



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

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

**EVALUACIÓN DE AFECTACIONES EN CURSOS DE  
RÍOS Y ESTEROS POR EXPANSIÓN URBANA EN LA  
PARROQUIA LA AURORA, CANTÓN DAULE**

**AUTORA**

**SILVA PONCE ODALIS JAMILEX**

**TUTOR**

**ING. JORGE ALBERTO CORONEL QUEVEDO, MSc.**

**GUAYAQUIL, ECUADOR**

**2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS “DR. JACOBO  
BUCARAM ORTIZ”  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE AFECTACIONES EN CURSOS DE RÍOS Y ESTEROS POR EXPANSIÓN URBANA EN LA PARROQUIA LA AURORA, CANTÓN DAULE, realizado por la estudiante SILVA PONCE ODALIS JAMILEX; con cédula de identidad N° 0954413027 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

Guayaquil, 08 de abril del 2025



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS “DR. JACOBO  
BUCARAM ORTIZ”  
CARRERA INGENIERIA 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: “EVALUACIÓN DE AFECTACIONES EN CURSOS DE RÍOS Y ESTEROS POR EXPANSIÓN URBANA EN LA PARROQUIA LA AURORA, CANTÓN DAULE”, realizado por la estudiante SILVA PONCE ODALIS JAMILEX, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Oce. Leila Zambrano Zavala, M.Sc.  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Carlos Ortega Ordoñez, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Blgo. Raúl Arízaga Gamboa, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Jorge Coronel Quevedo, M.Sc.  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 14 de marzo del 2025

## DEDICATORIA

A Dios por ser mi inspirador, mi guía y fortaleza, y a mi madre querida, la Virgen del Cisne, cuya intercesión me ha sostenido en los momentos difíciles, dedico este logro con profunda gratitud.

A Odalis por cada lágrima derramada y cada desafío superado. Por los cinco años de incansable lucha, de búsqueda de la excelencia, de soportar lo insoportable y de aprender de cada error. Este logro es un testimonio de mi transformación, de mi capacidad para convertirme en la mejor versión de mí misma.

A mi hermanita Domenica Silva, a quien amo profundamente y cuya existencia es un regalo en mi vida, fuente de amor y motivación constante.

A mis padres Luis Silva y Gina Ponce, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo incansable, pilares fundamentales en cada uno de mis logros.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, llegaron a mi vida para brindarme su ayuda, sus palabras de aliento y su sabiduría. A todos ustedes, con infinito cariño y gratitud, dedico este esfuerzo.

Finalmente dedico esta tesis a la memoria de Diego Muñoz, quien, nunca lo supo pero aquel día me salvó y aunque no se encuentre físicamente, permanece siempre en mi corazón y en cada paso que doy. Un humilde homenaje para su legado y al deseo más grande que tenía para mí.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis Padres, a mi Jagger, a mi Pulga, a mi gran amigo Manuel y a mi querida familia.

Agradezco profundamente a mi querido tutor Jorge Coronel, su guía y sus consejos fueron esencial para superar los desafíos que surgieron durante este proceso. A pesar de las dificultades, siempre confié en mi capacidad para lograrlo.

Mi más sincero agradecimiento a Raúl Arizaga, quien ha sido mucho más que un maestro; un amigo y mentor desde mis primeros pasos en el preuniversitario hasta la culminación de esta carrera. Su apoyo constante, sus valiosos consejos y la sabiduría compartida a través de sus experiencias fueron pilares fundamentales para alcanzar esta meta. Su influencia positiva perdurará siempre en mi camino profesional y personal.

A mi mejor amiga de la universidad, Melany, el destino nos cruzó mucho antes de que supiéramos que compartiríamos esta aventura. Gracias por estar a mi lado en cada paso, por ayudarme a superar las adversidades y por aceptarme tal como soy, con mis luces y mis sombras.

A mis amigos Lady, Carlos H, Carlos C y David, esos compañeros de viaje que aparecieron cuando menos lo esperaba, gracias por estar siempre ahí. A pesar de ser tan distintos, siempre encontramos la manera de encajar.

A mis docentes Arturo, Juan Carlos, Carlos, Tomas, Diego, Leila, Karla, y Viviana. Eternamente agradecida, su enseñanza trascendió las aulas, brindándome muchas experiencias y lecciones de vida que me han formado como persona.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, **ODALIS JAMILEX SILVA PONCE**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **“EVALUACIÓN DE AFECTACIONES EN CURSOS DE RÍOS Y ESTEROS POR EXPANSIÓN URBANA EN LA PARROQUIA LA AURORA, CANTÓN DAULE”** para optar el título de **INGENIERA 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 autora 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, 08 de abril del 2025

---

SILVA PONCE ODALIS JAMILEX

**C.I. 0954413027**

## RESUMEN

El presente proyecto analiza el impacto de la urbanización en la hidrología de la parroquia La Aurora, Cantón Daule, Ecuador, destacando cómo el crecimiento acelerado urbano ha transformado significativamente el uso del suelo, afectando la calidad de los cuerpos de agua. El problema central radica en alteración del área de estudio por la construcción de infraestructuras, lo que resulta en inundaciones y pérdida de hábitats acuáticos. El marco teórico se basa en estudios previos sobre la relación entre urbanización y cambios hidrológicos, subrayando la necesidad de un enfoque sostenible. La metodología empleada incluye el análisis de imágenes satelitales y la evaluación de cambios en los cursos de agua, permitiendo cuantificar el impacto de las actividades urbanísticas. Los resultados revelan una reducción significativa en la longitud y conectividad de varios cuerpos de agua, con afectaciones severas en cinco de ellos. Las conclusiones enfatizan la urgencia de implementar soluciones basadas en la naturaleza para mitigar los efectos negativos de la urbanización, promoviendo la conservación de los ecosistemas acuáticos y la sostenibilidad de los recursos hídricos en la región. Se sugiere la participación de las comunidades locales en la planificación y ejecución de estas soluciones para asegurar su efectividad a largo plazo.

**Palabras clave:** Esteros, Expansión urbana, Ríos y Soluciones basadas en la naturaleza.

## **ABSTRACT**

This project analyzes the impact of urbanization on the hydrology of La Aurora parish, Daule Canton, Ecuador, highlighting how accelerated urban growth has significantly transformed land use, affecting the quality of water bodies. The central problem lies in alterations of the study area due to the construction of infrastructure, resulting in flooding and loss of aquatic habitats. The theoretical framework is based on previous studies on the relationship between urbanization and hydrological changes, highlighting the need for a sustainable approach. The methodology used includes the analysis of satellite images and the evaluation of changes in water courses, allowing the impact of urban activities to be quantified. The results reveal a significant reduction in the length and connectivity of several water bodies, with severe impacts in five of them. The conclusions emphasize the urgency of implementing nature-based solutions to mitigate the negative effects of urbanization, promoting the conservation of aquatic ecosystems and the sustainability of water resources in the region. Active participation of local communities in the planning and implementation of these solutions is suggested to ensure their long-term effectiveness.

**Keywords:** *Estuaries, Urban expansion, Rivers and Nature-based solutions.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes del problema .....	2
1.2	Planteamiento y formulación del problema.....	3
1.2.1	Planteamiento del problema.....	3
1.2.2	Formulación del problema.....	5
1.3	Justificación de la Investigación .....	5
1.4	Delimitación de la investigación.....	6
1.5	Objetivo General.....	7
1.6	Objetivos específicos.....	7
1.7	Hipótesis o idea a defender .....	8
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1	Estado del arte .....	9
2.2	Bases científicas y teóricas de la temática .....	12
2.2.1	Expansión urbana .....	12
2.2.2	Agua.....	13
2.2.3	Clasificación de los cuerpos de agua .....	13
2.2.4	Propiedades de los cuerpos de agua .....	15
2.2.5	Expansión Urbana.....	16
2.2.6	Sistemas de Información Geográfica .....	16
2.2.7	Soluciones Basadas en la naturaleza .....	16
2.3	Marco Legal.....	20
2.3.1	Constitución de la República del Ecuador (2008) .....	20
2.3.2	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2016) 21	
2.3.3	Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua (2015).....	23
2.3.4	Código Orgánico del Ambiente (2018) .....	24
2.3.5	Objetivos de Desarrollo Sostenible. ....	24
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1	Enfoque de la Investigación .....	27

3.1.1	Tipo de investigación.....	27
3.1.2	Diseño de investigación .....	28
3.2	Metodología.....	28
3.2.1	Variables .....	28
3.2.2	Matriz de operacionalización de variables.....	28
3.2.3	Tratamientos .....	29
3.2.4	Diseño Experimental .....	29
3.2.5	Recolección de datos. ....	29
3.2.6	Análisis estadístico.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1	Determinación de cambios a cursos de ríos y esteros por actividades urbanísticas del 2005 al año 2024 por medio de comparación visual de imágenes satelitales. ....	34
4.2	Ponderación de variables de cambios de longitud y tipos de alteración física en cursos de agua para la generación de índices y categorización del nivel de afectación.....	43
4.3	Soluciones basadas en la naturaleza a partir del nivel de afectación para la conservación de ríos y esteros.....	45
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
6.1	Conclusiones .....	49
6.2	Recomendaciones .....	50
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>57</b>
	<b>APÉNDICE.....</b>	<b>60</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Matriz de la variable dependiente .....	28
<b>Tabla 2</b> Matriz de la variable independiente .....	29
<b>Tabla 3</b> Porcentaje de cambios o afectaciones de cursos de ríos .....	31
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de tipo de alteración física .....	31
<b>Tabla 5</b> Índice y Nivel de afectación de los cuerpos de agua .....	32
<b>Tabla 6</b> Criterios de niveles de afectación total.....	32
<b>Tabla 7</b> % Cambios en la longitud de cursos de cuerpos de agua .....	43
<b>Tabla 8</b> Detalle de alteración de cuerpos de agua.....	44
<b>Tabla 9</b> Nivel de afectación a partir de índices de longitud y afectación física.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Delimitación del área de estudio .....	7
<b>Figura 2</b> Comparación de Cuerpos de agua localizados en la parroquia La Aurora .....	34
<b>Figura 3</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #10 y #7, año 2005 ....	34
<b>Figura 4</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #10 y #7, año 2024 ...	35
<b>Figura 5</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #6, año 2005 .....	36
<b>Figura 6</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #6, año 2024 .....	37
<b>Figura 7</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #5, año 2005 .....	38
<b>Figura 8</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #5, año 2024 .....	38
<b>Figura 9</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #8, #9 y #11, año 2005 .....	39
<b>Figura 10</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #8, #9 y #11, año 2024 .....	40
<b>Figura 11</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #3, #4 y E. Sabanilla, año 2005 .....	41
<b>Figura 12</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #3, #4 y E. Sabanilla, año 2024 .....	41
<b>Figura 13</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #2, año 2005 .....	42
<b>Figura 14</b> Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #2, año 2024 .....	42
<b>Figura 15</b> Mapa de Red hidrográfica de Pascuales.....	57

**ÍNDICE DE APÉNDICE**

<b>Apéndice 1</b> Propuesta de Soluciones Basadas en la Naturaleza para cuerpos de agua afectados en la parroquia La Aurora .....	60
---	----

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un creciente interés en conocer cómo las actividades antrópicas influyen en las distintas variables climáticas e hidrológicas. Entre las actividades humanas que afectan las variables hidrológicas se destacan la urbanización, los cambios en las prácticas agrícolas y la construcción de las estructuras hidráulicas, entre otras (Chelsea et al., 2011).

El proceso de urbanización tiene impactos significativos en la hidrología de una cuenca hidrográfica, ocasionando una disminución de la infiltración y del flujo base, así como un aumento de los caudales de crecida y los volúmenes de escorrentía. El proceso de urbanización crea áreas impermeables y los sistemas de drenaje pluvial simplifican el sistema de drenaje natural alterando la respuesta de la cuenca ante eventos de precipitación ya que se producen tiempos de concentración más cortos, así como la reducción de los tiempos de recesión (Chow et al., 1994).

Las razones del crecimiento son diversas; en el caso de las ciudades latinoamericanas se pueden citar al crecimiento demográfico natural, la migración del campo a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida y cambios en los patrones de localización de actividades económicas y de vivienda, entre otros. Varias ciudades, cantones y parroquias en el Ecuador han experimentado un acelerado crecimiento, que se pone de manifiesto en un notable incremento del área urbanizada en los últimos años. Una de estas es la parroquia La aurora, Cantón Daule, ubicada a 12 kilómetros de la ciudad de Daule y a 32 kilómetros de Guayaquil (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule [GAD Municipal de Daule], 2022).

En el presente estudio se analizó la influencia que este crecimiento ha tenido en la hidrología del área de la parroquia La Aurora; para ello se realizó un análisis temporal de la variación de superficie urbana a partir de fotografías aéreas e imágenes de satélite, se determinaron cambios de cursos de ríos y esteros por actividades urbanísticas del año 2005 y el año 2024 y mediante la ponderación de variables de cambios de longitud y tipos de alteración de cursos de agua, se generaron índices y una categorización que estableció el nivel de afectación del cuerpo de agua.

## 1.1 Antecedentes del problema

El cantón Daule, se caracteriza por ser uno de los cantones más antiguos y de mayor producción agrícola de la región litoral dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Guayas, cuyos afluentes más importantes son el Daule, el Pula, el Magro y el Jaboncillo. Históricamente, se han creado otros cantones reduciendo en forma significativa su superficie original que en la actualidad corresponden aproximadamente a 534,86 km<sup>2</sup> (Gobierno Autónomo Descentralizado de Daule [GAD], 2022).

La población de Daule está relativamente equilibrada entre el ámbito urbano y rural en la mayor parte de su territorio, con excepción del área urbana satélite La Aurora, la cual tiene un crecimiento explosivo, principalmente, debido al proceso de conurbación de la ciudad de Guayaquil. Según los datos del Censo de Población y Vivienda, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022) el número de habitantes de todo el cantón Daule es de 222.446 (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

El crecimiento acelerado de la denominada Parroquia Urbana Satélite La Aurora puede resumirse en el cambio de uso de suelo 1,423 hectáreas en el lapso de dieciocho años (2000 al 2018), de cultivo de áreas agrícolas, área de bosques y uso agropecuario de más de 4,000 hectáreas a zonas antrópicas (ciudadelas, equipamientos, canteras, etc.). Dicho crecimiento generó un cambio de uso de suelo lo cual ha tenido un significativo impacto sobre este territorio (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule [GAD Municipal de Daule], 2022).

De la información contenida en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [PDYOT] del Cantón Daule 2015-2025, se desprende que el Cantón se ubica sobre tres unidades geológicas que tienen origen de tipo de posicional y tectónico erosivo: Llanura aluvial reciente con 64,5%, Llanura aluvial antigua con 21,33% y Cordillera Chungón – Colonche con el restante 10,32%. En estos sectores se desarrolla una llanura aluvial donde predominan sedimentos del cuaternario y terrenos superficiales. Por las características litológicas los materiales son de fácil erosión especialmente con la presencia de fuertes precipitaciones (Vargas, 2013).

La manera en que La Aurora ha crecido últimamente ha traído cambios importantes a sus ríos, esteros y cuerpos de agua. Desafortunadamente,

muchos de estos cambios están dañando el medio ambiente y haciendo que la vida en la comunidad sea más crítica en épocas de lluvia. La construcción en las riberas de los ríos y esteros ha incrementado la erosión del suelo, lo que ha provocado la sedimentación de los cauces, de tal manera que con el pasar del tiempo los cursos han desaparecido (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule [GAD Municipal de Daule], 2022).

La parroquia La Aurora, cuenta con dos importantes cuerpos de agua que atraviesan su territorio: el río Daule y el estero Sabanilla. El río Daule, uno de los más importantes de la provincia del Guayas, bordea la parroquia por su lado occidental, mientras que el estero Sabanilla, un afluente del río Daule, recorre aproximadamente 9 kilómetros a través de la parroquia La Aurora (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil [EMAPAG], 2017).

El estero Sabanilla fue una fuente de recursos para la comunidad, especialmente para la pesca y la extracción de materiales de construcción. Sin embargo, debido a la contaminación y la falta de manejo adecuado, el estero ha sufrido un deterioro significativo en las últimas décadas. Tanto el río Daule como el estero Sabanilla enfrentan diversos desafíos, como la erosión, la deforestación y la construcción de infraestructura urbana (Gamarra y Guerrero, 2017).

Ante lo expuesto, se acota que la rápida expansión urbana está causando estragos en los ecosistemas acuáticos a nivel global debido a la pérdida de humedales, el deterioro de quebradas y la acelerada urbanización están generando consecuencias graves, desde riesgos ambientales hasta pérdida de biodiversidad por lo cual es necesario abordar este problema y repensar un enfoque hacia un desarrollo urbano más sostenible, que considere la importancia vital de estos entornos acuáticos para la salud pública y la calidad de vida.

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### ***1.2.1 Planteamiento del problema***

La urbanización es el proceso por el cual las superficies ocupadas por las ciudades se instalan y crecen sobre paisajes ambientalmente sensibles de los lechos y bordes de los cauces fluviales. Estas zonas deben ser consideradas como hábitats preferenciales para la recreación de la sociedad, protección de la naturaleza y la biodiversidad, control climático y por, sobre todo, destinadas a

brindar seguridad a la población frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones y anegamientos. Los territorios ocupados por cuencas constituyen sistemas interactivos e integrados que vinculan los cursos superiores con los medios e inferiores de los cursos de agua, las tierras altas con las tierras bajas, los interfluvios con los cauces, y cada uno de sus componentes, tales como clima, suelos, aguas y vegetación (Cuevas, 2021).

El incremento de urbanizaciones genera importantes alteraciones en la red de drenaje. Los usos urbanos y la red de transporte intervienen o en ocasiones reemplazan los cursos naturales de agua, afectando la geometría de la red de drenaje y reduciendo sistemáticamente la densidad de la misma. Es decir, en lugar de dejar que el agua siga su curso natural, se construyen calles y otras superficies que no dejan que el agua se filtre al suelo. Esto está dañando seriamente la forma en que el agua fluye en la zona, y poco a poco está empeorando la calidad del agua en los ríos y arroyos (Arnold y Gibbons, 1996). Además, los canales naturales, que suelen tener curvas, están siendo reemplazados por canales rectos y artificiales (Stone, 2005).

Es fundamental que cualquier intervención en ríos y arroyos se haga después de estudiar cómo afectará al agua, al terreno y a la vida silvestre, especialmente para proteger a los animales y plantas que viven allí. Los ríos y arroyos son como caminos para la naturaleza, donde los animales y plantas se mueven e interactúan. Si se cambia algo en el agua, ya sea su estado físico, químico o biológico, esto afectará inmediatamente a los lugares donde los animales se crían, comen o descansan (Escobar, 2019).

La Aurora, una parroquia urbana con una población de más de 25.000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022). Su crecimiento ha traído consigo un desarrollo acelerado en diversos ámbitos (Escobar, 2019). Notablemente se pueden observar los cambios; se han construido nuevas calles, avenidas, parques y espacios. La actividad comercial ha sido incrementada con la apertura de negocios y centros comerciales. Su rápida expansión urbana ha generado diversos cambios en sus ríos y esteros, muchos de ellos con consecuencias negativas para el ecosistema y la calidad de vida de la comunidad.

Es necesaria una evaluación sistemática y precisa que permita identificar y cuantificar los impactos de la expansión urbana en los cursos de ríos y esteros.

Para ello se llevó a cabo esta evaluación que tiene como fin promover la conservación y restauración de estos ecosistemas vitales. Proporcionar una base sólida para la toma de decisiones al ofrecer una evaluación exhaustiva de los cambios en los cursos de ríos y esteros a través de imágenes satelitales y la propuesta de soluciones basadas en la naturaleza. Además se busca no solo documentar el estado actual, sino también orientar estrategias efectivas para la preservación de los recursos hídricos y la promoción de un desarrollo urbano sostenible en La Aurora.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el porcentaje de afectación por expansión urbana en los cursos de los ríos y esteros de la parroquia La Aurora, Cantón Daule?

### **1.3 Justificación de la Investigación**

El crecimiento de los asentamientos urbanos ha llevado a la degradación y pérdida de cuerpos de agua, lo que ha generado una serie de impactos negativos en el entorno natural y en la calidad de vida de las personas. La canalización de las cuencas hidrográficas para la construcción de carreteras, edificios y otras infraestructuras urbanas ha reducido la capacidad de los ríos para mantener su cauce natural, lo que ha provocado inundaciones, erosión del suelo y la pérdida de hábitats acuáticos. Además, la desviación de vías fluviales para la expansión urbana ha alterado los patrones hidrológicos, disminuyendo la recarga de acuíferos y afectando la disponibilidad de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales (Heilmayr et al., 2020).

El aumento de la población y el desarrollo histórico de la ciudad han provocado que esta se expanda y construya más en el mismo territorio, lo que ha alterado la naturaleza, especialmente el flujo del agua. Aunque la zona ha estado bajo presión humana durante mucho tiempo, los mayores cambios ocurrieron a partir de los años 50, cuando la industria creció y mucha gente se mudó del campo a la ciudad.

La expansión espacial de La Aurora ha implicado ocupar sistemáticamente lechos de inundación fluvial, alterar fondos y bordes de cauces fluviales, cambiar la naturaleza y geometría de las redes hidrográficas, rellenar

humedales y paleocanales, y alterar significativamente la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas (Gamarra y Guerrero, 2017)

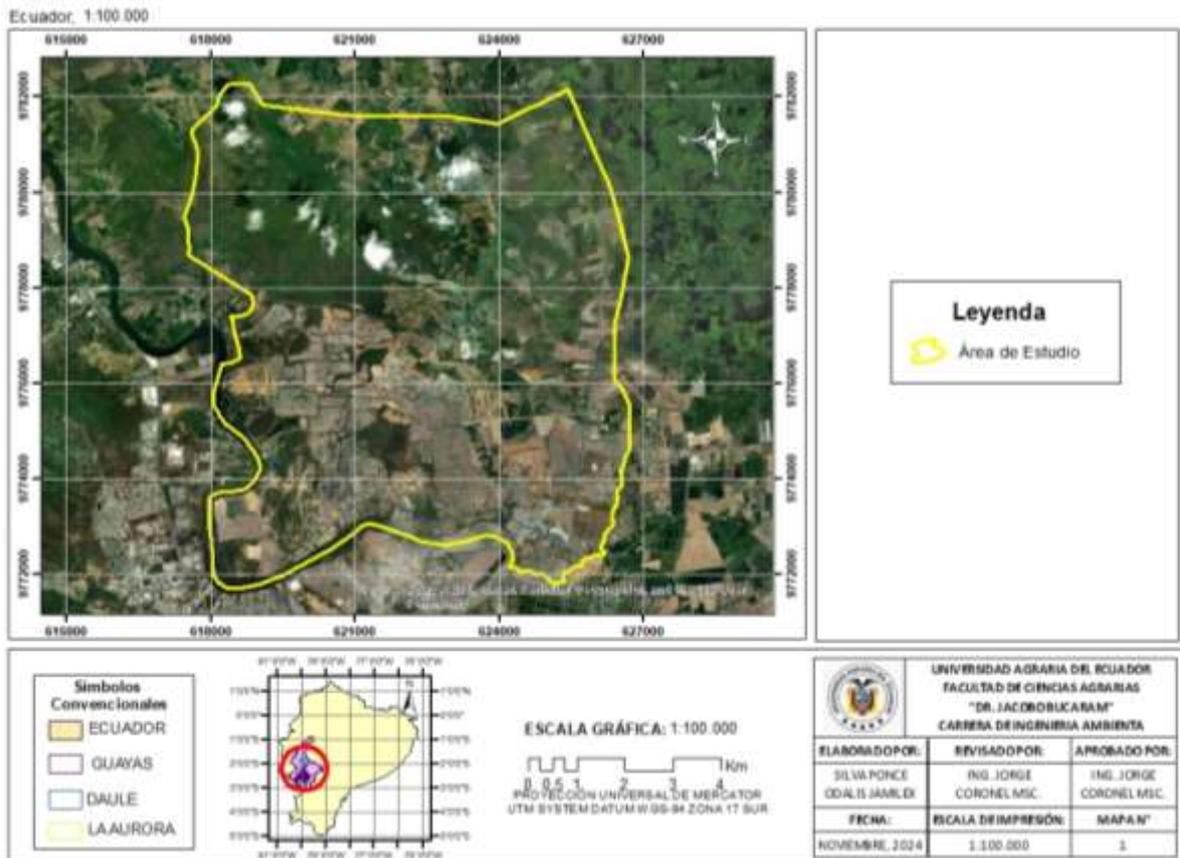
La expansión urbana es un fenómeno global que genera importantes impactos ambientales y sociales. En el caso de la parroquia La Aurora, este proceso ha sido particularmente acelerado en las últimas décadas, lo que ha generado preocupación por sus efectos sobre los cursos hidrográficos y el bienestar de la población (Castillo, 2021)

En este estudio se utilizaron imágenes satelitales y en la metodología empleada a través de SIG QGIS de tipo Software libre se propuso revelar los cambios en los cursos de los cuerpos de agua a lo largo de los años, especialmente influenciados por la expansión urbana. El fin de esta investigación es proporcionar una base de conocimiento que sea relevante para la comunidad local y que sirva como catalizador para medidas gubernamentales. La proyección de las imágenes satelitales no solo evidenciará el impacto de las actividades antropogénicas en los cursos de los ríos, sino que también contribuirá a orientar decisiones y políticas que fomenten la sostenibilidad ambiental y la seguridad de la población en la parroquia La Aurora.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** La parroquia la Aurora se encuentra situada en la provincia del Guayas, Cantón Daule. Sus coordenadas geográficas son Latitud: -2.05536 y Longitud: -79.88224 (Figura 1).

**Figura 1**  
**Delimitación del área de estudio**



Elaborado por: La Autora, 2024

- **Tiempo:** Se llevó a cabo en un período aproximado de 4 meses.
- **Población:** El estudio está enfocado en el sector rural, conformado por los habitantes, autoridades locales y actores relevantes de la parroquia la Aurora. La zona de estudio está poblada con 25 235 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

### 1.5 Objetivo General

Evaluar afectaciones en cursos de ríos y esteros por expansión urbana a través de comparación de imágenes satelitales para la propuesta de soluciones basadas en la naturaleza en la parroquia La Aurora, Cantón Daule.

### 1.6 Objetivos específicos

- Determinar cambios a cursos de ríos y esteros por actividades urbanísticas al año 2024 por medio de comparación visual de imágenes satelitales.

- Ponderar variables de cambios de longitud y tipos de Alteración física de cursos de agua para la generación de índices y categorización del nivel de afectación.
- Proponer soluciones basadas en la naturaleza a partir del nivel de afectación para la conservación de ríos y esteros.

### **1.7 Hipótesis o idea a defender**

La construcción de zonas residenciales en la parroquia La Aurora ha provocado cambios en los cursos de los cuerpos de agua, resultando en afectaciones de alta y media intensidad.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

Los ríos y esteros desempeñan un papel crucial en la biodiversidad y el bienestar humano, proporcionando beneficios esenciales para la salud pública y la calidad de vida, especialmente en entornos urbanos y periurbanos (Cuevas, 2021). No obstante, el crecimiento urbano genera tensiones significativas que amenazan la sostenibilidad de estos ecosistemas, provocando la pérdida, alteración y fragmentación de los humedales costeros en áreas metropolitanas (Vargas, 2013).

Entre los documentos realizados a finales del siglo XX se encuentra la Agenda 21 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992). Fue originada a partir del Programa 21 suscrito por los países miembros de la ONU en el marco de la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que tuvo lugar en Río de Janeiro en 1992. La Agenda 21 establece principios dirigidos al desarrollo sostenible, en definitiva, representa un compromiso hacia la mejora del medio ambiente y con ello, a la calidad de vida de los habitantes de una comunidad, municipio o región.

En Latinoamérica, la urbanización afecta de manera diversa a los humedales costeros en comparación con los países desarrollados. En Concepción, Chile, se ha registrado un aumento del 15% en especies exóticas y una disminución del 12% en especies nativas, atribuidos al avance de la urbanización y la actividad agrícola (Sarricolea et al., 2018). En México, la falta de reconocimiento institucional ha complicado el manejo y la conservación de estos ecosistemas, contribuyendo a una disminución del 20% en la cobertura de humedales costeros. El caso de Tierra del Fuego, Argentina, en la región semiárida, presenta desafíos únicos con una expansión urbana que ha resultado en la pérdida del 18% de los humedales continentales, agravada por la industrialización y la migración descontrolada (Sahagún y Reyes, 2018).

En este ámbito Iturraspe et al. (2021), investigó el impacto del crecimiento urbano en los ríos y esteros de la ciudad de Río Grande en Argentina mediante la caracterización y delimitación de los humedales. La metodología utilizada incluyó el análisis multiespectral de imágenes de satélite para identificar, clasificar y cartografiar los humedales, así como el análisis espacio-temporal de la expansión urbana. Como resultado, se constató que un tercio de la expansión

urbana fue a expensas de la desaparición de humedales, con un aumento del 157% en la superficie urbana, lo que equivale a 38.9 hectáreas por año. Este estudio proporciona una visión detallada de la relación entre el crecimiento urbano y la pérdida de humedales en la ciudad de Río Grande, Argentina, lo que puede ser replicable en otros contextos urbanos costeros con limitaciones de información similar.

Así mismo, Jaque et al. (2021), condujeron la investigación "*Análisis de los efectos del cambio de cobertura de suelo en los procesos de erosión hídrica en la cuenca del estero Coyanco (1986-2020)*" en la Universidad de Concepción. Cuyo objetivo fue analizar entre los años 1986 a 2020 la dinámica y distribución de erosión, en relación con el proceso de cambio de cobertura de suelo mediante el método de RUSLE, la matriz de transición e indicadores de porcentaje de cambio, y el análisis de cambio de cobertura de suelo por medio de imágenes satelitales, para establecer una relación entre las principales transformaciones del paisaje y los procesos erosivos. La matriz de transición indicó cambios en la mitad de la cuenca, destacándose un incremento del 85% en el uso forestal de 1986 a 2020 donde el crecimiento urbano aumentó un 332%, y los suelos agrícolas experimentaron fluctuaciones del -23% a 83%. Estos hallazgos subrayan la estrecha relación entre el uso del suelo, los procesos de cambio y las transformaciones en la cuenca del estero Coyanco.

Los ríos se encuentran entre los ecosistemas más diversos, dinámicos y productivos de la Tierra. Al analizar las variaciones de la extensión del agua observadas a partir de imágenes Landsat de cuatro décadas. La dinámica morfológica prevaleció en ~20% del área fluvial global. Las construcciones en auge de embalses, principalmente sesgadas en Asia y Sudamérica, contribuyeron a ~32% del ensanchamiento de los ríos. Las señales hidrológicas restantes se caracterizaron por puntos críticos contrastantes, incluido el ensanchamiento prominente de los ríos en las regiones alpinas y panárticas y el estrechamiento en los interiores continentales áridos/semiáridos, impulsados por tendencias variables en el forzamiento climático, la respuesta criosférica al calentamiento y la gestión humana del agua (Wu et al., 2023).

A nivel nacional, investigó la transformación de las ciudades ecuatorianas, centrándose en la relación de estas con sus quebradas destacando el deterioro de esta relación debido a la expansión urbana acelerada, con intervenciones que

priorizan ríos principales, relegando a las quebradas. En el caso de Cuenca, a pesar de ser referente en el tratamiento de ríos, el crecimiento desde 1950 ha afectado más del 80% de las 183 quebradas urbanas. Este patrón se replica nacionalmente, generando riesgos como inundaciones y contaminación, además de pérdida de características ecosistémicas (Lahoz, 2014).

Ecuador es uno de los países adherentes al Marco de Sendai, el cual procura la reducción de los impactos de desastres naturales en la población vulnerable. Ofrece lineamientos sobre el manejo de esta temática a través de cuatro prioridades y siete objetivos. Este Marco reconoce la importancia de las SbN para la reducción del riesgo de desastres y la construcción de resiliencia. En este particular el Marco destaca la necesidad de fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres, incluyendo la promoción de las SbN. Busca comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones, incluyendo la exposición, la vulnerabilidad y las características de las amenazas. Por otra parte, impulsa a prepararse para “reconstruir mejor” después de un desastre, lo que incluye la promoción de SbN. Además destaca la necesidad de potenciar las SbN para reducir el riesgo de desastres. Este Marco, destaca la importancia de la cooperación y la colaboración entre los diferentes actores, incluyendo los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado para promover las SbN y reducir el riesgo de desastres (Naciones Unidas, 2015).

Las ciudades son parte de la contribución a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) adoptados desde el año 2015 y los cuales son según las Naciones Unidas “... un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años”. Según Clever Cities, las SbN aportan a los ODS 3, 8, 11, 13. Las SbN son una herramienta importante para alcanzar los ODS ya que pueden contribuir a la mitigación del cambio climático, la seguridad alimentaria, la salud, la seguridad, el agua y la prosperidad.

No obstante Álvarez y Carranza (2024), han llevado a cabo una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos para analizar una amplia variedad de aspectos urbanos en la Parroquia La Aurora. Al examinar detalladamente la densidad bruta poblacional y la densidad neta residencial, se ha puesto de manifiesto una situación desafiante en la morfología urbana,

caracterizada por una densidad poblacional que se sitúa por debajo de los niveles óptimos, generando un impacto negativo en las distancias y relaciones de cohesión social. En consecuencia de lotes más pequeños o grandes, deja como resultado un tejido de grandes masas generadas en las urbanizaciones privadas y, de pequeñas masas ubicadas en la Cooperativa Nueva Aurora.

## **2.2 Bases científicas y teóricas de la temática**

### **2.2.1 *Expansión urbana***

La expansión urbana es el crecimiento descontrolado de las ciudades a sus alrededores, en las que una de sus principales características es debida a un aumento de la superficie ocupada. Como nos indica García et al., 2019 las ciudades se expanden masiva y continuamente alrededor de todo su perímetro, haciéndolo de manera atomizada, a muy baja densidad. Esto no es visible fácilmente, sino que, con los años, la ciudad se va densificando manera progresiva, también denominado transición urbana, lo que hace referencia a un cambio poblacional que pasa de pequeños asentamientos rurales agrícolas a convertirse en grandes asentamientos urbanos con mayor densidad poblacional.

#### **2.2.1.1. Procesos y Causas de la expansión urbana.**

Según Sánchez et al., 2019, la presión social y de las industrias induce la expansión de superficies urbanas de forma rápida con poca planificación. La falta de claridad en los documentos oficiales, sumada a la carencia de buenas herramientas de planificación a nivel nacional, regional y local, dificulta la correcta organización del uso del suelo. Unas de las principales causas que impulsan el crecimiento urbano pueden ser factores socioeconómicos, geográficos o físicos, ya que las políticas gubernamentales pueden determinar la forma y el ritmo de la expansión urbana.

#### **2.2.1.2. Impactos ambientales de la expansión urbana en los cursos de agua.**

Para Bustamante(2022), los impactos negativos de orden ambiental incluyen la contaminación atmosférica a consecuencia de la dependencia del uso de los vehículos, la impermeabilización de suelos y con ello la falta de captura de aguade lluvia por los sistemas naturales intervenidos. Como resultado, las

personas que viven en las áreas cercanas se ven obligadas a mudarse, lo que crea nuevas comunidades que consumen los recursos naturales y generan desechos que contaminan el aire, el agua y el suelo. Además, se producen otros problemas, como el aumento de la temperatura en las ciudades y el deterioro del paisaje, lo que afecta tanto a los animales y plantas locales como a la calidad de vida de los habitantes.

La urbanización de las cuencas es un proceso que afecta rápida y crecientemente a las ciudades en general. La construcción de ciudades cambia la forma en que el agua se mueve en la naturaleza, especialmente la cantidad de agua que corre por la superficie o se acumula en el suelo cuando llueve mucho.

Se vinculan dichos cambios con la presencia de riesgos naturales, que son investigados mediante interpretación de fotografías aéreas, trabajos de terreno y entrevista con informantes clave. Las ciudades que se encuentran en las cuencas experimentan un rápido crecimiento, lo que significa que las áreas urbanas se expanden a expensas de los espacios naturales. Esto provoca cambios importantes en el ciclo del agua, como un aumento en la cantidad de agua que corre por la superficie y modificaciones en la forma y cantidad de canales de drenaje (Mardones y Vidal, 2001).

### **2.2.2 Agua**

El agua es un elemento esencial para la vida en la Tierra, desempeñando un papel fundamental en la supervivencia de los seres vivos, el mantenimiento de los ecosistemas y el desarrollo de las actividades humanas. La comprensión de sus características y su importancia en la vida cotidiana es crucial para promover su uso sostenible y proteger este recurso invaluable (Valdivieso, 2021).

### **2.2.3 Clasificación de los cuerpos de agua**

Debido al ciclo hidrológico, los cuerpos de agua se encuentran interconectados. Suarez (2015) define los diferentes cuerpos de agua que componen el planeta Tierra:

### **2.2.3.1. Ríos.**

Los ríos son corrientes de agua dulce que fluyen continuamente por un cauce en la superficie terrestre. Estos importantes ecosistemas aportan a la vida en un sinnúmero de maneras, desde proveer agua potable y riego para la agricultura hasta albergar diversas especies y brindar oportunidades de esparcimiento (Vela, 2018).

Estas corrientes de agua se singularizan debido a que fluyen unidireccionalmente con velocidades que varían entre 0,1 y 1 m/s. Su flujo depende de las condiciones climáticas en que se encuentre y de las propiedades del área de drenaje.

### **2.2.3.2. Esteros.**

Los esteros son ecosistemas acuáticos que se encuentran en zonas costeras o estuarinas. Se caracterizan por tener aguas salobres, es decir, una mezcla de agua dulce y agua salada. Además, son importantes para la biodiversidad, ya que proporcionan un hábitat para una variedad de plantas y animales (Cárdenas y Catagua, 2023).

Los esteros se forman por la acumulación de sedimentos en la desembocadura de los ríos. Estos sedimentos crean un terreno bajo y pantanoso que es ideal para el crecimiento de plantas acuáticas. También pueden formarse por la inundación de tierras bajas costeras (Galbán, 2022).

Sin embargo, los esteros están amenazados por una variedad de factores incluyendo la contaminación; estos, pueden provocar la muerte de plantas y animales, la sedimentación; obstruyen los canales de los esteros, dificultando el flujo del agua, la urbanización; provoca a destrucción de los esteros para la construcción de viviendas, carreteras y otros desarrollos (Bustamante, 2022).

### **2.2.3.3. Lagos.**

Los lagos son cuerpos de agua dulce que se acumulan en depresiones de la superficie terrestre. A diferencia de los ríos, que fluyen hacia el mar, los lagos no tienen salida superficial constante. Su agua se acumula en una cuenca cerrada. Además, los lagos varían mucho en su tamaño, forma y origen (Araque et al, 2019).

Su velocidad varía entre 0.01 y 0.001 m/s lo que indica que es relativamente baja. Esto produce que el agua se estabilice en este sistema acuático hasta varios años. Su calidad depende de los períodos de estratificación y del estado trófico.

#### **2.2.3.4. Ciénagas.**

Son ecosistemas acuáticos que se caracterizan por tener aguas salobres, es decir, una mezcla de agua dulce y agua salada. Se encuentran en zonas costeras o estuarinas y son importantes para la biodiversidad, ya que proporcionan hábitat para una variedad de plantas y animales (Chilán y Montesdeoca, 2019).

Las ciénagas se forman por la acumulación de sedimentos en la desembocadura de los ríos. Estos sedimentos crean un terreno bajo y pantanoso que es ideal para el crecimiento de plantas acuáticas. Las ciénagas también pueden formarse por la inundación de tierras bajas costeras. Además, son importantes para la biodiversidad ya que proporcionan hábitat para una variedad de plantas acuáticas, como algas, pastos marinos, manglares. Estas plantas son importantes para la alimentación y refugio de peces, crustáceos, moluscos y otros animales acuáticos (Rodríguez y Olarte, 2020).

#### **2.2.3.5. Estuarios.**

Los estuarios son ecosistemas costeros que se forman donde los ríos se encuentran con el mar. Son zonas de transición entre los sistemas acuáticos continentales y marinos, se caracterizan por tener una mezcla de agua dulce y salada. Se encuentran intermedios entre el mar y un río. Además, se forman por la acción de las mareas, que entran y salen del río. Las mareas arrastran agua salada del mar hacia el río, y viceversa. Esta mezcla de agua crea un hábitat único para una variedad de plantas y animales (González, 2022).

### **2.2.4 Propiedades de los cuerpos de agua**

Agurto (2014) refiere que el agua posee propiedades físicas y químicas entre las cuales tenemos:

#### **2.2.4.1. Propiedades físicas.**

El agua es inodora, incolora e insípida. Se la puede encontrar en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Tiene una densidad de 1 g/cc a 4 °C. Su punto de congelación es de 0 °C y su punto de ebullición es de 100 °C.

#### **2.2.4.2. Propiedades químicas.**

El agua reacciona con los óxidos básicos y ácidos, con los metales y no metales. Ésta al unirse con las sales forma hidratos.

#### **2.2.5 Expansión Urbana**

La urbanización de áreas, ya sean de carácter agrícola o rural, deja un impacto perdurable que puede persistir durante siglos o incluso resultar irreversible. La conversión de tierras agrícolas en zonas residenciales o infraestructuras conlleva un impacto generalmente permanente y, en ocasiones, solo reversible con un costo considerablemente elevado (Lahoz, 2014).

#### **2.2.6 Sistemas de Información Geográfica**

Es un sistema compuesto por hardware, software, bases de datos, procesos y personal, que se emplea para describir y categorizar la Tierra y sus elementos con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente (Centro Europeo de Posgrado y Empresa [CEUPE], 2014).

#### **2.2.7 Soluciones Basadas en la naturaleza**

La idea de un desarrollo sostenible basado en la naturaleza no es algo reciente. Algunos de estos métodos, como la agroforestería o los servicios ecosistémicos, ya se utilizaban desde la década de 1960; más sin embargo, el concepto de ABE se manifestó por primera vez en el año 2008 previo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y su definición abarca el Plan de Acción de Bali.

En base a este planteamiento, el mismo año, el Banco Mundial presento por primera vez el concepto de Soluciones Basadas en la Naturaleza como una propuesta de infraestructura sostenible, la cual dentro del contexto académico fue presentada por la Unión Internacional en 2012 para Conservación de la

Naturaleza (IUCN, por sus siglas en ingles) y en 2015 por la Comisión Europea (Kabisch, Frantzeskaki, y Hansen, 2022).

En este apartado se procede a explicar algunos conceptos básicos sobre las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y la relación que comparte con la ecología urbana, sistemas socio-ecológicos y servicios ecosistémicos como base para comprender de manera más sencilla sobre la aplicación de las medidas de la ABE en ciudades.

### **2.2.7.1 Ecología y Ecología urbana.**

Se entiende como Ecología la ciencia que estudia la interacción de los seres vivos y su entorno que pueden considerarse individuos u organismos, ya sea entre ellos o con una matriz ambiental poco organizada. Los sistemas a este nivel se denominan ecosistemas, y la ecología es la biología de los ecosistemas. De la misma manera, (Hall y Balogh, 2019), hacen mención que Tansley fue el pionero en utilizar la palabra ecosistema en el año de 1935 definiéndolo como "todo el sistema" (en el sentido de la física), que engloba un conjunto de organismos vivos y su entorno físico (los factores del hábitat en el sentido más amplio), incluyendo no solo la biosfera sino también los elementos de la litosfera, la hidrosfera y la atmosfera. De tal manera que, la Ecología urbana puede definirse como el estudio de la estructura y función de los ecosistemas creados por los seres humanos, analizando las interacciones entre sus componentes vivas y no vivas de esos entornos; así como, la cuantificación de los flujos de energía, materiales y nutrientes que son necesarios para mantener los sistemas urbanos (Hall y Balogh, 2019).

Cabe recalcar, que el concepto de ecología urbana ha ido evolucionando a lo largo de las últimas décadas, conservando siempre un enfoque a la disciplina que lo estudia. No obstante, según (Wu, 2014) indica que existen 3 perspectivas que deben considerarse al momento de estudiar la ecología urbana: La ecología en las ciudades, ecología de las ciudades y sostenibilidad de las ciudades.

Dando a entender que la ecología urbana, se caracteriza por el estudio de los patrones espacio-temporales, los impactos ambientales y la sostenibilidad de los procesos urbanos poniendo especial atención a la conservación de la biodiversidad. Haciendo de la ecología urbana una ciencia verdaderamente

interdisciplinaria y transdisciplinaria integrando la investigación con la práctica (Wu, 2014).

### **2.2.7.2. Sistemas Socio-ecológicos y Servicios Ecosistémicos.**

Los sistemas socio-ecológicos hace referencia a la interacción regular entre los seres humanos y el medio natural, resaltando que los seres humanos son parte de la biosfera y no un sistema independiente (Folke et al. 2016). En este aspecto, los sistemas socio-ecológicos subrayan que las personas, las comunidades, las economías, las sociedades y las culturas son partes integradas de la biosfera y le dan forma, desde las escalas locales hasta globales (Folke y Berkes, 2000). A su vez, las personas, las comunidades, las economías, las sociedades y las culturas están conformadas, dependen y evolucionan con la biosfera. De este modo, el ser humano no solo interactúa con la biosfera, sino que son habitantes de la misma junto con toda la vida en la Tierra, configurando su capacidad de recuperación de diversas maneras, tanto a nivel local como global, consciente o inconscientemente (Folke et al., 2016).

Es posible afirmar con rotundidad que los ecosistemas mantienen una red de interacciones que generan productos de gran beneficio para el ser humano. Entre estos beneficios se encuentran la producción de alimentos, agua limpia y aire fresco, los árboles y otra vegetación, actúan como filtro para la contaminación del aire y pueden reducir el riesgo de inundación por retención de escorrentía e infiltración. Por otra parte, la naturaleza ejerce una influencia fundamental en la vida de las personas, por ejemplo, proporcionando entornos de restauración, con fines educativos, ofreciendo inspiración y promoviendo la creatividad. La provisión de estos servicios hacia los humanos por la naturaleza se define bajo el concepto de Servicios Ecosistémicos (Kabisch et al., 2017).

En base a lo expuesto, los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en cuatro categorías como servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales. Esta clasificación fue propuesta por el Informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en 2005, constituye el marco de clasificación más ampliamente utilizado en la actualidad (Hall y Balogh, 2019).

### **2.2.7.3. Adaptación basada en ecosistemas.**

Según el criterio de la Comisión Europea, la ABE pertenece a un conjunto de enfoques conocidos como Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), entre los cuales también se incluyen algunos otros enfoques integradores, tales como la Infraestructura Verde y de Servicios Ecosistémicos.

La ABE, es descrita como: “el uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a la gente a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático” (Hagenlocher et al., 2018). Esencialmente, se puede decir que esto hace referencia a las acciones concretas que cumplen con la protección, administración y restauración del capital natural, abordando de esta manera los desafíos sociales de una forma adaptativa y, sobre todo, efectiva. Esto comprende tanto acciones estructurales como no estructurales, que pueden abarcar desde la restauración del ecosistema hasta la gestión integrada de recursos, infraestructura verde y más (Hall y Balogh, 2019).

En líneas generales, la adaptación basada en ecosistemas ha llegado a transformarse en una alternativa totalmente válida para el desarrollo y actualización de infraestructura en ciudades, dando cabida a un enfoque de mayor resiliencia y sostenibilidad, manteniendo la armonía con el ecosistema urbano, el cual mantiene un enfoque integrador en el que las medidas de ABE pueden llegar a estar inspiradas en la naturaleza, utilizar la naturaleza en el proceso, o ser compatibles con ella. Las opciones de ABE pueden ser implementadas a distintas escalas y en sectores diversos, por lo que, su ejecución integra a una lista variada de actores públicos y privados, desde gobiernos nacionales y regionales, hasta comunidades locales, empresas privadas y ONG, involucrando, además, a múltiples campos académicos (Wu, 2014). En el contexto de las ciudades, el alcance de las medidas de ABE puede comprender desde la microescala (edificios o jardines) hasta la macroescala, es decir, a nivel de la ciudad como tal, propiciando así, beneficios no solo de índole ambiental, sino también socioeconómicos, basándose en un enfoque de manejo de sistemas socio-ecológicos y de ecología urbana. Las medidas de ABE presentan, además, una fuerte compatibilidad con los enfoques de trabajo comunitario, generando considerables beneficios sociales a nivel local, y promoviendo paralelamente un compromiso mayor desde los gobiernos

correspondientes. De igual manera, las ABE, constantemente corresponden a una pieza integral de las estrategias generales de adaptación, entre ellas las políticas y medidas de actuación, puesto que los esfuerzos de adaptación convergen en beneficios colaterales que trascienden la adaptación, como lo es la conservación de la biodiversidad, el mejoramiento de la calidad de vida, la disminución del riesgo de desastres y la restauración de ecosistemas (Kabisch et al., 2017).

Respecto a este contexto, varios autores (Hall y Balogh, 2019) (Kabisch et al., 2017) están de acuerdo en que la adaptación basada en ecosistemas, por medio de un enfoque de sistemas socio-ecológicos que logren incorporar conceptos de servicios ecosistémicos y ecología urbana, es trascendental para una mayor comprensión de los servicios urbanos y una gestión más efectiva de los ecosistemas y la infraestructura, para así poder satisfacer los objetivos y requerimientos de las constantemente crecientes y ampliamente diversas poblaciones urbanas, en el contexto de adaptación al cambio climático.

## **2.3 Marco Legal**

### **2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)**

#### **Título II**

#### **Capítulo 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).

#### **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 (pág. 33).

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. 33).

**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. 33)

## **Capítulo Segundo**

### **Biodiversidad y Recursos Naturales**

#### **Sección Sexta**

##### **Agua**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (pág. 123).

**Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (pág. 123).

#### **2.3.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2016)**

##### **Título I**

##### **Disposiciones Preliminares**

##### **Capítulo I**

##### **De los Principios**

**Art. 1.-** Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria (pág. 3).

**Art. 2.-** Ámbito de aplicación. La presente Ley Orgánica regirá en todo el territorio nacional, quedando sujetos a sus normas las personas, nacionales o extranjeras que se encuentren en él (pág. 3).

**Art. 3.-** Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución (pág. 3).

##### **Sección Tercera**

##### **Gestión y Administración de los Recursos Hídricos**

**Art. 35.-** Principios de la gestión de los recursos hídricos. La gestión de los recursos hídricos en todo el territorio nacional se realizará de conformidad con los siguientes principios:

a. La cuenca hidrográfica constituirá la unidad de planificación y gestión integrada de los recursos hídricos (pág. 13).

b. La planificación para la gestión de los recursos hídricos deberá ser considerada en los planes de ordenamiento territorial de los territorios comprendidos dentro de la cuenca hidrográfica, la gestión ambiental y los conocimientos colectivos y saberes ancestrales (pág. 13).

- c. La gestión del agua y la prestación del servicio público de saneamiento, agua potable, riego y drenaje son exclusivamente públicas o comunitarias (pág. 13).
  - d. La prestación de los servicios de agua potable, riego y drenaje deberá regirse por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad; y (pág. 13).
  - e. La participación social se realizará en los espacios establecidos en la presente Ley y los demás cuerpos legales expedidos para el efecto (pág. 13).
- Art. 36.-** Deberes estatales en la gestión integrada. El Estado y sus instituciones en el ámbito de sus competencias son los responsables de la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica. En consecuencia, son los obligados a:
- a. Promover y garantizar el derecho humano al agua;
  - f. Regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad (pág. 13).
  - g. Conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas marino costeros, altoandinos y amazónicos, en especial páramos, humedales y todos los ecosistemas que almacenan agua (pág. 13).
  - b. Promover y fortalecer la participación en la gestión del agua de las organizaciones de usuarios, consumidores de los sistemas públicos y comunitarios del agua, a través de los consejos de cuenca hidrográfica y del Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua; y (pág. 13).
  - h. Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua; y (pág. 13).
  - i. Recuperar y promover los saberes ancestrales, la investigación y el conocimiento científico del ciclo hidrológico (pág. 13).

## **Capítulo VI**

### **Garantías Preventivas**

#### **Sección Segunda**

#### **Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua**

**Art. 79.-** Objetivos de prevención y conservación del agua. - La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a. Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o *sumak kawsay*, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
- b. Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
- c. Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
- d. Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
- e. Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

f. Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

j. Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico (pág. 23).

**Art. 80.-** Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental.

Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley (pág. 23).

**Art. 81.-** Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional (pág. 23).

**Art. 82.-** Participación y veeduría ciudadana. Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley (pág. 23).

**2.3.3 Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua (2015).**

**5.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios**

5.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (pág. 11).

5.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario se establecen en la Tabla 4, ubicada en anexos (pág. 11).

5.1.2.4 Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: La turbiedad de las aguas debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);

- a. Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- b. Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- c. Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la vida acuática y silvestre y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

Ya que no se menciona el parámetro nitratos dentro de los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se tomó como referencia el criterio establecido en calidad de aguas para uso pecuario (nitratos+nitritos= 10,0 mg/l). De igual forma respecto al parámetro Sólidos totales, el cual se tomó como referencia de los criterios establecidos en límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (ST= 1600,0 mg/l) (pág. 11).

#### **2.3.4 Código Orgánico del Ambiente (2018)**

##### **Capítulo V**

##### **Calidad de los Componentes Abióticos y Estado de los Componentes Bióticos**

**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.

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 (pág. 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 (pág. 55).

##### **2.3.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible— aprobada por los dirigentes mundiales en septiembre de 2015 en una cumbre histórica de las Naciones Unidas — entraron en vigor oficialmente el 1 de enero de 2016. Con estos nuevos Objetivos de aplicación universal, en los próximos 15 años los países intensificarán los esfuerzos para poner fin a la pobreza en todas sus formas, reducir la desigualdad y luchar contra el cambio climático garantizando, al mismo tiempo, que nadie se quede atrás.

A pesar de que los ODS no son jurídicamente obligatorios, se espera que los gobiernos los adopten como propios y establezcan marcos nacionales para el logro de los 17 objetivos. Los países tienen la responsabilidad primordial del seguimiento y examen de los progresos conseguidos en el cumplimiento de los objetivos, para lo cual será necesario recopilar datos de calidad, accesibles y oportunos. Las actividades regionales de seguimiento y examen se basarán en análisis llevados a cabo a nivel nacional y contribuirán al seguimiento y examen a nivel mundial.

#### **Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento**

El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que queremos vivir. Hay suficiente agua dulce en el planeta para lograr este sueño.

La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente vivas en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce.

#### **Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

Las ciudades son hervideros de ideas, comercio, cultura, ciencia, productividad, desarrollo social y mucho más. En el mejor de los casos, las ciudades han permitido a las personas progresar social y económicamente.

Ahora bien, son muchos los problemas que existen para mantener ciudades de manera que se sigan creando empleos y prosperidad sin ejercer presión sobre la tierra y los recursos. Los problemas comunes de las ciudades son la congestión, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura.

Los problemas que enfrentan las ciudades se pueden vencer de manera que les permita seguir prosperando y creciendo, y al mismo tiempo aprovechar mejor los recursos y reducir la contaminación y la pobreza. El futuro que queremos incluye a ciudades de oportunidades, con acceso a servicios básicos, energía, vivienda, transporte y más facilidades para todos.

#### **Objetivo 14: Vida Submarina**

Los océanos del mundo – su temperatura, química, corrientes y vida – mueven sistemas mundiales que hacen que la Tierra sea habitable para la humanidad.

Nuestras precipitaciones, el agua potable, el clima, el tiempo, las costas, gran parte de nuestros alimentos e incluso el oxígeno del aire que respiramos provienen, en última instancia del mar y son regulados por este. Históricamente, los océanos y los mares han sido cauces vitales del comercio y el transporte. La gestión prudente de este recurso mundial esencial es una característica clave del futuro sostenible.

#### **Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres**

El 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques y estos, además de proporcionar seguridad alimentaria y refugio, son fundamentales para combatir el cambio climático, pues protegen la diversidad biológica y las viviendas de la población indígena. Cada año desaparecen 13 millones de hectáreas de bosque y la degradación persistente de las zonas áridas ha provocado la desertificación de 3.600 millones de hectáreas.

La deforestación y la desertificación –provocadas por las actividades humanas y el cambio climático– suponen grandes retos para el desarrollo sostenible y han afectado a las vidas y los medios de vida de millones de personas en la lucha contra la pobreza. Se están poniendo en marcha medidas destinadas a la gestión forestal y la lucha contra la desertificación.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la Investigación

La investigación adopta un enfoque que integra varias disciplinas como la geografía, la planificación urbana y la ecología fluvial. Esto implica que se utilizaron métodos y herramientas de diferentes campos del conocimiento para abordar de manera integral los cambios en los cursos de los cuerpos de agua debido a la expansión urbana. Se emplearon técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) desde la perspectiva de la geografía.

Esto permitió cuantificar los cambios morfológicos en los cursos de ríos y esteros, proporcionando datos numéricos fundamentales para la categorización de afectaciones debido a la expansión urbana y cambios naturales. Esto ayudó a entender cómo dicha expansión ha influenciado directamente a los ríos y esteros en parroquia La Aurora, Cantón Daule.

##### 3.1.1 *Tipo de investigación*

###### 3.1.1.1. **Investigación Aplicada.**

La investigación aplicada fue un componente fundamental de la metodología generando un impacto positivo en el medio ambiente y el bienestar social. Buscó proporcionar datos científicos que puedan ser utilizados por autoridades locales, urbanistas y planificadoras para tomar decisiones informadas y desarrollar políticas efectivas de gestión y ordenamiento territorial.

Este proyecto generó resultados prácticos y aplicables que contribuyen a la preservación y gestión sostenible de los recursos hídricos en el contexto urbano de La Aurora, Cantón Daule.

###### 3.1.1.2. **Investigación documental.**

La investigación documental se enfocó en analizar la información sobre las afectaciones a los cursos de ríos y esteros. Se estableció una línea temporal de cómo ha cambiado el paisaje y los recursos hídricos debido a la expansión urbana. Utilizando datos históricos, registros espaciales y análisis temporal de imágenes satelitales para cuantificar los cambios espaciales en los cursos. Este enfoque ayudó a identificar tipos y relaciones causales que sustentarán el desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza.

### 3.1.2 *Diseño de investigación*

El diseño de la investigación para analizar los cambios en los cursos de ríos y esteros por expansión urbana en la parroquia La Aurora tiene un enfoque no experimental con un carácter descriptivo y cualitativo. Este diseño se seleccionó cuidadosamente para adecuarse a la naturaleza del fenómeno en estudio, que implica la comprensión de la morfología fluvial y su interacción con los factores antropogénicos.

Se determinó un diseño no experimental ya que busca proporcionar la flexibilidad y el enfoque necesario para capturar y analizar los cambios reales que ocurren en condiciones naturales. No se manipularon variables ni se realizaron intervenciones planificadas. En lugar de eso, se observaron los cambios existentes en condiciones naturales, permitiendo una comprensión más auténtica de la dinámica ambiental y antropogénica.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Variables

#### 3.2.1.1. Variable independiente.

- Tiempo (Años)

#### 3.2.1.2. Variable dependiente.

- Longitud del curso de agua (m).
- Tipo de Alteración física.

### 3.2.2 *Matriz de operacionalización de variables*

Tabla 1

*Matriz de la variable dependiente*

<b>Variable Dependiente</b>			
<b>Variables</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nivel de medida</b>	<b>Descripción</b>
Longitud del Cauce	Cuantitativo	Nominal	>3 años
Tipo de Alteración física	Cualitativo	Ordinal	>3 años

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

**Tabla 2**  
**Matriz de la variable independiente**

<b>Variable Independiente</b>			
<b>Variab</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nivel de medida</b>	<b>Descripción</b>
Tiempo	Cuantitativo	Nominal	>3 años

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

### **3.2.3 Tratamientos**

La presente investigación no es dependiente del uso de tratamientos debido a que es un proyecto no experimental. Su enfoque se centra en la observación y análisis de fenómenos ya ocurridos en el entorno natural. Busca comprender como la expansión urbana ha afectado los cursos de ríos y esteros en La Aurora, Cantón Daule.

### **3.2.4 Diseño Experimental**

El presente proyecto de investigación no incluye ningún tipo de diseño experimental, ya que no se modificó ninguna variable, si no que se observó cómo se relacionan las variables en su contexto natural.

### **3.2.5 Recolección de datos.**

#### **3.2.5.1. Recursos.**

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación:

##### **3.2.5.1.1. Recursos Bibliográficos.**

- Artículos científicos.
- Libros electrónicos.
- Páginas web.
- Tesis e informes técnicos.
- Documentos gubernamentales y normativas.

##### **3.2.5.1.2. Recursos Tecnológicos.**

- Windows.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Imágenes satelitales.
- Información cartográfica y topográfica histórica
- Google earth.

### **3.2.5.1.3. Materiales de Campo.**

- Carpetas.
- Cuaderno de apuntes.
- Laptop, Impresora y Cámara fotográfica.

### **3.2.5.2. Métodos y técnicas.**

#### **3.2.5.2.1. Determinar cambios a cursos de ríos y esteros por actividades urbanísticas al año 2024 por medio de comparación visual de imágenes satelitales.**

Para determinar los cambios físicos (longitud y alteraciones) en los cuerpos de agua de las zonas urbanas de La Aurora, se realizó un análisis comparativo utilizando imágenes satelitales de dos períodos distintos. Inicialmente, se empleó la herramienta de Historial de Imágenes de Google Earth Pro© para visualizar escenas satelitales de la zona de estudio correspondientes a mayo de 2005 y mayo de 2024.

Se seleccionan imágenes de Google earth Pro; Landsat/Copernicus (Maxar Technologies) para 2005 y de Airbus para 2024 debido a su disponibilidad y calidad.

Tras identificar las áreas de cobertura urbana, se procedió a digitalizar los cuerpos de agua visibles en ambas imágenes, con el fin de determinar aquellos que serían incluidos en el estudio. Los elementos digitalizados se exportaron como archivos KML y se importaron al software QGIS, asegurando que el sistema de referencia de coordenadas WGS 84 se mantuviera consistente.

En QGIS, se superpusieron las capas vectoriales correspondientes a ambos años, utilizando diferentes colores de simbología para facilitar la distinción visual. Mediante la herramienta de desplazamiento, se realizaron ajustes para resaltar las diferencias geométricas. Posteriormente, se aplicó la herramienta de intersección para generar una nueva capa que represente las áreas de superposición entre los cuerpos de agua de ambos períodos.

Como resultado final, se asignó el color rojo a los cuerpos de agua que presentaron cambios significativos y el color verde a aquellos que permanecieron sin cambios. Además, se utilizó la calculadora de campos de QGIS para

cuantificar las diferencias en los atributos de los cuerpos de agua entre los dos años, en específico el cálculo de su longitud.

**3.2.5.2.2. Ponderar variables de cambios de longitud y tipos de alteración física de cursos de agua para la generación de índices y categorización del nivel de afectación.**

Para este objetivo se clasificaron los diferentes tipos de alteraciones en los cursos fluviales (concreto, enterrado, canalizado, eliminado, drenaje, entre otros), se cuantificó la pérdida de longitud, y posteriormente, el porcentaje de los cambios o afectaciones tomando dos variables, la longitud, que tiene un peso de 50% y tipo de canalización, también con el 50% sumando así el 100% de afectación total. La Tabla 3 y Tabla 4 Describen los porcentajes y valoraciones para cada variable analizada.

**Tabla 3.**

**Porcentaje de cambios o afectaciones de cursos de ríos**

<b>% de longitud de curso afectado/ cambiado</b>
0 – 30%
30 – 60%
60 – 100%

**Nota:** La ponderación del porcentaje final total corresponde al 50% de afectación total.

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

**Tabla 4.**

**Porcentaje de tipo de alteración física**

<b>Tipo de alteración del curso de agua</b>	<b>%</b>
Canal Eliminado	100
Canal Enterrado	80
Canal Encementado	70
Canal de derivación	60
Drenaje	40
Estanque de Retención	30
Viaducto	20
Canal Natural	0

**Nota:** La ponderación del porcentaje final total corresponde al 50% de afectación total

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

Una vez obtenido el porcentaje de afectación total de los cuerpos de agua se establecieron índices, que combinadas las dos variables dio como resultado un indicador sintético del nivel de afectación. Se establecieron categorías de

afectación (baja, media, alta) en función de los valores del índice de alteración (ver en Tabla 5).

**Tabla 5.**  
**Índice y Nivel de afectación de los cuerpos de agua**

Rango de índice de afectación	Nivel de afectación
> 0,7	Alto
0,7 – 0,5	Medio
< 0,5	Bajo

**Fuente:** Basado en (Valdiviezo, 2021).

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

La siguiente Tabla 6 muestra los criterios de asignación de niveles de afectación total:

- Solo la combinación de afectación de longitud alta y afectación física alta resulta en afectación total alta.
- Una afectación alta en una sola variable resulta en afectación total media, con la excepción de afectación física alta y afectación de longitud baja, que resulta en afectación total baja.
- La afectación baja en ambas variables resulta en afectación total baja.

**Tabla 6.**  
**Criterios de niveles de afectación total**

Afectación	Bajo	Medio	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Medio	Bajo	Medio	Medio
Alto	Medio	Medio	Alto

**Elaborado por:** La Autora, 2024.

### **3.2.5.2.3. Soluciones basadas en la naturaleza a partir del nivel de afectación para la conservación de ríos y esteros.**

A partir del análisis de las afectaciones y el mapa temático de los cambios en los cursos de ríos y esteros, se identifican las zonas con alteraciones significativas. Con base en el índice de afectación calculado para cada cuerpo de agua, se propusieron medidas de intervención específicas. Las propuestas se enmarcaron en un enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), priorizando la restauración, conservación y uso sostenible de la biodiversidad y los ecosistemas, siguiendo las recomendaciones establecidas por (Castellar et al., 2021).

### **3.2.6 Análisis estadístico.**

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los cambios en los cursos de ríos y esteros en la parroquia la Aurora, se emplearon técnicas estadísticas descriptivas. El periodo de análisis se dio en el año 2005 y 2024. Se analizarán dos variables; longitud y tipo de canalización de los ríos y esteros, estas fueron obtenidas a través del software Qgis y de verificación en campo. En este estudio, las técnicas descriptivas empleadas se centraron en la cuantificación y categorización de cambios en los cursos de agua , utilizando la comparación visual de imágenes satelitales para identificar alteraciones geométricas, la ponderación de variables como longitud y tipo de canalización para generar un índice de afectación , y la creación de tablas y matrices para visualizar y resumir los datos, junto con el cálculo de medidas de tendencia central como la media y la mediana para la variable de longitud, y el cálculo de promedios para determinar porcentajes de afectación, permitiendo así una descripción detallada y objetiva del impacto de las actividades urbanísticas en los cuerpos de agua.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Determinación de cambios a cursos de ríos y esteros por actividades urbanísticas del 2005 al año 2024 por medio de comparación visual de imágenes satelitales.

En la Figura 2 se puede observar la comparación de cuerpos de agua localizados en la parroquia La Aurora. Presenta una representación visual clara y detallada de los cambios encontrados en la distribución y características de los cuerpos de agua entre dos años específicos, 2005 y 2024. En este mapa, se pueden observar diferentes cuerpos de agua, como ríos, canales, y drenajes, marcados con color verde, los que se mantienen sin ningún tipo de cambio y con color rojo los que han tenido una alteración ya sea en su longitud o en su tipo de alteración física.

Las áreas afectadas por la expansión urbana se destacan, mostrando cómo la urbanización ha impactado la morfología y el tamaño de estos cuerpos de agua.

**Figura 2**

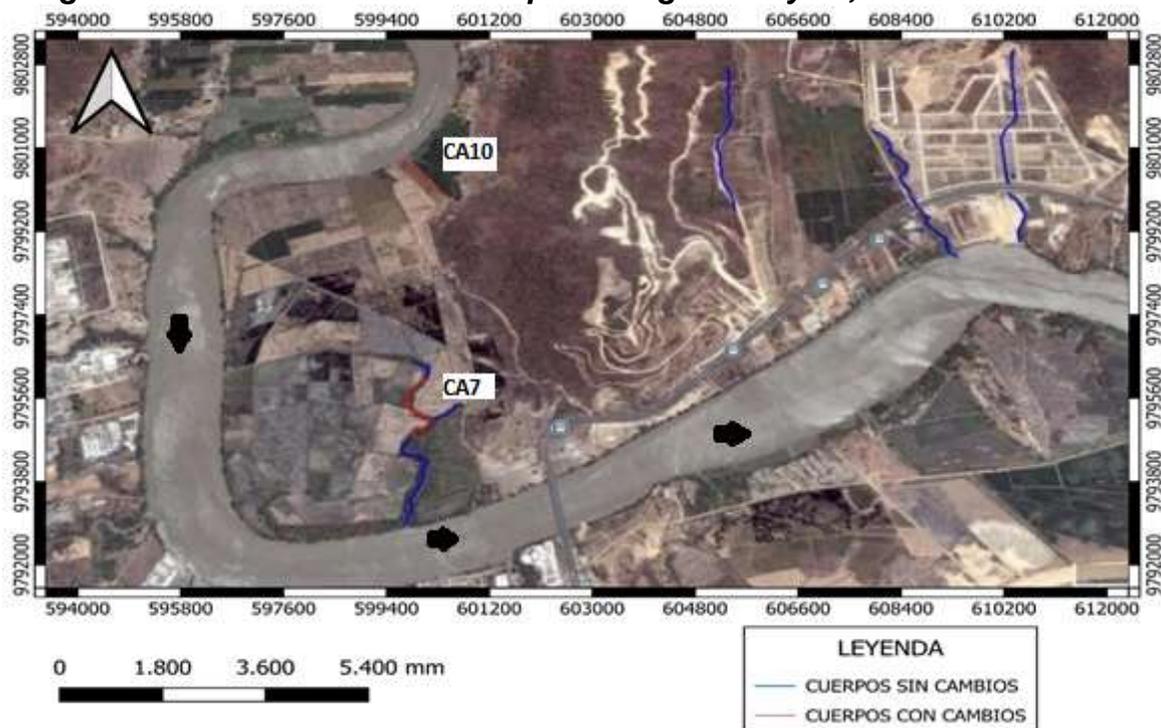
**Comparación de Cuerpos de agua localizados en la parroquia La Aurora**



Elaborado por: La Autora, 2024

**Figura 3**

### Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #10 y #7, año 2005



Fuente: Google Earth Pro

### Figura 4

### Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #10 y #7, año 2024

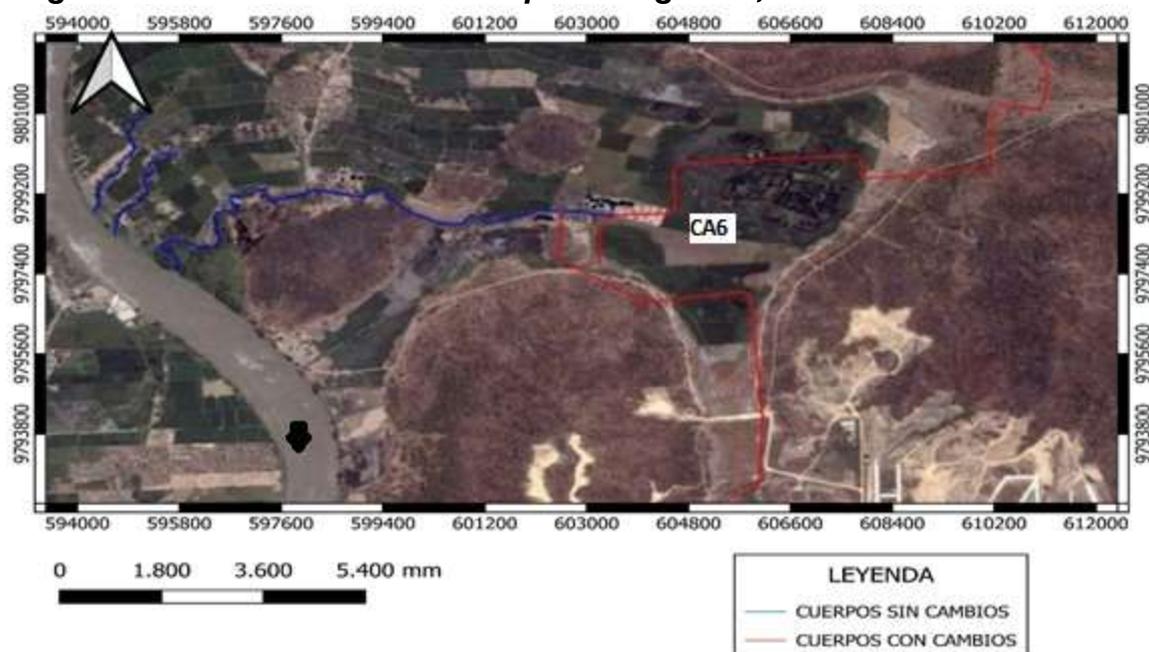


Fuente: Google Earth Pro

En la Figura 3 y la Figura 4 son una muestra de uno de los cambios significativos en los cuerpos de agua #10 y #7, donde el cuerpo #7 ha sido encementado, transformando su naturaleza original y limitando su capacidad de

absorción y filtración natural, mientras que el cuerpo #10 ha sido modificado a un drenaje de retención, lo que indica una adaptación a las necesidades de gestión de aguas pluviales en el contexto de la expansión urbana. Estas alteraciones reflejan cómo las urbanizaciones Villa Italia y la Rioja han impactado negativamente la dinámica de estos ecosistemas acuáticos, reduciendo la biodiversidad y afectando la calidad del agua al sustituir cuerpos de agua naturales por infraestructuras diseñadas para el control de inundaciones y el manejo de aguas residuales.

**Figura 5**  
**Imagen Satelital - Cambios en cuerpos de agua #6, año 2005**



**Fuente:** Google Earth Pro

No obstante en la Figura 5 y 6 se pueden observar cambios en el cuerpo de agua #6 entre los años 2005 y 2024, evidenciando cómo la creación de la urbanización La Joya ha alterado significativamente los cursos de ríos en la zona. Al año 2005 el cuerpo no estaba construido y al año 2024 la construcción de este drenaje que atraviesa el centro de la urbanización ha modificado drásticamente la dinámica del ecosistema acuático, afectando el flujo natural del agua, ya que este drenaje canaliza las aguas pluviales y residuales provenientes de las Etapas circundantes de esta urbanización hacia el cuerpo de agua, introduciendo contaminantes y sedimentos que perjudican el ecosistema.

**Figura 6**  
**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #6, año 2024**



**Fuente:** Google Earth Pro

La Figura 7 se observa un cambio total en el cuerpo de agua #5, que en el año 2005 era un área de suelo labrado y vegetación, sin ninguna infraestructura construida. Sin embargo, para el año 2024, esta misma área ha sido transformada por la expansión urbana, donde se ha construido un canal de derivación que ahora actúa como un sistema de manejo de aguas. Este cambio ilustra cómo la urbanización Villa del Rey ha alterado drásticamente el paisaje natural, reemplazando un ecosistema que antes podía absorber y filtrar agua de manera natural por una estructura diseñada para desviar y controlar el flujo de aguas pluviales. Esta transformación no solo refleja la presión del desarrollo urbano sobre los recursos hídricos, sino que también plantea preocupaciones sobre la sostenibilidad ambiental, ya que la construcción de infraestructuras como el canal de derivación puede afectar la calidad del agua y la biodiversidad local al interrumpir los procesos ecológicos naturales.

**Figura 7**  
**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #5, año 2005**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 8**  
**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #5, año 2024**



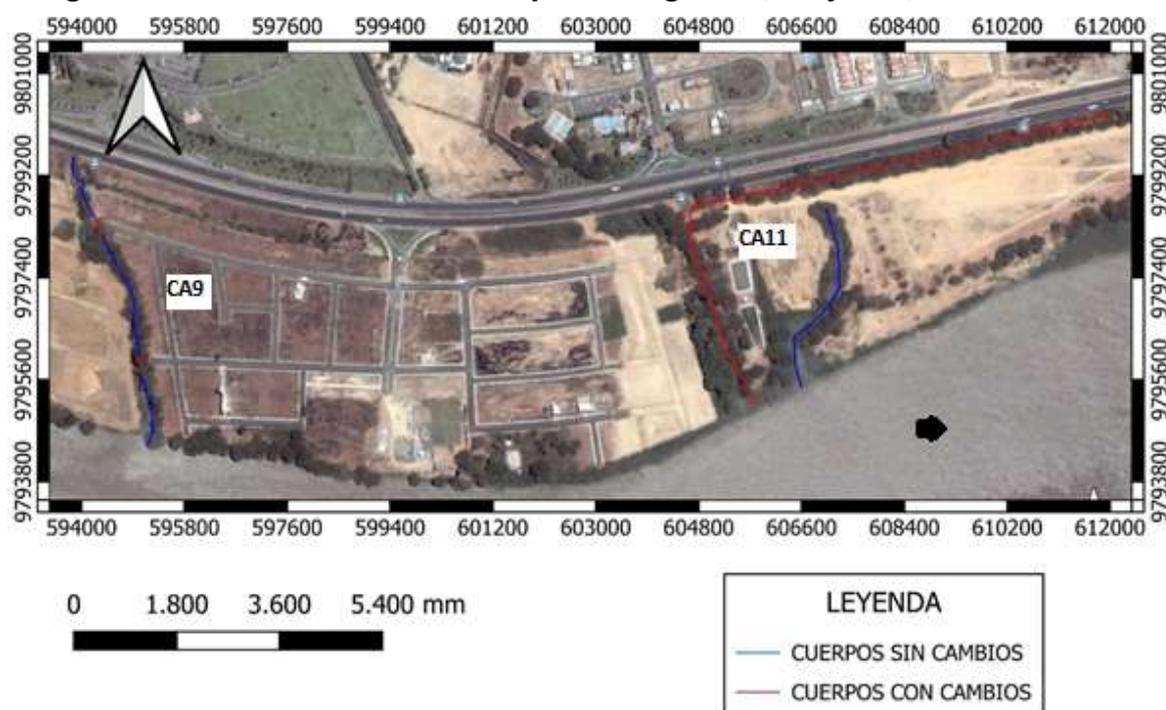
Fuente: Google Earth Pro

En las Figuras 9 y 10 se evidencian cambios significativos en el cuerpo de agua #8, donde se han construido viaductos o puentes para facilitar el acceso de la población entre la Urbanización Portón del río y Altos del río, lo que refleja la

creciente urbanización de la zona. Para el año 2024, este cuerpo de agua está rodeado por una urbanización, lo que indica una transformación del entorno natural en un espacio más desarrollado y accesible. Por otro lado, en los cuerpos de agua #9 y #11, se han implementado canales de infiltración, que son una respuesta a la necesidad de gestionar las aguas pluviales de manera más sostenible. Estos canales permiten que el agua se filtre al suelo, ayudando a mitigar el impacto de la urbanización al promover la recarga de acuíferos y mejorar la calidad del agua. Sin embargo, la coexistencia de infraestructuras urbanas y sistemas de infiltración resalta la compleja relación entre el desarrollo urbano y la gestión de recursos hídricos, subrayando la importancia de integrar soluciones sostenibles en el proceso de urbanización.

**Figura 9**

**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #8, #9 y #11, año 2025**



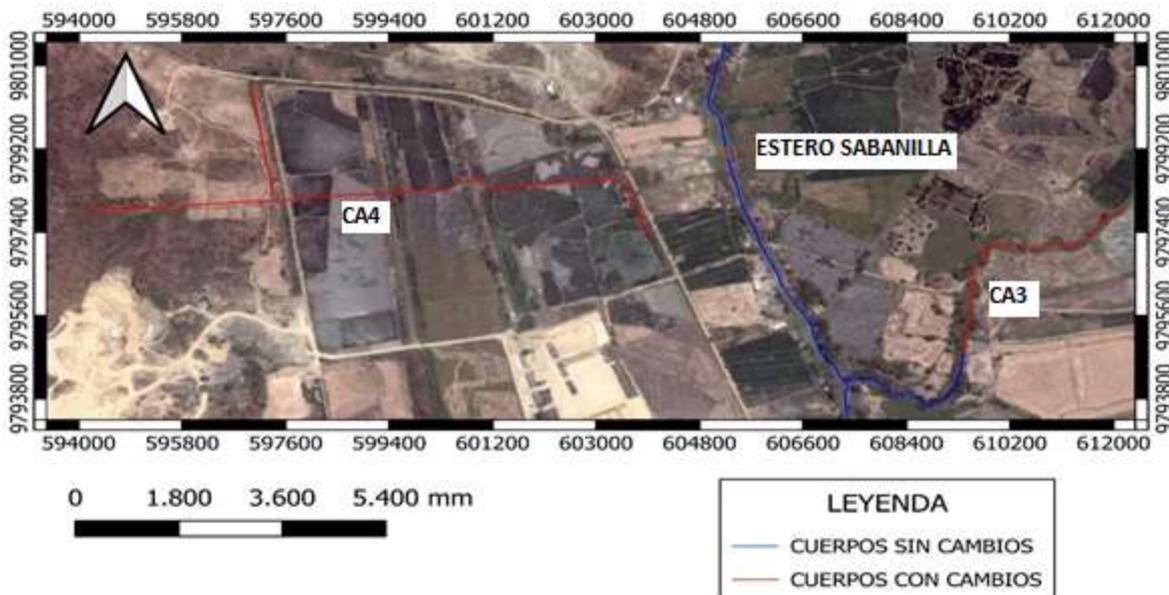
**Fuente:** Google Earth Pro



necesidad de equilibrar el desarrollo urbano con la conservación de los recursos hídricos y la infraestructura ecológica.

**Figura 11**

**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #3, #4 y E. Sabanilla, año 2005**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 12**

**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #3, #4 y E. Sabanilla, año 2024**



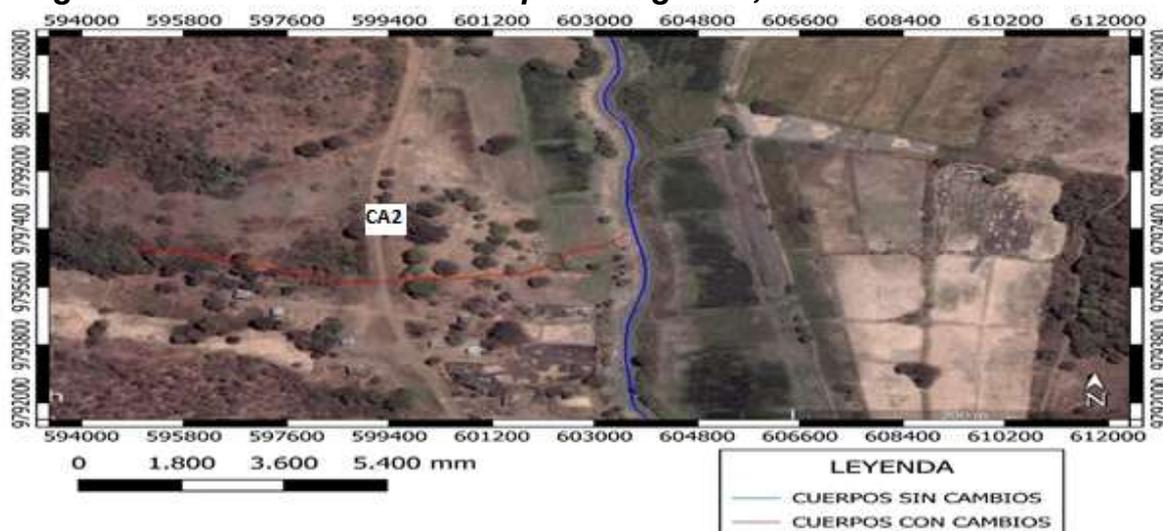
Fuente: Google Earth Pro

En las Figuras 13 y 14 se observan cambios significativos en el estero Sabanilla, donde se ha creado una nueva salida de agua que conecta con la

parroquia Sabanilla a través de un sistema de drenaje. Esta modificación indica una intervención humana en el sistema hídrico local, probablemente con el objetivo de mejorar la gestión de aguas pluviales y facilitar el drenaje en la zona.

**Figura 13**

**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #2, año 2005**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 14**

**Imagen Satelital- Cambios en cuerpos de agua #2, año 2024**



Fuente: Google Earth Pro

#### 4.2 Ponderación de variables de cambios de longitud y tipos de alteración física en cursos de agua para la generación de índices y categorización del nivel de afectación.

La Tabla 7 muestra los cambios en la longitud de varios cuerpos de agua entre los años 2005 y 2024. Se observa que algunos cuerpos de agua han experimentado una afectación total del 100%, como es el caso de CA2, CA4, CA5 y CA12, donde se han registrado cambios drásticos que han llevado a su eliminación o transformación completa. Por otro lado, el CA6 ha mostrado una afectación del 70.7%, con un incremento notable en su longitud, mientras que otros cuerpos, como CA1 y CA3, han mantenido su longitud sin cambios significativos.

**Tabla 7.**  
**% Cambios en la longitud de cursos de cuerpos de agua**

Cuerpos De Agua	Año 2005	Año 2024	Total Afectado	Afectación
	Km	Km		
CA1	10.143	10.143	0	0
ESTERO SABANILLA	14.199	14.561	0.362	2.5
CA2	0	0.311	0.311	100
CA3	0.99	0.99	0	0
CA4	0	1.558	1.558	100
CA5	0	3.577	3.577	100
CA6	1.862	6.362	4.5	70.7
CA7	1.175	0.791	0.384	32.7
CA8	0.812	0.812	0	0
CA9	0.771	0.807	0.036	4.7
CA10	0.252	0.252	0	0
CA11	1.075	1.1635	0.088	7.6
CA12	0.254	0	0.254	100

**Nota:** La ponderación total corresponde al 50% de afectación total

**Elaborado por:** La autora, 2025

En la Tabla 8 se visualiza el detalle de los tipos de alteración física que han sufrido los cuerpos de agua. Por ejemplo, el CA1 ha sido en gran parte enterrado (80% de afectación), mientras que el CA6 ha sido afectado por drenajes (40%). Estas alteraciones no solo impactan la longitud de los cuerpos de agua, sino que también afectan su funcionalidad ecológica y la biodiversidad asociada.

**Tabla 8.**  
**Detalle de alteración de cuerpos de agua**

<b>Cuerpos de agua</b>	<b>Cantidad afectada</b>	<b>Tipo de alteración</b>	<b>% de alteración</b>
<b>CA1</b>	10.143	Enterrado	80
<b>ESTERO</b>	0.362	Viaducto	20
<b>SABANILLA</b>			
<b>CA2</b>	0.311	Drenaje	40
<b>CA3</b>	0	Eliminado	100
<b>CA4</b>	1.558	Estanque De Retención	30
<b>CA5</b>	3.577	Canal De Derivación	60
<b>CA6</b>	4.5	Drenaje	40
<b>CA7</b>	0.384	Encementado	70
<b>CA8</b>	0.812	Viaducto	20
<b>CA9</b>	0.036	Viaducto	20
<b>CA10</b>	0.252	Estanque De Retención	30
<b>CA11</b>	0.088	Canal De Derivación	60
<b>CA12</b>	0.254	Eliminado	100

**Elaborado por:** La autora, 2025

La Tabla 9 describe los diferentes cuerpos de agua identificados como CA1, CA2, CA3, etc. Cada uno de estos cuerpos ha sido evaluado en términos de su longitud y el impacto sufrido.

El índice de afectación de longitud de cada cuerpo de agua estudiado y el de afectación física determinaron un nivel de afectación total para cada cuerpo, que van desde "Bajo" hasta "Alto", dependiendo del índice de alteración. El CA1 tiene un nivel de afectación "Bajo" con un índice de alteración, mientras que el CA2 y CA4 tienen un nivel de afectación "Alto" con un 100% de alteración.

**Tabla 9.**  
**Nivel de afectación a partir de índices de longitud y afectación física**

<b>CUERPOS DE AGUA</b>	<b>Índice Afectación de Longitud</b>	<b>Nivel</b>	<b>Índice Afectación Física</b>	<b>Nivel</b>	<b>Nivel de Afectación</b>
<b>CA1</b>	0	Bajo	0.8	Alto	Medio
<b>ESTERO SABANILLA</b>	0.25	Bajo	0.2	Bajo	Bajo
<b>CA2</b>	1	Alto	0.4	Bajo	Medio
<b>CA3</b>	0	Bajo	1	Alto	Medio
<b>CA4</b>	1	Alto	0.3	Bajo	Medio
<b>CA5</b>	1	Alto	0.6	Medio	Medio
<b>CA6</b>	0.7	Medio	0.4	Bajo	Bajo
<b>CA7</b>	0.32	Bajo	0.7	Medio	Bajo
<b>CA8</b>	0	Bajo	0.2	Bajo	Bajo
<b>CA9</b>	0.47	Bajo	0.2	Bajo	Bajo
<b>CA10</b>	0	Bajo	0.3	Bajo	Bajo
<b>CA11</b>	0.76	Alto	0.6	Medio	Medio
<b>CA12</b>	1	Alto	1	Alto	Alto

**Elaborado por:** La autora, 2025

#### **4.3 Soluciones basadas en la naturaleza a partir del nivel de afectación para la conservación de ríos y esteros.**

El análisis de los cuerpos de agua en la parroquia La Aurora, situada en un entorno de transición entre el bosque seco tropical y áreas de humedales costeros, reveló afectaciones de niveles bajos a medios. Los suelos predominantes en la zona varían desde aluviales en las riberas de los ríos hasta arcillosos en zonas bajas, influyendo en la hidrología local. Las alteraciones físicas identificadas incluyen enterramiento, viaductos, drenaje inadecuado, eliminación de cauces, estanques de retención y canales de derivación.

Para cada tipo de afectación, se propusieron soluciones basadas en la naturaleza, adaptadas a las características del entorno:

Afectación Media:

Enterramiento (CA1): En áreas con suelos compactados y alta urbanización, se sugiere la creación de corredores verdes sobre las tuberías, diseñando parques lineales que mejoren la infiltración y el espacio público.

Drenaje alterado (CA2 y CA6): En zonas con suelos arcillosos y propensión a inundaciones, se plantean zanjas de infiltración y sistemas de bioretención para mejorar la calidad del agua y reducir la escorrentía.

Eliminación de cauces naturales (CA3): En áreas donde se han perdido cauces debido a rellenos, se propone una restauración intensiva, incluyendo la remoción de rellenos, recreación de lechos y márgenes, y creación de humedales artificiales, adecuados para la flora y fauna local del bosque seco tropical.

Estanques de retención (CA4): Se recomienda rediseñar estos estanques con un enfoque ecosistémico, utilizando márgenes naturales y vegetación acuática adaptada a los humedales costeros, para aumentar la biodiversidad y mejorar la calidad del agua.

Canales de derivación (CA5): En áreas con suelos aluviales, se sugiere implementar sistemas de infiltración que permitan filtrar el agua al suelo en lugar de descargarla directamente a los ríos, aprovechando la capacidad de infiltración de estos suelos.

Afectación Baja:

Esteros Sabanilla, CA8 y CA9 (viaductos): En estos esteros, influenciados por la cercanía a humedales, se propone la restauración del hábitat debajo de los viaductos, utilizando vegetación riparia nativa para compensar el impacto de la infraestructura.

La implementación de estas soluciones requerirá la colaboración de entidades como el GAD Municipal de Daule, el GAD Parroquial Daule, el MAATE, EMAPA-Daule y SENAGUA. Los tiempos estimados para la implementación varían de seis meses a cinco años, dependiendo de la complejidad de cada solución.

En el siguiente Apéndice 1 se describen las propuestas de SbN para cada cuerpo de agua de este estudio.

## 5 DISCUSIÓN

Según el estudio de Gómez et al. (2019), la urbanización puede llevar a la fragmentación de hábitats acuáticos, lo que afecta la fauna y flora local. Asimismo, Martínez y Pérez (2020) enfatizan la importancia de implementar soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de humedales, para mitigar los efectos negativos de la urbanización. En este contexto, se plantearon estrategias como la creación de corredores verdes y la restauración de hábitats, que buscan promover la sostenibilidad de los recursos hídricos y la resiliencia ecológica en la región.

Al comparar los hallazgos como la transformación significativa en los cuerpos de agua de la parroquia La Aurora entre 2005 y 2024, destacando la eliminación total del cuerpo de agua #3 debido a la construcción de la urbanización Plaza Laguna, lo que ha reducido su longitud y afectado su conexión directa con el estero Sabanilla, con los de Iturraspe et al. (2021), se observa que la urbanización ha llevado a la alteración de los ríos y esteros, lo que coincide con la tendencia global de pérdida de humedales y cuerpos de agua. Iturraspe et al. Documentan que la expansión urbana en Río Grande ha resultado en la degradación de los humedales, lo que refuerza la idea de que el crecimiento desmedido de las ciudades tiene un impacto directo en la salud de los ecosistemas acuáticos. Este paralelismo sugiere que las políticas de planificación urbana deben considerar la preservación de los cuerpos de agua como un componente esencial para la sostenibilidad ambiental.

Además, el índice de afectación determinado en este estudio proporciona una medida cuantitativa que permite evaluar el grado de impacto de las actividades urbanísticas en los ríos. Este enfoque se alinea con la metodología utilizada por Jaque et al. (2021), quienes también emplean indicadores para analizar la dinámica de erosión en cuencas. La utilización de índices de afectación no solo facilita la identificación de áreas críticas que requieren atención, sino que también permite establecer un marco de referencia para futuras investigaciones y políticas de gestión. La comparación de estos índices con los resultados de otros estudios resalta la necesidad de un enfoque multidimensional en la evaluación del impacto ambiental, que contemple tanto factores físicos como sociales.

Los hallazgos encontrados en esta investigación son consistentes con las recomendaciones de Lahoz (2014), quien enfatiza la importancia de integrar SbN

en la planificación urbana para mejorar la resiliencia ante desastres naturales. Las SbN no solo ofrecen beneficios ecológicos, como la restauración de la biodiversidad y la mejora de la calidad del agua, sino que también proporcionan soluciones económicas y sociales al involucrar a las comunidades locales en su implementación. Este enfoque participativo es esencial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las intervenciones propuestas.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

La determinación de cambios en los cursos de ríos y esteros entre 2005 y 2024, a través de la comparación visual de imágenes satelitales, evidencia un impacto significativo de las actividades urbanísticas en los ecosistemas acuáticos. Este análisis revela que la urbanización ha llevado a la transformación y, en algunos casos, a la eliminación de cuerpos de agua, alterando su longitud y características físicas.

La evaluación de las variables de cambios en la longitud y tipos de canalización de los cuerpos de agua ha permitido categorizar el nivel de afectación. Por ejemplo, el cuerpo de agua #9 ha visto una reducción de su longitud en un 30% debido a la urbanización, mientras que el cuerpo #11 ha mantenido su longitud pero ha cambiado su tipo de canalización a un sistema de drenaje. En total, se categorizaron 5 cuerpos de agua con afectaciones severas, 3 con afectaciones moderadas y 2 que se mantienen relativamente intactos, lo que indica una variabilidad en el impacto de las actividades urbanísticas.

Las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) propuestas para abordar los cambios en los cuerpos de agua en la parroquia La Aurora representan un enfoque innovador y sostenible para mitigar los efectos de la expansión urbana. Los resultados presentados en la tabla destacan diversas estrategias, como la creación de corredores verdes y la restauración de hábitats, que buscan no solo restaurar la funcionalidad ecológica de los ríos y esteros, sino también integrar la infraestructura urbana con el entorno natural. Estas SBN tienen el potencial de mejorar la resiliencia de los ecosistemas acuáticos, promoviendo la biodiversidad y la calidad del entorno urbano. Al implementar estas soluciones, se puede contribuir a una gestión más sostenible de los recursos hídricos, al tiempo que se minimizan los impactos negativos de la urbanización en la morfología y dinámica de los cuerpos de agua.

## 6.2 Recomendaciones

Realizar un estudio complementario utilizando ortofotos. Este tipo de imágenes, que ofrecen una representación más detallada y precisa del terreno, permitiría una evaluación más exhaustiva de las alteraciones en la morfología de los cuerpos de agua y facilitaría la identificación de áreas críticas que requieren intervención. Además, el uso de ortofotos puede ayudar a monitorear cambios a lo largo del tiempo, proporcionando datos valiosos para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la región.

Desarrollar un índice de afectación que considere no solo la longitud y canalización, sino también otros factores como la calidad del agua y la biodiversidad asociada. Este índice puede ser utilizado como herramienta para priorizar acciones de restauración y conservación en los cuerpos de agua más afectados.

Implementar SBN identificadas en la tabla, priorizando aquellas que ofrezcan un mayor impacto positivo en la conservación de los ríos y esteros. Es esencial involucrar a las comunidades locales en el proceso de diseño y ejecución de estos proyectos, asegurando que se alineen con sus necesidades y aspiraciones. Además, se sugiere establecer un sistema de monitoreo y evaluación para medir la efectividad de estas soluciones a lo largo del tiempo, lo que permitirá realizar ajustes necesarios y garantizar que las SBN contribuyan de manera efectiva a la conservación y sostenibilidad de los cuerpos de agua en la región.

## 7 Bibliografía

- Agurto, J. (2014). *Propiedades físicas y químicas del agua*. El Cid Editor | apuntes.
- Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. (2015). <https://www.cip.org.ec>
- Bustamante. (2022). *Evaluación de la contaminación del estero Casa Camaron generada por lixiviados del relleno sanitario de Machala El Oro - Ecuador*. Universidad Nacional de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/items/82ff0a87-9842-4dca-98d9-b039e85b9f8e>
- Castillo. (2021). *Determinación de metales pesados en el agua subterránea para uso en actividades productivas, en la zona baja de la provincia, El Oro*. UNMSM. <http://38.43.142.130/handle/20.500.12672/16202>
- Código Orgánico del Ambiente. (2018). *Ley 0*. Registro Oficial Suplemento 983: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Decreto Legislativo 0*. Ecuador: República del Ecuador: [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Cuevas, F. (2021). *Análisis de los efectos del cambio de cobertura de suelo en los procesos de erosión hídrica en la cuenca del estero Coyanco (1986-2020)*. Quillón-Chile. [Tesis de Maestría, Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6056>

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil [EMAPAG].

(2017). *Plan de conservación de la cuenca del Río Daule*.

<https://www.proyectolafuente.org/wp-content/uploads/2021/11/Plan-de-conservacio%CC%81n-de-la-cuenca-del-ri%CC%81o-Daule-1.pdf>

Escobar, D. (2019). *Estimación de la erosión hídrica en la zona semiárida del Norte chileno mediante la ecuación universal de pérdida de suelo*

*(USLE): El caso de Punitaqui. Región de Coquimbo*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173350>

Folke, C., Mathevet, R., Thompson, J. D., y Ill, F. S. (2016). Protected areas and their surrounding territory: socioecological systems in the context of ecological solidarity. *esa Journal* .

<https://doi.org/https://doi.org/10.1890/14-0421>

Franciscos A. Comín. (2014). *Manual de restauración de humedales*. Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC. Campus de Aula Deiz, España.

[https://forecos.cl/wp-content/uploads/2019/10/Manual\\_humedales.pdf](https://forecos.cl/wp-content/uploads/2019/10/Manual_humedales.pdf)

GAD Municipal de Daule. (2022). Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Cantón Daule 2015-2025.

Galbán. (2022). *Las zonas costeras. Sus componentes y procesos naturales*.

LGR. [https://www.researchgate.net/profile/Liber-Galban-](https://www.researchgate.net/profile/Liber-Galban-Rodriguez/publication/364609382_Las_zonas_costeras_Sus_componentes_y_procesos_naturales/links/635314a496e83c26eb3ec46d/Las-zonas-costeras-Sus-componentes-y-procesos-naturales.pdf)

[Rodriguez/publication/364609382\\_Las\\_zonas\\_costeras\\_Sus\\_componentes\\_y\\_procesos\\_naturales/links/635314a496e83c26eb3ec46d/Las-zonas-costeras-Sus-componentes-y-procesos-naturales.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Liber-Galban-Rodriguez/publication/364609382_Las_zonas_costeras_Sus_componentes_y_procesos_naturales/links/635314a496e83c26eb3ec46d/Las-zonas-costeras-Sus-componentes-y-procesos-naturales.pdf)

Gamarra, T. M., y Guerrero, Y. S. (2017). *Diseño de un tratamiento de aguas para el estero Sabanilla para la reutilización en actividades agrícolas*.

Escuela Superior Politecnica del Litoral , Guayaquil .

<https://dspace.espol.edu.ec/retrieve/102848/D-CD102892.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule [GAD Municipal de Daule]. (2022). Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Cantón Daule 2015-2025. <https://www.daule.gob.ec/>

González. (2022). *Diversidad, distribución y comportamiento de las aves acuáticas presentes en el estuario de la comuna Ayampe, provincia de Manabí entre mayo y julio del 2022*. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8871>

Hagenlocher, M., Schneiderbauer, S., Sebesvari, Z., Bertram, M., Renner, K., Renaud, F., . . . Zebisch, M. (2018). *Evaluación de riesgo climático para la adaptación basada en ecosistemas. Una guía para planificadores y practicantes*. GIZ; EURAC Research, United Nations University; Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS).

<https://www.bivica.org/file/view/id/5446>

Hall, M. H., y Balogh, S. B. (2019). *Understanding Urban Ecology*. (C. d. Springer, Ed.) Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-11259-2>

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022).

<https://censoecuador.ecudatanalytics.com>

Iturraspe, R., Fank, L., Urciuolo, A., y Lofiego, R. (2021). Efectos del crecimiento urbano sobre humedales costero-continentales del ambiente semiárido de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, 139-165. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.14198/INGEO.17586>

- Jaque, C., Fuentes, A., y Cuevas, C. (2021). *Análisis de los efectos del cambio de cobertura de suelo en los procesos de erosión hídrica en la cuenca del estero Coyanco (1986-2020)*. Quillón-Chile. [Tesis de Maestría, Universidad de Concepción. Chile].  
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6056>
- Kabisch, N., Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., . . . Calfapietra, C. (2017). *A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas*. ELSEVIER.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>
- Lahoz, E. (2014). *Reflexiones medioambientales de la expansión urbana*. España: Universidad de Granada.
- Lancharro, B. C. (2021). *Infraestructura Verde Urbana I: Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas*. Banco Interamericano de Desarrollo .  
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/Infraestructura-Verde-Urbana-I-Retos-oportunidades-y-manual-de-buenas-practicas.pdf>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (2016).  
*Ley 0*. Registro Oficial Suplemento 305:  
<https://www.regulacionagua.gob.ec>
- Naciones Unidas. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (A/RES/69/283\*).  
<https://undocs.org/es/A/RES/69/283>
- Real Rojas, J. E., y Rincón Polo, G. (2021). *Evaluación del efecto de la infraestructura verde en la disminución de la amenaza por inundación en el cantón Durán*. Escuela Superior Politécnica del Litoral , Duran.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51473>

- Stone, B. (2005). *Paving over paradise: how land use regulations promote residential*. Elsevier, Landscape and urban planning N° 69.
- Suarez, C. (2015). *Calidad del Agua: Evaluación y diagnóstico*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Valdivieso, A. (2021). *iagua* . <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>
- Valdiviezo, A. (2021). *Propuestas de medidas de adaptación basadas en ecosistema en el estero la matanza, Durán, Ecuador*. Escuela Superior Politécnica, Duran.  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51470>
- Valladares, F. B. (2011). *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte*. Fundación Biodiversidad.  
[https://www.academia.edu/13119456/Restauraci%C3%B3n\\_ecol%C3%B3gica\\_de\\_%C3%A1reas\\_afectadas\\_por\\_infraestructuras\\_de\\_transport\\_e\\_bases\\_cient%C3%ADficas\\_para\\_soluciones\\_t%C3%A9cnicas](https://www.academia.edu/13119456/Restauraci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica_de_%C3%A1reas_afectadas_por_infraestructuras_de_transport_e_bases_cient%C3%ADficas_para_soluciones_t%C3%A9cnicas)
- Vargas, P. (2013). *Historia ambiental de los últimos 500 años de la región del Biobío: Una reconstrucción mediante análisis polínico con énfasis en especies exóticas*. [Tesis de Maestría, Universidad de Concepción. Chile].  
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1673>
- Vela. (2018). *Diseño de un proceso biológico como medida de remediación de las aguas del Río el Rosario de la ciudad de Quito*.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19793>
- Winograd, M. (2016). *Soluciones basadas en la naturaleza (SbN): Implementación, implicaciones y barreras para la agricultura y los sistemas agroalimentarios* .

<https://www.wur.nl/en/ResearchResults/ResearchInstitutes/Environmental-Research.htm>

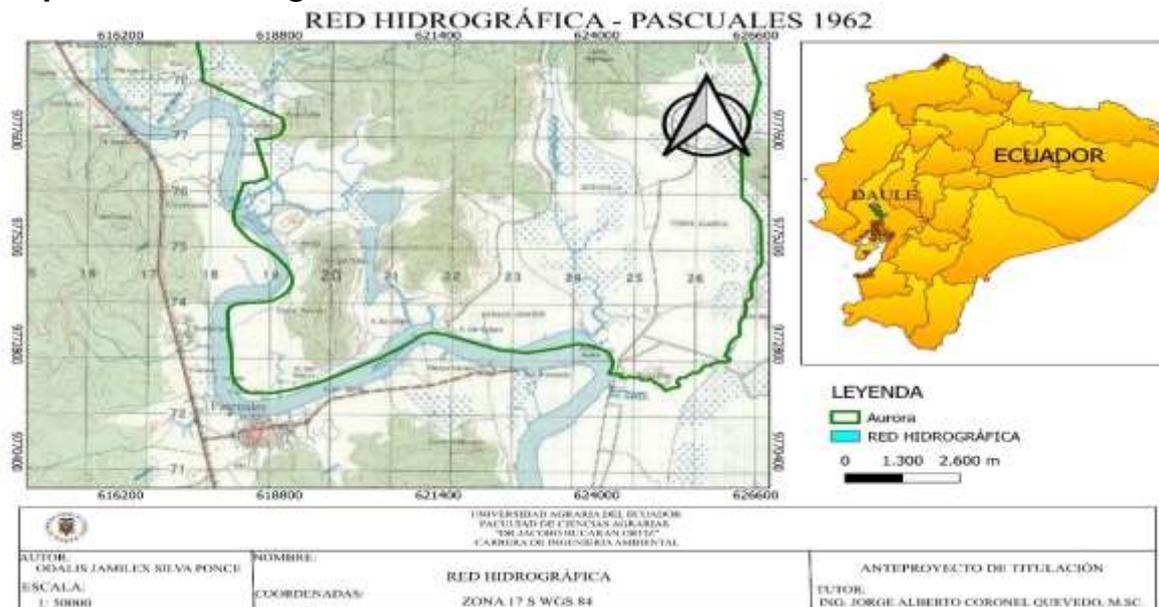
Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *ELSEVIER*, 209-221.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>

## ANEXOS

## Anexo 1

**Figura 15.**  
**Mapa de Red hidrográfica de Pascuales**



**Fuente:** Hoja topográfica – Pascuales 1962. Escala 1:50000

**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Figura 16.**  
**Mapa de ubicación de los cuerpos de agua**



**Elaborado por:** La Autora, 2024

Anexo 2



Inspección inicio de Cuerpo de Agua #7



Cuerpo de agua #10



Cuerpo de agua #1



Cuerpo de agua #10



Cuerpo de agua #7





Cuerpo de agua #5



Cuerpo de agua #6



Cuerpo de agua #6



Cuerpo de agua #4



Vivienda cerca del cuerpo de agua #5

## Apéndice

### Apéndice 1

#### Propuesta de Soluciones Basadas en la Naturaleza para cuerpos de agua afectados en la parroquia La Aurora

C A	N >	Afectación física	Opción de SbN	Descripción de SbN	Fuente	Tiempo	Ente encargado
CA1	Medio	ENTERRADO	Creación de corredores verdes sobre la tubería	Creación de parques lineales o corredores verdes sobre la tubería. Esto mejora la calidad del espacio público, proporciona hábitat para la fauna urbana y puede ayudar a infiltrar el agua de lluvia.	Infraestructura Verde Urbana I: Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas. (Lancharro, 2021)	1-3 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
ESTERO SABANIL LA, CA8 Y CA9	Bajo	VIADUCTO	Restauración del hábitat debajo del viaducto	Realizar trabajos de restauración ecológica debajo del viaducto para compensar el impacto de la infraestructura.	Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte (Valladares, et al., 2011)	Indeterminado	MAATE
CA2	Medio	DRENAJE	<b>Zanjas de infiltración</b>	Excavaciones rellenas de material filtrante (grava, arena) que recogen el agua de lluvia y la infiltran en el suelo.	Enghaveparken park Copenhagen, cuencas de infiltración Fuente: <a href="https://stateofgreen.com/en/partners/tredjenatur/solutions/125669/">https://stateofgreen.com/en/partners/tredjenatur/solutions/125669/</a>	6 meses	GAD Municipal de Daule MAATE EMAPA-Daule
CA3	Medio	ELIMINADO	Restauración del cauce natural	Remoción del relleno Recreación del lecho y las márgenes Reconexión con la llanura de inundación Creación de humedales artificiales	Manual de restauración de humedales Fuente: (Franciscos A. Comín, 2014)	3-5 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA

CA4	Medio	ESTANQUE DE RETENCIÓN	Diseño con enfoque ecosistémico	En lugar de un estanque de concreto, se puede diseñar un estanque con márgenes naturales, vegetación acuática y variaciones en la profundidad. Esto mejora la calidad del agua, proporciona hábitat y aumenta la biodiversidad	Jardines de lluvia y zanjas de bioretención (Calles centro de Durán) Fuente: (Real Rojas et al., 2021)	6 Meses-1 año	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
CA5	Medio	CANAL DE DERIVACIÓN	Infiltración en lugar de descarga directa	Diseñar sistemas de infiltración, como zanjas de infiltración o pozos de absorción, para permitir que el agua se filtre al suelo en lugar de ser descargada directamente a un río.	Recuperación ecológica canal 5 de junio (ingeniería de riberas) Fuente: Estudio Canales Duran, 2017	2-5 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
CA6	Bajo	DRENAJE	<b>Bioretención.</b>	Jardines de lluvia, zanjas de infiltración y humedales construidos que capturan y filtran el agua de lluvia, permitiendo su infiltración en el suelo y la absorción por las plantas. Estos sistemas también ayudan a mejorar la calidad del agua al retener contaminantes	Enghaveparken park Copenhagen, cuencas de infiltración Fuente: <a href="https://stateofgreen.com/en/partners/tredjenatur/solutions/125669/">https://stateofgreen.com/en/partners/tredjenatur/solutions/125669/</a>	1 año – 3 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
CA7	Bajo	ENCEMENTADO	Remoción parcial del revestimiento	Remover parte del concreto para crear márgenes más naturales con vegetación ribereña. Esto ayuda a mejorar la calidad del agua, proporciona hábitat y reduce la velocidad del flujo, disminuyendo el riesgo de erosión aguas abajo	Soluciones basadas en la naturaleza (SbN): implementación, implicaciones y barreras para la agricultura y los sistemas agroalimentarios. (Winograd, 2016)	6 meses a 1 año	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA

CA10	Bajo	ESTANQUE DE RETENCIÓN	Integración con el paisaje urbano	Diseñar el estanque como un elemento paisajístico que se integre con el entorno urbano, creando un espacio público agradable y funcional.	Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte (Valladares, et al., 2011)	1-3 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
CA11	Medio	CANAL DE DERIVACIÓN	Integración con humedales o estanques de retención naturales	En lugar de conducir el agua directamente a un cuerpo receptor, se puede derivar a un humedal o estanque de retención natural o seminatural. Esto ayuda a filtrar contaminantes y a regular el flujo.	Jardines de lluvia y zanjas de bioretención (Calles centro de Durán) Fuente: (Real Rojas et al., 2021)	1-2 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA
CA12	Alto	ELIMINADO	Restauración del cauce natural	Remoción del relleno Recreación del lecho y las márgenes Reconexión con la llanura de inundación Creación de humedales artificiales	Soluciones basadas en la naturaleza (SbN): implementación, implicaciones y barreras para la agricultura y los sistemas agroalimentarios. (Winograd, 2016)	1-2 años	GAD Municipal de Daule GAD Parroquial Daule MAATE EMAPA-Daule SENAGUA

Elaborado por: La Autora, 2025