación de infraestructura acuícola sin interferir con zonas de conservación ni generar conflictos de uso de suelo, dado que, se basa en criterios sobre cómo incorporar restricciones ambientales y normativas dentro del modelo SIG para evitar conflictos de uso de espacio en la zona costera y continental, reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones para inversiones productivas.

Los resultados reportados en la literatura muestran una tendencia convergente respecto al porcentaje de suelo efectivamente idóneo para la acuicultura cuando se aplican modelos SIG rígidos. Mientras Saldarriaga (2026) determinó que solo un 12,4% del departamento de Tumbes posee Alta aptitud, Pardo-Carrasco & Martínez (2022) obtuvieron un 14,72% de idoneidad en entornos costeros similares.

Esta coincidencia cuantitativa sugiere que, en zonas áridas o costeras como Contralmirante Villar, los proyectos no deben asumir una disponibilidad ilimitada de suelo, ya que los factores limitantes de la franja litoral restringen el potencial óptimo a un margen de entre el 10% y el 15% del área total evaluada.

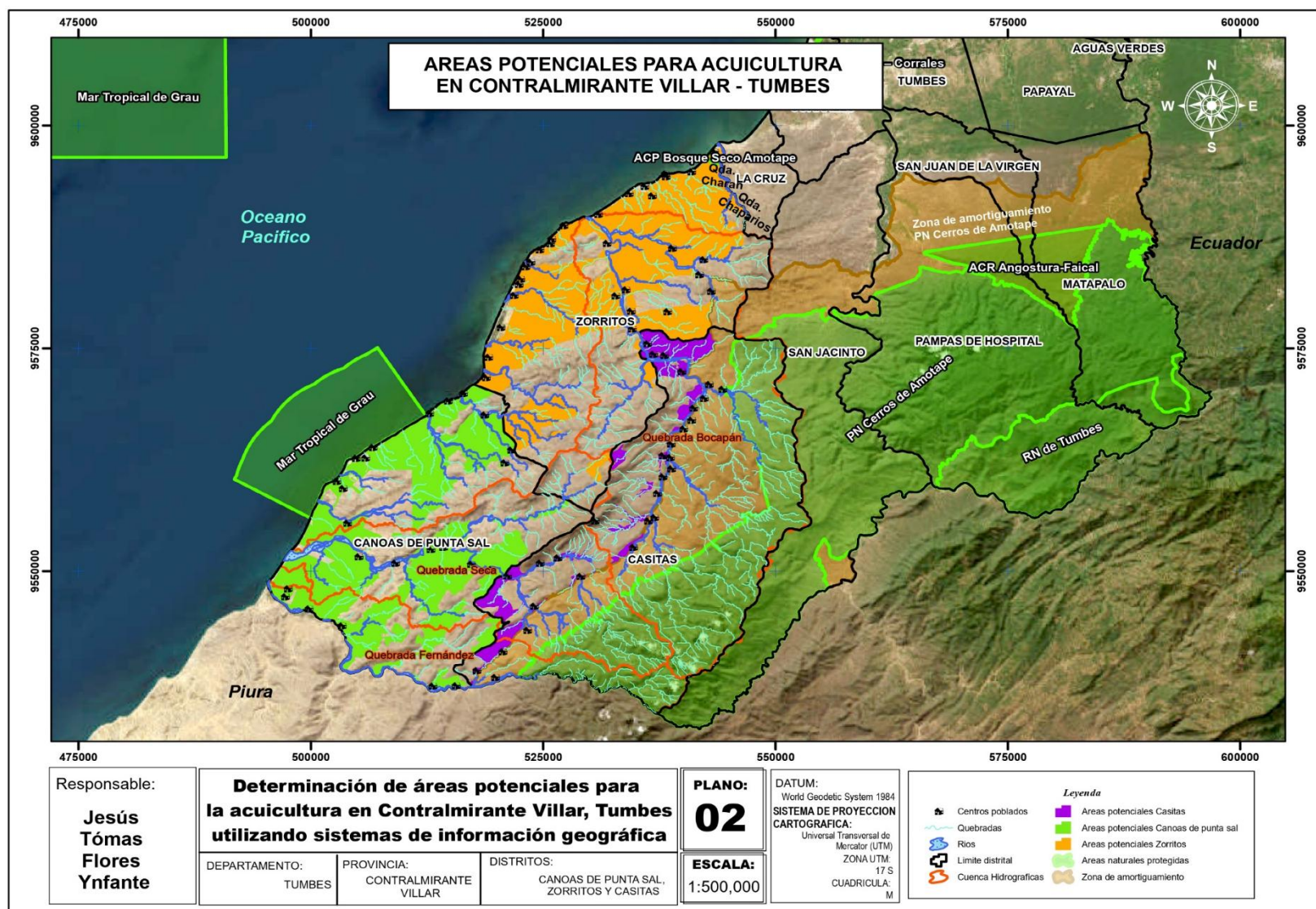


Figura 5. Áreas geográficas potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

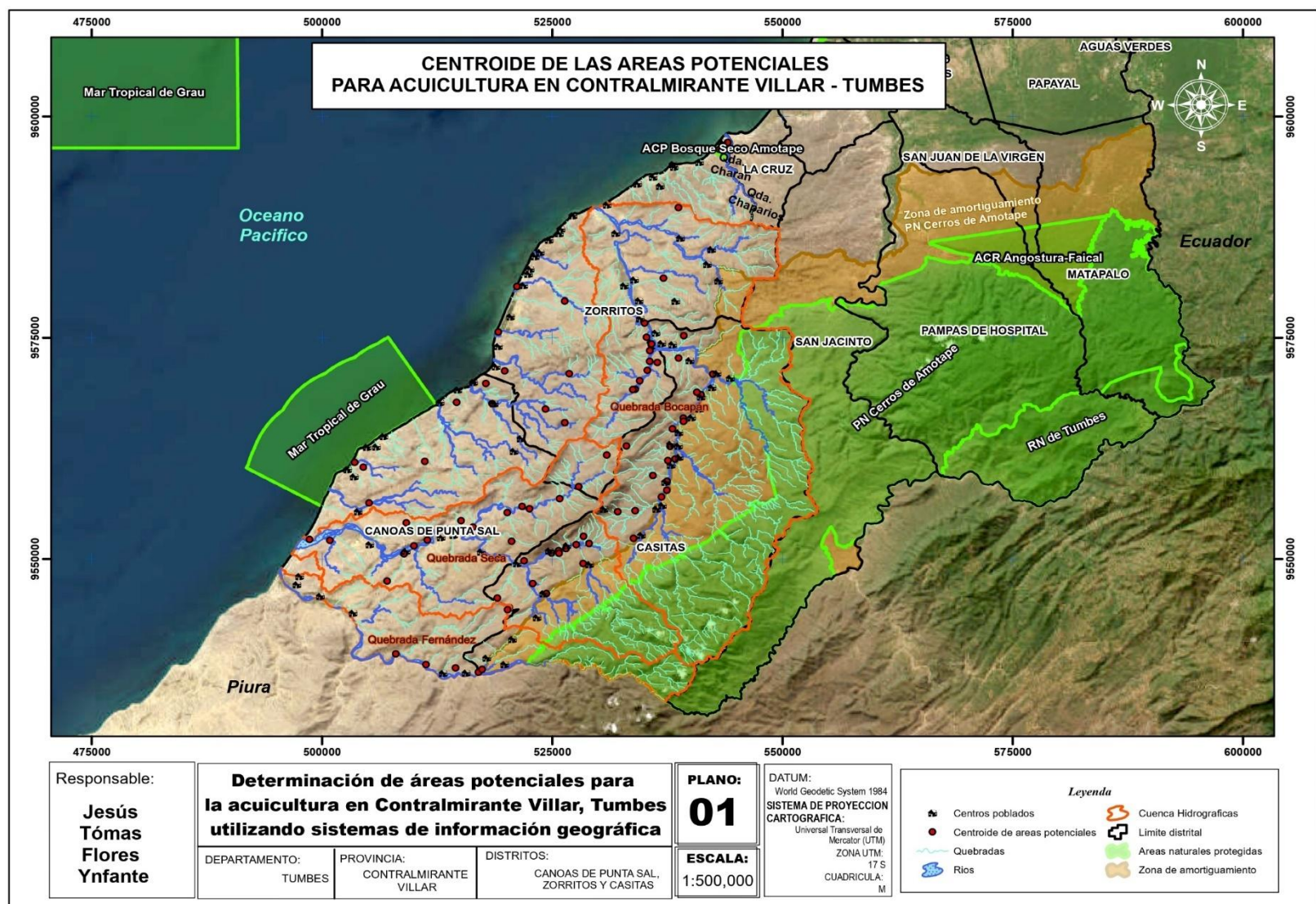


Figura 6. Centroides de las áreas geográficas potenciales para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

4.2. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

Las fuentes de agua potenciales son: Quebrada Bocapán, Quebrada Seca y Quebrada Fernández. Estas fueron identificadas en la Categoría 2 y Categoría 4 de acuerdo al Estándar de Calidad Ambiental: ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM). Desde el punto de vista ambiental, presentaron niveles de temperatura (24 a 33° C), oxígeno disuelto (mayor a 5 mg/L), pH (6 a 9) y amonio total (0,354 mg/L) menores a los indicados en esta norma, lo que significa que son aptas para desarrollar cultivos acuáticos utilizando estas fuentes (Figura 7-12).

En la figura 13 de los anexos se muestra el procedimiento para la determinación de los parámetros de calidad de agua.

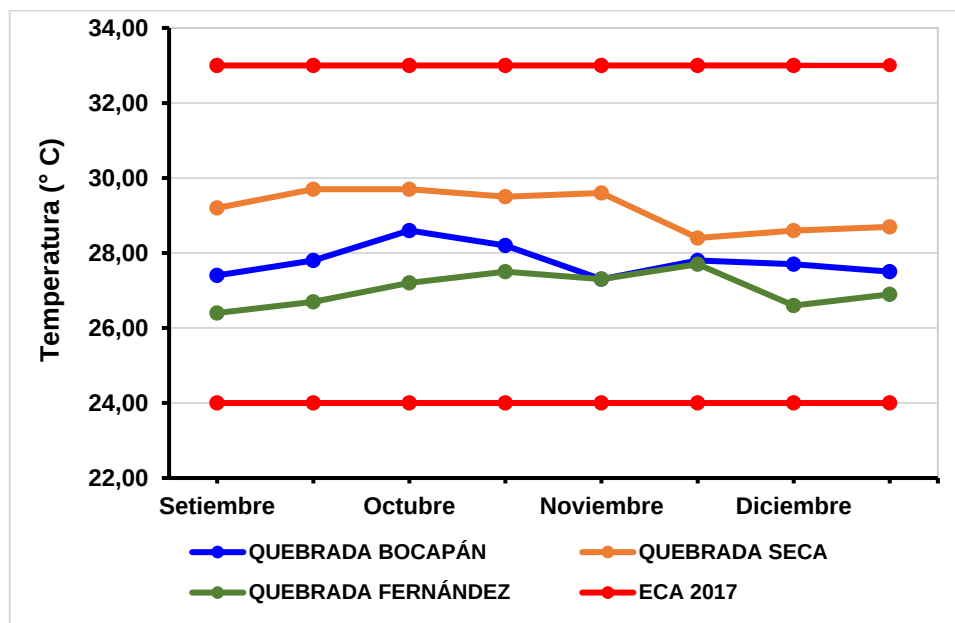


Figura 7. Variación de la temperatura en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

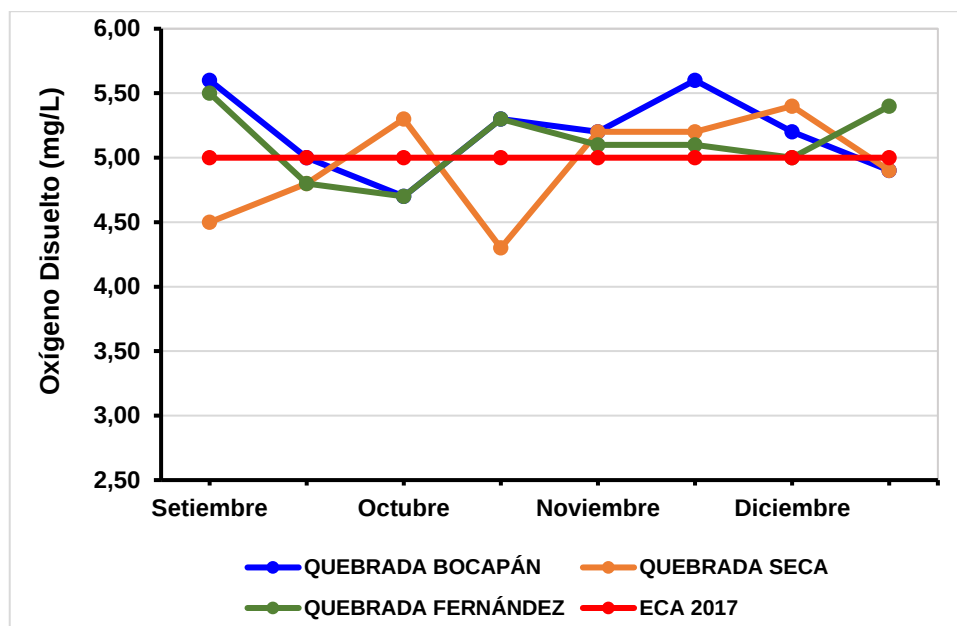


Figura 8. Variación del oxígeno disuelto en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

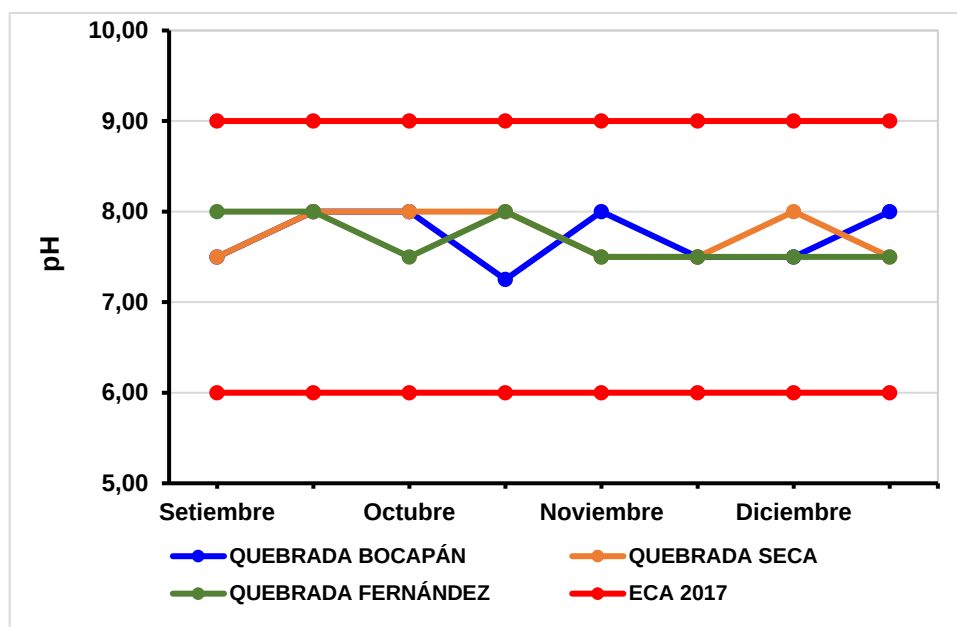


Figura 9. Variación del pH en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

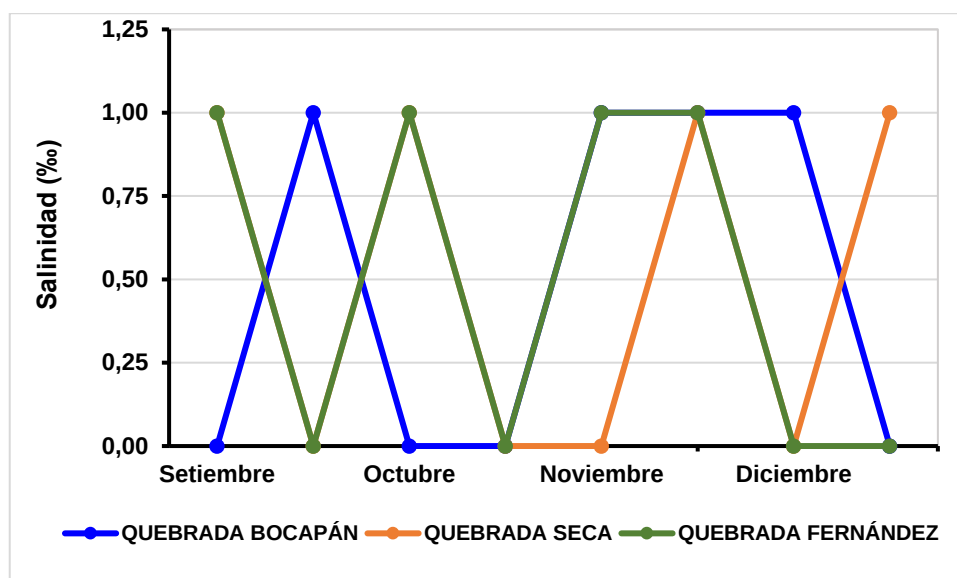


Figura 10. Variación de la salinidad en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

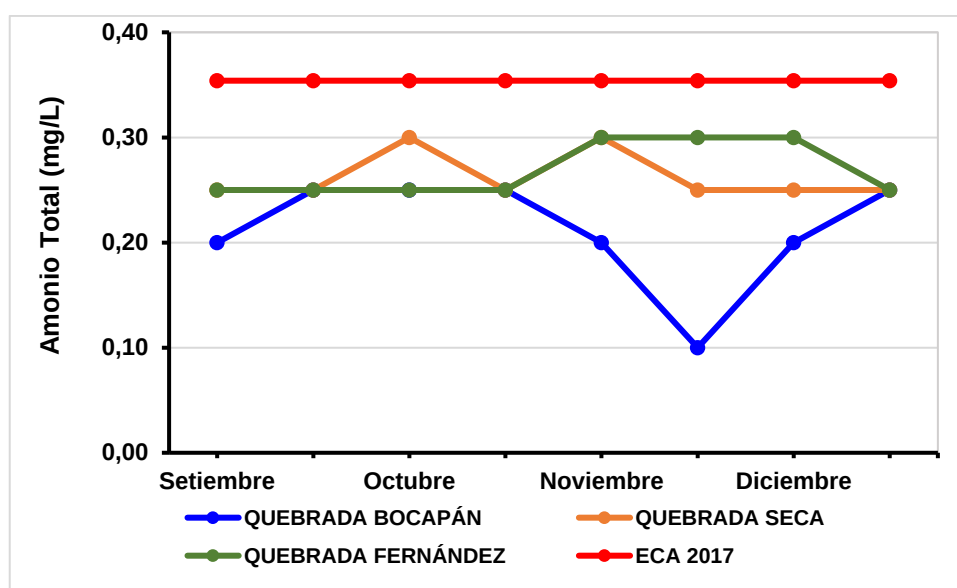


Figura 11. Variación del amonio total en las potenciales fuentes de agua para la acuicultura en la provincia de Contralmirante Villar-Tumbes

Desde el análisis de la acuicultura, el rango de temperatura de $27,04 \pm 0,53^{\circ} \text{C}$ (Tabla 4), se considera apta para el cultivo de especies tropicales (Saldarriaga, 2008). Las concentraciones de oxígeno disuelto registrados fueron de $4,95 \pm 0,40$ a $5,19 \pm 0,32$ mg/L, mayores al nivel mínimo sugerido por Boyd (1990) y Vinatea (2020) de 3 mg/L para el cultivo de peces tropicales. Del mismo modo, el oxígeno disuelto es un parámetro que se complementa con el pH del agua. Los niveles obtenidos de $7,69 \pm 0,26$ a $7,75 \pm 0,27$ mostraron las características de buena calidad para la acuicultura de especies comerciales, indicada por Boyd (1990).

Tabla 4

Parámetros de calidad promedio de las potenciales fuentes de agua para acuicultura continental en Contralmirante Villar, Tumbes

Parámetros	Quebrada Bocapán	Quebrada Seca	Quebrada Fernández	Promedio
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$27,79 \pm 0,43$	$29,18 \pm 0,53$	$27,04 \pm 0,46$	$28,00 \pm 1,01$
Oxígeno disuelto (mg/L)	$5,19 \pm 0,32$	$4,95 \pm 0,40$	$5,11 \pm 0,28$	$5,08 \pm 0,34$
pH	$7,72 \pm 0,31$	$7,75 \pm 0,27$	$7,69 \pm 0,26$	$7,72 \pm 0,27$
Salinidad (‰)	$0,50 \pm 0,53$	$0,50 \pm 0,53$	$0,50 \pm 0,53$	$0,50 \pm 0,51$
Amonio total (mg/L)	$0,21 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,04$

Los niveles de salinidad no tuvieron variación, siendo el promedio de $0,50 \pm 0,53$ ‰ (Tabla 4) menores a 1,00 ppt, son adecuados para cultivo de especies de agua dulce (Boyd, 1990, Vinatea, 2020 y Wheaton 1993).

En lo que respecta a la concentración de amonio total determinada en el rango de $0,21 \pm 0,05$ mg/L a $0,27 \pm 0,03$ mg/L (Tabla 4), indicó que existe baja carga orgánica en las fuentes de agua, siendo menores al nivel recomendado por Boyd (1990) y Vinatea (2020) para los cultivos de organismos acuáticos.

En las tablas 5 a 7 de los anexos se reportan los datos de los parámetros de calidad de agua determinados en las fuentes para el abastecimiento de agua en las áreas geográficas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar, Tumbes.

V. CONCLUSIONES

1. Las áreas geográficas con potencial para la acuicultura se definieron por distritos: Casitas con 6 705,30 ha (9,24%), Canoas de Punta Sal, 32 235,80 ha (44,43%) y Zorritos con 33 610,25 ha (46,33%).
2. Desde el punto de vista ambiental y de la acuicultura, las fuentes agua potenciales presentaron niveles de los parámetros de calidad aptos para el desarrollo de sistemas de cultivo, en especial para especies de agua dulce.
3. Las posibles fuentes de agua aptas por su calidad estarían constituidas por las cuencas hidrográficas de la Quebrada Bocapán (Casitas y Zorritos), Quebrada Seca-Quebrada Fernández (Casitas).
4. La integración metodológica fundamenta que el uso de SIG permitió discriminar las elevadas restricciones de uso del suelo en Contralmirante Villar, focalizando las inversiones acuícolas en áreas que reúne simultáneamente accesibilidad vial, viabilidad topográfica y compatibilidad ambiental.

VI. RECOMENDACIÓN

Realizar estudios específicos de selección del lugar, explorando la posibilidad de su utilización considerando los puntos geográficos reportados en esta investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D., y Brummett, R. (2018). *Zonificación acuícola, selección de sitios y áreas de manejo bajo el enfoque ecosistémico a la acuicultura. Un manual*. Roma.
<https://openknowledge.fao.org/items/9a5ca05e-02a0-40ef-a959-dd5c03f361e0>
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A management perspective*. WDL Publications.
<https://doi.org/10.1080/10106048909354237>
- Assefa, W. y Abebe, W. (2018). GIS modeling of potentially suitable sites for aquaculture development in the Lake Tana basin, Northwest Ethiopia. *Agric & Food Secur* (2018) 7:72.
<https://doi.org/10.1186/s40066-018-0222-0>
- Boyd, Claude. (1990). *Principles of water quality: Chapter 2. Water chemistry*. In *Waterquality in ponds for aquaculture*, 25-87. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station Auburn University.
- Bosque Sendra, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp.
https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC_Capac/IX_Curso_Cart/SIG_MII.pdf
- Díaz, I. y Defeo, O. (2021). Integración SIG-EMC como herramienta para la regionalización del potencial acuícola en cuencas hidrográficas. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(2), 210-224.
https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20180316/20180316172907/52_2.pdf
- Ehler, C., y Douvere F. (2013). *Planificación espacial marina: una guía paso a paso hacia la Gestión Ecosistémica*. UNESCO.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186559_spa

- Hortúa, N. (2013). *Zonificación de la Acuicultura Nacional. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP – FAO). Bogotá.
<https://openknowledge.fao.org/items/7027045a-4ee8-4923-835f-40b4a1b966fa>
- Ley de Áreas Naturales Protegidas N° 26834 (2017, 21 de abril). Congreso de la República. Plataforma del Estado Peruano.
<https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3571-26834>
- López, A., Lozano-Rivera, P., y Sierra-Correa, P. (2012). Criterios de zonificación ambiental usando técnicas participativas y de información: Estudio de caso zona costera del departamento del Atlántico. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 41 (1), 61-83.
<https://boletin.invemar.org.co/ojs/index.php/boletin/article/view/73>
- Municipalidad Provincial de Contralmirante Villar (2024). *Programa municipal de educación, cultura y ciudadanía ambiental de la Municipalidad Provincial Contralmirante Villar*. SINIA.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/programa-municipal-educacion-cultura-ciudadania-ambiental-1144>
- Oviedo, M., Brú, C., Atencio, V. y Pardo, S. (2013). Potencialidad de la región costera de Córdoba -Colombia- para el cultivo de tilapia nilótica. *Rev. MVZ Córdoba* 18(3):3781-3789, 2013. ISSN: 0122-0268.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-026820130003000006&script=sci_abstract
- Pardo-Carrasco, S. C. (2017). Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. *Orinoquia* vol.21 no.2 Meta Jul./Dec. 2017.
<https://doi.org/10.22579/20112629.413>
- Plataforma Nacional de Datos Georreferenciados Geo Perú.
<https://visor.geoperu.gob.pe/>
- Plataforma Nacional de Datos Abiertos
<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/limites-departamentales>

- Pucha-Cofrep, F., y Cánovas-García, F. (2017). *Fundamentos de SIG. Aplicaciones con ArcGis*. Ediloja. Cia. Ltda. ISBN Digital: 978-9942-28-901-8
<https://www.researchgate.net/publication/318447525>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (2017). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. (7 de junio de 2017). Diario Oficial El Peruano.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Saldarriaga Y, D. E. (2008). *Evaluación del lugar*. En *Diseño y construcción de estanques para el cultivo de peces amazónicos*. Dirección Regional del Ministerio de la Producción.
- Saldarriaga Y, D. E. (2021). *Zonificación de áreas geográficas con potencial para la acuicultura continental en Tumbes, Perú*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Repositorio Institucional UNTUMBES.
<https://repositorio.untumbes.edu.pe/items/e5ddfc02-9539-46ad-9d5b-9202ec167138>
- Servicio Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (SERNAMP):
<https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>
- Tresierra, Á. 2000. *Metodología de la investigación científica*. (1era ed.). Biociencia.
- Valerio, B. (2022). *Análisis de las medidas de ordenamiento para el desarrollo de la acuicultura en la laguna Punrún, Pasco*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4484>
- Vinatea, A. (2020). *Calidad de agua en acuicultura*. Presentación en Power Point.
<https://es.scribd.com/presentation/461938577/Calidad-de-agua-en-acuicultura-pptx>
- Wheaton, F. (1993). *Acuicultura, Diseño y Construcción de Sistemas*, 505-554. México: AGT Editor, S.A.

ANEXOS

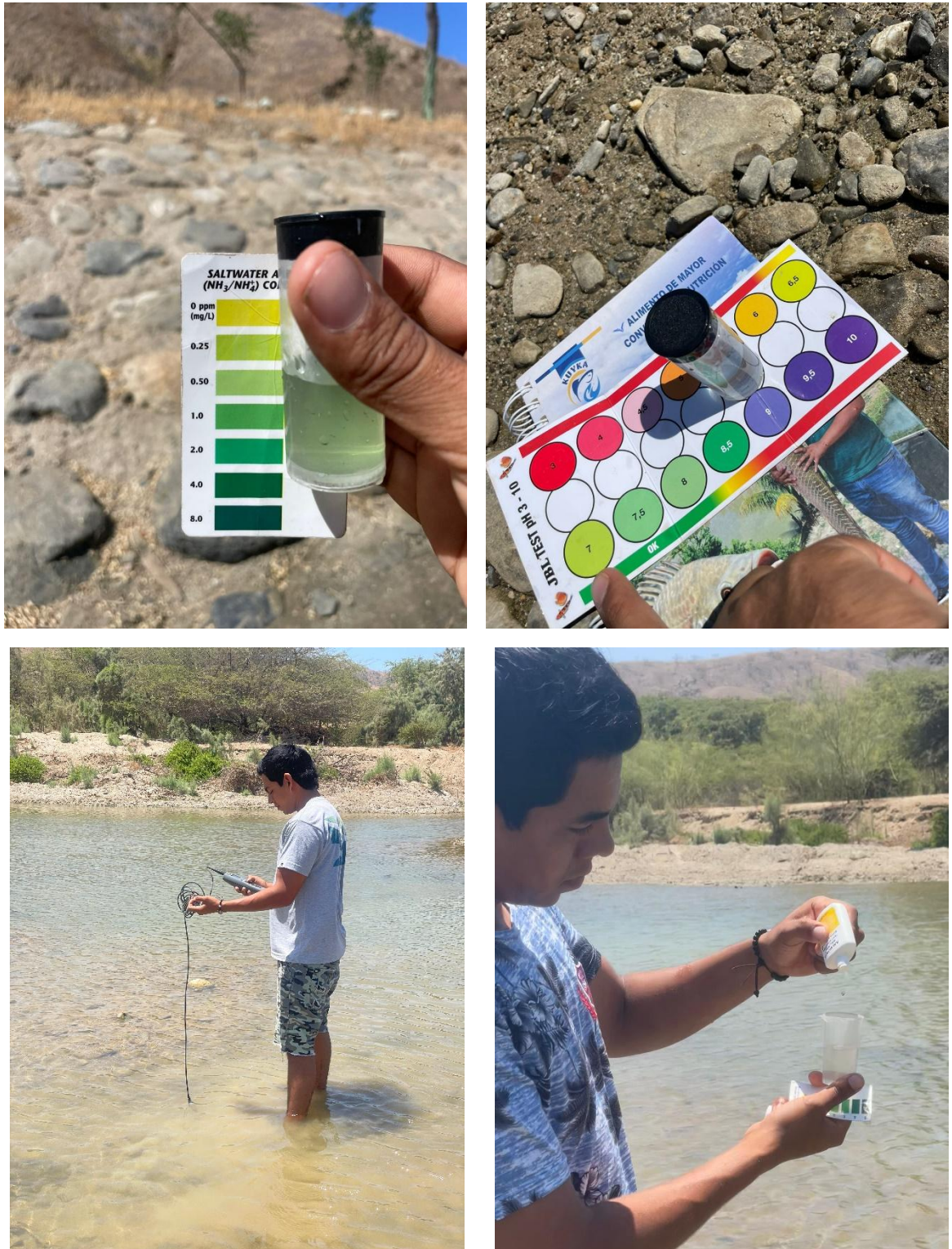


Figura 13. Análisis de calidad de agua de las fuentes potenciales para el abastecimiento de agua

Tabla 5

Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Viller, Tumbes: Quebrada Bocapán

Parámetro	Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		PROMEDIO	D.E.
	13-Set	27-Set	11-Oct	25-Oct	15-Nov	29-Nov	13-Dic	27-Dic		
Temperatura (°C)	27,40	27,80	28,60	28,20	27,30	27,80	27,70	27,50	27,79	0,43
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,60	5,00	4,70	5,30	5,20	5,60	5,20	4,90	5,19	0,32
pH	7,50	8,00	8,00	7,25	8,00	7,50	7,50	8,00	7,72	0,31
Salinidad (‰)	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,53
Amonio total (mg/L)	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20	0,10	0,20	0,25	0,21	0,05

Tabla 6

Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Viller, Tumbes: Quebrada Seca

Parámetro	Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		PROMEDIO	D.E.
	13-Set	27-Set	11-Oct	25-Oct	15-Nov	29-Nov	13-Dic	27-Dic		
Temperatura (°C)	29,20	29,70	29,70	29,50	29,60	28,40	28,60	28,70	29,18	0,53
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,50	4,80	5,30	4,30	5,20	5,20	5,40	4,90	4,95	0,40
pH	7,50	8,00	8,00	8,00	7,50	7,50	8,00	7,50	7,75	0,27
Salinidad (‰)	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,50	0,53
Amonio total (mg/L)	0,25	0,25	0,30	0,25	0,30	0,25	0,25	0,25	0,26	0,02

Tabla 7

Parámetros de calidad de agua de las fuentes para el abastecimiento de agua de las áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Viller, Tumbes: Quebrada Fernández

Parámetro	Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		PROMEDIO	D.E.
	13-Set	27-Set	11-Oct	25-Oct	15-Nov	29-Nov	13-Dic	27-Dic		
Temperatura (°C)	26,40	26,70	27,20	27,50	27,30	27,70	26,60	26,90	27,04	0,46
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,50	4,80	4,70	5,30	5,10	5,10	5,00	5,40	5,11	0,28
pH	8,00	8,00	7,50	8,00	7,50	7,50	7,50	7,50	7,69	0,26
Salinidad (‰)	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,53
Amonio total (mg/L)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,25	0,27	0,03

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila, profesor principal adscrito a la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar y en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.

CERTIFICA:

Que, la tesis titulada: **Determinación de áreas potenciales para la acuicultura en Contralmirante Villar-Tumbes, utilizando sistemas de información geográfica**, presentado por el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera Acuícola, Jesús **Tomas Flores Ynfante**, ha sido asesorado y revisado por mi persona, por tanto, queda autorizado para su presentación en la Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera Acuícola para su revisión y aprobación correspondiente.

Tumbes, 6 de enero de 2026.

Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA

Asesor de la Tesis

Código ORCID N° 0000-0001-8870-2020

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA UNTUMBES