



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE OCUPADA
POR ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA SAN JACINTO
DE YAGUACHI ENTRE 2018 Y 2024.**

**AUTOR
MURILLO REINOSO KEVIN JOSE**

**TUTOR
ING. CORONEL QUEVEDO JORGE, MS.c**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **CORONEL QUEVEDO JORGE**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA SAN JACINTO DE YAGUACHI ENTRE 2018 Y 2024**, realizado por el estudiante MURILLO REINOSO KEVIN JOSE; con cédula de identidad N° **0954474474** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica **Guayaquil**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Jorge Coronel Quevedo, MSc.

Guayaquil, 16 de marzo del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA SAN JACINTO DE YAGUACHI ENTRE 2018 Y 2024”**, realizado por el estudiante **MURILLO REINOSO KEVIN JOSE**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Blgo. Jaime Santos Pinargote
PRESIDENTE

Blgo. Jhon Molina Villamar
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Elvis Flores Abad
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING.JORGE CORONEL QUEVEDO
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 18 de febrero del 2026

DEDICATORIA

Doy esta dedicatoria para mi amada madre, Annabell Margarita Reinoso Alcivar por ser mi gran ejemplo de superación por darme fuerzas, con la que aprendí a no rendirme en la vida y seguir avanzando quien es mi apoyo en los momentos más difíciles de mi vida y mi más fiel consejera.

Para mi amado padre Nicolas Alvarado quien no fue mi padre biológico, pero fue quien me dejó una enseñanza cuidar de mi madre y de mis seres queridos a trabajar por darles un mejor futuro velar por mi familia.

Para mis amados tíos Richard Meza y Mariela Reinoso, por estar siempre presentes en mi vida y velar por mi seguridad, por ser un apoyo constante en mi vida con los que sé que puedo acudir en momentos difíciles y siempre me darán cobijo bajo su techo.

Para mi primo Nahin Meza Reinoso, la persona que yo considero y puedo llamar mi hermano que siempre me demostró, me dio el ejemplo de cómo comportarme en la vida que me inspiró a continuar sin rendirme con mis estudios y superar todos mis obstáculos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la fortaleza y guiarme en cada paso de este camino.

A mis mejores amigas de la universidad, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, por su apoyo incondicional y por hacer de esta etapa algo inolvidable.

A Jorge, mi padrastro, gracias por tu constante apoyo en mis estudios y por creer en mí siempre.

A mi prima Adriana y a su esposo Alex, gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y el trabajo duro.

Y a mi primo Santiago, gracias por impulsarme a seguir adelante y no dejarme rendir.

A todos ustedes, este logro también es suyo. Gracias de corazón.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **MURILLO REINOSO KEVIN JOSE**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA SAN JACINTO DE YAGUACHI ENTRE 2018 Y 2024”** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 18 de febrero del 2026

MURILLO REINOSO KEVIN JOSE
C.I. 0954474474

RESUMEN.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios en el uso y cobertura del suelo asociados a la expansión de la actividad acuícola en el cantón San Jacinto de Yaguachi durante el periodo 2018-2024. Para ello se utilizaron imágenes satelitales del programa Sentinel-2, procesadas a través de herramientas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica en el programa QGIS. Se aplicó una clasificación supervisada de coberturas para identificar las categorías de agua natural, agrícola, acuícola, urbano y vegetación. Posteriormente, se elaboró una matriz de transición para cuantificar las ganancias, pérdidas y tasas de cambio entre coberturas, considerando únicamente el área efectiva de análisis luego de excluir zonas cubiertas por nubes. Los resultados evidenciaron una dinámica importante en el territorio, destacándose la conversión de 1577.15 hectáreas de suelo agrícola hacia uso acuícola, lo que representa aproximadamente 7.7% del área agrícola inicial analizada. Asimismo, se identificaron cambios en sentido inverso, principalmente de acuícola a agrícola, lo que refleja una dinámica de intercambio entre ambas actividades productivas. En general, la cobertura agrícola mantuvo la mayor superficie dentro del área de estudio, mientras que la acuicultura presentó una expansión moderada. En relación con la hipótesis planteada, los resultados indican que el incremento de la actividad acuícola no alcanzó el 30 % esperado, aunque sí se evidencia una transformación significativa del uso del suelo asociada al desarrollo de esta actividad. Finalmente, se concluye que la expansión acuícola ha generado modificaciones en la dinámica territorial de Yaguachi, por lo que resulta necesario fortalecer estrategias de planificación y manejo sostenible que permitan equilibrar el desarrollo productivo con la conservación del territorio.

Palabras clave: *Cambio de cobertura, análisis bitemporal, prácticas sostenibles, tasas de cambio, uso de suelos.*

ABSTRACT

This study aimed to analyze land use and land cover changes associated with the expansion of aquaculture activity in the canton of San Jacinto de Yaguachi during the period 2018–2024. Satellite imagery from Sentinel-2 was used and processed through remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) tools using the software QGIS. A supervised classification was applied to identify the land cover categories of natural water, agricultural land, aquaculture, urban areas, and vegetation. Subsequently, a transition matrix was developed to quantify gains, losses, and change rates among land cover classes, considering only the effective study area after excluding cloud-covered zones. The results revealed significant land dynamics within the study area. A total of 1,577.15 hectares of agricultural land were converted into aquaculture, representing approximately 7.7% of the initial agricultural area analyzed. In addition, reverse transitions were identified, mainly from aquaculture to agricultural land, indicating an exchange dynamic between both productive activities. Overall, agricultural land remained the dominant land cover in the study area, while aquaculture showed moderate expansion. Regarding the proposed hypothesis, the results indicate that the increase in aquaculture activity did not reach the expected 30%, although a significant transformation in land use associated with the development of this activity was identified. Finally, it is concluded that the expansion of aquaculture has modified the territorial dynamics of Yaguachi, highlighting the need to strengthen planning strategies and sustainable management practices to balance productive development with environmental conservation.

Keywords: *Bi-temporal analysis, change rates, land use, land cover change, sustainable practices,*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes del problema	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema	2
1.2.1 <i>Planteamiento del problema</i>	2
1.2.2 <i>Formulación del problema</i>	2
1.3 Justificación de la investigación	2
1.4 Delimitación de la investigación	3
1.5 Objetivo general	3
1.6 Objetivos específicos	3
1.7 Hipótesis	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1 Estado del arte	4
2.2 Bases científicas y teóricas	10
2.2.1 <i>Contaminación ambiental.</i>	10
2.2.2 <i>Contaminación del suelo.</i>	11
2.2.3 <i>Cobertura vegetal.</i>	11
2.2.4 <i>Contaminación del agua</i>	11
2.2.4.1 <i>Uso de antibióticos en la acuicultura</i>	12
2.2.4.2 <i>Uso Excesivo de Agroquímicos en las aguas residuales.</i>	12
2.2.5 <i>Intensidad de cambio.</i>	12
2.2.6 <i>Análisis multitemporal</i>	12
2.2.7 <i>Teledetección.</i>	13
2.2.8 <i>Fotointerpretación</i>	13
2.2.9 <i>Clasificación de imágenes satelitales.</i>	14
2.2.10 <i>Clasificación supervisada</i>	14
2.2.11 <i>Landsat.</i>	14
2.2.12 <i>Landsat 7 y 8</i>	14
2.2.13 <i>Sistema de información geográfica (SIG)</i>	14
2.2.14 <i>Soluciones basadas en la naturaleza</i>	15
2.2.15 <i>Índice de vegetación mejorada (EVI).</i>	15
2.2.16 <i>Índice espectral.</i>	15
2.2.17 <i>Mapa de clasificación de escenas Sentinel-2 L2A.</i>	15
2.2.18 <i>Sentinel 2</i>	16

2.2.19 Manejo de la salinidad	16
2.2.20 Soluciones basadas en la naturaleza (SBN)	16
2.3 Marco legal	17
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.	17
2.3.2 Código Orgánico del Ambiente.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 Enfoque de la investigación	28
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación	28
3.1.1.1 Investigación bibliográfica	28
3.1.1.2 Investigación documental.....	28
3.1.1.3 Investigación descriptiva.	28
3.1.2 Diseño de investigación.....	29
3.2 Metodología	29
3.2.1 Variables	29
3.2.1.1. Variable independiente	29
3.2.1.2. Variable dependiente	29
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables.....	29
3.2.3 Recolección de datos	29
3.2.3.1 Recursos.....	29
3.2.3.2 Métodos y técnicas	30
3.2.4 Población y muestra	32
3.2.4.1 Población	32
3.2.4.2 Muestra.....	32
3.2.5 Análisis estadístico	32
3.2.5.1 Análisis Temporal	33
3.2.3.3 Tasa de cambio.	33
3.2.3.4 Matriz de transición.	33
4. RESULTADOS	35
4.1 Determinación la cobertura del suelo mediante información satelital óptica y radar para medición del cambio entre 2018 y 2024.....	35
4.2 Generación de una matriz de intervalo, categoría y transición para la evaluación de la intensidad de cambio de uso.	41
4.3 Propuesta de estrategia con enfoque SbN para la mitigación de los potenciales impactos ambientales en la actividad acuícola.	44

5. DISCUSIÓN.....	48
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
6.1 Conclusiones	51
6.2 Recomendaciones	51
7. BIBLIOGRAFÍA.....	53
8. ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de clasificación de mapa Sentinel-2 L2A	16
Tabla 2. Matriz de variables independiente.....	29
Tabla 3. Matriz de variables dependiente.	29
Tabla 4. Cuadro de clasificación.	31
Tabla 5. Matriz de transición del cambio de uso de suelo entre 2018 y 2024.....	34
Tabla 6. Metadatos de las imágenes satelitales Sentinel-2 empleadas para el análisis de cobertura y uso del suelo (2018-2024).	35
Tabla 7. Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018).	36
Tabla 8. Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2024).	36
Tabla 9. Matriz de cambio de la capa SCL 2018-2024.	38
Tabla 10. Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018).	39
Tabla 11. Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018-2024).	40
Tabla 12. Matriz de intervalo y transición.....	42
Tabla 13. Tasa de cambio de cobertura.	43
Tabla 14. Indicadores de seguimiento de las estrategias de SbN.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del mapa SCL en la plataforma Copernicus	31
Figura 2. Mapa multitemporal SCL en el cantón Yaguachi 2018-2024.....	37
Figura 3. Mapa de coberturas clasificadas en el cantón Yaguachi 2018-2024....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Mapa de delimitación del cantón San Jacinto de Yaguachi.	62
Anexo N° 2: Diagrama de flujo de metodología aplicada.	62

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Evolución multitemporal del uso y cobertura SCL en Yaguachi periodo 2018-2024	63
Apéndice 2. Mapa bitemporal del cambio de cobertura en Yaguachi entre 2018-2024.	64
Apéndice 3. Cambio de cobertura SCL en el cantón Yaguachi 2018-2024	65
Apéndice 4. Cambio de cobertura por clasificación supervisada en el cantón Yaguachi 2018-2024	66
Apéndice 5. Matriz de SBN para la mitigación de impacto de actividad acuícola.	67

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La industria camaronera según Moreno (2024) representa una importante rama de la producción alimentaria mundial y constituye una elemental fuente de proteínas, empleo e ingresos, siendo la base del sustento de una gran parte de la población del planeta; pero precisamente debido a ello, ha crecido muy aceleradamente, agravándose fundamentalmente en cuanto a la superficie total de explotación, lo que ha provocado un serio desequilibrio entre la explotación por parte del hombre y la naturaleza.

El cambio de uso del suelo hace referencia al reemplazo de un tipo de cobertura por otro, y es medida por la transición de las categorías de cobertura de suelo, debido por ejemplo a la expansión agrícola, la deforestación, o el cambio en la extensión urbana (Ramirez, 2021).

La transformación de tierras agrícolas en tierras camaroneras es un gran problema; esto genera problemas de salinización de los terrenos, alteración del patrón de drenaje, ya que todas las piscinas de camarón son vaciadas para posteriormente rellenarlas con nueva agua para futuros cardúmenes que son criados en las piscinas (Mera, 2019).

Si se utilizan suelos para para camaroneras por más de una década, estos se vuelven altamente salinos, imposibilitando su uso primero para la camaronicultura, y segundo también sería mucho peor para la agricultura o reforestación del manglar. De manera que siendo así, una vez que han exterminado con los manglares, las camaroneras necesitan migrar a otras zonas (Rengel, 2013).

La humanidad debe aprender a vivir dentro de los límites de lo que la Tierra puede soportar. No hay alternativa lógica a largo plazo. Si los recursos no se utilizan de manera sostenible, se está comprometiendo el porvenir de las futuras generaciones. Es crucial adoptar estilos de vida y modelos de desarrollo que sean respetuosos con los límites naturales y que operen dentro de esos límites. Esto puede lograrse sin renunciar a los avances que la tecnología moderna ha brindado, siempre y cuando dicha tecnología se ajuste a los límites mencionados (Rodríguez, 2019).

A partir de Google Earth se aprecia cambios sustanciales del área del cantón Yaguachi pasó de agrícola a acuícola. Esto implica fuentes de empleo, pero también salinización del suelo y cambio del ecosistema. El tema pretende

cuantificar el área de cambio para dar pie a estudios de ecología del paisaje (Flores, 2024).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El cambio del uso del suelo debido a la actividad acuícola en San Jacinto de Yaguachi durante los años 2018 y 2024 es un fenómeno de interés creciente que demanda una investigación detallada y sistemática. El problema se centra en la necesidad de determinar cómo la expansión de la actividad acuícola ha influido en la distribución y la calidad del uso del suelo en Yaguachi durante este período de siete años. Es crucial comprender los cambios específicos en la extensión de las áreas dedicadas a la acuicultura, así como el impacto en las áreas previamente destinadas a la agricultura, la conservación de la naturaleza y otros usos del suelo. Además, se requiere examinar las implicaciones ambientales, económicas y sociales de estos cambios para la sostenibilidad a largo plazo de la región.

Este estudio abordará estas cuestiones mediante la recopilación de datos geoespaciales, el análisis de imágenes satelitales. Al comprender mejor la dinámica del cambio del uso del suelo debido a la actividad acuícola, se podrá procesar la creación de mapas para una mejor comprensión del uso que se le da al suelo en el cantón Yaguachi.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuánta área del suelo agrícola cambió su uso para la cría de camarón en el cantón San Jacinto de Yaguachi desde 2018 hasta 2024?

1.3 Justificación de la investigación

Este estudio se realiza con el fin de comprender y gestionar los cambios en el uso del suelo, especialmente cuando están relacionados con actividades económicas emergentes como la acuicultura. En el caso específico de San Jacinto de Yaguachi, el impacto ambiental que esto puede generar y los beneficios socioeconómicos que pueden traer. Esto incluye considerar la eficiencia de la producción, los costos de mano de obra y los impactos en otros sectores económicos locales. Los cambios en el uso del suelo pueden tener repercusiones en la planificación urbana y rural, así como en la distribución de recursos y servicios públicos. Es crucial tener una comprensión precisa de estos cambios para tomar decisiones informadas sobre el desarrollo futuro del cantón.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El estudio se desarrolló en el área del cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador (Anexo 1), con coordenadas WGS84 UTM 17S 644809 E y 9763892 N.
- **Tiempo:** 6 meses.
- **Población:** El área de estudio abarca una extensión de 53 065.24 hectáreas, que serán analizadas en su totalidad mediante las herramientas SIG.

1.5 Objetivo general

Analizar el cambio del uso de suelo y cobertura vegetal por medio de imágenes satelitales ópticas para la medición de la intensidad del cambio por actividades acuícolas en el cantón San Jacinto de Yaguachi entre 2018 y 2024.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar la cobertura del suelo mediante información satelital óptica para medición del cambio entre 2018 y 2024.
- Generar una matriz de intervalo, categoría y transición para la evaluación de la intensidad de cambio de uso de suelo.
- Proponer una estrategia con enfoque SBN para la mitigación de los potenciales impactos ambientales en la actividad acuícola.

1.7 Hipótesis

El aumento de la actividad acuícola en San Jacinto de Yaguachi ha provocado una notable alteración en el uso del suelo, con una disminución en áreas agrícolas y un aumento notable del 30% en la actividad Acuícola.

2. MARCO TEORICO

2.1 Estado del arte

La investigación que realizaron Peña Ruiz y Sánchez De La Peña (2020) revela que la forma de acuicultura tradicional que se emplea en la actualidad tiende a contaminar las fuentes de agua hídricas en los alrededores causando daños en la flora y fauna del lugar, produciendo una disminución de la biodiversidad incluyendo la dispersión de la materia orgánica que estos cultivos generan (restos de alimentos y eses) provocando la muerte en el peor de los casos del consumidor.

La gestión para mantener una buena calidad del agua ha sido uno de los aspectos más importantes de la producción acuícola durante muchos años, pero se ha prestado menos atención a la gestión de la calidad del suelo de los estanques. Cada vez hay más evidencia de que el estado de los fondos de los estanques y el intercambio de sustancias entre el agua y el suelo tienen un fuerte impacto en la calidad del agua. Por lo tanto, se está poniendo más énfasis en el estudio de los suelos de los estanques debido a su significativa influencia en la calidad del agua, lo cual representa un riesgo para el bienestar del cultivo (Jativa, 2022).

La necesidad de grandes volúmenes de agua limpia es crucial para mantener la rentabilidad sostenible de las operaciones camaroneras. En el sistema extensivo, la renovación del agua depende del flujo de las mareas. En contraste, en las piscinas semi-extensivas e intensivas, el recambio de agua se gestiona con bombas hidráulicas. Además, se calculó que el volumen de agua necesario para renovar las 50,000 hectáreas de piscinas en la provincia del Guayas, Ecuador, es comparable a la mitad del caudal máximo del Río Guayas durante la temporada de lluvias (Marin y Chang, 2019).

Según la investigación realizada por (Romero et al., 2021) en los últimos años, esta industria se ha ampliado a considerables superficies, dejando como secuela la pérdida de grandes extensiones de bosques de manglar, pasando por alto la importancia ecológica que tienen dichos bosques. Para verificar la fiabilidad de los datos obtenidos se elaboró una matriz de confusión y, con ello, se obtuvo el estadístico Kappa. Los resultados demostraron que la producción camaronera incrementó su superficie de 6 819,30 ha, en 1985, a 13 832,01 ha en 2016, una dinámica que ha generado pérdida de los bosques de manglar, los cuales disminuyeron de 10 931,31 ha, en 1985, a 5 282,82 ha en 2016. Esto representó la

pérdida neta de superficies manglar de 5 648,49 ha y la ganancia neta de la actividad camaronera de 7 012,71 ha.

Según el estudio realizado por Zhiminaicela et al., (2020) debido principalmente a la implementación de piscinas artificiales para la producción de camarón y la extracción de moluscos y crustáceos, los resultados de la investigación muestran pérdidas en la cobertura vegetal presente con valor por debajo de 0.0 que en todos los índices determinar valores negativos en la cobertura vegetal los valores promedios para todos los índices son de 0,2 para cobertura en mal estado y hasta 0,8 cobertura en buen estado respectivamente, La influencia de la actividad antropogénica afecto la cobertura vegetal del Archipiélago de Jambelí debido a la explotación de recursos naturales: crustáceos, moluscos, pesca la deforestación de los manglares se debe en su mayoría a la implementación de piscinas artificiales para la cría y reproducción de camarón.

La investigación de Uriarte et al., (2019) el bosque de manglar redujo su cobertura, en un 65%, siendo usada principalmente para la actividad camaronera, de igual forma se redujo la zona descubierta. Los manglares que se localizan en las orillas del estero y en los canales de las camaroneras, son los que poseen una mayor densidad poblacional, se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), finalizando con la clasificación no supervisada y supervisada para determinar los cambios en la cobertura vegetal, los valores más altos de NDVI fueron identificados en 1985 y los valores de NDVI del 2018, fueron los valores más bajos de la investigación.

El impacto ambiental generado por la industria acuícola en Ecuador al nivel del suelo consiste en la salinización del suelo llegando en ocasiones a invadir reservorios de agua dulce, causando una contaminación cruzada en los cuerpos de agua, a mayor grado de la actividad la Descarga de efluentes con desechos y alimentos de camarones, químicos usados en el control de pestes, desinfección y estimulantes de crecimiento son mayores y provocan cambios en el PH del suelo (Marín y Chang, 2019).

Uno de los efectos de esta actividad según (Jojoa et al., 2019) “La liberación de desechos de acuicultura a cuerpos de agua naturales se está convirtiendo en un desafío, dado que son ricos en nutrientes orgánicos e inorgánicos que conducen a un deterioro ambiental”.

Beltrán, (2018) afirma que la aportación que realiza este sector se relaciona con la reducción de la pobreza gracias a la generación de empleo por lo tanto incide de forma significativa en el desarrollo local y regional, llegándola a ubicar como una actividad estratégica de la economía. Jaramillo, (2019) indica que en el sector camaronero del país existen dos categorías, estas son: productor y exportador. En la actualidad se encuentran afiliadas a la Cámara Nacional de Acuicultura 187 empresas ubicadas en las categorías antes mencionadas, de las cuales 144 son empresas productoras y la diferencia son exportadores.

Cabrera y otros, (2020) expone que los problemas de las poblaciones aledañas a los manglares se debe a la competencia por la explotación de los recursos naturales y a los altos costos operativos, debido a que estos son mayores a los ingresos generados, provocando un declive en la conservación de los recursos naturales y promoviendo los conflictos con productores industriales que tiene la capacidad de competir en el mercado, afectando no solo a la población sino poniendo en riesgo la biodiversidad del Archipiélago y sus manglares. Ante estas disputas se han implementado medidas para prevenir los conflictos y la degradación de los ecosistemas naturales, pero hasta la fecha actual no se han resuelto dichos problemas.

Según muestra Vega et al., (2019) La producción de camarón es una actividad que ha experimentado gran rentabilidad en los últimos años. En sus primeras etapas, este cultivo confiaba mucho en recursos naturales como las postreras silvestres, los embalses seminaturales, los alimentos naturales y el uso de grandes ecosistemas naturales. El grado de impacto ambiental que ocasiona la acuicultura está directamente relacionado con el sistema de producción implementado, se puede afirmar que la industria camaronera seguirá expandiéndose en los próximos años y que por lo tanto existirá la tendencia de aumentar la superficie de explotación.

Se cuantificó el área salinizada en suelos agrícolas del valle bajo del río Santa proponiéndose su cambio de uso a través de la acuicultura. En 360 Km² se seleccionaron 38 estaciones determinándose la conductividad eléctrica y salinidad en las muestras de suelo obtenidas. Paralelamente en estanques construidos en suelos salinizados se desarrolló un cultivo experimental de tilapia roja comparando su rendimiento con los obtenidos en el mismo valle para arroz y maíz. Se concluye que, en el valle bajo del río Santa, durante el periodo 1973 - 2008 los suelos con

alta salinidad se han incrementado en 31,96 % y los suelos con muy alta salinidad en 5,16 % totalizando 7 712,86 hectáreas deterioradas, equivalente al 59,12 % del área agrícola total, y que la acuicultura a través de la crianza de tilapia roja constituye una actividad económica viable para el cambio de uso de los suelos agrícolas salinizados en este valle. La propuesta planteada se fundamenta en el desarrollo sustentable, orientándose a la consolidación de un proyecto integral de desarrollo para la zona costera de la región Ancash (Campoverde, 2012).

Según Albornoz et al., (2023) El objetivo del presente estudio es cuantificar el uso de suelo del sector primario en términos del consumo en México. Para ello, se asignan datos sobre áreas del uso de suelo para la producción agrícola, pecuaria, forestal y acuícola a las actividades económicas primarias representadas en la matriz de insumo-producto de 2018 del país. Además, el modelo de insumo-producto del uso de suelo se complementó con la información estadística proveniente de la Matriz de Importaciones y la Matriz de Contabilidad Social de 2018. Los resultados indican que la huella de suelo de la actividad del sector primario asciende a 61 745 416 hectáreas y 0.49 hectáreas per cápita. Esto implica que 73% de esta huella de suelo está representada por áreas dentro del país y 27% por áreas en otros países. La demanda derivada de suelo correspondiente al consumo de la población en México es mayor a las áreas de suelo empleadas en la producción doméstica de las actividades primarias. Este estudio tiene dos limitaciones: una referida a los supuestos del modelo de insumo-producto y otra, al concepto sobre el uso de suelo. La originalidad y el valor del artículo consisten en analizar la demanda de suelo para la producción de alimentos en México, la cual representa la mayor amenaza para la conservación de los ecosistemas terrestres y los servicios ecológicos que de ella emanan.

Como aseguran Morales et al., (2022) La actividad camaronera en el Ecuador desde sus inicios ha sido causante de la pérdida de manglar y daño directo en el uso de suelo, la escasez de control de la aplicación de las normativas existentes y el manejo de información fragmentada ha afectado a la parroquia Cojimíes (Pedernales-Manabí), ya que ha provocado contaminación y degradación por el indebido uso de estas zonas y alterando así la cobertura de uso del suelo. El presente estudio de caso busca identificar la incidencia en las zonas de manglar y el uso de suelo que ha inducido año tras año la actividad camaronera, a través del software ArcGIS 10.8, con el fin de generar mapas temáticos que permita identificar

lo antes mencionado. El análisis espacio temporal se toma en cuenta desde el 1980 hasta el 2020. Asimismo, se llegó a determinar que a partir del año 1980 empieza el auge camaronero de esta zona. Por último, por medio de la metodología utilizada se logró la obtención de información pertinente para llegar a crear estrategias con lineamientos que permita mitigar los daños provocados por esta actividad antrópica.

Se efectuó un estudio en la parroquia Baños, perteneciente al cantón Cuenca, provincia del Azuay. En donde como objetivo principal, consta la generación de lineamientos de conservación para el mantenimiento de las áreas de bosque y vegetación protectora, mediante un estudio del cambio de uso del suelo y una variación multitemporal; para ello, se utilizó información brindada por el Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura tecnológica, y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, correspondiente a los años: 1.990, 2.000, 2.008 y 2.015. Posteriormente se obtuvo la cobertura vegetal y su clasificación en función del uso; también se determinaron los conflictos existentes, en donde fue imprescindible la información del uso actual, en el que destacan por su ocupación: “Conservación y Protección” “Agropecuaria” y “Plantaciones forestales”, además del uso potencial, en el cual resultan representativos los suelos no adecuados para cultivos. Estos resultados dieron apertura a la determinación de que en el área de estudio el 76,45% no tiene conflictos en el uso del suelo, el 11,24% del territorio se expone a problemas de sobreutilización de alto impacto, el 7,70% tiene inconvenientes de sobreutilización de mediano impacto, seguidamente el 0,48%, consta con conflictos de uso relacionados a la sobreutilización de impacto bajo y finalmente el 1,29% del territorio está en situaciones de subutilización (Pillaga, 2022).

El presente estudio tuvo como objetivo Analizar multitemporal mente el comportamiento forestal en el ecosistema manglar mediante percepción remota, en el período 1986 a 2021, se descargaron imágenes satelitales LANDSAT 5, 7 y 8 para los años de 1986, 1996, 2003, 2014 y 2020. En el software Qgis 3.24 se realizó la clasificación supervisada utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud, disponible en la herramienta Semi-Automatic Classification, obteniendo 5 clases como manglar, agua, suelo, agricultura y bosque seco, dicha cartografía fue validada con imágenes históricas del Google Earth, finalmente la deforestación y recuperación del ecosistema se logró determinar mediante los cambios de las clases durante el periodo de estudio. Los resultados muestran una alta

separabilidad espectral de las clases en estudio, validando la capacidad del algoritmo de máxima verosimilitud en detectar el bosque de manglar. Durante el periodo de 1986 hasta 1996, se registró una deforestación anual de 28.09 ha con una tasa de -0.55 %, donde se registra 798.09 ha deforestadas y 479.76 ha en proceso de recuperación, el periodo de 1996 hasta 2003 la deforestación anual es de 9.79 ha con una tasa de -0.20 %, se registra una pérdida de 377.23 ha y 253.12 ha en recuperación; el periodo de 2003 hasta 2014 la deforestación anual es de -32.7 ha con una tasa de 0.65%, donde registra una pérdida de 337.15 ha y una ganancia de 696.54 ha, muestra una alta capacidad de recuperación del bosque; finalmente el periodo de 2014 hasta 2020, la deforestación anual es de 10.63 ha con una tasa de -0.20 %, donde 278.55 ha se registra como perdida y una ganancia de 214.8 ha, respectivamente (Cabrera V. , 2022).

Según la investigación de Durazo y Gutiérrez (2020) pretende aplicar las técnicas de percepción remota, para analizar el cambio de cobertura de suelo en la región de Ures-Molino de Camou, y los efectos sociales derivados del cambio de cobertura. El área de estudio pertenece a la cuenca Río Sonora, se definió esta zona debido a que su principal economía gira en torno a la agricultura, la ganadería y la minería, tres actividades con un alto impacto en el cambio de uso de suelo. En las últimas décadas ha tomado importancia la influencia que tiene las actividades antrópicas en el comportamiento del paisaje, influyentes en el cambio local, regional y global. A pesar de la importancia que ha tomado este tema, es indudable la gran falta de estudios relacionados con los ecosistemas ribereños en Sonora. Esto es preocupante ya que los ecosistemas ribereños en el estado son de vital importancia social, económica y ambiental. El análisis del cambio de uso de suelo o de la cubierta vegetal en una zona determinada es de suma importancia en la investigación ambiental. Dicho análisis ambiental permite evaluar el comportamiento en espacio y tiempo de las actividades climatológicas y antropogénicas, incluidas las de índole industrial para poder evaluar y analizar los efectos ambientales y sociales derivados de la modificación del paisaje.

La investigación de Jaramillo y Moreira (2021) identificó las actividades antrópicas y se analizaron los cambios que generan en el bosque manglar del perfil costero de la provincia de Manabí, durante los periodos 2000,2010 y 2020. Mediante imágenes Landsat 7 y 8, se realizaron las respectivas composiciones, para luego realizar una clasificación supervisada que facilitó la realización de un

reporte, donde se identificaron las actividades antrópicas (como la deforestación, la tierra agrícola/agropecuaria, área poblada y piscinas camaroneras), que a lo largo de los años generaron las principales actividades relacionadas con pérdidas y cambios en la cobertura del manglar. A partir del 2000 se ponen en función las exigencias del cumplimiento de normativas ambientales y forestales que rigen estas actividades. En dicho año existía 1,79 has de manglares y en el 2020, aumento a 4,24 has; en igual sentido la vegetación va en aumento, incrementándose en el 54%, a diferencia de los cuerpos de agua, cuya cobertura disminuye a causa de presiones humanas con el 45%.

El presente artículo tuvo como objetivo evaluar el CUT en el municipio de San Fernando, Tamaulipas, México, durante el periodo 1987 a 2017. Se utilizó el método de clasificación por segmentación de imágenes satelitales, de los años 1987, 1997, 2007 y 2017, el cual, permitió reducir el ruido característico de la clasificación basada en píxeles. El análisis multitemporal mostró una clara tendencia en la reducción de la cobertura vegetal (-6.53 %) y del área sin vegetación aparente (-1.71 %). También se observó un importante incremento en el uso agrícola (+7.61 %), que no pareció estar asociado a un incremento en asentamientos humanos (+0.08 %) (Salinas et al., 2020).

2.2 Bases científicas y teóricas

2.2.1 Contaminación ambiental.

Se denomina contaminación atmosférica o contaminación ambiental a la presencia de cualquier agente (físico, químico o biológico) o una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean nocivos para la salud, para la seguridad y el bienestar de la población, o puedan ser perjudiciales para los seres vivos en general (Palacios y Moreno, 2022). Estos contaminantes han sido la consecuencia del desarrollo de procesos de tipo industrial, agrícola, agropecuario, clínico, entre otros (Domínguez, 2019).

Los ríos son vías para el transporte de contaminantes; los lagos, lagunas, y en algunos casos el mar, son el depósito final. Por tanto, las consecuencias en estos ecosistemas serán diferentes a lo largo de una cuenca, existen tres tipos de contaminación según sus fuentes: los derrames accidentales, la contaminación puntual y la difusa. Las consecuencias de los diferentes tipos de contaminación para el medio acuático son diversas, dependiendo la estructura de los ecosistemas y de las comunidades ecológicas así, los desechos que se vierten en los ríos se

transportan y se depositan en lagos y lagunas, afectando no sólo al medio ambiente sino también a los pescadores y acuicultores (Aguilar et al., 2019).

2.2.2 Contaminación del suelo.

La contaminación del suelo consiste en la introducción de elementos extraños al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas ONU (2019).

Es decir, la contaminación del suelo son todo los elementos líquidos o sólidos que son muy dañinos para la salud del hombre. Los principales causantes de la contaminación suelo son: los plásticos, vidrios, latas, etc. En la actualidad en la agricultura utiliza ciertos productos que pueden ser causa de contaminación del suelo, entre ellos, abonos sintéticos, herbicidas e insecticidas, aunque son útiles para la agricultura, si se usan en exceso producen alteraciones en el suelo y reducen la producción (Juste, 2019).

2.2.3 Cobertura vegetal.

Hace referencia al espacio que ocupa la vegetación dentro de un ecosistema determinado, en la cual se cumplen diversas funciones ecosistémicas como refugio para la fauna, se evita la erosión del suelo, reductor de la contaminación, entre otras funciones esenciales para mantener un equilibrio ecológico (Vera, 2018).

Impactos ambientales de la acuicultura en el suelo y las fuentes de agua. El agua de las camaroneras tiene que ser cambiada constantemente, la misma que es arrojada a los ríos aledaños, por lo que el agua dulce se ha contaminado, incluyendo las aguas subterráneas. Por eso, en las poblaciones aledañas a las camaroneras la mayoría de la población sufre enfermedades estomacales, las tierras agrícolas ubicadas cerca de las camaroneras se salinizan, lo que imposibilita su uso (Bravo, 2003).

Agentes químicos, como los pesticidas o los antiincrustantes, son también contaminantes para el medio marino y pueden alterar gravemente el ecosistema al resultar tóxicos para la vida marina y la especie cultivada, lo cual, a través de su consumo, puede convertirse en un peligro para la salud humana (Borja, 2019).

2.2.4 Contaminación del agua

La acuicultura consiste en el cultivo de especies animales acuáticas, para ello se utilizan distintos procesos, pero inherentemente en cada proceso se generan

aguas residuales, con cargas orgánicas e incluso químicas que generalmente no son tratadas y afectan al ecosistema acuático (López, 2023).

2.2.4.1 Uso de antibióticos en la acuicultura

El uso de antibióticos en acuicultura es muy común, los que, acorde a su origen, pueden desaparecer instantáneamente o presentar actividad por un buen tiempo. Además de esto, el lodo producido como desecho puede crear un entorno un ambiente más favorable para la permanencia de estos en el agua. Los lodos además tienen una alta carga bacteriana, lo que facilitaría la eventual selección de organismos resistentes (Leon, 2022).

2.2.4.2 Uso Excesivo de Agroquímicos en las aguas residuales.

Los productores agropecuarios, en el afán de incrementar su competitividad suelen excederse en el uso de agroquímicos; esas sustancias terminan por contaminar los cuerpos de agua de las cuencas a través de la escorrentía, La presencia de lluvias conduce hacia arroyos tributarios los remanentes de pesticidas y otros agroquímicos no asimilados durante la gestación de los cultivos, así como compuestos químicos generados por la actividad pecuaria y elementos residuales liberados en la extracción de minerales, el traslado y manejo de materiales, entre otras fuentes. (Rojas y Salazar, 2019).

2.2.5 *Intensidad de cambio.*

Intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo es un marco cuantitativo de análisis espacial anidado que permite estimar los cambios en tres niveles de orden, intervalo de tiempo, categoría y transición, a partir de una matriz de cambio (Farfán et al., 2019).

Según Tapia y Ulloa (2020) el análisis de intensidad responde interrogantes desde un nivel de análisis general a niveles más detallados, en donde cada nivel expone diferentes tipos de información. Primer nivel “rapidez” examina cómo el intervalo y la velocidad de cambio varían; es decir, descifra procesos “lentos o acelerados” que se dan en determinado tiempo. Segundo nivel “naturaleza” examina cada una de las categorías y como estas varía en tamaño e intensidad con respecto a las pérdidas y las ganancias totales en cada categoría para cada intervalo de tiempo; descifrando procesos “activos o latentes”.

2.2.6 *Análisis multitemporal*

Los estudios multitemporales son análisis de tipo espacial realizados mediante la comparación de las coberturas interpretadas en imágenes de satélite,

fotografías aéreas o mapas de una misma zona para diferentes periodos de tiempo (Dávila, 2020).

El análisis de intensidad de cambio está definido dentro de un marco teórico matemático que en términos generales compara la intensidad de cambio uniforme, definido como un cambio distribuido uniformemente a nivel de intervalo, de categoría o de transición (Farfán et al., 2019).

El análisis multitemporal se basa en la matriz de transición que es una tabulación cruzada y determina los cambios relevantes y la evolución en la línea del tiempo (tiempo 0 y tiempo 1), siendo una matriz cuadrada existe la diagonal que calcula el valor total de la unión de la columna vertical y horizontal entre ambas fechas de estudio, los valores restantes corresponden a las transiciones que tuvo cada parámetro en relación a otro, una vez con la matriz completa sirve para el cálculo de la ganancia, pérdida y cambio de cobertura total (Quezada et al., 2020).

2.2.7 Teledetección.

La teledetección o percepción remota es la obtención de información de manera indirecta sobre el entorno físico. Su principio fundamental es la presencia de una perturbación propia de un medio que posteriormente es registrada por un sistema llamado receptor (Sobrino et al., 2019).

Permite obtener información de un objeto sin estar en contacto con él, simplemente escaneándolo a distancia. Los usos y aplicaciones que tiene la teledetección espacial son cada vez más y más numerosos y abarcando cada vez más campos, desde agricultura hasta oceanografía, pasando por labores humanitarias o en las fuerzas armadas (Kogut, 2021).

2.2.8 Fotointerpretación.

La fotografía aérea es un caso particular de la teledetección en la que se utilizan plataformas a baja altura (aviones en lugar de satélites) con lo que la escala es mayor. Tradicionalmente se caracterizaba también por la utilización del papel como soporte y de las longitudes de onda del visible o infrarrojo. Sin embargo, en los últimos años el desarrollo de las cámaras digitales ha permitido la aparición de fotografía aérea digital y el uso de diversas bandas del espectro. (Universidad de Murcia, 2020).

Según Oria (2023) consiste en el examen de imágenes fotográficas con el propósito de extraer de ellas toda la información de naturaleza territorial posible. Esto supone identificar objetos, ubicarlos en el espacio, establecer sus límites y

evaluar sus relaciones con el resto de los objetos del territorio. Cualquier objeto presente en la superficie terrestre no aparece aislado, sino interrelacionado con otros, de forma que localizarlos puede ayudar a descubrir otros o diferenciarlos.

2.2.9 Clasificación de imágenes satelitales.

Es posible definir la clasificación de imágenes como el proceso o método que aplicamos dentro de un programa SIG que nos permite asignar clases de cobertura terrestre (tipos de cultivos, bosques, masas de agua, entre otros) a los píxeles que conforman la imagen, generalmente satelitales (Gómez, 2020).

2.2.10 Clasificación supervisada.

De acuerdo con la NASA (2019) la evaluación de la precisión de una clasificación supervisada, indica la similitud que se presenta entre las muestras tomadas y la imagen satelital, determinando si existen errores en la clasificación efectuada, y de este modo solventar dichos errores de ser el caso.

2.2.11 Landsat.

El programa estadounidense Landsat es un programa conjunto entre la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) que ofrece el catálogo más amplio de observaciones de la Tierra a nivel global. Desde su origen en 1975 hasta el día de hoy, continúa sirviendo imágenes de gran valor científico sobre nuestro planeta IGN (2022).

2.2.12 Landsat 7 y 8.

Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones INEI (2020).

2.2.13 Sistema de información geográfica (SIG).

Aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, contaremos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que nos facilitarán esta tarea, o. En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una información derivada sobre el espacio (Bravo, 2000).

2.2.14 Soluciones basadas en la naturaleza

Las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) representan acciones tendientes a la mitigación y adaptación al cambio climático que poseen un enfoque ecosistémico basado en la comprensión científica del ciclo del carbono y la sustentabilidad de los recursos naturales. Por definición, las SBN poseen beneficios para la biodiversidad e impactan positivamente la calidad de los suelos, el aire y el agua. Las SBN proporcionan opciones de mitigación costo efectivas y proveen de opciones de adaptación (Laura et al., 2020).

2.2.15 Índice de vegetación mejorada (EVI).

Ha demostrado un buen rango dinámico y sensibilidad para el seguimiento y la evaluación de las variaciones espaciales y temporales en la cantidad y condiciones de la vegetación. Sin embargo, el EVI corrige algunos efectos derivados de la nubosidad y los aerosoles en la atmósfera y además no se satura tan fácilmente como el NDVI cuando se observan zonas de vegetación densa y vigorosa como ocurre en la selva tropical y otras áreas de la Tierra (Maita, 2019).

El método EVI es ampliamente utilizado en la teledetección de vegetación, indicando ser eficiente en el monitoreo de cambios espacio temporales en la distribución y cantidad de vegetación, tal que toma más en cuenta el verdor de la vegetación es decir tiene poca interferencia atmosférica y del suelo (Horna, 2021).

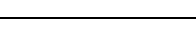
2.2.16 Índice espectral.

Los Índices son manejados en el campo a través de sensores de una forma directa estimando variables de vegetación y características biofísicas. Los datos capturados son estimados matemáticamente por las bandas para conseguir un resultado.

2.2.17 Mapa de clasificación de escenas Sentinel-2 L2A.

Como podemos observar en la página oficial copernicus la clasificación de escenas se desarrolló para distinguir entre píxeles nublados, píxeles despejados y píxeles de agua en los datos de Sentinel-2, y es resultado del algoritmo de clasificación de escenas de la ESA. Se proporcionan doce clasificaciones diferentes, que incluyen clases de nubes, vegetación, suelos/desierto, agua y nieve. (Sentinel-Hub, 2026).

Tabla 1.
Tabla de clasificación de mapa Sentinel-2 L2A

Valor	Clasificación de escenas	Código de color HTML	Color
0	Sin datos (datos faltantes)	#000000	
1	Píxel saturado o defectuoso	#ff0000	
2	Sombras proyectadas topográficamente (denominadas "Características oscuras/Sombras" para datos anteriores al 25/01/2022)	#2f2f2f	
3	Sombras de nubes	#643200	
4	Vegetación	#00a000	
5	Sin vegetación	#ffe65a	
6	Agua	#0000ff	
7	Sin clasificar	#808080	
8	Probabilidad media de nubes	#c0c0c0	
9	Nube de alta probabilidad	#ffffff	
10	Cirros delgados	#64c8ff	
11	Nieve o hielo	#ff96ff	

Fuente: Sentinel-Hub, 2026

2.2.18 Sentinel 2

Es un nuevo satélite de la ESA, que cuenta con 13 bandas, de las cuales cuatro de ellas (en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) tienen 10 m de resolución espacial, seis tienen 20 m de resolución que incluyen bandas en el red-edge y en el SWIR y las otras tres tienen 60 m para la corrección atmosférica y detección de nubes. El primer satélite de la serie S2, se lanzó el 23 de junio de 2015. La ESA ha puesto a disposición de los usuarios, de manera gratuita, las imágenes y una toolbox para visualizar y procesar imágenes S2 (Delegado et al., 2018).

2.2.19 Manejo de la salinidad

En los suelos salinos se recomienda hacer lavados abundantes, teniendo en cuenta que debe existir un adecuado drenaje, para que no se produzcan encharcamientos o escorrentías. Hay que tener en cuenta que en el invierno la solubilidad de las sales disminuye al bajar la temperatura y que, en el verano, si la evapotranspiración es muy alta, pueden requerirse mayores lavados; además debe tenerse en cuenta la textura del suelo (Solé y Cantón, 2005).

2.2.20 Soluciones basadas en la naturaleza (SBN)

Contribuye a la conservación o rehabilitación de ecosistemas naturales o a la recreación de procesos naturales en ecosistemas modificados o antropogénicos. Dado que se inspiran en el funcionamiento de los ecosistemas, en donde los

recursos se reúsan continuamente, las SBN son restaurativas y regenerativas por diseño, y compatibles con la economía circular. (UNESCO, 2018).

Son respuestas a desafíos ambientales que se inspiran en los procesos naturales y se manejan proactivamente. Entre sus múltiples aplicaciones se encuentra la provisión de una mayor resiliencia climática, apoyo a la biodiversidad y al turismo local, creación de bienes culturales, entre otras, para lo cual se prestan servicios ecosistémicos (Silva et al., 2020).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.

TÍTULO II

CAPITULO SEGUNDO

DERECHOS DEL BUEN VIVIR

SECCIÓN PRIMERA AGUA Y ALIMENTACIÓN.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (pág.13).

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales (pág.13).

SECCIÓN SEGUNDA

AMBIENTE SANO

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (pág.14).

CAPÍTULO SÉPTIMO

DERECHOS DE LA NATURALEZA.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (pág.35).

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional (pág.36)

TÍTULO V

**ORGANIZACIÓN
TERRITORIAL DEL ESTADO
CAPÍTULO PRIMERO
PRINCIPIOS GENERALES**

Art. 239.- El régimen de gobiernos autónomos descentralizados se regirá por la ley correspondiente, que establecerá un sistema nacional de competencias de carácter obligatorio y progresivo y definirá las políticas y mecanismos para compensar los desequilibrios territoriales en el proceso de desarrollo (pág.124).

Art. 241.- La planificación garantizará el ordenamiento territorial y será obligatoria en todos los gobiernos autónomos descentralizados (pág.124).

**CAPÍTULO SEGUNDO
ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO**

Art. 242.- El Estado se organiza territorialmente en regiones, provincias, cantones y parroquias rurales. Por razones de conservación ambiental, étnico-culturales o de población podrán constituirse regímenes especiales (pág.124).

Art. 244.- Dos o más provincias con continuidad territorial, superficie regional mayor a veinte mil kilómetros cuadrados y un número de habitantes que en conjunto sea superior al cinco por ciento de la población nacional, formarán regiones autónomas de acuerdo con la ley. Se procurará el equilibrio interregional, la afinidad histórica y cultural, la complementariedad ecológica y el manejo integrado de cuencas. La ley creará incentivos económicos y de otra índole, para que las provincias se integren en regiones (pág.124).

**CAPÍTULO TERCERO
GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS Y RÉGIMENES ESPECIALES.**

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley (pág.130):

1. Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.
2. Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón.

**TÍTULO VI
RÉGIMEN DE DESARROLLO
CAPÍTULO PRIMERO
PRINCIPIOS GENERALES**

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos (pág.134):

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.
6. Promover un ordenamiento territorial equilibrado y equitativo que integre y articule las actividades socioculturales, administrativas, económicas y de gestión, y que coadyuve a la unidad del Estado.
7. Proteger y promover la diversidad cultural y respetar sus espacios de reproducción e intercambio; recuperar, preservar y acrecentar la memoria social y el patrimonio cultural.

**SECCIÓN CUARTA
HÁBITAT Y VIVIENDA.**

Art. 375.- El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual (pág.176):

1. Generará la información necesaria para el diseño de estrategias y programas que comprendan las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento y gestión del suelo urbano.

2. Mantendrá un catastro nacional integrado georreferenciado, de hábitat y vivienda

8. Garantizará y protegerá el acceso público a las playas de mar y riberas de ríos, lagos y lagunas, y la existencia de vías perpendiculares de acceso.

Art. 376.- Para hacer efectivo el derecho a la vivienda, al hábitat y a la conservación del ambiente, las municipalidades podrán expropiar, reservar y controlar áreas para el desarrollo futuro, de acuerdo con la ley. Se prohíbe la obtención de beneficios a partir de prácticas especulativas sobre el uso del suelo, en particular por el cambio de uso, de rústico a urbano o de público a privado (pág.176).

CAPÍTULO SEGUNDO

BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

SECCIÓN PRIMERA

NATURALEZA Y AMBIENTE

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución. El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota. El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad (pág.191-192).

SECCIÓN QUINTA

SUELO

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona (pág.192).

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria (pág.192).

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías (pág.193).

2.3.2 Código Orgánico del Ambiente

TITULO II

DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende (pág.12):

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;
2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;
3. La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;
4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;
5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración;

CAPITULO II

DE LAS FACULTADES AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS AUTONOMOS DESCENTRALIZADOS

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional (pág.18-19):

1. Definir la política pública provincial ambiental;
2. Elaborar planes, programas y proyectos de incidencia provincial para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación;
3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y suministro de semillas certificadas;
4. Elaborar planes, programas y proyectos para prevenir incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados;
5. Prevenir y erradicar plagas y enfermedades que afectan a bosques y vegetación natural;
6. Generar normas y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la contaminación y daños ambientales, una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya acreditado ante el Sistema Unico de Manejo Ambiental;
7. Establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la gestión ambiental, en los términos establecidos por la ley;
8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;
9. Controlar las autorizaciones administrativas otorgadas;
10. Desarrollar programas de difusión y educación sobre los problemas de cambio climático;

11. Incorporar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial y demás instrumentos de planificación provincial; y,
12. Establecer incentivos ambientales de incidencia provincial para las actividades productivas sostenibles que se enmarquen en la conservación y protección del ambiente.

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional (pág.19):

1. Dictar la política pública ambiental local;
2. Elaborar planes, programas y proyectos para la protección, manejo sostenible y restauración del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación;
3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y suministro de semillas certificadas;
4. Prevenir y controlar incendios forestales que afectan a bosques y vegetación natural o plantaciones forestales;
5. Prevenir y erradicar plagas y enfermedades que afectan a bosques y vegetación natural;
6. Elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos;
7. Generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda;
8. Regular y controlar el manejo responsable de la fauna y arbolado urbano;
9. Generar normas y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la contaminación y daños ambientales, una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya acreditado ante el Sistema Único de Manejo Ambiental;
10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

CAPITULO II

DEL SISTEMA NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS

Art. 50.- Régimen de la propiedad y posesión en el Sistema Nacional de Areas Protegidas y

Patrimonio Forestal Nacional. Para legalizar las tierras de posesión o propiedad preexistente a la declaratoria de áreas protegidas y del Patrimonio Forestal Nacional, se observarán las siguientes condiciones:

1. La prohibición de ingreso de personas a estas áreas para obtener la legalización de tierras, con excepción de las personas que han estado en ocupación material de buena fe, sin violencia ni clandestinidad, por un período ininterrumpido no menor a 5 años antes de la declaratoria de dicha área, o las que se encuentren en posesión ancestral de conformidad con la ley. Para el cumplimiento de esta disposición, la Autoridad Ambiental Nacional contará con sistemas de monitoreo y control, información cartográfica, demográfica y censal georreferenciada, cruce de información con los registros de la propiedad, actualizaciones catastrales rurales que posean las autoridades competentes u otras que se considere pertinente;
2. La realización de obras o actividades en territorio comunitario o ancestral dentro de las áreas protegidas, para satisfacer necesidades básicas tales como salud y

educación o para actividades de ecoturismo, se podrán llevar a cabo siempre que no afecten de manera directa o indirecta la funcionalidad y la conservación de dicha área protegida, estén de acuerdo con su plan de manejo y zonificación y cuenten con la autorización administrativa de la Autoridad Ambiental Nacional;

3. El plan de manejo de las áreas protegidas deberá incluir, entre otros, el estudio y análisis por densidad poblacional, usos de suelos, agricultura familiar campesina, actividades productivas, sociales y culturales, en escenarios actuales y tendenciales, y otras que se dispongan en la normativa secundaria;

4. La promoción de la conservación de la biodiversidad y el entorno natural, así como el desarrollo de actividades productivas sostenibles que eviten el avance de la frontera agrícola;

5. El desalojo de los invasores, de acuerdo con las garantías previstas en la Constitución y la ley;

6. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades obtendrán la adjudicación gratuita, previo al cumplimiento de los requisitos correspondientes; y,

7. Las organizaciones sociales, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades solicitantes deben estar debidamente inscritas y ser reconocidas de conformidad con la ley.

TITULO VI

REGIMEN FORESTAL NACIONAL

CAPITULO I

PATRIMONIO FORESTAL NACIONAL

Art. 89.- Patrimonio Forestal Nacional. La Autoridad Ambiental Nacional ejerce la rectoría, planificación, regulación, control y gestión del Patrimonio Forestal Nacional. El Patrimonio Forestal Nacional estará conformado por (pag.33):

1. Los bosques naturales y tierras de aptitud forestal, incluyendo aquellas tierras que se mantienen bajo el dominio del Estado o que por cualquier título hayan ingresado al dominio público;

2. Las formas de vegetación no arbórea asociadas o no al bosque, como manglares, páramos, matorrales y otros;

3. Bosques y Vegetación Protectores;

4. Los bosques intervenidos y secundarios; y,

5. Las tierras de restauración ecológica o protección.

Para efectos de las medidas de conservación, promoción y fomento, se considerarán parte del Patrimonio Forestal Nacional las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales de producción, los árboles fuera del bosque y los bosques secundarios que, encontrándose en tierras para usos agropecuarios, sean voluntariamente asignados por sus titulares a producción forestal o servidumbres ecológicas. Las regulaciones establecidas para el Patrimonio Forestal Nacional se incorporarán obligatoriamente en la elaboración de los planes de ordenamiento territorial y demás herramientas de planificación y gestión del suelo. El incumplimiento de esta disposición acarreará las sanciones que correspondan.

Art. 92.- Reglas para el ejercicio del derecho a la propiedad dentro del Patrimonio Forestal Nacional.

Para el ejercicio del derecho a la propiedad dentro del Patrimonio Forestal Nacional se establecen las siguientes disposiciones (pag.33):

1. Destinar las tierras exclusivamente a los usos oficialmente asignados por los instrumentos de ordenamiento territorial y de gestión y uso del suelo;

2. Respetar las normas de sostenibilidad en el uso, aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales renovables existentes en el predio;

3. Delimitar y respetar las servidumbres ecológicas; y, 4. Las demás previstas en este Código, otras leyes y normativa secundaria.

CAPITULO II

DISPOSICIONES FUNDAMENTALES

Art. 94.- Conservación de la cobertura forestal. Se prohíbe convertir el uso del suelo a usos agropecuarios en las áreas del Patrimonio Forestal Nacional y las que se encuentren asignadas en los planes de ordenamiento territorial, tales como bosques naturales y ecosistemas frágiles (pag.34).

Art. 98.- Atribuciones. Con relación a la gestión de las plantaciones forestales de producción con fines comerciales, le corresponde a la Autoridad Nacional de Agricultura, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional las siguientes atribuciones:

1. Elaborar y actualizar, conjuntamente con la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua, el mapa para la zonificación de tierras para la forestación y reforestación con fines comerciales, el cual contendrá un enfoque territorial;
2. Elaborar, aprobar y ejecutar planes, programas, proyectos y estrategias de fomento para plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción;
3. Administrar el registro de las plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción, el mismo que tiene carácter público y obligatorio. La información del registro y de las autorizaciones, se integrará al Sistema Único de Información Ambiental;
4. Emitir autorizaciones para el aprovechamiento, circulación, importación y exportación de productos forestales maderables y no maderables provenientes de plantaciones forestales y de sistemas agroforestales productivos;
5. Realizar el inventario forestal nacional de plantaciones forestales y de sistemas agroforestales de producción;
6. El seguimiento de las actividades o proyectos de plantaciones forestales y los sistemas agroforestales de producción;
7. Dictar la normativa técnica para la prevención y el control de incendios forestales en plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción, de conformidad con la Estrategia Nacional de Incendios Forestales;
8. Dictar la normativa técnica para la prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades de las plantaciones forestales de producción;
9. Proveer a la Autoridad Ambiental Nacional de la información agroclimática, y la información sobre el uso y tipos de suelo, así como sobre la tenencia de la tierra; y,
10. Emitir lineamientos, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, respecto de la formación de viveros y huertos, así como la producción, comercialización, acopio y control de calidad de semillas de especies forestales para plantaciones con fines productivos. Para ello se promoverán los mecanismos de acreditación de procedencia y tratamiento de semillas forestales y cualquier otro tipo de material genético cuyo uso sea para este tipo de plantaciones (pag.35).

CAPITULO IV

FORMACIONES VEGETALES NATURALES, PARAMOS, MORETALES, MANGLARES Y BOSQUES

Art. 99.- Conservación de páramos, moretales y manglares. Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, moretales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley.

Las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos participarán en el cuidado de estos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente, cualquier violación o destrucción de los mismos (pag.35).

Art. 106.- Planes para la conservación del bosque natural. Los planes para la conservación del bosque natural son instrumentos de zonificación, formulados por el Estado o propuestos por los propietarios de las tierras, según sea el caso, para realizar de forma individual, colectiva o asociativa, actividades productivas sostenibles y con ello evitar el cambio de uso de suelo y la deforestación de los bosques naturales existentes en dichas tierras.

Los planes para la conservación del bosque natural se elaborarán especialmente para las tierras fraccionadas o las unidades productivas de pequeñas extensiones, de conformidad con los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Nacional. Dentro de estos planes se priorizará la entrega de los incentivos a la conservación, manejo sostenible y restauración ecológica descritos en este Código.

En las áreas destinadas a la agricultura o ganadería de estas tierras se mejorará la eficiencia de la producción, evitando que se extienda la frontera agrícola. Las entidades competentes en materia de producción, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, deberán observar que los incentivos estatales ofertados no se contrapongan entre sí y causen un efecto negativo en la biodiversidad. Los usos determinados en los planes constituirán referentes para la prohibición de atribuir abandono, inafectabilidad, protección contra el despojo o invasión, tributación y créditos. Una vez aprobados los planes por la Autoridad Ambiental Nacional deberán ser inscritos en los Registros de la Propiedad y en el Registro Forestal. Las inscripciones señaladas en el presente artículo no tendrán ningún costo ni tasa (pag.37).

CAPITULO V

MANEJO Y CONSERVACION DE BOSQUES NATURALES

Art. 109.- Disposiciones generales para el manejo forestal sostenible. Las disposiciones generales deberán orientarse a:

1. Mejorar los rendimientos productivos de los recursos y productos forestales; para lo cual la tasa de aprovechamiento no puede exceder la capacidad de recuperación del bosque;
2. Respetar los ciclos mínimos de corta;
3. Conservar la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el paisaje;
4. Establecer la responsabilidad compartida en el manejo;
5. Mantener la cobertura boscosa;
6. Proteger y recuperar los recursos hídricos;
7. Prevenir, evitar y detener la erosión o degradación del suelo;
8. Facilitar las condiciones para el acceso a los recursos forestales y sus beneficios a los bosques de propiedad del Estado, bajo las regulaciones que se determinen según la categoría de manejo y uso; y,
9. Prevenir y reducir los impactos ambientales y sociales.

En la norma secundaria se determinarán los modelos y mecanismos de manejo forestal sostenible. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades podrán elaborar y presentar propuestas, desde su cosmovisión, a la Autoridad Ambiental Nacional, que sean complementarias para el manejo y conservación de los recursos y productos forestales en sus tierras, siempre que guarden armonía con las normas generales para el manejo establecidas en este Código.

No se requieren instrumentos de manejo si se realizan actividades dentro del mismo predio con fines tradicionales, subsistencia o de carácter ritual o ceremonial que no implique actividad comercial, de conformidad con los lineamientos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional (pag.38).

CAPITULO VI

RESTAURACION ECOLOGICA, PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES.

Art. 123.- Régimen de las plantaciones forestales productivas. Las plantaciones forestales productivas orientarán sus actos de la siguiente forma:

1. Deberán obtener las guías de circulación para el transporte de sus productos, con el objeto de distinguirlos de los productos provenientes de bosques naturales y con fines de registro estadístico nacional;
2. El vuelo forestal de las plantaciones, entendido como el total de la cobertura arbórea, constituirá derecho real gravable y asegurable en forma independiente del suelo que las sustenta;
3. El valor material de las plantaciones podrá ser representado en título valor, en función de los flujos futuros de caja traídos al valor presente del mercado; y,
4. Las demás que establezca la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (pag.41).

CAPITULO IV

DE LOS INSTRUMENTOS PARA LA REGULARIZACION AMBIENTAL

Art. 179.- De los estudios de impacto ambiental. Los estudios de impacto ambiental deberán ser elaborados en aquellos proyectos, obras y actividades que causan mediano y alto impacto o riesgo ambiental para una adecuada y fundamentada evaluación, predicción, identificación e interpretación de dichos riesgos e impactos. Los estudios deberán contener la descripción de la actividad, obra o proyecto, área geográfica, compatibilidad con los usos de suelo próximos, ciclo de vida del proyecto, metodología, herramientas de análisis, plan de manejo ambiental, mecanismos de socialización y participación ciudadana, y demás aspectos previstos en la norma técnica. En los casos en que la Autoridad Ambiental Competente determine que el estudio de impacto ambiental no satisface los requerimientos mínimos previstos en este Código, procederá a observarlo o improbarlo y comunicará esta decisión al operador mediante la resolución motivada correspondiente (pag.52).

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción (pag.55).

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles

cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia (pag.55).

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (pag.56).

CAPITULO II

MEDIDAS MINIMAS PARA ADAPTACION Y MITIGACION

Art. 261.- De las medidas mínimas. La Autoridad Ambiental Nacional, como ente rector, coordinará con las entidades intersectoriales priorizadas para el efecto y en base a las capacidades locales, lo siguiente:

1. La elaboración y difusión del mapa nacional de vulnerabilidades frente al cambio climático;
2. La definición de los lineamientos y criterios sostenibles para la gestión de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial;
3. La identificación de acciones de prevención y control de incendios en los diferentes ecosistemas;
4. La rehabilitación y protección de las zonas vulnerables a inundaciones, sequías, heladas, y degradación del suelo, de acuerdo con la priorización que se dicte para el efecto;
5. El manejo de forma integral de la zona marino-costera, así como la promoción de su capacidad adaptativa a los efectos de la variabilidad climática y cambio climático;
6. La cuantificación de la emisión de gases de efecto invernadero, según los sectores priorizados y la promoción de las acciones de mitigación;
7. El diseño y promoción de programas de capacitación, educación, sensibilización y concienciación sobre la gestión del cambio climático considerando los idiomas oficiales de relación intercultural;
8. El impulso a la implementación de acciones preventivas y de control sobre las enfermedades derivadas de los efectos del cambio climático;
9. La promoción y el fomento de programas de eficiencia energética, dentro de toda la cadena, así como el establecimiento de incentivos económicos y no económicos de energías renovables convencionales y no convencionales;
10. El fomento de medios de transporte sostenibles y bajos en emisiones de gases de efecto invernadero;
11. La promoción de la restauración de zonas y ecosistemas degradados y afectados e impulso y articulación de medidas que protejan los bosques naturales;
12. La promoción de la reutilización de residuos orgánicos e inorgánicos, así como el aprovechamiento de su potencial energético;
13. El cálculo del factor de emisión de la matriz energética del país; y,
14. Otras que se establezcan en el marco de la coordinación intersectorial (pag.68)

LIBRO QUINTO

DE LA ZONA MARINO COSTERA

TITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Art. 263.- De las actividades de la zona costera. Las actividades públicas y privadas que por sus efectos ambientales deberán ser reguladas serán:

1. Las actividades recreacionales;
2. El uso turístico en consideración al límite aceptable de carga;
3. La conservación del patrimonio cultural y natural;
4. La conservación de recursos paisajísticos;
5. La investigación respecto a la administración de recursos naturales y desarrollo sostenible de la zona costera;
6. La protección y conservación de la franja costera;
7. El desarrollo urbano e inmobiliario, incorporando el análisis de riesgos y la normativa de uso del suelo;
8. Las actividades sociales y económicas, públicas y privadas; y,
9. Otras que se definan para el efecto.

La protección de la zona marino-costera implica una interacción material y operativa entre las instituciones sectoriales y las autoridades de los distintos niveles de gobierno con competencias concurrentes, así como con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (pag.69).

Art. 267.- Zona costera susceptible de titularidad de particulares. Los particulares podrán ser titulares de dominio u otros derechos reales sobre predios ubicados en la zona costera que no constituya playa ni franja adyacente de titularidad del Estado, conforme a los usos de suelo autorizados y a las disposiciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Las normas municipales o metropolitanas relativas a la zona costera, y en particular las que hagan relación a la zona susceptible de titularidad de particulares deberán observar los principios ambientales y de gestión de riesgos, de conformidad con este Código y lo establecido en la planificación nacional del espacio marino y marino costero.

La información de los predios ubicados en la zona costera que no constituya playa ni franja adyacente de titularidad del Estado, que constan en el sistema nacional de catastros se compartirán con la Autoridad Ambiental Nacional, Autoridad Marítima, Policía Marítima y Autoridad Nacional de Puertos, de conformidad con la ley (pag.70).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

Para abordar el presente proyecto sobre el estudio del cambio de uso del suelo por actividad acuícola en el cantón San Jacinto de Yaguachi, se adoptó un enfoque descriptivo con soporte cuantitativo y análisis espacial.

Desde la parte geográfica, se emplearon imágenes satelitales ópticas correspondientes al producto Sentinel-2 (nivel L2A), obtenidas a través del navegador EO Browser. Estas imágenes cuentan con resolución espacial de 10 metros en sus bandas visibles e infrarrojo cercano, lo que permitió realizar el análisis multitemporal entre los años 2018 y 2024. De manera complementaria, se utilizaron imágenes históricas de Google Earth® como herramienta de apoyo visual para la verificación espacial y validación de las áreas identificadas.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

3.1.1.1 Investigación bibliográfica

La bibliografía jugó un papel importante en la metodología, permitiendo revisar información recopilada por diversos autores sobre el crecimiento de la acuicultura y su expansión territorial conforme aumenta la demanda de esta. Se realizó un estudio detallado de investigaciones previas, informes técnicos y documentos gubernamentales para construir una base teórica que sustente el análisis espacial desarrollado.

3.1.1.2 Investigación documental

La investigación documental permitió recopilar información secundaria proveniente de diversas fuentes escritas y audiovisuales, la información estuvo relacionada con el uso del suelo y normativa ambiental vinculada a la actividad acuícola, aportando un marco contextual al análisis cartográfico.

3.1.1.3 Investigación descriptiva.

La parte descriptiva se enfocó en el análisis comparativo de imágenes satelitales entre los años 2018 y 2024, empleando la capa Scene Classification Layer (SCL) como herramienta preliminar para identificar coberturas generales del suelo y una capa de nubes. Posteriormente, se aplicó una clasificación supervisada en el software QGIS, mediante la selección de muestras representativas de las categorías de interés, con el fin de mejorar la precisión en la delimitación y cuantificación de superficies. Este procedimiento permitió describir y medir el cambio en el uso del suelo en términos de hectáreas y porcentaje de variación.

3.1.2 Diseño de investigación

El presente proyecto corresponde a un diseño no experimental, ya que se analizaron cambios en el tiempo sin manipulación directa de variables, pues la información levantada con relación de las causas del cambio de uso del suelo agrícola a actividad acuícola proviene de fuentes bibliográficas y geoportales.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Periodo de tiempo analizado (años).

3.2.1.2. Variable dependiente

Cambio del uso de suelo (Ha, % de variación).

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2.
Matriz de variables independiente.

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Periodo de tiempo analizado	Cuantitativa	Razón	Medición de categorías en hectáreas (Ha) y porcentaje de cambio (%)

Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 3.
Matriz de variables dependiente.

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Cambio del uso de suelo	Cuantitativa	Nominal	Hectáreas y porcentaje de suelo con vegetación, sin vegetación, agua.

Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos

La investigación al integrar análisis espacial y revisión bibliográfica, se emplearon recursos fundamentales para la elaboración del proyecto:

- Recurso tecnológico: laptop, dispositivo de almacenamiento externo, celular, conexión a internet.
- Recurso bibliográfico: tesis, artículos científicos, informes técnicos, documentos gubernamentales, libros digitales y revistas científicas.

- **Software:** Se utilizó Word para la redacción del documento, PowerPoint para la elaboración de diapositivas, Excel para organización de datos y cálculos porcentuales, navegador Copernicus para la descarga de imágenes Sentinel-2 (nivel L2a), Google Earth® como apoyo visual y verificación histórica, y QGIS versión 3.28.1 para el procesamiento, clasificación supervisada y generación de cartografía temática.

3.2.3.2 Métodos y técnicas

Para el desarrollo del presente estudio, se analizaron imágenes satelitales Sentinel-2 correspondientes al periodo 2018 y 2024 mediante el navegador Copernicus Browser. El área de estudio se centró en el cantón San Jacinto de Yaguachi, provincia del Guayas, con el objetivo de analizar el cambio del uso del suelo agrícola hacia actividad acuícola durante el tiempo de interés.

- **Utilización de la plataforma Google Earth®**

Posteriormente, estas fueron procesadas en QGIS para realizar el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo. Las imágenes históricas de Google Earth® fueron empleadas únicamente como herramienta complementaria de verificación visual mediante la opción “Mostrar historial de imágenes”, Consultando los años 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024.

- **Uso de la capa Scene Classification Layer (SCL)**

Se utilizó la capa SCL de Sentinel-2 como herramienta preliminar para identificar coberturas generales como agua, vegetación y suelo desnudo. Esta clasificación permitió una primera aproximación al comportamiento territorial.

Los siguientes valores presentados permitieron identificar los píxeles que representan cada cobertura como se explica en la tabla 5 para así tener una mejor interpretación de la expansión de la actividad acuícola, así como de áreas cubiertas por nubes donde se pierden datos para la ejecución del análisis, razón por la cual se genera una capa de nubes para la adecuada cuantificación del área.

Figura 1. Vista del mapa SCL en la plataforma Copernicus



Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 4.
Cuadro de clasificación.

Valor	Clasificación de escenas	Código de color HTML	Color
3	Sombras de nubes	#643200	
4	Vegetación	#00a000	
5	Sin vegetación	#ffe65a	
6	Agua	#0000ff	
7	Sin clasificar	#808080	

Elaborado por: El Autor, 2026

Sin embargo, debido a que la capa SCL no diferencia específicamente infraestructura acuícola de cuerpos de agua naturales, se procedió a complementar el análisis mediante la aplicación de una clasificación supervisada.

- **Clasificación supervisada y reclasificación**

Se aplicó una clasificación supervisada en QGIS mediante la selección de muestras representativas de las categorías:

- ✓ Actividad acuícola,
- ✓ Áreas agrícolas.
- ✓ Otras coberturas.

Este procedimiento permitió mejorar la precisión en la delimitación de piscinas camaroneras y diferenciar cuerpos de agua naturales, facilitando la cuantificación en hectáreas y el cálculo porcentual del cambio. Luego, se realizó la reclasificación de las coberturas para estandarizar las categorías entre los años

de estudio. Con esta información se elaboró una matriz de intervalo, categoría y transición para evaluar la intensidad del cambio de uso del suelo.

- **Creación de la cartografía.**

Las imágenes satelitales escogidas procesadas fueron trabajadas en QGIS versión 3.28.1 para la generación de mapas temáticos correspondientes al periodo entre 2018 y 2024, permitiendo visualizar espacialmente la expansión de la actividad acuícola y la reducción de áreas agrícolas en Yaguachi.

- **Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) propuestas**

Con base en la revisión bibliográfica y los resultados obtenidos, se planteó una estrategia con enfoque en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) orientada a la mitigación de impactos ambientales derivados de la actividad acuícola. Para ello se aplicaron los siguientes métodos.

- ✓ **Método deductivo:** Se aplicó el método al contrastar la información teórica sobre expansión acuícola con los resultados obtenidos mediante análisis espacial y matriz de transición de la cobertura.
- ✓ **Método analítico:** Se utilizó el método analítico para examinar de manera objetiva los datos obtenidos del procesamiento de imágenes satelitales y la información bibliográfica relacionada con el estudio.

3.2.4 Población y muestra

3.2.4.1 Población

En la presente investigación, la población de estudio estuvo constituida por la totalidad del territorio del cantón San Jacinto de Yaguachi, correspondiente a 53 064.85 hectáreas, sobre el cual se realizó el análisis multitemporal del uso del suelo. Adicionalmente, se conoce que en área existe un total de 60 958 habitantes (INEC, 2022), los cuales hacen uso de los recursos de la zona.

3.2.4.2 Muestra

Dado que el estudio abarcó la totalidad del territorio, no se aplicó un muestreo probabilístico. El análisis se realizó sobre la cobertura completa del área de estudio mediante imágenes satelitales multitemporales.

3.2.5 Análisis estadístico

La investigación empleó un análisis cuantitativo espacial para lo cual se calcularon las superficies en hectáreas correspondientes a cada categoría de uso del suelo entre los años 2018 y 2024. Luego, se determinó la variación porcentual mediante la comparación multitemporal y se elaboró una matriz de transición para

evaluar la intensidad del cambio, permitiendo cuantificar el incremento de la actividad acuícola durante el periodo de estudio.

3.2.5.1 Análisis Temporal

Para evaluar la dinámica de transformación territorial, se elaboró una matriz de transición basada en el método propuesto por Pontius et al. (2004), este procedimiento facilitó la evaluación de la intensidad del cambio entre categorías de uso del suelo entre el 2018 y 2024, identificando procesos de persistencia, ganancia, pérdida, intercambio y cambio neto entre categorías de uso del suelo

3.2.3.3 Tasa de cambio.

La tasa anual de cambio se estimó mediante la siguiente formula.

$$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/N} - 1 \times 1000$$

- t = es la tasa anual de cambio.
- S₁= superficie en el año inicial
- S₂= superficie en el año final
- N = equivale a la duración del periodo evaluado.

El resultado puede expresarse en porcentaje multiplicando por 100.

3.2.3.4 Matriz de transición.

Se elaboró una matriz de transición entre la fecha 1 (2018) y la fecha 2 (2024), donde los valores P_{ij} representan la superficie que pasó de la categoría i en la fecha 1 a la categoría j en la fecha 2.

A partir de esta matriz se calcularon los siguientes indicadores:

- **Ganancia (Gj)** = P₊ j – P_{jj}
- **Pérdida (Li)** = P_{i+} – P_{ii}
- **Cambio total (Ct)** = Ganancia + Pérdida
- **Cambio neto (Cn)** = |Ganancia – Pérdida|
- **Intercambio (Int)** = 2 × min(Ganancia, Pérdida)

Este análisis permitió identificar si el incremento de la actividad acuícola se debió principalmente a procesos de conversión directa desde áreas agrícolas u otras coberturas.

Tabla 5.

Matriz de transición del cambio de uso de suelo entre 2018 y 2024

Fecha 1 (2018)	Cat. 1 (2024)	Cat. 2 (2024)	Cat. 3 (2024)	Total fila (Pi+)	Pérdida (Li)
Cat. 1 (2018)	P11	P12	P13	Pi1	Pi+ – P11
Cat. 2 (2018)	P21	P22	P23	Pi2	Pi+ – P22
Cat. 3 (2018)	P31	P32	P33	Pi3	Pi+ – P33
Total (P+j)	P+1	P+2	P+3	Área total	
Ganancia (Gj)	P+1 – P11	P+2 – P22	P+3 – P33		

Fuente: adaptada de Pontius et al., 2004.

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de la cobertura del suelo mediante información satelital óptica y radar para medición del cambio entre 2018 y 2024.

Para la determinación de la cobertura y uso del suelo se emplearon imágenes satelitales del satélite Sentinel-2, obtenidas a través del navegador Copernicus. Las imágenes se seleccionaron considerando criterio de disponibilidad temporal y menor porcentaje de nubosidad, garantizando así la calidad radiométrica y espacial de la información utilizada. La Tabla 6 presenta los metadatos correspondientes a las escenas empleadas durante el periodo 2018–2024.

Tabla 6.

Metadatos de las imágenes satelitales Sentinel-2 empleadas para el análisis de cobertura y uso del suelo (2018-2024).

FECHA	ID	Misión
27/4/2018	S2B_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20230907T014653_S201804 27T153617_N05.00	SENTINEL-2
20/8/2019	S2B_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20230503T235308_S201908 20T154239_N05.00	SENTINEL-2
16/4/2020	S2B_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20230405T122716_S202004 16T153614_N05.00	SENTINEL-2
11/5/2021	S2B_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20230306T004220_S202105 11T153617_N05.00	SENTINEL-2
19/8/2022	S2A_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20240630T134608_S202208 19T154247_N05.10	SENTINEL-2
30/7/2023	S2A_OPER_MSI_L2A_DS_S2RP_20241014T011851_S202307 25T154024_N05.10	SENTINEL-2
18/8/2024	S2A_OPER_MSI_L2A_DS_2APS_20240818T222744_S202408 18T153625_N05.11	SENTINEL-2

Elaborado por: El Autor, 2026

Las imágenes utilizadas corresponden a productos nivel L2A, que incluyen corrección atmosférica y reflectancia de superficie con una resolución de 10 metros. Para asegurar la calidad del análisis, primero se empleó la capa Scene Classification Layer (SCL), que permitió realizar un control de calidad atmosférico y una clasificación preliminar de los píxeles según su condición superficial.

Para la reclasificación temática en el software QGIS, se asignaron valores categóricos a las clases de interés: vegetación, áreas sin vegetación, cuerpos de agua, áreas sin clasificar y otros: sombras proyectadas o de nube, probabilidad media y alta de nube (Tabla 7). Este procedimiento permitió homogenizar la información y facilitar su interpretación espacial. El resultado fue la generación de mapas temáticos de cobertura del suelo en el período 2018–2024 (Apéndice 1).

Tabla 7.
Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018).

Cobertura SCL	Área (Ha)	Porcentaje
Agua	2786.29	5.3%
Sin vegetación	5184.74	9.8%
Vegetación	36195.70	68.2%
Sin clasificar	5078.29	9.6%
Otras coberturas	3820.22	7.2%
Total	53 065.24	100.0%

Elaborado por: El Autor, 2026

La cuantificación de coberturas obtenida a partir de la clasificación SCL para el año 2018 muestra un claro predominio de la cobertura de vegetación, la cual ocupa 36 195.70 ha, equivalente al 68.2% del área total analizada, lo que evidencia la fuerte presencia de superficies con cobertura vegetal asociadas principalmente a actividades agrícolas y vegetación secundaria dentro del territorio. En segundo lugar, se identifican las otras coberturas (7.2%), puesto que agrupa superficies áreas correspondientes al área probablemente cubiertas de nubes y sombras.

Por otra parte, las áreas sin vegetación representan 5 184.73 ha (9.8%), lo que está relacionado con suelos expuestos, áreas en preparación agrícola o superficies intervenidas. Finalmente, la cobertura de agua ocupa 2 786.29 ha (5.3%), lo que incluye tanto cuerpos de agua naturales como superficies acuáticas asociadas a actividades productivas, como la actividad acuícola. En conjunto, esta distribución refleja un territorio donde predominan las coberturas vegetadas, lo que coincide con la vocación agrícola predominante del cantón Yaguachi.

Tabla 8.
Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2024).

Cobertura SCL	Área (Ha)	Porcentaje
Agua	783.662	1.5%
Sin vegetación	14299.867	26.9%
Vegetación	33789.953	63.7%
Sin clasificar	3966.39	7.5%
Otras coberturas	225.36	0.4%
Total	53 065.24	100.0%

Elaborado por: El Autor, 2026

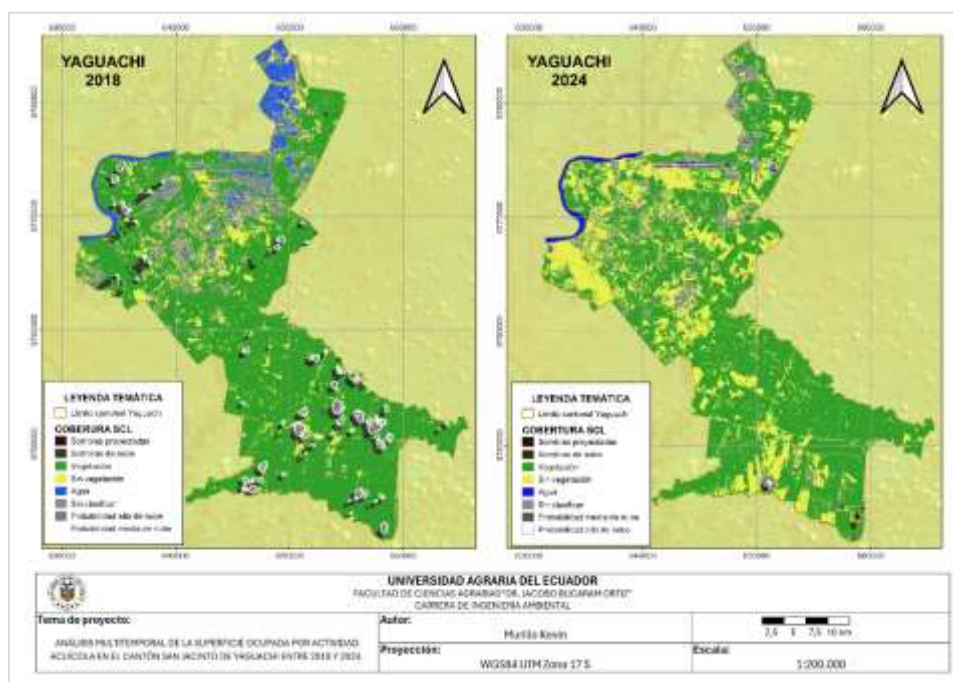
Para el año 2024, las coberturas SCL en el cantón muestran una variación significativa en la estructura de las coberturas del suelo respecto al periodo anterior. La vegetación continúa siendo la cobertura predominante con 33 789.95 ha

(63.7%), aunque se observa una reducción en su proporción dentro del territorio. En contraste, la categoría sin vegetación presenta un incremento considerable, alcanzando 14 299.86 ha (26.9%) del área total, lo que sugiere un aumento de superficies expuestas o áreas en proceso de transformación productiva.

Por otro lado, la cobertura de agua disminuye notablemente hasta 783.66 ha (1.5%), mientras que la categoría de otras coberturas se reduce a 0.4%. Estas variaciones evidencian cambios en la dinámica territorial del cantón, posiblemente asociados a procesos de reconversión del uso del suelo, variaciones en las condiciones de la superficie o diferencias en la respuesta espectral de la imagen satelital que muestra las coberturas durante el periodo de análisis.

Posteriormente, se elaboró una matriz de cambio de las coberturas SCL clasificadas en el año inicial y final, con la finalidad de hacer una comparación multitemporal y evaluar la dinámica territorial, como muestra la imagen 2.

Figura 2. Mapa multitemporal SCL en el cantón Yaguachi 2018-2024.



Elaborado por: El Autor, 2026

Una vez elaborado el mapa, se realizó la matriz de cambio, donde se comparan las coberturas del año 2018 y 2024 en el cantón Yaguachi. En esta matriz, las filas representan las coberturas del año inicial (2018) y las columnas las del año final (2024). Cada valor indica el área en hectáreas que cambió de una cobertura a otra. Es decir, la intersección entre una fila y una columna muestra cuántas hectáreas pasaron de una categoría a otra. Por ejemplo, al cruzar

Vegetación 2018 con Vegetación 2024 se observa que 24 791.22 ha permanecieron como vegetación, mientras que al cruzar Vegetación 2018 con Sin vegetación 2024 se identifican 9 328.02 ha, lo que indica que esa superficie cambió de vegetación a suelo sin vegetación entre ambos años. Este mismo criterio permite interpretar todos los cambios presentes en la matriz, como se muestra a continuación.

Tabla 9.
Matriz de cambio de la capa SCL 2018-2024.

Cobertura 2018 \ 2024	Vegetación	Sin vegetación	Agua	Sin clasificar	Otros	Total 2024
Vegetación	24 791.22	9 328.02	150.37	1 729.58	196.52	36 195.70
Sin vegetación	2 386.18	2 405.60	14.61	372.11	6.24	5 184.74
Agua	931.12	431.68	552.87	870.58	0.04	2 786.29
Sin clasificar	2 885.26	1 324.23	55.66	810.35	2.80	5 078.29
Otros	2 796.17	810.35	10.16	183.78	19.76	3 820.22
Total 2018	33 789.95	14 299.87	783.66	3 966.39	225.36	53 065.24

Elaborado por: El Autor, 2026

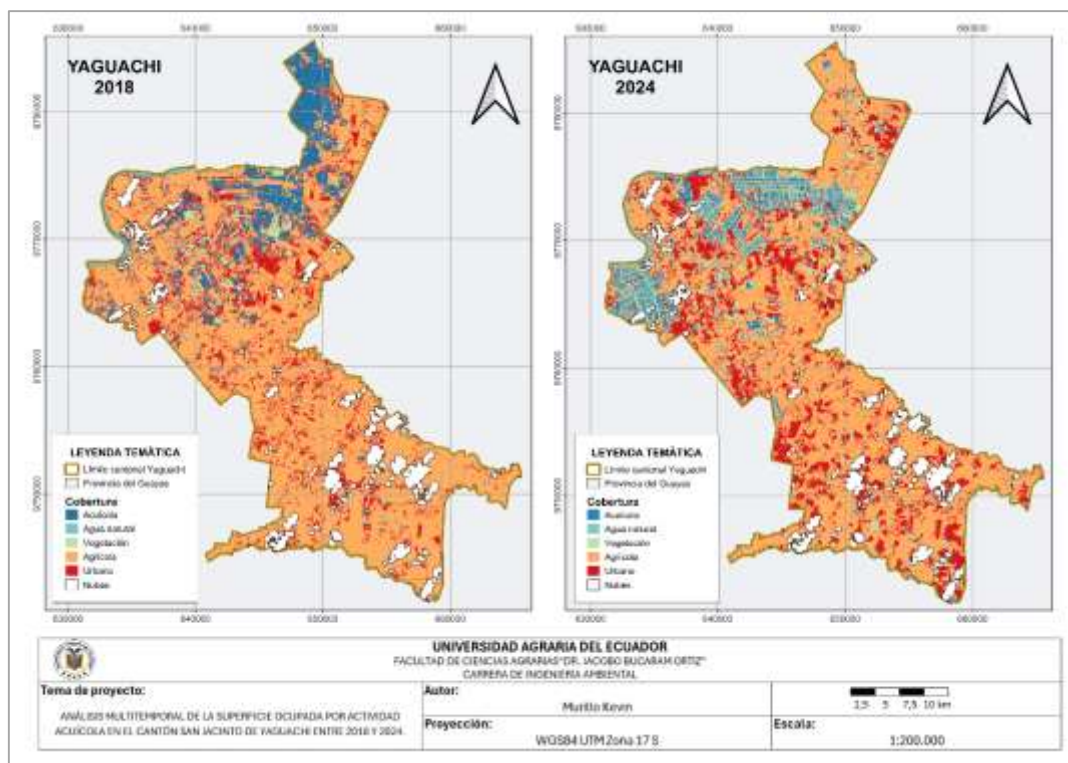
En el caso de la cobertura de agua, la intersección entre la fila Agua (2018) y la columna Agua (2024) muestra 552.87 ha que permanecieron como agua, mientras que otras intersecciones indican cambios hacia vegetación, áreas sin vegetación o categorías sin clasificar. No obstante, es importante considerar que la clasificación SCL no distingue de forma específica entre áreas agrícolas y acuícolas, por lo que algunas de estas transiciones podrían reflejar cambios en cultivos, manejo de estanques o variaciones estacionales en la presencia de agua.

Debido a las limitaciones de la clasificación inicial basada en la capa SCL, se aplicó una clasificación supervisada en el software QGIS, utilizando regiones de interés (ROI) o muestras espectrales, lo que permitió entrenar el modelo de clasificación a partir de ejemplos representativos de cada tipo de cobertura. Esta nueva clasificación incluyó las categorías de cuerpos de agua natural, área acuícola, zona urbana, área agrícola y vegetación, con el objetivo de caracterizar de manera más precisa las dinámicas de cambio en el territorio.

Además, se incorporó una capa combinada de nubes y sombras derivada de la cobertura SCL de ambos periodos, a partir de la cual se extrajeron las zonas afectadas por estas condiciones atmosféricas para generar una máscara. Esta máscara permitió excluir dichas áreas del análisis, evitando que generaran errores

en la clasificación y asegurando así una interpretación más confiable de los cambios en el uso y cobertura del suelo dentro del cantón San Jacinto de Yaguachi.

Figura 3. Mapa de coberturas clasificadas en el cantón Yaguachi 2018-2024.



Elaborado por: El Autor, 2026

En la tabla 10, se detalla la cuantificación de coberturas para el año 2018 en el cantón Yaguachi evidencia nuevamente una marcada predominancia del uso agrícola con 32 532.76 ha, equivalente al 61.3 % del área total analizada, lo que confirma la vocación productiva agrícola del territorio. En segundo lugar, se identifica la cobertura urbana con 9 297.56 ha (17.5 %), reflejando la presencia de asentamientos y áreas asociadas al desarrollo poblacional e infraestructura.

Tabla 10.
Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018).

Cobertura	Área (Ha)	Porcentaje
Agua natural	384.46	0.7%
Acuícola	5032.99	9.5%
Urbano	9297.56	17.5%
Agrícola	32532.76	61.3%
Vegetación	1794.17	3.4%
Nubes	4023.30	7.6%
Total	53065.24	100.0%

Elaborado por: El Autor, 2026

También se observa que la actividad acuícola abarca 5 032.99 ha (9.5%), considerándose una presencia relevante dentro de la estructura productiva local. Mientras que, las coberturas de vegetación (3.4%) y agua natural (0.7%) ocupan proporciones menores del territorio, lo que sugiere que gran parte del paisaje ha sido transformado para usos productivos. Adicionalmente, se identificó 4 023.30 ha (7.6%) cubiertas por nubes, lo que evidencia áreas que no pudieron ser analizadas directamente en la imagen satelital y que fueron excluidas del análisis. En conjunto, estos resultados reflejan un territorio dominado por actividades agrícolas, acompañado por una presencia significativa de áreas urbanas y acuícolas.

En comparación con estas coberturas, las coberturas del año 2024 muestran variaciones importantes en la distribución del uso del suelo. La cobertura agrícola continúa siendo la predominante, sin embargo, su superficie se reduce de 61.3% a 51.9%, lo que indica una disminución en su participación dentro del territorio. De igual manera, la cobertura urbana presenta un incremento significativo ya que pasa de 17.5% en 2018 a 22.8% en 2024, lo que sugiere un proceso de expansión de áreas urbanizadas o intervenidas, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.

Cuantificación de cobertura SCL en Yaguachi (2018-2024).

Cobertura	Área (Ha)	Porcentaje
Agua natural	396.45	0.7%
Acuícola	2817.336	5.3%
Urbano	12122.298	22.8%
Agrícola	27540.762	51.9%
Vegetación	6165.096	11.6%
Nubes	4023.30	7.6%
Total	53065.24	100.0%

Elaborado por: El Autor, 2026

Por otro lado, la actividad acuícola muestra una reducción notable ya que en 2024 paso de 9.5% a 5.3%, lo que evidencia cambios en la distribución o uso de estas superficies durante el periodo analizado. En contraste, la vegetación aumento de 3.4% a 11.6 %, lo que podría estar asociado a procesos de regeneración vegetal, cambios en el manejo agrícola o variación por temporada. Mientras que, el área correspondiente a agua natural se mantiene prácticamente estable, y por otra parte la categoría de nubes conserva la misma extensión, ya que esta área fue excluida del análisis en ambos años para garantizar la comparabilidad entre periodos.

Estas variaciones evidencian la necesidad de aplicar una clasificación supervisada más detallada, con el fin de diferenciar de manera más precisa coberturas productivas como las áreas agrícolas y acuícolas, que no pueden identificarse claramente mediante la clasificación SCL. En este sentido, la nueva clasificación permitió obtener una representación más específica del uso del suelo en el cantón San Jacinto de Yaguachi, lo que constituye la base para analizar posteriormente las transiciones entre coberturas mediante la matriz de cambio y el cálculo de tasas de variación, herramientas que permiten comprender con mayor precisión la dinámica territorial ocurrida entre los años analizados.

4.2 Generación de una matriz de intervalo, categoría y transición para la evaluación de la intensidad de cambio de uso.

A partir de los mapas de cobertura del suelo obtenidos por clasificación supervisada para los años 2018 y 2024, se elaboró una nueva matriz de transición, la cual permitió cuantificar la persistencia, ganancia y pérdida de cada categoría, así como identificar las principales conversiones entre coberturas. En esta matriz, las filas representan las coberturas del año inicial y las columnas las del año final, de manera que cada intersección entre una fila y una columna corresponde a una transición específica, indicando el área que cambió de una categoría a otra.

En la tabla 12, se presenta la matriz de cambio del cantón San Jacinto de Yaguachi, cuya superficie total es de 53 064.85 ha. No obstante, para garantizar la confiabilidad del análisis se excluyeron las áreas cubiertas por nubes y sombras detectadas en las imágenes satelitales, ya que estas condiciones impiden identificar con precisión la cobertura del suelo y generan errores en la estimación del cambio. Por esta razón, el análisis se realizó únicamente sobre el área identificable que corresponde a un total de 49041.96 ha en ambas fechas, permitiendo interpretar con mayor precisión las transiciones entre las distintas coberturas del territorio.

Tabla 12.
Matriz de intervalo y transición.

2018 \ 2024	Agua natural	Agrícola	Urbano	Vegetación	Acuícola	Total 2018	Pérdida
Agua natural	312.74	21.64	17.39	1.99	30.71	384.47	71.73
Acuícola	78.82	2607.08	702.72	1034.63	609.73	5032.98	4423.25
Urbano	0.89	4292.06	3301.70	1266.23	436.68	9297.56	5995.86
Agrícola	4.01	19973.97	7570.67	3406.97	1577.15	32532.77	12558.80
Vegetación	0.00	646.01	529.82	455.28	163.07	1794.18	1338.90
Total 2024	396.46	27540.76	12122.30	6165.10	2817.34	49041.96	
Ganancia	83.72	7566.79	8820.60	5709.82	2207.61		

Nota: Se aplico una capa de nubes para restar el área no identificada.

Elaborado por: El Autor, 2026.

Los valores ubicados en el diagonal color gris representan la persistencia, es decir, las áreas que mantuvieron la misma cobertura durante el periodo analizado, mientras que los valores fuera de la diagonal reflejan procesos de conversión entre diferentes usos del suelo. En el caso de la cobertura agrícola, se observa una persistencia importante de 19 973.97 ha, lo que evidencia que gran parte del territorio mantuvo su uso productivo. Sin embargo, también se registran transiciones relevantes hacia otras coberturas, particularmente hacia urbano (7 570.67 ha), vegetación (3 406.97 ha) y acuícola (1 577.15 ha), lo que indica procesos simultáneos de expansión urbana, regeneración vegetal o cambios en el manejo del suelo. Estas transiciones explican la pérdida total de 12 558.80 ha de área agrícola, reflejando una reconfiguración significativa del uso del territorio.

Por su parte, la cobertura acuícola presenta una persistencia relativamente baja de 609.73 ha, lo que sugiere una alta dinámica de cambio en este tipo de uso del suelo. La mayor parte de las áreas que en 2018 estaban clasificadas como acuícolas se transformaron principalmente en áreas agrícolas (2 607.08 ha), así como en vegetación (1 034.63 ha) y urbano (702.72 ha). Esto indica que parte de los estanques o áreas asociadas han sido reconvertidos a otros usos productivos o haber experimentado procesos de abandono o cuentan con una reflectancia distinta debido al estado de las piscinas en la fecha analizada. Al mismo tiempo, se observa que 1 577.15 ha de áreas agrícolas pasaron a ser acuícolas, lo que evidencia una relación dinámica entre ambos usos del suelo, que se transforman dependiendo de las condiciones productivas, económicas o ambientales del territorio.

Con el propósito de comprender con mayor claridad la dinámica de conversión entre coberturas, se elaboró una tabla adicional destinada a cuantificar la tasa de cambio entre los periodos analizados, que se presenta a continuación.

Tabla 13.

Tasa de cambio de cobertura.

Cobertura	Área 2018	Área 2024	Cambio	Aumento (ha)	Pérdida (ha)	Tasa %
Agua	384.47	396.46	+11.99	11.99	0.00	3.12 %
Acuícola	5032.98	2817.34	-2215.64	0.00	2215.64	-44.01 %
Urbano	9297.56	12122.30	+2824.74	2824.74	0.00	30.38 %
Agrícola	32532.77	27540.76	-4992.01	0.00	4992.01	-15.35 %
Vegetación	1794.18	6165.10	+4370.92	4370.92	0.00	243.60 %

Elaborado por: El Autor, 2026.

A partir de este análisis se observa que las mayores variaciones corresponden a las coberturas agrícola y acuícola, las cuales registran pérdidas de 4992.01 ha y 2215.64 ha, respectivamente. En contraste, las principales ganancias se presentan en las coberturas de vegetación, con un incremento de 4370.92 ha, y urbano, que aumenta en 2824.74 ha, evidenciando procesos de transformación del territorio asociados tanto a cambios en el uso productivo del suelo como a la expansión de áreas urbanizadas y la posible regeneración de cobertura vegetal.

Cabe mencionar que, la tasa porcentual de cambio permite evaluar la variación relativa de cada cobertura respecto a su área inicial. En este sentido, la vegetación presenta la mayor tasa de crecimiento (243.6%), debido a que partía de una superficie inicial pequeña, por lo que el incremento registra un aumento elevado. En contraste, la cobertura agrícola muestra una disminución del 15.35%, mientras que la acuícola registra reducción relativa con -44.01 %, evidenciando una reducción significativa de esta actividad durante el periodo analizado.

En relación con la hipótesis planteada, los resultados indican que no se alcanza el incremento del 30 % esperado para la cobertura acuícola, ya que esta pasa de 5032.98 ha en 2018 a 2817.34 ha en 2024, lo que representa una disminución aproximada del 44.01 %. Este comportamiento sugiere que, aunque existen conversiones puntuales de suelo agrícola hacia acuícola, también se producen pérdidas importantes de áreas acuícolas hacia otros usos, especialmente agrícolas, lo que refleja una dinámica de intercambio entre ambas actividades productivas en el territorio del cantón San Jacinto de Yaguachi.

4.3 Propuesta de estrategia con enfoque SbN para la mitigación de los potenciales impactos ambientales en la actividad acuícola.

Dado que la acuicultura representa una actividad económica importante en el territorio, las estrategias propuestas no buscan limitar su desarrollo, sino promover un modelo productivo más eficiente y compatible con la actividad agrícola, mediante soluciones basadas en la naturaleza.

Las SbN ofrecen un enfoque innovador que prioriza la integración de procesos naturales y ecosistemas saludables en la planificación y operación de actividades humanas. En el caso de la actividad acuícola en Yaguachi, estas soluciones pueden contribuir a reducir los efectos adversos al aprovechar los servicios ecosistémicos de manera sostenible.

En este sentido, se proponen diversas acciones orientadas a la mitigación de los impactos asociados al cambio de uso de suelo, integrando principios de sostenibilidad, optimización del territorio y SbN, que se presentan a continuación.

4.3.1. Propuesta de estrategias de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)

Duración aproximada: 5 años

Área de aplicación: San Jacinto de Yaguachi, Provincia del Guayas.

Entidades participantes:

- Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) municipal.
- Productores agrícolas y acuícolas.
- Comunidades locales.
- Instituciones técnicas.
- Centros académicos.

Descripción de la propuesta:

La propuesta plantea la implementación de estrategias basadas en SbN para promover una convivencia sostenible entre las actividades agrícolas y acuícolas del territorio. Estas acciones buscan optimizar el uso del suelo y del agua, reducir los impactos ambientales derivados de las actividades productivas y fortalecer la planificación territorial mediante herramientas de monitoreo y gestión ambiental.

Justificación

Los resultados del análisis de cambio de cobertura del suelo evidencian transformaciones importantes en el territorio del cantón San Jacinto de Yaguachi, particularmente en las áreas agrícolas y acuícolas. La disminución de superficies

destinadas a la acuicultura, junto con las conversiones entre usos productivos y el crecimiento de áreas urbanas, reflejan una dinámica territorial que puede generar presiones sobre los recursos naturales, especialmente el suelo y el agua. En este contexto, se plantea la implementación de estrategias de SbN, las cuales permiten abordar los desafíos productivos y ambientales mediante enfoques que integran la gestión sostenible de los ecosistemas, la restauración de la vegetación y el uso eficiente de los recursos naturales.

Objetivo general:

Promover un manejo sostenible del territorio que permita mejorar la coexistencia entre agricultura y acuicultura, optimizando los recursos naturales y reduciendo los impactos ambientales asociados al cambio de uso del suelo.

Objetivos específicos

- Fomentar prácticas productivas sostenibles que optimicen el uso del suelo y del agua.
- Reducir los impactos ambientales derivados de las actividades agrícolas y acuícolas.
- Fortalecer la planificación territorial mediante herramientas de monitoreo ambiental y gestión sostenible.

Pilares asociados:

- Gestión sostenible de ecosistemas
- Restauración y conservación de la vegetación
- Uso eficiente del agua y del suelo

Estrategias propuestas.

a. Integración de sistemas acuapónicos en zonas agrícolas

Se plantea promover sistemas de acuaponía, los cuales integran la producción de peces con el cultivo de plantas en un mismo sistema productivo. En estos sistemas, los nutrientes generados por los peces son aprovechados por los cultivos vegetales, lo que permite reutilizar el agua y reducir la necesidad de fertilizantes químicos. Según estudios como el de Delgado et. al (2019), la adopción de estos sistemas contribuye a la diversificación productiva, optimizando el uso del suelo y agua, a la vez que disminuye la presión sobre nuevas áreas agrícolas.

b. Franjas vegetales de amortiguamiento entre camaroneras y áreas agrícolas

Las franjas de vegetación funcionan como barreras ecológicas capaces de reducir la escorrentía de sedimentos, nutrientes y posibles contaminantes provenientes de las camaroneras hacia los cultivos. Además de proteger la calidad del suelo agrícola, estas barreras contribuyen a mejorar la calidad del agua, favorecen la biodiversidad local y fortalecen la estabilidad ecológica del paisaje productivo (Haddaway et al., 2018).

c. Uso eficiente del suelo mediante intensificación acuícola sostenible

Se busca incentivar la optimización de las piscinas acuícolas existentes mediante la incorporación de mejoras tecnológicas y prácticas de manejo más eficientes. Entre estas medidas se incluyen el control adecuado del agua, la mejora en la alimentación y el manejo productivo de las especies cultivadas (Sánchez et al., 2023). Esto se realizará con el objetivo de incrementar la productividad sin necesidad de expandir nuevas áreas acuícolas, reduciendo así la presión sobre los suelos agrícolas y otros ecosistemas del territorio.

d. Monitoreo territorial mediante imágenes satelitales

Se propone implementar un sistema de monitoreo territorial basado en imágenes satelitales, que permita realizar un seguimiento periódico de los cambios en el uso y cobertura del suelo. Este sistema facilitaría la identificación de tendencias de expansión de la acuicultura, la reducción de áreas agrícolas u otros procesos de transformación territorial (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2025). La información generada serviría como herramienta de apoyo para la planificación territorial y la toma de decisiones, fortaleciendo la gestión ambiental del GAD municipal y de las instituciones técnicas.

e. Restauración de vegetación en canales y drenajes agrícolas

La estrategia plantea recuperar y mantener cobertura vegetal en los canales de riego y drenaje agrícola, mediante la siembra o regeneración de especies vegetales adaptadas a las condiciones locales. Esta vegetación actúa como un sistema natural de filtración que permite reducir la contaminación del agua, retener sedimentos y mejorar la regulación hídrica del territorio. Además, contribuye a fortalecer los servicios ecosistémicos y a mejorar la resiliencia de los sistemas productivos frente a cambios ambientales (Zedler y Kercher, 2025).

f. Capacitación en prácticas acuícolas y agrícolas sostenibles

Finalmente, se propone desarrollar programas de capacitación dirigidos a productores agrícolas y acuícolas, enfocados en la adopción de prácticas sostenibles. Estos programas abordarían temas como el manejo adecuado de efluentes, el uso eficiente del agua, la reducción de impactos ambientales y la coexistencia productiva entre agricultura y acuicultura. El fortalecimiento de las capacidades locales permitirá mejorar la productividad y promover una gestión más responsable de los recursos naturales en el territorio (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2018).

Indicadores de seguimiento

Para evaluar el avance y la efectividad de las estrategias propuestas, se establecen indicadores de seguimiento que permitirán medir su implementación y los resultados alcanzados en el territorio del cantón San Jacinto de Yaguachi.

Tabla 14.

Indicadores de seguimiento de las estrategias de SbN.

Estrategia	Indicador	Unidad de medida	Meta referencial
Integración de sistemas acuapónicos	Número de sistemas acuapónicos implementados en unidades productivas	Número de sistemas	Implementación de al menos 5 sistemas piloto
Franjas vegetales de amortiguamiento	Superficie o longitud de franjas vegetales establecidas entre camaronerías y áreas agrícolas	Hectáreas	Establecimiento de franjas en zonas prioritarias
Intensificación acuícola sostenible	Productores que adoptan prácticas de manejo eficiente en piscinas acuícolas	Número de productores	Incremento progresivo de adopción tecnológica
Monitoreo territorial con imágenes satelitales	Reportes de monitoreo de cambio de uso del suelo elaborados	Número de reportes	Al menos 1 reporte anual
Restauración de vegetación en canales	Superficie de canales o drenajes agrícolas con vegetación restaurada	Hectáreas	Restauración de tramos prioritarios
Capacitación en prácticas sostenibles	Productores capacitados en manejo sostenible de agua y suelo	Número de participantes	Realización de talleres anuales

Elaborado por: El Autor, 2026

La síntesis de las principales estrategias propuestas, junto con su descripción, actores involucrados y beneficios esperados, se presentan de forma resumida en una tabla ubicada en el apéndice 4, para su revisión.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian una dinámica territorial compleja en el cantón San Jacinto de Yaguachi, donde el cambio de uso de suelo está influenciado tanto por procesos productivos como por factores ambientales y metodológicos asociados al análisis espacial. Si bien la investigación planteó como hipótesis que la expansión acuícola generaría un incremento cercano al 30% de esta cobertura, el análisis multitemporal mostró que la superficie acuícola disminuyó aproximadamente en un 44.01% entre 2018-2024, lo que contrasta con la tendencia de expansión reportada en otros estudios sobre la industria camaronera.

Investigaciones como las de Romero et al. (2021) y Morales et al. (2022) documentan procesos históricos de crecimiento del sector camaronero asociados a la reducción de ecosistemas naturales, particularmente manglares, y a modificaciones significativas en el uso del suelo. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio realizado en el cantón Yaguachi, muestran una dinámica distinta, en la cual la superficie acuícola no mantiene una tendencia expansiva sostenida, sino que presenta procesos de reconversión hacia otras coberturas, principalmente agrícolas, vegetales y urbanas.

Este comportamiento sugiere que, al menos en Yaguachi, la acuicultura no está actualmente en una fase de expansión acelerada, sino que por el contrario existe una relación dinámica entre actividades productivas, donde el suelo puede alternar entre usos agrícolas y acuícolas dependiendo de factores como la rentabilidad, las condiciones ambientales o las decisiones de manejo productivo. Este tipo de comportamiento coincide con lo planteado por Vega et al. (2019), que señalan que el impacto ambiental de la acuicultura depende en gran medida del sistema productivo implementado y condiciones económicas que influyen en la expansión o reducción de esta actividad.

Asimismo, la disminución de superficies acuícolas observada puede interpretarse desde la perspectiva de los cambios en las prácticas productivas. Estudios como el de Marín y Chang (2019) destacan que la producción camaronera requiere grandes volúmenes de agua y una gestión intensiva del recurso hídrico, lo que puede limitar la viabilidad de ciertos espacios productivos cuando las condiciones ambientales o económicas cambian. En este contexto, algunas áreas previamente utilizadas para acuicultura pueden ser reconvertidas a usos agrícolas o quedar sujetas a procesos de regeneración vegetal.

Por otra parte, el incremento observado en la cobertura vegetal puede relacionarse con procesos de regeneración natural, cambios en el manejo agrícola o variaciones temporales en la respuesta espectral de las coberturas. Cabrera (2022) ha demostrado que, en ciertos ecosistemas costeros, la vegetación puede tener procesos de recuperación tras una intervención intensiva, especialmente cuando disminuye la presión sobre determinados usos productivos. Esto sugiere que los cambios detectados no necesariamente implican una mejora ambiental directa, sino una reorganización del uso del suelo en el sistema productivo local.

En relación con el crecimiento urbano, los resultados coinciden con tendencias ampliamente documentadas en estudios de cambio de uso del suelo en América Latina. Como el de Salinas et al. (2020) que señalan que el aumento de áreas urbanas constituye uno de los principales factores de transformación territorial, ya que implica la conversión permanente de suelos productivos hacia usos residenciales o de infraestructura. Este proceso puede generar presiones adicionales sobre los sistemas agrícolas y acuícolas, modificando el equilibrio entre las distintas actividades económicas presentes en el territorio.

Ya se ha advertido que la expansión de la acuicultura puede generar impactos en los ecosistemas, particularmente en la calidad del agua y del suelo. Peña Ruiz y Sánchez de la Peña (2020) y Jojoa et al. (2019) señalan que los efluentes provenientes de la producción acuícola contienen altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes que alteran las condiciones de los cuerpos de agua cercanos. Asimismo, Játiva (2022) indica que los sedimentos acumulados en los fondos de los estanques pueden influir en la calidad del agua y en la sostenibilidad de los sistemas productivos. Por lo que la elaboración de este tipo de estudios permite comprender sus posibles implicaciones ambientales.

Por ello, es importante reconocer ciertas limitaciones metodológicas del estudio realizado, puesto que la clasificación de coberturas se realizó mediante imágenes satelitales, lo que puede generar dificultades en la diferenciación de coberturas con características espectrales similares, como cuerpos de agua naturales y estructuras acuícolas. Además, el uso de imágenes adquiridas en diferentes épocas puede influir en la respuesta espectral de las superficies, ya que las piscinas acuícolas pueden presentar variaciones en su reflectancia dependiendo de su estado productivo o del contenido de agua y sedimentos al momento de la captura de la imagen (Durazo y Gutiérrez, 2020). Asimismo, la

presencia de nubes en las imágenes constituye una limitación común en los análisis basados en sensores ópticos, debido a que puede restringir la observación completa del territorio durante algunos periodos de análisis.

Por último, la hipótesis planteaba que el crecimiento de la actividad acuícola estaría asociado principalmente a la conversión de áreas agrícolas; no obstante, el análisis realizado evidenció que los cambios en el uso del suelo presentan transiciones entre diferentes coberturas. Esto sugiere que la transformación del territorio responde a una reorganización más compleja de las actividades productivas. En este sentido, Beltrán (2018)) y Ramírez (2022) destacan que la acuicultura constituye una actividad económica relevante que influye en las decisiones de uso del suelo y dinámica productiva del cantón.

Debido a la importancia socioeconómica de la acuicultura y, a su vez, al impacto ambiental que genera esta actividad, los resultados obtenidos resaltan la importancia de incorporar enfoques de gestión con SbN que permitan reducir estos impactos. En este sentido, las estrategias propuestas en el estudio se orientan a fortalecer la regulación hídrica, promover la recuperación de la cobertura vegetal y mejorar las condiciones ambientales del entorno productivo. De esta manera, el análisis del cambio de uso del suelo no solo permite comprender la dinámica territorial asociada a la acuicultura, sino que también aporta información relevante para orientar estrategias de manejo sostenible que contribuyan al equilibrio entre la actividad productiva y la conservación de los recursos naturales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La clasificación de coberturas mediante imágenes satelitales del programa Sentinel-2 permitió identificar y delimitar las principales categorías de uso del suelo en el cantón San Jacinto de Yaguachi, evidenciando que la cobertura agrícola mantiene la mayor superficie dentro del área de estudio. Asimismo, se logró identificar la presencia de coberturas acuícolas, urbanas, vegetación y cuerpos de agua natural, lo que permitió caracterizar la estructura territorial del cantón. Sin embargo, la clasificación también evidenció posibles variaciones derivadas de la temporalidad de las imágenes satelitales, lo que puede influir en la reflectancia de ciertas coberturas como las piscinas acuícolas o los cultivos agrícolas.

Por otra parte, el análisis multitemporal permitió evidenciar que el territorio presenta una dinámica productiva caracterizada por procesos de transformación y reorganización del uso del suelo. Estas modificaciones reflejan la influencia de factores económicos, productivos y ambientales que condicionan la evolución de las actividades predominantes en el cantón, lo que demuestra que el uso del suelo responde a procesos territoriales dinámicos y en constante adaptación.

La utilización de matrices de transición y tasas de cambio permitió comprender la intensidad y dirección de las transformaciones territoriales, evidenciando que el análisis cuantitativo del cambio de cobertura constituye una herramienta clave para interpretar la dinámica del paisaje. Este enfoque facilita la identificación de tendencias en el uso del suelo y permite evaluar de manera objetiva la evolución de las actividades productivas dentro del territorio.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que futuros estudios incorporen series temporales de imágenes satelitales de diferentes fechas dentro del mismo año, con el fin de reducir las posibles variaciones fenológicas o estacionales que puedan afectar la precisión de la clasificación. Asimismo, es recomendable complementar el análisis con verificación de campo o datos auxiliares, lo que permitiría mejorar la exactitud en la identificación de coberturas y fortalecer los resultados obtenidos mediante teledetección.

Se recomienda fortalecer los procesos de planificación territorial mediante el uso de información geoespacial actualizada, lo que permitiría apoyar la toma de

decisiones en torno al manejo del suelo y promover un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación de los recursos naturales.

Se recomienda para futuras investigaciones complementar este tipo de análisis con estudios socioeconómicos y ambientales que permitan comprender de manera integral los factores que impulsan los cambios en el uso del suelo y también los que ayudarían a su conservación, así como promover estrategias de manejo sostenible que contribuyan a una gestión territorial más equilibrada.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A., Guzmán, P., Villanueva, S., y Vázquez, A. (2019). *La contaminación del agua como una externalidad una externalidad para la producción pesquera y acuícola*. SciELO: <https://ballast-outreach-ucsgpe.ucdavis.edu/files/136963.pdf#page=104>
- Albornoz, L., Mercado, A., y Mendoza, D. (2023). Uso de suelo del sector primario desde la perspectiva del consumo en México (2018). Un enfoque multisectorial de insumo-producto. *El Trimestre Económico*, 90(359), 703-730. <https://doi.org/https://doi.org/10.20430/ete.v90i359.1769>
- Beltrán, M. (2018). Innioiación en el sector agrícola. *Ra Ximhai*, 13(3), 351-364. <http://www.redalyc.org/pdf/461/46154070020.pdf>
- Borja, A. (2019). Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. *Digital Csic*, 18(1), 41-49. <http://hdl.handle.net/10261/313277>
- Bravo, E. (2003). *Caso 2: La industria camaronesa en Ecuador. Ponencia presentada en Globalización y Agricultura. Jornades para la Soberanía Alimentaria*. Researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Bravo/publication/242313600_CASO_2_LA_INDUSTRIA_CAMARONERA_EN_ECUADOR1/links/0c96052f7bbd7829bf000000/CASO-2-LA-INDUSTRIA-CAMARONERA-EN-ECUADOR1.pdf
- Bravo, J. (2000). *Breve introducción a la cartografía ya los sistemas de información geográfica (SIG)*. Researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Javier-Dominguez-12/publication/237467702_Breve_Introduccion_a_la_Cartografia_y_a_los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_SIG/links/0deec52724b3d7dcc4000000/Breve-Introduccion-a-la-Cartografia-y-a-los-Sistemas-de-Inform
- Cabrera, J., Quevedo, N., y Morocho, A. (2020). *Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8*. Researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Zhiminaicela-Cabrera/publication/343498625_Deforestacion_y_cambios_en_la_cobertura_vegetal_del_archipelago_de_Jambeli_mediante_el_uso_de_imagenes_satelitales_Landsat-8/links/5f2cc1dd299bf13404ab4842/Deforesta
- Cabrera, V. (2022). *Análisis multitemporal del comportamiento forestal en el ecosistema manglar mediante percepción remota, período 1986 a 2021,*

- Tumbes. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Tumbes]: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/63842>
- Campoverde, L. (2012). *Evaluación de áreas agrícolas con problemas de salinización para uso potencial en acuicultura en el valle bajo del río santa, ancash-Perú, 2008*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/5928>
- Carangui, K., y Valverde, M. (2022). *Análisis multitemporal de la superficie ocupada por la cría de camarón en el cantón Durán en el período comprendido entre los años 2000 - 2020*. [Tesis de grado, Universidad politécnica Salesiana]: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21885>
- Cespedes, L. (2019). *Imágenes satelitales para medir la incidencia de la actividad acuícola de langostinos en el departamento de Tumbes*. Gobierno de Perú: <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/ce7693ad-cf0b-4743-8c78-b897d8f98af0/content>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2025). *istema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte, Una colaboración trinacional de más de 21 millones de kilómetros cuadrado*. Comisión para la Cooperación Ambiental. https://www.cec.org/files/pulications/cec_nalcms-es_final.pdf
- Dávila, I. (2020). *Análisis de cambio en la línea de costa en la zona litoral del Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca para los años 2000, 2013 y 2020 utilizando imágenes LANDSAT 7 y 8*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Militar Nueva Granada]: <http://hdl.handle.net/10654/37730>
- Delegado, J., Tenjo, C., Ruiz, A., y Pereira, M. (2018). *Aplicaciones de Sentinel-2 a estudios de vegetación y calidad de aguas continentales*. Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/311572244_Aplicaciones_de_Sentinel-2_a_estudios_de_vegetacion_y_calidad_de_aguas_continentales
- Delgado, M., Alarcón, W., Noles, P., y Caluguillín, V. (2019). Sistemas acuapónicos para el desarrollo sostenible de las zonas rurales de Manabí. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 2(3), 186-192. <https://doi.org/10.46380/rias.v2i3.66>
- Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (INEI). (2020). *Aspectos técnicos de las imágenes landsat*. Org.mx:

- https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf
- Domínguez, M. (2019). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Revista Unilasallista*, 10(1), 1-56. <https://doi.org/http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/issue/view/39>
- Durazo, F., y Gutiérrez, G. (2020). *Fotointerpretación satelital del cambio de uso del suelo en las márgenes del río Sonora, en el tramo Ures-Molino de Camou y el efecto social derivado de la actividad antrópica regional*. (Tesis de grado, Universidad de Sonora]: <http://hdl.handle.net/20.500.12984/6971>
- Farfán, M., Rodríguez, G., y François, J. (2019). Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. *Investigaciones Geográficas*, 5(1), 42-89. <https://doi.org/10.14350/rig.48600>
- Flores, R. (2024). *El cambio de uso de la tierra es uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad*. Gobierno del Ecuador: <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2024/02/08/el-cambio-de-uso-de-la-tierra-es-uno-de-los-principales-impulsores-de-la-perdida-de-biodiversidad/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2018). *The state of world fisheries and aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals*. FAO: <https://openknowledge.fao.org/items/87109e17-2bb7-4d20-874b-160ac0a2b131>
- Gómez, I. (2020). *Técnicas de Clasificación de Imágenes en la Teledetección*. Ecoscript: <https://ecoscript.org/tecnicasclasificacionimagenes/>
- Haddaway, N., Brown, C., Eales, J., Josefsson, J., Kronvang, B., y Randall, N. (2018). The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. *Environ Evid*, 7(14), 1-89. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0126-2>
- Horna, S. (2021). *Análisis de tendencias temporales del índice mejorado de la vegetación (EVI) en tres ecosistemas de la subcuenca del río Chambo durante el período 2013-2020*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15931>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2022). *Programa Landsat - Plan Nacional de Teledetección - PNT*. Plan Nacional de Teledetección - PNT: <https://pnt.ign.es/programa-landsat>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). *Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Jaramillo, J., y Moreira, V. (2021). *Caracterización del cambio de cobertura de manglar por efecto antrópico en la provincia de Manabí*. [Tesis de grado, UNESUM]: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2938>
- Jativa, D. (2022). *Factores a considerar para la calidad del agua y suelo en cultivos de camarón Litopenaeus Vannamei*. Universidad Técnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21049>
- Jojoa, S., Santacruz, M., y Pilar, J. (2019). IMPACTO AMBIENTAL DE RESIDUOS GENERADOS EN CULTIVOS EN JAULAS DE TRUCHA ARCOIRIS HACIA EL AGUA. *Udenar*, 6(1), 1-24. <https://doi.org/10.22267/revip.1961.13>
- Juste, I. (2019). *Contaminación del suelo: causas, consecuencias y soluciones*. Ecologiaverde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>
- Kogut, P. (2021). *Teledetección: Tipos Y Aplicaciones De Los Sensores Remotos*. EOS Data Analytics : <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Laura, A., González, H., Muñoz, J., y Wagemann, E. (2020). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. bibliotecadigital.ciren.cl: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/77a73772-f684-4efd-84db-87387f01bcc1/content>
- Leon, E. (2022). *Análisis del uso indiscriminado de insumos en la acuicultura y su incidencia en el ambiente*. edu.ec: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19783>
- López, M. (2023). *Manejo de calidad de agua en la industria de la acuicultura en el departamento del meta*. usta.edu.co: <http://hdl.handle.net/11634/54062>
- Maita, J. (2019). *Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los Ecosistemas del sur del Ecuador*. dspace.uazuay.edu.ec: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4933>
- Marin, H., y Chang, J. (2019). *Proyecto investigación 2009 - descripción y análisis de impactos ambientales típicos relacionados a la actividad de producción acuícola en el Ecuador*. Edu.ec: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6180>

- Mártir, A. (2018). La acuacultura como estrategia de desarrollo de zonas costeras y rurales de México. *Ra Ximha*, 2(3), 769-793. redalyc.org: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46120311.pdf>
- Mendez, A. (2024). *Diseño de una metodología multicriterio para la selección y el planteamiento de soluciones basadas en la naturaleza enfocada en erosión costera, como estrategia de adaptación al cambio climático*. [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/11902>
- Mera, M. (2019). *Capitalismo del desastre, el caso de la nueva acaparamiento de la tierra para las camaroneras en los sitios aledaños de los cantones Tosagua y Chone, posterior al terremoto del 16 de abril del año 2016*. [Tesis de grado,, Universidad Politécnica Salesiana]: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17582/1/UPS-QT14016.pdf>
- Morales, D., Garcia, J., y Navarrete, K. (2022). *La actividad camaronera y su incidencia en la Transformación Territorial de la parroquia Cojimíes del cantón Pedernales. Caso de Estudio: Cojimíes*. [Tesis de grado, Universidad San Gregorio de Portoviejo]: <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2856>
- Moreno, F. (2024). Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática. *Revista Electrónica de Veterinaria* , 11(5), 1-20. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63613160006.pdf>
- Mosquera, C. (2023). *Soluciones basadas en la naturaleza para enfrentar los riesgos hidrometeorológicos en el sistema municipal del distrito de la chorrera ubicado en la cuenca de río Caimito, Panamá Oeste, Panamá*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1531>
- NASA. (2019). *Capacitación en Línea Avanzada: La Evaluación de la Precisión de una Clasificación de la Cubierta Terrestre 13 y 20 de febrero de 2018*. Nasa.gov: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/e1-span-final.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). (2019). *Cómo funciona la contaminación del suelo*. https://doi.org/https://www.academia.edu/download/53618803/T5- Caracteristicas_Contaminantes_suelo.pdf

- Oria, F. (2023). *Fotointerpretación y Teledetección*. Unican: https://personales.unican.es/rasillad/docencia/g174/3_fotointerpretacion/principios_basicos.html
- Palacios, Í., y Moreno, D. (2022). Contaminación ambiental. *RECIMUNDO*, 6(2), 93-103. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Peña Ruiz, L. A., y Sánchez De La Peña, W. A. (2020). *Estudio de factibilidad para implementar sistemas de recirculación acuícola (RAS) aplicado a la tilapia roja en los departamentos del Tolima y Huila, disminuyendo los impactos ambientales en fuentes hídricas producidos por la piscicultura convencional*. Corporación Universitaria Minuto de Dios Vicerrectoría Regional Tolima y Magdalena: <https://hdl.handle.net/10656/14095>
- Pillaga, H. (2022). *Estudio multitemporal del cambio de uso del suelo para establecer mecanismos de conservación en la parroquia Baños*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/12823>
- Quezada, A., Sevilla, J., y Avilés, E. (2020). Estimación de la tasa de deforestación en Pastaza y Orellana- Ecuador mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales durante el período 2000-2020. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 6(17), 282 – 299. [revistaalfa.org: https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/download/181/485?inline=1](https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/download/181/485?inline=1)
- Ramirez, J. (2022). *Aspectos socioeconómicos y su determinación producto de la actividad camaronera en la parroquia Puerto Jeli del cantón Santa Rosa*. Economía Mención en Gestión Empresarial: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19898>
- Ramirez, M. (2021). Dinámica espacio-temporal del cambio de uso del suelo en la isla Puná del cantón Guayaquil, provincia de Guayas. *Universidad Nacional de Loja*, 11(2), 85–97. <https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1081>
- Rengel, M. (2024). *La conservación del manglar, un debate político irresuelto : el caso de la propuesta de Ley del Manglar en el Ecuador (2008-2012)*. [Tesis de maestría, FLACSO]: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/10469/6163/T-FLACSO-2013MPRV.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Rodríguez, G. (2019). La gestión ambiental empresarial, su función frente a los cambios climáticos globales. Camaroneras, caso: manglares de Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 45-53. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300005
- Rojas, I., y Salazar, V. (2019). Estudios Sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional*, 28(51), 26. <https://doi.org/10.24836/es.v28i51.507>
- Romero, M., Burneo, I., Zury, W., González, A., y Ramírez, M. (2021). Dinámica espacio-temporal de la producción camaronera en la isla Puná del cantón Guayaquil, provincia de Guayas. *Bosques Latitud Cero*, 11(2), 85-89. <https://doi.org/https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1081>
- Salinas, W., Terrazas, M., y Paredes, C. (2020). Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, durante el periodo 1987 a 2. *Scielo*, 40(2). <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298>
- Sánchez, M., Caltzontzin, V., Flores, P., y Soto, G. (2023). Tecnologías para optimizar el agua en la acuicultura. *Revista Nth*, 1(41), 19-26. https://nth.mx/NTHE_v2/pdfArticulos/PDF_Articulo20230426121453.pdf
- Sentinel-Hub. (2026). *Sentinel-2 L2A Scene Classification Map*. Sentinel Hub custom scripts: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/scene-classification/>
- Silva, M., Watson, G., Watkins, G., Rycerz, A., y Firth, J. (2020). *Mejorando la Resiliencia de la Infraestructura con Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)*. <https://doi.org/10.18235/0002325>
- Sobrino, J., Raissouni, N., Kerr, Y., López, M., El-Kharraz, J., Cuenca, J., y Dempere, L. (2019). *Teledetección*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2883.3283>
- Solé, A., & Cantón, Y. (2005). *Mejora de suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas*. PARJAP' 2005. ALMERÍA. <https://arbolesornamentales.es/Libro%20de%20Almeria%20reducido.pdf#page=61>
- Tapia, L., y Ulloa, A. (2020). *Transiciones en los cambios de uso y cobertura de suelo en la reserva de producción faunística chimborazo*. unach.edu.ec: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7288>

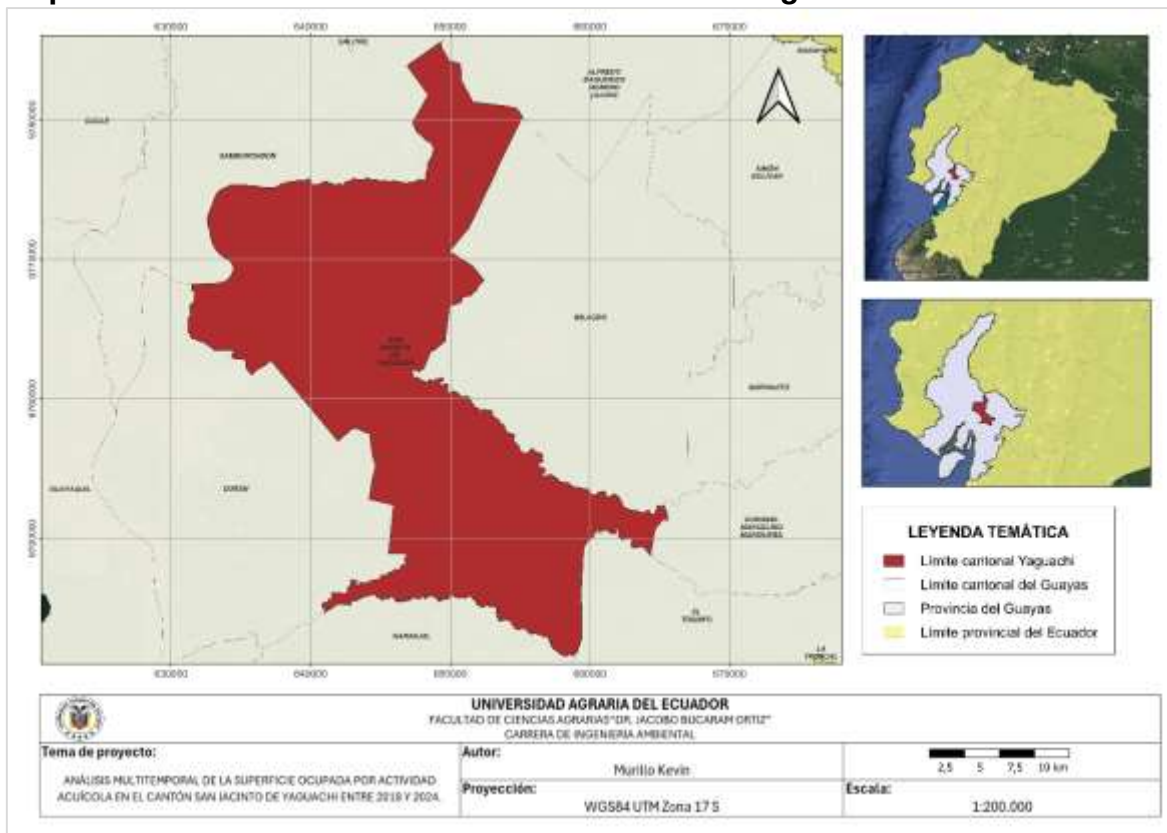
- Torres, M., y Ruíz, A. (2017). *Identificación del cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera en la Costa Caribe colombiana, a partir de la interpretación de imágenes de satélite*. Universidad de La Salle: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/21236>
- UNESCO. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos*. unesco.org: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/es/reports>
- Universidad de Murcia. (2020). *Fotointerpretación. Geología y Geomorfología*. Www.um.es:
<https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fotogeol.html#:~:text=5%20Fotointerpretaci%20n,diferentes%20elementos%20que%20aparecen%20representados>.
- Uriarte, C., Orozco, M., González, O., y Gonzáles, M. (2019). *Análisis de la dinámica de usos del suelo de la Reserva Natural Estero Real, mediante el uso de teledetección*. [riul.unaleon.edu.ni: http://riul.unaleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4835](http://riul.unaleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4835)
- Vega, F., Apolo, N., y Sotomayor, J. (2019). La productividad del sector camaronero en la Provincia de el Oro y su impacto al medio ambiente. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(1), 3-44.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/240>
- Vera, E. (2019). *Evaluación y análisis de los cambios de cobertura vegetal del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas*. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/faa11259-985e-469e-8d17-51af8d9db2e6/content>
- Zedler, J. B., y Kercher, S. (2025). Wetland resources: Status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resource*, 30(1), 39–74. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., y Morocho, A. (2020). Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar*, 17(2), 153-157.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2020.023>
- Flores, R. (2024). El cambio de uso de la tierra es uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad. Obtenido de Gob.ec: <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2024/02/08/el-cambio-de-uso-de-la-tierra-es-uno-de-los-principales-impulsores-de-la-perdida-de-biodiversidad/>

Moreno, F. (2024). Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática. REDVET, <https://www.redalyc.org/pdf/636/63613160006.pdf>.

8. ANEXOS

Anexo N° 1:

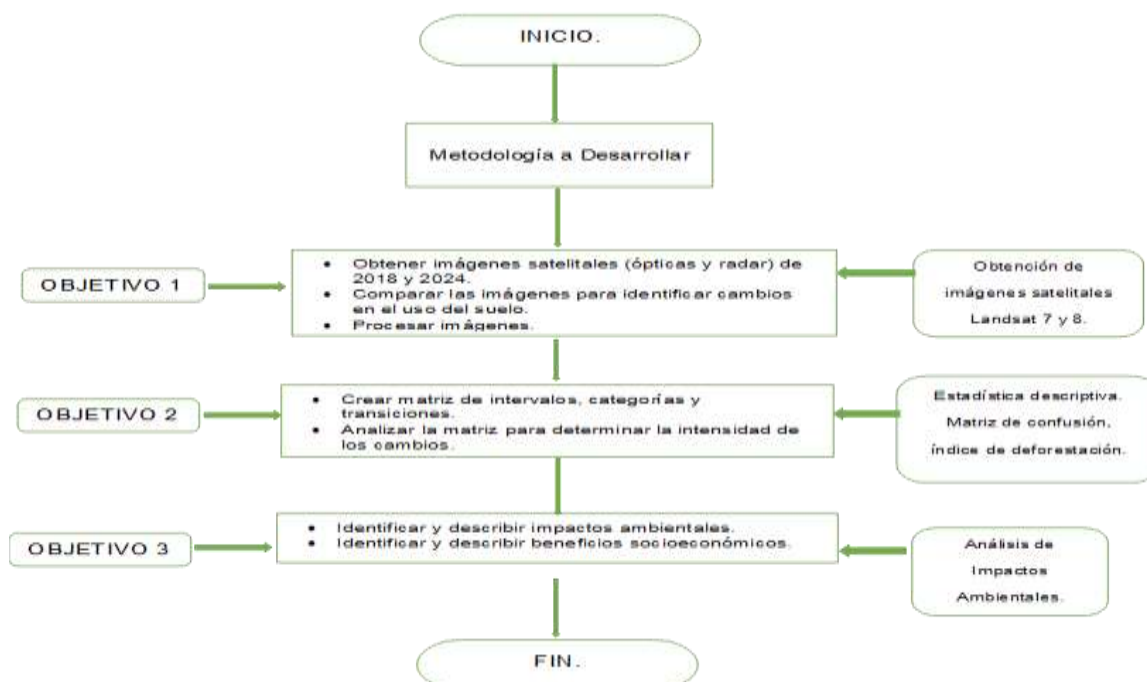
Mapa de delimitación del cantón San Jacinto de Yaguachi.



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N° 2:

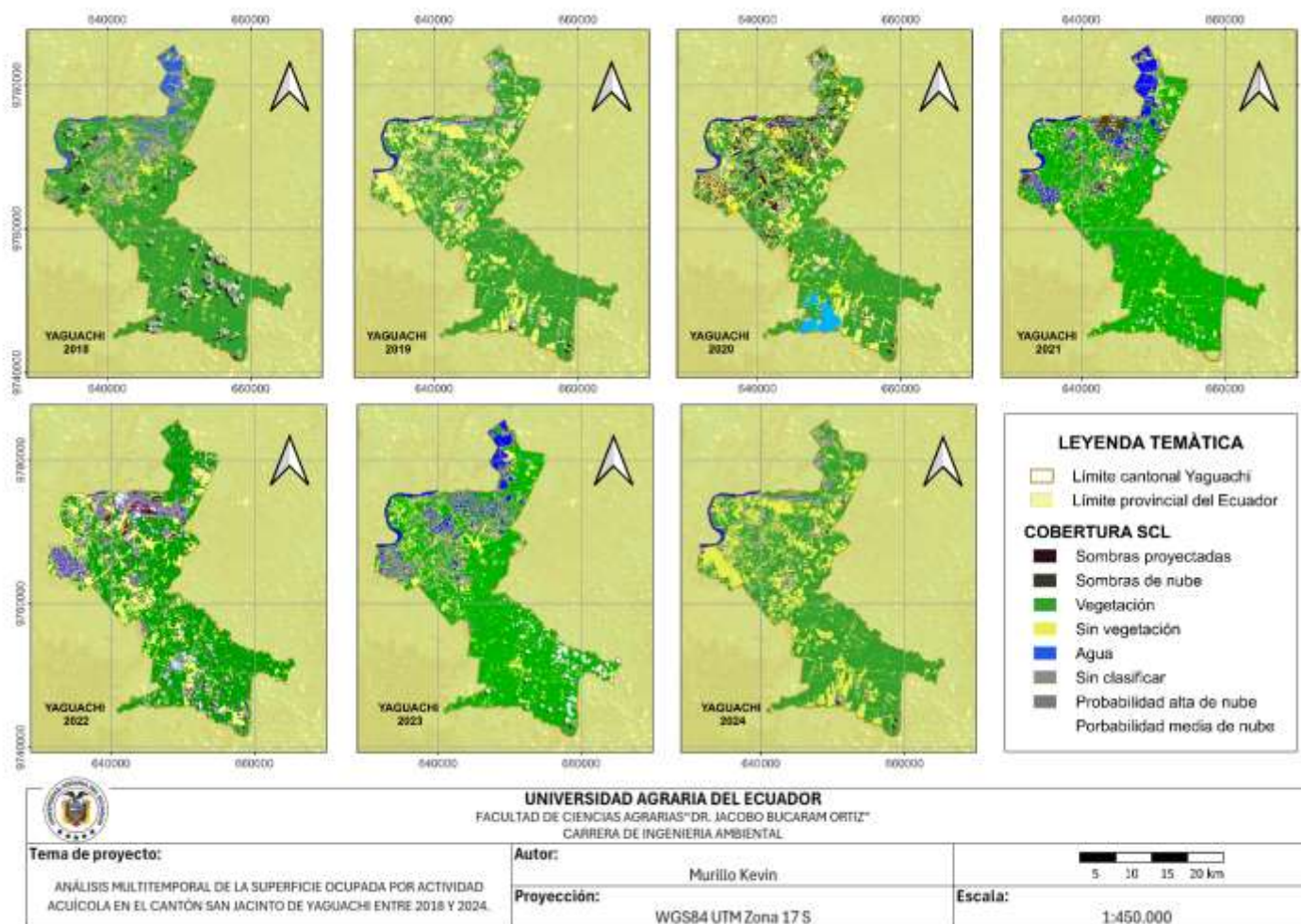
Diagrama de flujo de metodología aplicada.



Elaborado por: El Autor, 2026

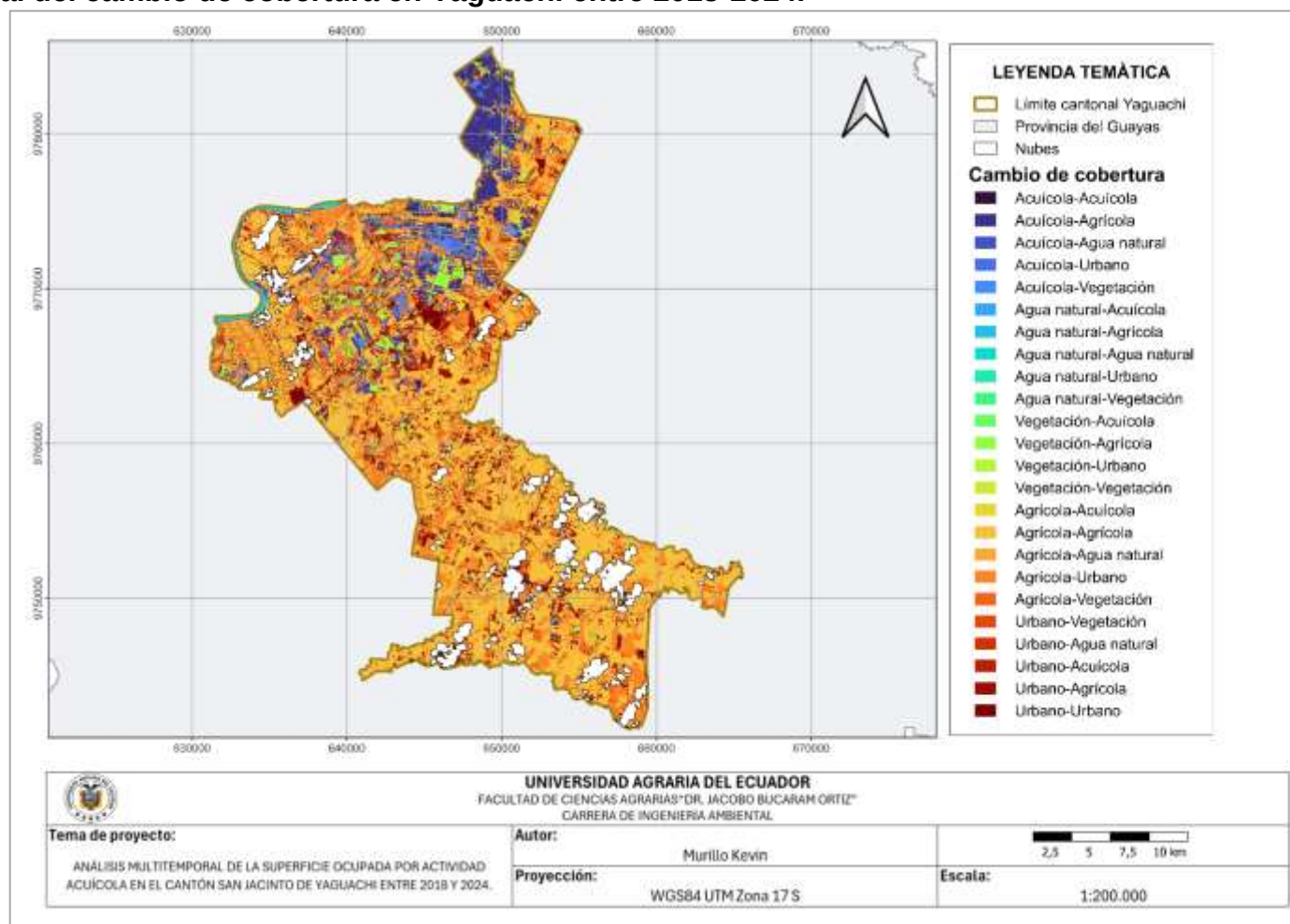
Apéndice 1.

Evolución multitemporal del uso y cobertura SCL en Yaguachi periodo 2018-2024



Elaborado por: El Autor, 2026

Apéndice 2.
Mapa bitemporal del cambio de cobertura en Yaguachi entre 2018-2024.



Elaborado por: El Autor, 2026

Apéndice 3.**Cambio de cobertura SCL en el cantón Yaguachi 2018-2024**

Cambio	Área (Ha)
Sombras proyectadas-Vegetación	24791.219
Sombras proyectadas-Sombras proyectadas	0.12
Sombras proyectadas-Sin vegetación	95.22
Sombras proyectadas-Sin clasificar	9328.016
Sombras de nube-Vegetación	1729.576
Sombras de nube-Sombras proyectadas	75.495
Sombras de nube-Sombras de nube	25.686
Sombras de nube-Sin vegetación	150.367
Sombras de nube-Sin clasificar	0.48
Sombras de nube-Probabilidad media de nube	0.6
Sombras de nube-Agua	0.84
Vegetación-Vegetación	0.12
Vegetación-Sombras proyectadas	1305.595
Vegetación-Sombras de nube	0.48
Vegetación-Sin vegetación	0.60
Vegetación-Sin clasificar	450.734
Vegetación-Probabilidad media de nube	140.645
Vegetación-Probabilidad alta de nube	0.96
Vegetación-Agua	7.12
Sin vegetación-Vegetación	2386.18
Sin vegetación-Sombras proyectadas	0.44
Sin vegetación-Sombras de nube	2.4
Sin vegetación-Sin vegetación	2405.60
Sin vegetación-Sin clasificar	372.105
Sin vegetación-Probabilidad media de nube	2.72
Sin vegetación-Probabilidad alta de nube	0.68
Sin vegetación-Agua	14.61
Agua-Vegetación	2885.26
Agua-Sin vegetación	2.12
Agua-Sin clasificar	1324.226
Agua-Probabilidad media de nube	810.351
Agua-Agua	0.68
Sin clasificar-Vegetación	55.656
Sin clasificar-Sombras de nube	508.034
Sin clasificar-Sin vegetación	6.761
Sin clasificar-Sin clasificar	110.67
Sin clasificar-Probabilidad media de nube	12.284
Sin clasificar-Agua	1.681
Probabilidad media de nube-Vegetación	982.062
Probabilidad media de nube-Sombras de nube	10.362
Probabilidad media de nube-Sin vegetación	248.106
Probabilidad media de nube-Sin clasificar	30.73
Probabilidad media de nube-Agua	1.36
Probabilidad alta de nube-Vegetación	931.123
Probabilidad alta de nube-Sombras de nube	431.675
Probabilidad alta de nube-Sin vegetación	870.583
Probabilidad alta de nube-Sin clasificar	0.04
Probabilidad alta de nube-Agua	552.868

Elaborado por: El Autor, 2026

Apéndice 4.**Cambio de cobertura por clasificación supervisada en el cantón Yaguachi 2018-2024**

Cambio	Área
Agua natural-Agua natural	312.74
Agua natural-Agrícola	21.64
Agua natural-Urbano	17.39
Agua natural-Vegetación	1.99
Agua natural-Acuícola	30.71
Acuícola-Agua natural	78.82
Acuícola-Agrícola	2607.08
Acuícola-Urbano	702.72
Acuícola-Vegetación	1034.63
Acuícola-Acuícola	609.73
Urbano-Agua natural	0.89
Urbano-Agrícola	4292.06
Urbano-Urbano	3301.70
Urbano-Vegetación	1266.23
Urbano-Acuícola	436.68
Agrícola-Agua natural	4.01
Agrícola-Agrícola	19973.97
Agrícola-Urbano	7570.67
Agrícola-Vegetación	3406.97
Agrícola-Acuícola	1577.15
Vegetación-Agrícola	646.01
Vegetación-Urbano	529.82
Vegetación-Vegetación	455.28
Vegetación-Acuícola	163.07

Elaborado por: El Autor, 2026

Apéndice 5.**Matriz de SBN para la mitigación de impacto de actividad acuícola.**

Estrategia	Descripción	Actor principal	Beneficio esperado
Integración de sistemas acuapónicos en zonas agrícolas	Promover la implementación de sistemas de acuaponía, que integren producción de peces con cultivos vegetales, permitiendo aprovechar nutrientes del agua y reducir el uso de suelo adicional.	GAD municipal, productores agrícolas y acuícolas	Diversificación productiva, optimización del uso del agua y reducción de presión sobre suelos agrícolas.
Franjas vegetales de amortiguamiento entre camaroneras y áreas agrícolas	Establecer barreras naturales de vegetación que reduzcan la escorrentía de sedimentos y nutrientes provenientes de las piscinas acuícolas hacia los cultivos.	Productores y GAD municipal	Protección del suelo agrícola y mejora de la calidad del agua.
Uso eficiente del suelo mediante intensificación acuícola sostenible	Incentivar mejoras tecnológicas en las piscinas existentes (mejor manejo del agua, mayor productividad) para reducir la necesidad de expandir nuevas áreas acuícolas.	Productores acuícolas	Mayor productividad sin expansión territorial significativa.
Monitoreo territorial mediante imágenes satelitales	Implementar un sistema de seguimiento del cambio de uso de suelo con imágenes satelitales para identificar tendencias de expansión acuícola y apoyar la planificación territorial.	GAD municipal, instituciones técnicas	Información actualizada para la toma de decisiones y planificación.
Restauración de vegetación en canales y drenajes agrícolas	Recuperar cobertura vegetal en canales de riego y drenaje para mejorar la filtración de contaminantes y la regulación hídrica en zonas agrícolas cercanas a la acuicultura.	GAD municipal y comunidades locales	Reducción de contaminación y mejor manejo del agua.
Capacitación en prácticas acuícolas y agrícolas sostenibles	Desarrollar programas de capacitación para productores sobre manejo de efluentes, uso eficiente del agua y coexistencia entre agricultura y acuicultura.	GAD municipal, instituciones técnicas	Reducción de impactos ambientales y mejora de la productividad.

Elaborado por: El Autor, 2026.