

Universidad Nacional de Costa Rica
Sede Regional Chorotega

**Índice de Calidad de las Áreas Ribereñas para los Observatorios Ciudadanos del Agua de
la Región Chorotega (OCAs Chorotega), Costa Rica**

Informe Final del Trabajo Final de Graduación
Modalidad de artículo científico
Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Sustentante:

Cristel María Pérez Vallejos
Céd. de identidad N.º 5-0436-0378

Supervisor:

Dra. Andrea Suárez Serrano
Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA)

Equipo asesor:

Dr. Christian Gólcher Benavides
Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA)

M.Sc. Ada Luz Jorquera García
Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega

M.Sc. Michael Steven Arroyo Zeledón
*Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Planificación y Promoción Social
Costa Rica.*

Liberia, Costa Rica.

Enero, 2026

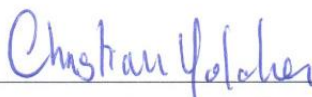
Acta del jurado examinador



Dr. Fernando Gutiérrez Coto
Representante de Decanatura, Sede Regional Chorotega



MAP. Jorge Loáiciga Gutiérrez
Representante de Dirección Académica Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega



Dr. Christian Golcher Benavides
Tutor



M.Sc. Ada Luz Jorquera García.
Asesor



M.Sc. Michael Steven Arroyo Zeledón
Asesor

Agradecimientos

Agradecida, primeramente, con mi Papá Dios por darme las fuerzas, la perseverancia y la iluminación para alcanzar esta meta tan importante en mi vida. Asimismo, le agradezco a la Universidad Nacional por siempre enseñarnos siempre la empatía, el humanismo y el amor. Al académico Christian Gólcher Benavides quien, además de ser mi tutor, me acompañó en todo momento durante el proceso. A Andrea Suárez por impulsarme y guiarme en mis sueños profesionales. A la profesora Ada Luz Jorquera García por cada sugerencia de mejora del proyecto y, asimismo, al profesor Michael Steven Arroyo Zeledón, por todo su acompañamiento y por sus sugerencias.

Dedicatoria

Primeramente, le dedico este proyecto a Dios, quien es el único que hace posible que cumplamos con cada uno de los anhelos de nuestro corazón, ofreciéndonos la ayuda diaria para luchar por nuestros sueños; por mantenerme con salud, y por darme las fuerzas y la convicción necesaria para seguir adelante y no desvanecer ante las adversidades que se presentaron. También le dedico este proyecto a mi madre, Argery Vallejos Ruiz, porque ella ha sido mi motor para alcanzar este logro, y porque ella luchó día con día para formarme como una mujer esforzada, valiente y de principios. Este triunfo es dedicado, igualmente, a mi hermano Dany Gerardo Pérez Vallejos, porque ha sido un apoyo incondicional. A mis colegas por cada risa, desvelo, y momentos de estudio que nos permitieron alcanzar cada una de las metas que nos hemos propuesto en unión. Finalmente, mi agradecimiento a todas las personas que han estado presentes a lo largo de esta preciada etapa académica, con mi más sincero cariño.

Tabla de contenidos

<i>Acta del jurado examinador</i>	<i>ii</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>iii</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>iii</i>
<i>Tabla de contenidos</i>	<i>iv</i>
<i>Tabla de figuras</i>	<i>xi</i>
<i>Glosario</i>	<i>xii</i>
<i>Abreviaturas</i>	<i>xiii</i>
<i>Resumen ejecutivo</i>	<i>xiv</i>
<i>Abstract</i>	<i>xv</i>
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Introducción general a la temática	1
1.1.1. Las áreas de protección bajo la Ley Forestal	1
1.1.2. Funciones y servicios ecosistémicos de las áreas de protección.....	4
1.1.3. Participación ciudadana en la gestión de las áreas de protección	4
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Pregunta de investigación.....	9
1.6. Hipótesis.....	9
1.7. Descripción de revistas objetivo.....	9
1.8. Alcances y limitaciones.....	10
1.8.1 Alcances.....	10
1.8.2 Limitaciones.....	11
Capítulo 2. Revisión de la literatura	12
2.1. Conceptos clave de hidrología	13
2.1.1. Hidrología	13
2.1.2. Eco-hidrología.....	13
2.1.3. Morfología	14
2.1.4. Eco-hidromorfología.....	14

2.1.6. Cuerpos lóaticos	15
2.2. Políticas de protección de riberas	15
2.2.1. Áreas ribereñas.....	15
2.2.2. Áreas de Protección.....	16
2.2.3. Modelo DPSIR.....	17
2.2.4. Desarrollo de capacidades	17
2.3. Pertinencia con ODS	18
2.4. Antecedentes de la valoración de áreas ribereñas	19
2.4.1. Monitoreo hidrológico	19
2.4.2. Monitoreo participativo del agua.....	20
2.4.3. Ciencia ciudadana.....	20
2.4.4. Observatorio Ciudadano del Agua	21
2.5. Actividades socioeconómicas en la Región Chorotega.....	21
2.6. Antecedentes de índices ambientales y ribereños	22
2.6.1. Índices ambientales o indicadores ambientales	22
2.6.2. Índices de calidad de ribera.....	23
Capítulo 3. Metodología.....	24
3.1. Área de estudio	25
3.1.1. Caracterización y descripción del sitio de estudio	25
3.2. Tipo de investigación.....	26
3.3. Diseño metodológico	27
3.4. Métodos seleccionados	27
3.4.1 Revisión bibliográfica.....	28
3.4.2. Análisis de atributos de los indicadores identificados en la literatura.....	28
3.4.3 Propuesta de un índice de calidad de riberas mediante atributos eco-hidro-morfológicos adaptado para procesos de ciencia ciudadana en la región Chorotega	29
3.4.4. Implementación del índice de calidad de riberas y recolección de los datos	31
3.4.5. Validación estadística	31
3.4.6. Análisis estadístico por atributos y por resultados del índice.....	33
3.5 Presupuesto y cronograma.....	34
3.6 Consideraciones éticas	34
Capítulo 4. Resultados y discusión.....	35

4.2. Análisis de atributos de los indicadores identificados en la literatura aplicables en la Región Chorotega	39
4.3. Propuesta de un nuevo índice de valoración de áreas ribereñas adaptado OCAs Chorotega	43
4.3.1. Condición de las orillas del río.....	47
4.3.2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural).....	47
4.3.3. Alteraciones del cauce.....	47
4.3.4. Claridad del agua	48
4.3.5. Contaminación por residuos sólidos	48
4.3.6. Contaminación por aguas residuales	48
4.4 Implementación para la posterior validación del índice de calidad de las riberas OCAs Chorotega....	49
4.4.1 Resultados promedio de la aplicación del índice de calidad de riberas OCA Chorotega	65
4.5. Propuesta de validación del índice de calidad de riberas OCAs Chorotega	68
4.6. Análisis estadístico por atributos y por resultados del índice	72
4.6.1 Resultados y discusión del comportamiento global del índice	79
4.7. Sobre la pregunta de investigación.....	81
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones	82
Referencias bibliográficas	87
Anexos.....	97
Anexo 3.1 Presupuesto estimado.....	97
Anexo 3.2 Cronograma de Actividades del Proyecto	1
Anexo 4.1. Síntesis de índices de la calidad de las riberas	2
Anexo 4.2 Atributo de la condición de las orillas del río	8
Anexo 4.3 Atributo de cobertura vegetal (densidad y diversidad)	9
Anexo 4.4 <i>Atributo de alteraciones del cauce</i>	10
Anexo 4.5 <i>Atributo de la claridad del agua</i>	11
Anexo 4.6 Atributo de la contaminación por residuos sólidos	12
Anexo 4.7 Atributo de la contaminación por aguas residuales	13
Anexo 4.8 <i>Evaluación del índice RQI</i>	1
Anexo 4.9 Propuesta de borrador de artículo científico para ser sometido a la revista Uniciencia de la Universidad Nacional, Costa Rica	1
Introducción	4
Marco teórico	5
Metodología	6

Análisis estadístico	6
Análisis y resultados	7
Discusión	11
Conclusiones y recomendaciones	11
Financiamiento	11
Agradecimiento	11
Conflicto de intereses.....	11
Anexos	14

Tabla de cuadros

Cuadro 1.1	21
<i>Uso de la tierra en la Región Chorotega (ha)</i>	21
Cuadro 3.1	30
<i>Sumatoria de puntajes del indicador</i>	30
Cuadro 4.1	40
<i>Índices de la calidad de riberas seleccionados para la nueva herramienta</i>	40
Cuadro 4.2	45
<i>Puntaje de índices para la valoración de la calidad de las riberas</i>	45
Cuadro 4.3	51
<i>Evaluación del río Las Palmas</i>	51
Cuadro 4.4	51
<i>Evaluación del río Las Palmas</i>	51
Cuadro 4.5	52
<i>Evaluación del río Las Palmas</i>	52
<i>Evaluación del río Las Palmas</i>	53
Cuadro 4.7	54
<i>Evaluación OCA del río Chipance</i>	54
Cuadro 4.8	55
<i>Evaluación OCA del río Chipance</i>	55
Cuadro 4.9	56
<i>Evaluación OCA río Chipance</i>	56
Cuadro 4.10	56
<i>Evaluación OCA río Chipance</i>	56
Cuadro 4.10	57
<i>Evaluación de la quebrada La Cabra</i>	57
Cuadro 4.11	58
<i>Evaluación de la quebrada La Cabra</i>	58
Cuadro 4.12	59
<i>Evaluación de la quebrada La Cabra</i>	59
Cuadro 4.13	59

<i>Evaluación de la quebrada La Cabra</i>	60
Cuadro 4.14.....	61
<i>Evaluación del río Liberia</i>	61
Cuadro 4.15.....	61
<i>Evaluación del río Liberia</i>	61
Cuadro 4.16.....	62
<i>Evaluación del río Liberia</i>	62
Cuadro 4.17.....	63
<i>Evaluación del río Liberia</i>	63
<i>Cuadro 4.18</i>	64
<i>Evaluación del río Las Palmas</i>	64
<i>Cuadro 4.19</i>	64
<i>Evaluación del río Liberia</i>	64
Cuadro 4.20.....	65
<i>Puntaje promedio del indicador río las Palmas, 01 de noviembre de 2024, OCA CTP Carrillo</i> .	65
Cuadro 4.21.....	66
<i>Puntaje promedio del indicador río Chipance, 23 de marzo de 2025, OCA Chipance</i>	66
Cuadro 4.22.....	66
<i>Puntaje de promedio del indicador en río quebrada La Cabra, 05 de abril de 2025, OCA La Cabra</i>	67
Cuadro 4.23.....	67
<i>Puntaje de promedio del indicador en el río Liberia, 24 de mayo de 2025, OCA Liberia</i>	67
Cuadro 4.24.....	69
<i>Resultados estadísticos del río Las Palmas 01 de noviembre de2024, OCA CTP Carrillo</i>	69
Cuadro 4.25.....	70
<i>Resultados estadísticos del río Chipance, 23 de marzo,2025, OCA Chipance</i>	70
Cuadro 4.26.....	71
<i>Resultados estadísticos de la quebrada La Cabra, 05 de abril,2025, OCA La Cabra</i>	71
Cuadro 4.27.....	72
<i>Resultados estadísticos del río Liberia, 24 de mayo de 2025, OCA Liberia</i>	72
Cuadro 4.28.....	73
<i>Resultados estadísticos del atributo condiciones de la orilla del río</i>	73

Cuadro 4.29	74
<i>Resultados estadísticos del atributo cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)</i>	<i>74</i>
Cuadro 4.30	75
<i>Resultados estadísticos del atributo alteraciones del cauce.</i>	<i>75</i>
Cuadro 4.31	76
<i>Resultados estadísticos del atributo claridad del agua.</i>	<i>77</i>
Cuadro 4.32.	77
<i>Resultados estadísticos del atributo contaminación por residuos sólidos.</i>	<i>77</i>
Cuadro 4.32.	78
<i>Resultados estadísticos del atributo contaminación por aguas residuales.</i>	<i>78</i>
<i>Resultados del comportamiento global del índice.</i>	<i>80</i>

Tabla de figuras

Figura 1.1. <i>Metodología para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos.</i>	3
Figura 2.1. <i>Resumen de la revisión de la literatura</i>	12
Figura 3.1 <i>Resumen de metodología</i>	24
Figura 3.2 <i>Ubicación de los Observatorios Ciudadanos del Agua dentro de la Región Chorotega, Costa Rica.</i>	26
Figura 4.1 <i>Resumen de resultados y discusión</i>	36
Figura 4.3. <i>Fuentes bibliográficas de los índices de calidad de ribera</i>	38
Figura 4.4. <i>Resumen de atributos del índice de calidad de riberas OCAs Chorotega propuesto para esta investigación.</i>	46
Figura 4.5 <i>Validación del Índice de calidad de riberas C.T.P de Carrillo</i>	50
Figura 4.8 <i>Evaluación del índice de calidad de riberas en el OCA Liberia</i>	60

Glosario

Actividades antropogénicas: Influencia o impacto del hombre en la naturaleza. Estas actividades incluyen la industria, la agricultura, la minería, el transporte, la construcción, la urbanización y la deforestación. Las emisiones causadas por las actividades antropogénicas son una de las principales causas del cambio climático y la contaminación ambiental. También pueden incluir la alteración del ecosistema, la introducción de especies invasoras y la sobreexplotación de los recursos naturales.

Áreas ribereñas: Zonas ubicadas a lo largo de los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua. Estos ecosistemas son importantes, ya que proveen servicios ambientales como el control de inundaciones, la estabilización del suelo, la protección de la calidad del agua, y una rica biodiversidad tanto de flora como de fauna. Las áreas ribereñas también tienen un valor recreativo y turístico, en que se pueden realizar diversas actividades como la pesca, el *rafting*, el canotaje y otras actividades al aire libre.

Atributo: Características o componentes específicos que se evalúan para determinar la calidad de áreas ribereñas.

Degradación ambiental: Pérdida o deterioro de los recursos naturales y la calidad del ambiente. Esto incluye la contaminación del aire, el agua y el suelo; el cambio climático, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la sobreexplotación de recursos naturales y otros impactos negativos que afectan la salud humana y la vida silvestre.

Indicador: Expresión cuantitativa del comportamiento de las variables o de los atributos de un servicio, un proceso o una organización.

Recuperación de los ríos: Restaurar y mejorar los ecosistemas fluviales, lo que puede incluir acciones como la eliminación de barreras, la restauración de hábitats, la eliminación de especies invasoras y la gestión de la calidad del agua.

Abreviaturas

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

AP: Áreas de protección.

GIRH: Gestión integrada del recurso hídrico.

HIDROCEC: Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

ODS: Objetivos del desarrollo sostenible.

OCA: Observatorio ciudadano del agua.

SENARA: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento.

UNA: Universidad Nacional de Costa Rica.

Resumen ejecutivo

El deterioro de las áreas ribereñas en la Región Chorotega de Costa Rica debido a presiones antropogénicas requiere estrategias innovadoras de monitoreo y gestión. En este estudio se desarrolló un índice de calidad de riberas adaptado a procesos de ciencia ciudadana para fortalecer la toma de decisiones de los observatorios ciudadanos del agua (OCA). Mediante una revisión bibliográfica global se identificaron atributos eco-hidromorfológicos clave, que fueron integrados en un nuevo índice compuesto por seis atributos: condición de las orillas, cobertura vegetal, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales. El índice fue aplicado en cuatro microcuencas de la región, con validación estadística mediante análisis de varianza. Los resultados mostraron variabilidad en la calidad de las riberas y problemas críticos como erosión, deforestación y contaminación. La herramienta demostró ser confiable y accesible para la participación ciudadana, ya que permite la generación de datos útiles para la conservación y la restauración de ecosistemas ribereños. Este enfoque promueve la gestión participativa del recurso hídrico y del empoderamiento comunitario.

Palabras clave: Calidad de riberas, ciencia ciudadana, eco-hidromorfología, gestión del agua, participación comunitaria.

Abstract

The degradation of riparian areas in Costa Rica's Chorotega Region due to anthropogenic pressures requires innovative monitoring and management strategies. This study developed a riparian quality index adapted for citizen science processes to strengthen decision-making by Citizen Water Observatories (OCAs). Through a global literature review, key ecohydromorphological attributes were identified and integrated into a new index composed of six attributes: riverbank condition, vegetation cover, channel alterations, water clarity, solid waste pollution, and wastewater pollution. The index was applied in four micro-watersheds of the region, with statistical validation using variance analysis. Results showed variability in riparian quality, identifying critical issues such as erosion, deforestation, and pollution. The tool proved reliable and accessible for citizen participation, enabling the generation of useful data for the conservation and restoration of riparian ecosystems. This approach promotes participatory water resource management and community empowerment.

Keywords: riparian quality; citizen science; ecohydromorphology; water management; community participation

Capítulo 1. Introducción

En este capítulo se hace una introducción a la problemática en estudio, se justifica la investigación y se plantean sus objetivos. A la vez, se hace la pregunta de investigación, se proponen los objetivos por alcanzar y se delimitan los alcances y sus limitaciones.

1.1. Introducción general a la temática

La evaluación ambiental de las riberas de los ríos es algo de creciente interés, tanto en el avance científico en lo que refiere a la comprensión del funcionamiento ecológico de los ríos, como en la adecuada gestión de los recursos hídricos. En el mundo, la gestión del recurso hídrico es esencial para el cumplimiento de normas y regulaciones. Así, por ejemplo, la Directiva del Marco del Agua, de aplicación europea, exige una evaluación y un diagnóstico del estado ecológico de los ríos, así como la aplicación de medidas dirigidas a la restauración y conservación del recurso (González del Tánago *et al*, 2006).

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] (2000), la nueva definición de área protegida es: “Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y manejado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación en el largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados”. Estas áreas se protegen con el fin primordial de conservar la provisión de agua y los ecosistemas forestales, evitar la erosión y reducir el impacto de desastres naturales, especialmente las inundaciones.

1.1.2. Las áreas de protección bajo la Ley Forestal

Según el SINAC (1996), en Costa Rica, la Ley Forestal N.º 7575 del año 1996 contiene regulaciones importantes -relativamente- acerca de la protección de zonas ribereñas. Las áreas de protección identificadas son principalmente los ríos, las quebradas y las nacientes. Así, por ejemplo, el artículo 33 menciona las áreas de protección en las márgenes de cuerpos de agua, y establece franjas de protección a lo largo de los ríos, quebradas, nacientes y otros cuerpos de agua.

A la vez, el propósito de esas áreas de protección es conservar los cuerpos de agua, evitar la contaminación y proteger los ecosistemas acuáticos, lo mismo que prevenir la erosión de los suelos en las márgenes de ríos, quebradas, al tiempo que estabilizar las márgenes y proteger a las comunidades cercanas de inundaciones y desbordamientos. Igualmente, propone la protección de la biodiversidad de las áreas ribereñas, las cuales son hábitat para una amplia variedad de flora y fauna (Procuraduría General de la República (PGR), 2004).

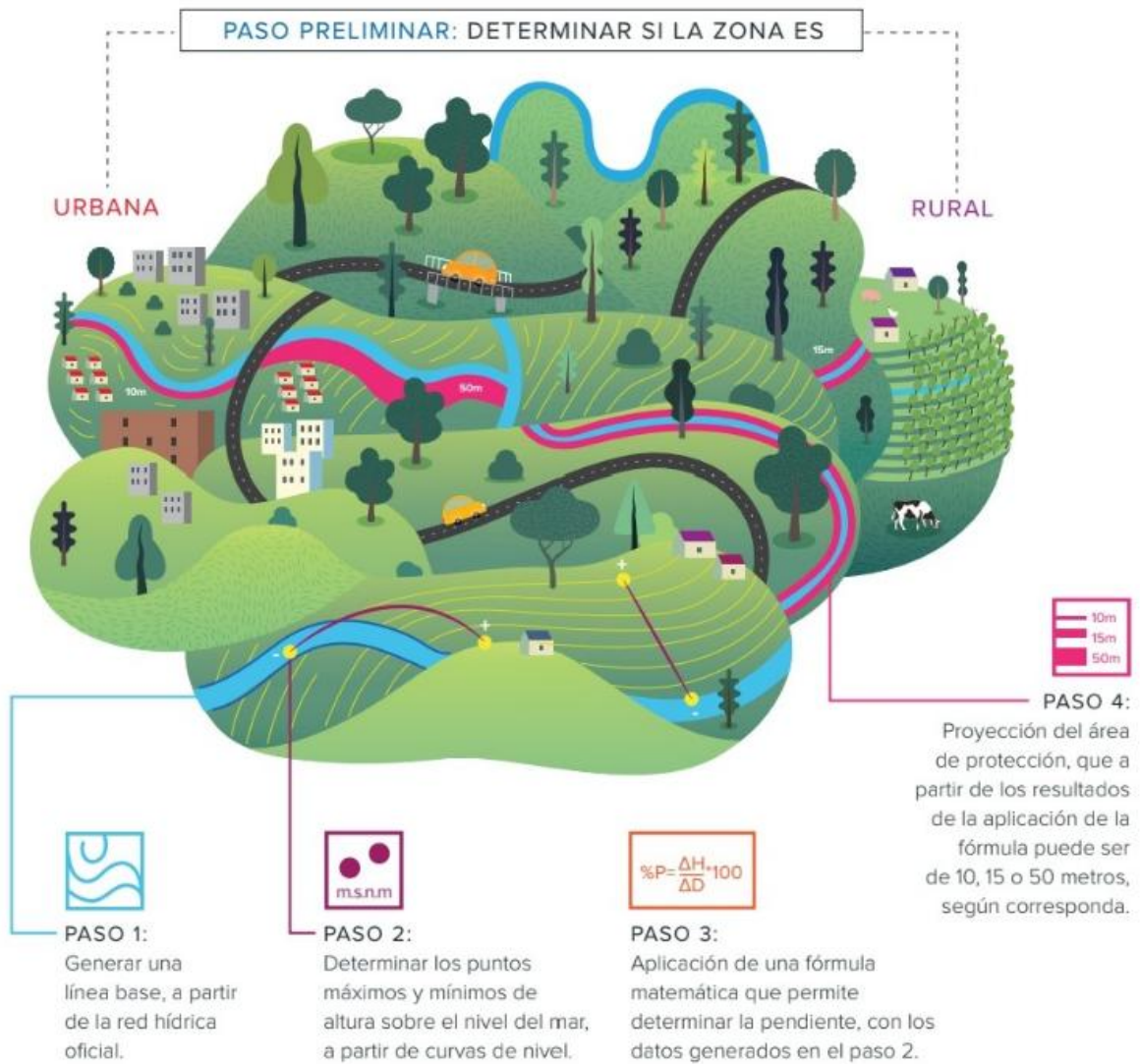
En esas áreas de protección, la Ley Forestal prohíbe: la tala de árboles, la construcción de edificaciones; la agricultura intensiva y cualquier otra actividad que comprometa la estabilidad de los ecosistemas ribereños (Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), 2020).

Las Áreas de Protección (AP) están resguardadas en la Ley Forestal N.º 7575 del año 1996 bajo una idea visionaria de conservación del recurso hídrico y sus ecosistemas asociados. Son un régimen especial de propiedad con el que se pretende evitar la contaminación y gestionar el riesgo.

Su origen se remonta a una tradición heredada por décadas y plasmada así en la Ley de Aguas N.º 276 de 1942, así como a la anterior Ley Forestal, por lo que se puede afirmar que este es uno de los regímenes de protección más antiguos e importantes del país.

El Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo es el ente competente para el establecimiento de los lineamientos oficiales de las áreas de protección. Por tanto, esta institución publicó la siguiente metodología para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos, en la que se establece un procedimiento digital de cuatro pasos (ver la siguiente figura 1.1).

Figura 1.1. Metodología para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos.



Fuente: INVU, 2019.

1.1.3. Funciones y servicios ecosistémicos de las áreas de protección

Según Cabo *et al* (2020), las principales funciones y servicios ecosistémicos que ofrecen las riberas son: constituir una zona de recarga de agua subterránea y acumular materia orgánica y sedimentos, y otra función primordial es proporcionar hábitat para la flora y la fauna. Afianzar la conservación de esa zona favorece la regulación de la entrada de sustancias contaminantes al cauce, y mantener una regulación del microclima del río ayuda a la regulación de la forma y la dinámica del río. Además, tiene un importante valor paisajístico y aporta posibilidades de usos sociales y económicos muy variados.

En el caso de los ríos que atraviesan zonas urbanas llamados interurbanos, las fuentes difusas de contaminación son aquellas difíciles de identificar, que incluyen el vertido de aguas grises sin tratar y los residuos sólidos de viviendas e industrias cercanas a estos cuerpos de agua superficiales (Denchack, 2015). Esta contaminación degrada la salud de los ecosistemas ribereños y afecta la calidad de vida de las personas, ya que estos ecosistemas son esenciales para las actividades recreativas y la protección de la biodiversidad, y también sirven como mecanismos de control de amenazas naturales, como en el caso de inundaciones y del cambio climático (U.S Fish and Wildlife Service, 1980).

Dado el papel crucial que desempeñan los ríos interurbanos para la población, es fundamental llevar a cabo procesos de valoración ambiental de las riberas fluviales. Estas valoraciones permiten obtener información sobre el estado ecológico de las riberas, así como mejorar los efectos que diversas acciones, sean positivas o negativas, tienen en la hidrología del ecosistema (Olaya *et al* 2014). Los indicadores que valoran áreas ribereñas suelen enfocarse en elementos hidro-morfológicos, ecológicos y de alteración antropogénica.

1.1.4. Participación ciudadana en la gestión de las áreas de protección

Es importante aplicar medidas coordinadas que fortalezcan el capital social, en las que se empleen protocolos adaptados para la obtener observaciones hidrológicas participativas. Este enfoque busca promover la ciencia ciudadana, en la que individuos sin formación científica formal participen en actividades científicas (Espinoza y Blanco, 2020). Ello les permite a los habitantes cercanos a cuerpos de agua superficiales, o a aquellos interesados, monitorear por

su cuenta el estado de los ecosistemas y el desarrollo de procesos de recuperación, con apoyo, a su vez, en investigaciones científicas con información adicional sobre la zona.

La ciencia ciudadana es un enfoque en ciencia participativa en el que las personas sin formación científica participan activamente en la recopilación, el análisis y la difusión de datos científicos (Universidad autónoma de Chile, 2017). La participación ciudadana ayuda a recopilar datos en tiempo real, lo que a su vez contribuye a la adquisición de más conocimientos científicos en varias áreas, como la biodiversidad, el cambio climático y la gestión del agua. Como resultado, la ciudadanía desempeña un papel activo en la protección y conservación del ambiente mediante la toma de decisiones informadas.

La ciencia ciudadana conlleva diversas tareas que le permiten a la población aportar para proyectos de investigación científica. Algunas de estas tareas abarcan: recolección de datos, que es cuando los ciudadanos ayudan a recopilar datos útiles mediante observaciones directas, mediante fotografías, registro de parámetros ambientales (como la calidad del agua) o mediante la identificación de especies.

En el monitoreo ambiental participativo los ciudadanos pueden controlar indicadores ambientales como la calidad del aire o del agua, el estado de ecosistemas ribereños, y el impacto de actividades humanas. Educación y concienciación: Mediante su participación, los ciudadanos adquieren mayor conocimiento sobre problemas ambientales locales y globales, y son conscientes de la importancia de su protección.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente existe un irrespeto de estos espacios en microcuencas y nacientes; pero más preocupante aún es que no existe información oficial y sistematizada sobre el estado de conservación de la inmensa mayoría de ellas. Lo que sí es claro es que el crecimiento urbano descontrolado, poco planificado, y la proliferación de actividades productivas extensivas están ejerciendo una enorme presión sobre las AP, por lo que es urgente que el Estado costarricense y la sociedad civil en general procuren medidas para atender esa situación (MINAE, 2022).

Es por ello por lo que en este proyecto se propone elaborar una propuesta de indicador del estado de las áreas ribereñas, adaptado para la ciencia, con la finalidad de fortalecer la toma

de decisiones de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs Chorotega). Todo ello basado en el “Índice de calidad de áreas ribereñas para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs Chorotega), Costa Rica”

1.3. Justificación

Los ríos interurbanos desempeñan un papel crucial en la vida de las comunidades humanas y en el equilibrio ecológico de los territorios en donde se ubican. No obstante, las presiones antropogénicas y el manejo inadecuado del recurso hídrico han generado un deterioro significativo en las áreas ribereñas, que afectan su función hidrológica y ecológica. Frente a esta realidad, se hace necesaria la implementación de estrategias efectivas para la valoración y el monitoreo de estas zonas, a fin de promover la participación de la ciudadanía en la gestión de los recursos naturales. En ese contexto, el proyecto "Protocolo adaptado para la valoración de áreas ribereñas de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs Chorotega), Costa Rica" surge como una iniciativa para fortalecer las capacidades técnicas de monitoreo hidrológico y para promover la ciencia ciudadana en la región bajo el marco del proyecto de extensión 0104-22 “Fortalecimiento de capacidades de los Observatorios Ciudadanos del Agua, como mecanismo de empoderamiento ciudadano para la recuperación de los ríos interurbanos mediante la conjunción de la ciencia ciudadana, el intercambio de saberes y la gestión del riesgo de desastres en la Región Chorotega (OCAs Chorotega)”. Este proyecto, con vigencia del 2023 al 2026, es coordinado por el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe de la Sede Regional Chorotega. y por el programa Cambios de la Escuela de Planificación y Promoción Social, ambas unidades académicas de la Universidad Nacional de Costa Rica.

Dentro del proyecto se da apoyo científico y técnico a los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) en la región Chorotega, dada la complejidad propia del monitoreo y de la recuperación de las áreas ribereñas. Una de las formas para lograr lo anterior es por medio de las capacitaciones de los ciudadanos, en las cuales se generarán los datos colaborativos con el fin de mejorar el estado de los ríos interurbanos de la Región Chorotega.

La implementación de este protocolo adaptado busca apoyar el fortalecimiento del capital social y la promoción de la ciencia ciudadana. Las comunidades locales, mediante su participación y consciente, pueden contribuir al monitoreo de las áreas ribereñas y al desarrollo de procesos de recuperación ecológica. Este enfoque participativo no solo empodera a los ciudadanos al hacerlos parte del cuidado del entorno natural, sino que también fomenta redes de colaboración entre organizaciones públicas y privadas y la ciudadanía. La ciencia ciudadana, entendida como la participación de personas sin formación científica formal en actividades de investigación y monitoreo permite obtener información valiosa y contextualizada sobre el estado de los ecosistemas ribereños, y complementa así los estudios científicos tradicionales.

Además, la adopción de un protocolo adaptado mejora significativamente el monitoreo hidrológico y la gestión del recurso hídrico. Este instrumento proporciona lineamientos claros y accesibles para que los OCAs Chorotega puedan realizar evaluaciones hidromorfológicas y ecológicas, e identifiquen de manera oportuna las alteraciones y problemáticas que afectan las áreas ribereñas. La capacidad de detectar tempranamente cambios adversos permite tomar decisiones más acertadas y promover acciones de mitigación y recuperación ambiental. Asimismo, los datos recopilados por las comunidades locales pueden ser utilizados para enriquecer investigaciones científicas, establecer políticas públicas más efectivas y planificar estrategias sostenibles de manejo de cuencas hidrográficas.

Finalmente, la adaptación contextual del protocolo y la colaboración interinstitucional son aspectos clave para su éxito. La participación de diversas organizaciones, como municipalidades, la Comisión Intersectorial para la Gestión Integrada de la Cuenca Media Baja del Tempisque (CIGITEM), el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y otros actores públicos y privados, garantiza que el protocolo esté alineado con las realidades específicas de cada comunidad involucrada. Este enfoque asegura que las medidas propuestas sean viables y sostenibles, considerando tanto los conocimientos tradicionales como los criterios científicos y técnicos.

En conclusión, la implementación del protocolo adaptado para la valoración de áreas ribereñas en los OCAs Chorotega representa un avance significativo hacia una gestión más sostenible y colaborativa del recurso hídrico en la región. La integración de la ciencia ciudadana, el fortalecimiento del capital social y la articulación interinstitucional son elementos clave para la protección y recuperación de los ecosistemas ribereños. Así, este proyecto no solo busca monitorear y evaluar el estado de las áreas ribereñas, sino también sensibilizar y empoderar a las comunidades locales para que se conviertan en actores activos y responsables en la protección de los recursos naturales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un índice de calidad de riberas adaptado a procesos de ciencia ciudadana que favorezca el fortalecimiento de la toma de decisiones de los OCAs Chorotega, Costa Rica.

1.4.2. Objetivos específicos

A continuación, se presentan los objetivos específicos que se aplican para los OCAs Chorotega, Costa Rica.

- Identificar atributos eco-hidromorfológicos pertinentes en procesos de ciencia ciudadana, mediante una revisión bibliográfica de índices para la valoración de áreas ribereñas.
- Proponer un índice de calidad de riberas basado en atributos eco-hidromorfológicos adaptado para procesos de ciencia ciudadana en la región Chorotega.
- Validar el índice de calidad de riberas en OCAs de la región Chorotega mediante análisis estadístico para la determinación de su eficacia como herramienta de monitoreo participativo del agua.

1.5. Pregunta de investigación

¿Es posible evaluar la calidad de las riberas mediante procesos de participación de la ciudadanía, tomando datos fiables para ser utilizados en procesos de restauración y conservación de los cuerpos lóticos?

1.6. Hipótesis

Sí, es posible caracterizar la calidad de las áreas ribereñas mediante el análisis de atributos eco-hidromorfológicos fiables para la toma de decisiones por medio de datos colectados a partir de procesos de ciencia ciudadana.

1.7. Descripción de revistas objetivo

La revista, como primera opción, es la *Uniciencia*, dado que es una revista científica indexada de la Facultad de Ciencias Naturales y Aplicadas de la Universidad Nacional de Costa Rica (Editorial EUNA). Su principal objetivo es compartir los resultados de la investigación y proporcionar artículos de alta calidad a la comunidad nacional e internacional, a fin de fomentar el desarrollo científico y cultural de la sociedad costarricense.

La segunda opción de revista objetivo es la *Revista de Ciencias Ambientales* de la Universidad Nacional de Costa Rica, ya que permite una publicación internacional de acceso abierto, dedicada a la difusión de investigaciones rigurosas en temas ambientales, ya que promueve el manejo sostenible de recursos naturales, la biodiversidad y la mitigación del cambio climático, entre otros aspectos clave para América Latina.

Otras revistas por tomar en cuenta: *Revista Universidad en Diálogo* de la Universidad Nacional de Costa Rica, que aspira a ser punto de reunión para compartir experiencias, visiones, propuestas y resultados del compromiso de la universidad pública por la transformación de nuestras realidades, complejas y diversas, hacia una sociedad con mayor equidad y justicia. Fomenta prácticas, conocimientos y experiencias generadas de la interacción universidad y comunidad para visibilizar, socializar y sistematizar, tanto los procesos como los resultados e impacto generados. Es, en este sentido, un órgano de comunicación amplio; pero a la vez busca dar cuenta de la labor específica que realizan académicos y académicas extensionistas y de la incidencia comunal que se genera en la

sociedad y que alimenta, al mismo tiempo, esa labor. Por otra parte, la *Revista Repertorio Científico de la Universidad Estatal a Distancia* es una revista que publica artículos originales e inéditos dos veces al año de la Escuela de Ciencias Exactas Naturales. Y la *Revista de Perspectivas Rurales* es la revista de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica. Su objetivo es ser un punto de encuentro de la reflexión crítica sobre la complejidad de las dinámicas que configuran lo rural y las ruralidades en el mundo contemporáneo, con especial interés en el caso de América Latina y El Caribe.

1.8. Alcances y limitaciones

En el presente apartado se detallan los alcances y las limitaciones de este estudio:

1.8.1 Alcances

Los alcances para este proyecto son variados. Se resumen a continuación:

- Debido a que los datos provienen de diferentes zonas de la Región Chorotega por medio del análisis de los datos se puede determinar cómo se encuentra la calidad de las áreas ribereñas en los ríos interurbanos de diferentes comunidades de las cuales, con anterioridad, no se tenía información.
- A partir de la generación de la base de datos se abren puertas para el desarrollo de más investigaciones de diferente índole en la región Chorotega, al igual que se pueden hacer estudios sobre el estado de la gestión de las zonas de protección.
- Debido a que se realizan capacitaciones a los OCA sobre la evaluación de las áreas ribereñas se crea conciencia en la población de la importancia de cuidar los ríos y quebradas de la región, especialmente en los grupos en los que participan estudiantes de colegios.
- Desarrollo del fortalecimiento de las capacidades de autogestión de los Observatorios Ciudadanos del Agua.
- Por medio de la aplicación de índice de calidad de riberas se obtiene información en campo a partir de la observación realizada por las personas

1.8.2 Limitaciones

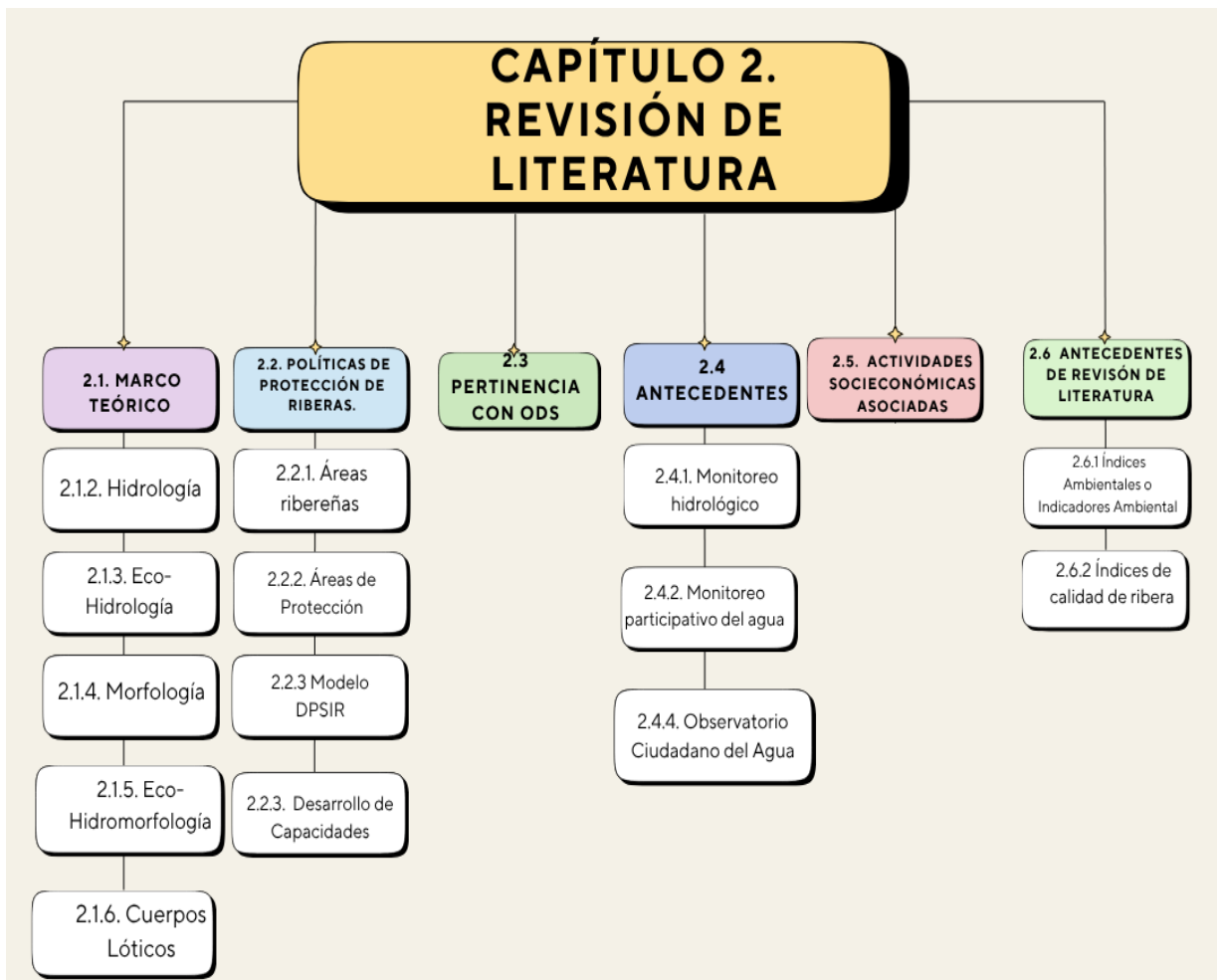
Las limitaciones de este proyecto se ven mayormente reflejadas en el ámbito social más que en lo técnico, y pueden resumirse en los siguientes términos:

- Las personas que conforman los Observatorios Ciudadanos del Agua provienen de diferentes sectores sociales, institucionales o privados, o ambos. Por ejemplo, hay personas que forman parte de instituciones públicas como el SINAC, organizaciones no gubernamentales, como Salvemos Río Chipance; estudiantes de colegio de entre 16 y 17 años, por lo que la recolección de los datos es complicada, y más aún, que al no contar con una base de datos accesible para todas las personas y editable para cada OCA en específico.
- Los datos obtenidos de las evaluaciones de las áreas ribereñas de los OCA son compartidos por medio de imágenes de WhatsApp, lo que exige posteriormente que se pase la información de formato audiovisual a libros de Excel para realizar un análisis de estos y poder compararlos. No obstante, en este traspaso de información se pueden perder datos o variables importantes que se necesitan tomar en cuenta posteriormente.
- Debido a que las personas que aplican el índice de valoración de áreas ribereñas no son profesionales y a que cada uno la realiza bajo un criterio propio, los datos pueden ser muy variados, y también por ser personas voluntarias las que participan en este proceso la frecuencia y consistencia de la evaluación se puede ver afectada.

Capítulo 2. Revisión de la literatura

En este capítulo se explican conceptos relevantes para la investigación, políticas de protección de riberas, metodologías y la teoría en que se sustenta la investigación que se está realizando, así como las referencias a otras investigaciones de similar índole; todo para darle al lector una base de los conceptos utilizados, como se evidencia en la figura 2.1. siguiente:

Figura 2.1. Resumen de la revisión de la literatura



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.1. Conceptos clave de hidrología

En este apartado se presenta la síntesis de la revisión de la literatura, que incluye conceptos clave hidrológicos: hidrología, eco-hidrología, morfología, eco-hidromorfología y cuerpos lóticos, todo para comprender mejor la composición y la morfología del cauce de los ríos y las áreas ribereñas. Para ello se buscó información bibliográfica por medio de datos académicos (Google Scholar, Researchgate, Web of Science (sciencedirect)) y en repositorios especializados en recursos naturales y medio ambiente (repositorio.una.ac.cr), con el fin de identificar publicaciones, artículos e informes técnicos. Para el caso se establecieron los siguientes criterios de búsqueda: producidos en el mundo entero entre 1990 y 2024; publicaciones en inglés, francés y español. En ello se utilizaron las siguientes palabras clave: hidrología, morfología, cuerpos lóticos.

2.1.2. Hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia la distribución, movimiento y propiedades del agua en la Tierra, y abarca tanto los procesos superficiales como los subterráneos. Su objetivo es comprender el ciclo hidrológico y las interacciones entre el agua, la atmósfera, el suelo y los seres vivos, lo que resulta fundamental para la gestión y la conservación de los recursos hídricos (Mendoza *et al*, 2002; Alvarado *et al*, 2019). Los modelos hidrológicos esenciales en esta disciplina pueden ser conceptuales o basados en procesos físicos, y se utilizan para simular fenómenos como la escorrentía, la infiltración y la recarga de acuíferos, apoyada la toma de decisiones en el manejo del agua (Béjar, 2022; Bergström, 1991; Brooks *et al*, 1992). Además, la hidrología es clave para la planificación territorial, la prevención de desastres y la gestión sostenible de cuencas hidrográficas (Alvarado *et al*, 2019).

2.1.3. Eco-hidrología

La eco-hidrología surge como una interdisciplina que integra la hidrología y la ecología para analizar las interacciones entre los procesos hidrológicos y los ecosistemas acuáticos y terrestres (Martínez y Villalejos, 2019). Este enfoque reconoce que la dinámica del agua influye en la estructura y la función de los ecosistemas, y viceversa, y propone soluciones innovadoras para la restauración y gestión sostenible del recurso hídrico (Zalewski *et al*, 1997; Martínez y Villalejos, 2019). La eco-hidrología fue desarrollada en el marco del

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, y promueve la regulación dual de los ecosistemas: los procesos hidrológicos regulan los eco-sistemas y, a su vez, la manipulación de los ecosistemas puede regular los procesos hidrológicos (Zalewski, 2002; Martínez y Villalejos, 2019). Sus principios incluyen restablecer los ciclos de agua, nutrientes y energía, amplificar la resiliencia de los ecosistemas y utilizar propiedades ecológicas como herramientas de gestión, alineándose con soluciones basadas en la naturaleza (Quintero y Mejía, 2006).

2.1.4. Morfología

La morfología, en el contexto de los sistemas fluviales, se refiere al estudio de la forma, estructura y dinámica de los cauces y riberas de los cuerpos de agua. Incluye el análisis de procesos como la erosión, el transporte y la deposición de sedimentos, que determinan la configuración y evolución de los ríos (Leopold et al., 1964; Knighton, 1998; Hernández *et al*, 2016). La morfología fluvial es fundamental para comprender los patrones de flujo, la conectividad ecológica y la respuesta de los sistemas acuáticos a perturbaciones naturales o antrópicas. El monitoreo morfológico es esencial para la gestión de riesgos, la restauración de ríos y la conservación de hábitats acuáticos (Hernández *et al*, 2016).

2.1.5. Eco-hidromorfología

La eco-hidromorfología integra los conocimientos de la eco-hidrología y la morfología fluvial, enfocada en las interacciones entre los procesos hidrológicos, ecológicos y morfológicos en los sistemas acuáticos. Este enfoque reconoce que la estructura física del cauce y la dinámica del flujo de agua influyen directamente en la distribución y la diversidad de la biota, así como en la calidad ecológica de los ríos (Hernández y Obregón, 2018). La eco-hidromorfología es clave para la restauración ecológica, ya que permite diseñar intervenciones que consideran simultáneamente la hidro-dinámica, la geo-morfología y los requerimientos ecológicos de los organismos, para promover la resiliencia y la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos (Martínez y Villalejos, 2019; Hernández *et al*, 2016). Por otro lado, la hidro-morfología es la base de cualquier sistema fluvial. Esto se debe a que es un elemento que estructura las comunidades y procesos biológicos que se dan en el sistema. Los indicadores hidro-morfológicos evalúan, por un lado, la diferencia entre las características

hidrológicas y geo-morfológicas actuales de los ríos. Por otro lado, evalúan las características que tendrían los ríos en ausencia de alteraciones humanas. Esto se hace para garantizar el buen funcionamiento del ecosistema fluvial (Prisma, 2024).

2.1.6. Cuerpos lóticos

Los cuerpos lóticos son sistemas acuáticos caracterizados por el flujo continuo de agua, como ríos y arroyos. Estos ecosistemas presentan una alta heterogeneidad espacial y temporal, determinada por la velocidad del flujo, la morfología del cauce y la conectividad con el entorno terrestre (Souza y Aguilar, 2022; Botello *et al*, 2022). Los cuerpos lóticos son fundamentales para la biodiversidad, el transporte de nutrientes y la provisión de servicios ecosistémicos; pero son altamente vulnerables a la alteración hidromorfológica y a la contaminación (Walteros, 2023). La gestión y conservación de estos sistemas requiere enfoques integrados que consideren la hidrología, la morfología y las interacciones ecológicas, como lo proponen la eco-hidrología y la eco-hidromorfología (Alvarado *et al*, 2019; Hernández *et al*, 2016). Estos ecosistemas desempeñan un papel crucial en el desplazamiento de los animales y presentan una mayor biodiversidad en comparación con los entornos de agua estancada (Thorp y Covich, 2014).

2.2. Políticas de protección de riberas

Para desarrollar este apartado se realizó una búsqueda exhaustiva en bases académicas, como Google Scholar, ResearchGate, Web of Science (ScienceDirect) y repositorios especializados en recursos naturales y ambiente, como repositorio.una.ac.cr, con el fin de identificar documentos, artículos científicos, informes técnicos y políticas públicas relevantes que aborden la protección de áreas ribereñas y áreas de protección.

2.2.1. Áreas ribereñas

Las áreas ribereñas son zonas adyacentes a ríos, arroyos y otros cuerpos de agua, reconocidas por su alta biodiversidad y por los servicios ecosistémicos que proveen, tales como la regulación hídrica, la estabilización de suelos, la protección de la calidad del agua y la provisión de hábitats para especies terrestres y acuáticas (Escalona *et al*, 2021). Diversos autores coinciden en que estos ecosistemas actúan como filtros naturales en la retención de

sedimentos y contaminantes, y desempeñan un papel clave en la conectividad ecológica del paisaje (Naiman y Décamps, 2010; Tabacchi *et al*, 1996; UNDP, 2020).

Las áreas ribereñas se representan como franjas de terreno adyacentes a cuerpos de agua como ríos, quebradas y arroyos, que cumplen con funciones ecológicas fundamentales para la conservación del recurso hídrico y la biodiversidad. Según la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-2040 de Costa Rica, (2020), estas áreas se definen legalmente como franjas horizontales de 15 metros en zona rural y 10 metros en zona urbana a ambos lados de las riberas, o de 50 metros en terrenos quebrados, además de incluir las zonas que bordean nacientes permanentes en un radio de 100 metros (MINAE, 2020; Rodríguez, 2020). Estas áreas actúan como filtros naturales que retienen sedimentos y contaminantes, estabilizan suelos y regulan el caudal de los cuerpos de agua, y contribuyen así a la calidad y la cantidad del recurso hídrico (MINAE, 2019, Rodríguez, 2020, UNDP, 2020).

No obstante, estudios recientes reportan que muchas de estas áreas ribereñas están siendo invadidas y degradadas debido al crecimiento urbano no planificado y a actividades productivas extensivas, lo que pone en riesgo la funcionalidad de estos ecosistemas y la disponibilidad del agua (UNDP, 2020; SINAC, 2024). La carencia de información sistematizada sobre el estado de conservación de la mayoría de estas áreas representa un desafío para su gestión efectiva.

La Directiva Marco del Agua en Europa exige la evaluación y conservación de las riberas como parte fundamental para el cumplimiento de los objetivos ecológicos y de calidad del agua (González del Tánago *et al*, 2006).

2.2.2. Áreas de Protección

Las Áreas de Protección (AP) son espacios establecidos bajo un régimen legal especial para conservar los recursos hídricos y sus ecosistemas asociados con ellos. En Costa Rica están protegidas por la Ley Forestal N.º 7575 de 1996 y tienen antecedentes en la Ley de Aguas N.º 276 de 1942, y por tal constituyen uno de los regímenes de protección más antiguos y relevantes del país (Rodríguez, 2020; UNDP, 2020). Estas áreas incluyen no solo las riberas

sino también zonas de recarga y acuíferos de manantiales, con límites determinados por autoridades competentes.

La Política Nacional para la Recuperación y Resguardo de las Áreas de Protección busca revertir la degradación causada por invasiones y actividades humanas, y promueve así la recuperación de la cobertura arbórea y la rehabilitación ecológica de estas zonas, con un enfoque de coordinación interinstitucional y participación ciudadana. Sin embargo, la presión urbana y productiva continúa siendo una amenaza significativa, que evidencia la necesidad de fortalecer la gobernanza y el cumplimiento normativo (MINAE, 2022).

2.2.3. Modelo DPSIR

Según Kristensen (2004), el Marco Impulsor Presión Estado Impacto Respuesta (DPSIR) proporciona una estructura para presentar los indicadores necesarios para facilitar la retroalimentación a los responsables políticos de la calidad ambiental, y el impacto resultante de las decisiones políticas adoptadas o que se adopten en el futuro. El marco DPSIR asume una cadena de vínculos causales que comienza con las fuerzas impulsoras (sectores económicos, actividades humanas), pasa por las presiones (emisiones, residuos) y llega a los estados (físicos, químicos y biológicos) e impactos en los ecosistemas, la salud y las funciones humanas, lo que finalmente conduce a las respuestas políticas (priorización, establecimiento de objetivos, indicadores). Establecer un marco DPSIR para un entorno específico es una tarea compleja, ya que es necesario describir cuidadosamente todas las relaciones causa-efecto y los cambios ambientales rara vez pueden atribuirse a una sola causa.

2.2.4. Desarrollo de capacidades

El desarrollo de capacidades hace referencia al proceso mediante el cual individuos, organizaciones e instituciones adquieren, fortalecen y mantienen las habilidades, conocimientos, herramientas y recursos necesarios para desempeñar sus funciones de manera efectiva y sostenible (UNDP, 2009). En el contexto de la gestión de los recursos hídricos y la participación ciudadana, este concepto adquiere particular relevancia, pues permite generar cambios sostenibles en las comunidades mediante la apropiación del conocimiento y la acción colectiva.

La participación de los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) en procesos de evaluación de áreas ribereñas no solo requiere de instrumentos accesibles sino también un fortalecimiento continuo de las capacidades técnicas, sociales y organizativas de sus miembros. Esto incluye:

- **Capacidades técnicas:** Habilidades para la recolección y el análisis básico de datos ambientales, uso de herramientas de monitoreo visual, interpretación de indicadores y comunicación de resultados.
- **Capacidades sociales:** Dinámicas de trabajo en equipo, liderazgo comunitario, toma de decisiones participativas y resolución de conflictos.
- **Capacidades organizativas:** Planificación, gestión de recursos, articulación con actores institucionales y sostenibilidad de los procesos comunitarios.

El fortalecimiento de estas capacidades se vincula directamente con los principios de la extensión universitaria y se considera un eje transversal en los procesos de ciencia ciudadana. En este sentido, el proyecto de protocolo adaptado no solo se limita a ofrecer una herramienta técnica, sino que promueve un proceso de empoderamiento comunitario orientado a la gestión sostenible del recurso hídrico en la Región Chorotega.

2.3. Pertinencia con ODS

Los objetivos de desarrollo sostenible se vinculan con las áreas ribereñas como: el ODS 6: Agua limpia y saneamiento: las áreas ribereñas y sus ecosistemas aledaños desempeñan un papel vital en la protección y la conservación de los recursos hídricos. Específicamente, la meta 6.6 indica lo siguiente: *“de aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos”*. Las áreas ribereñas son críticas para la recarga y la calidad del agua de los acuíferos. Los ecosistemas ribereños filtran las aguas naturales, y la calidad del agua mejorada reduce la contaminación entrante y disminuye la cantidad de sedimentos y sólidos presentes en el agua. De igual forma, la conservación de las áreas ribereñas se relaciona con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, por lo que muchas zonas ribereñas están cerca de áreas urbanas. La meta 11.6 indica que *“de aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la*

calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo". De este modo, promover la sostenibilidad de estas áreas es esencial para garantizar la resiliencia de las ciudades y una mejor calidad de vida para las comunidades aledañas.

El ODS 13: Acción por el clima en que las áreas ribereñas ayudan a mitigar los efectos del cambio climático, reducen la erosión y estabilizan los márgenes de los ríos. Se señala específicamente la meta 13.3, que indica lo siguiente: *“mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana”*. Las áreas ribereñas son clave para la reacción a la contaminación marina y fluvial; pero también son clave para ayudar en la adaptación a eventos climáticos extremos, como las inundaciones. El ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, en que las áreas ribereñas son hábitats clave para una amplia variedad de especies terrestres y acuáticas. La meta 15.1 indica: *“De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales”*. Por lo tanto, la protección de estos ecosistemas favorece la biodiversidad y la salud de los sistemas ecológicos.

2.4. Antecedentes de la valoración de áreas ribereñas

Esta sección presenta antecedentes de la valoración de las áreas ribereñas: monitoreo hidrológico, monitoreo participativo del agua, ciencia y observatorios ciudadanos del agua.

2.4.1. Monitoreo hidrológico

El monitoreo hidrológico es esencial para guiar la toma de decisiones basadas en evidencias en la gestión del recurso hídrico, debido a que cuantifica y describe los procesos que forman parte del ciclo hidrológico, lo cual permite un mejor entendimiento de este (Instituto de Hidrodinámicas, 2024). Es común que el monitoreo hidrológico involucre métodos de medición del agua en sus diferentes estados dentro de un área y tiempo determinado. Algunas de las mediciones realizadas son: calidad del agua, caudal y precipitación (García-Herran, 2018).

Este proceso es importante para comprender y gestionar los recursos hídricos de una región. Además, el monitoreo hidrológico debe generar datos e información que sirvan para varios intereses y objetivos relacionados con los procesos hidrológicos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2018).

2.4.2. Monitoreo participativo del agua

Un mecanismo para integrar datos de calidad del agua basados en conocimientos tradicionales e indicadores científicos es el monitoreo participativo de la calidad del agua (MPCA). Este tipo de monitoreo es un proceso colaborativo en el que las comunidades locales, el gobierno, la academia y hasta la iniciativa privada trabajan juntos para medir, analizar y comprender la calidad del agua. En este proceso las comunidades locales son capacitadas y participan activamente en la recolección y el análisis de datos sobre la calidad del agua en su entorno (Villada y Rendón, 2024).

Desde una perspectiva teórica, el monitoreo llevado a cabo por medio del MPCA representa una oportunidad para crear marcos de conocimiento alternativos y para explorar nuevas formas de hacer ciencia que puedan fomentar el cambio social y la incidencia en la comunidad. En la práctica, el MPCA fortalece la organización comunitaria y promueve la ciudadanía científica. Este monitoreo participativo se convierte en un mecanismo de poder que se sustenta en los datos, que fomenta la justicia ambiental, la apropiación y defensa del territorio, y la cohesión social. Estos monitoreos son reconocidos por su capacidad para valorar los saberes y las capacidades comunitarias (Villada y Rendón, 2024).

2.4.3. Ciencia ciudadana

La ciencia ciudadana se puede definir como un enfoque en investigación científica que involucra la participación ciudadana activa. Dicha participación proviene de un público no especializado en la materia por investigar. Además, se trata de un complemento de la labor tradicional de la comunidad científica, y también ayuda a recopilar y procesar grandes cantidades de datos para estudiar problemas complejos y poder promover el conocimiento entre el público en general (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016).

2.4.4. Observatorio Ciudadano del Agua

Los Observatorios Ciudadanos del Agua se construyen bajo el alero de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. Constituyen, al igual que la alianza, lugares de encuentro, en los cuales los ciudadanos voluntariamente se unen con el fin de realizar acciones concretas para enfrentar los desafíos que presentan la gestión del agua y la protección de los distintos cuerpos de agua existentes en sus comunidades. Buscan identificar y desarrollar, sensibilizar y consensuar proyectos encaminados a resolver los problemas que provocan la falta de agua y la poca protección de que gozan los cuerpos de agua en sus comunidades; asumiendo como válidos y como punto de partida los objetivos clave de desarrollo sostenible aprobados en el mes de setiembre del 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en el documento conocido como la Agenda 2030 (Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica, 2023).

Los OCA son colectivos y sus miembros actúan de manera voluntaria, solidaria, desinteresada y comprometida con la vigilancia y el monitoreo permanente de las fuentes hídricas. La necesidad de proteger los recursos hídricos de Costa Rica es crucial y constituye la principal tarea y el objetivo más importante por alcanzar.

2.5. Actividades socioeconómicas en la Región Chorotega

Las actividades socioeconómicas de la Región Chorotega se caracterizan por una gran diversidad en la cual se destacan: la ganadería, la agricultura y el turismo. Este último es el de la zona que más se ha desarrollado recientemente. Por medio de la Unidad de Planificación Región de Desarrollo Chorotega se presenta un resumen del uso de suelos de la Región Chorotega, en el que se observa que un total de 284 209 hectáreas son utilizadas para pastos; seguidamente se tienen los bosques, que son de 201.176 hectáreas y, en tercer lugar, están los cultivos, con 77.014 hectáreas. Dentro de la lista no se tiene un apartado que indique el uso de la tierra para actividades turísticas, como hoteles y restaurantes, entre otros.

Cuadro 1.1.

Uso de la tierra en la Región Chorotega (ha).

Actividad	N° de Hectáreas
Pastos	284.209
Bosques	201.176
Cultivos	77.014
Tierra labranza	40.873
Parques nacionales	173.539
Otros usos	237.220
Total	1.014.031

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020.

2.6. Antecedentes de índices ambientales y ribereños

En esta sección se presenta el resultado de la revisión de la literatura en cuanto a índices ambientales o indicadores ambientales e índices de calidad de ribera.

2.6.1. Índices ambientales o indicadores ambientales

Los indicadores ambientales son herramientas fundamentales que permiten evaluar el estado del ambiente, sus cambios a lo largo del tiempo y la efectividad de las políticas y medidas de gestión ambiental implementadas. En el contexto de las áreas ribereñas, estos indicadores facilitan la comprensión del impacto de las actividades humanas y naturales sobre los ecosistemas fluviales, y ofrecen información clave para la toma de decisiones (Quiroga, 2007).

Un indicador ambiental es un parámetro, o un valor derivado de parámetros, que proporciona información sobre el estado del ambiente, las presiones que lo afectan, las respuestas sociales y los efectos de las acciones humanas. Estos indicadores se agrupan en diferentes categorías: de estado, de presión, de respuesta, de impacto y de eficiencia

En el caso particular de las riberas, los indicadores ambientales aplicables suelen incluir:

- **Condiciones de la orilla del río:** Evalúa la estabilidad y conservación de las orillas, tales como la erosión, la estabilidad física y si las orillas están alteradas por actividades humanas.
- **Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural):** Evalúa la cantidad de estrato de vegetación en la zona ribereña, un indicativo clave de la salud ecológica.
- **Estabilidad de las márgenes:** Evidencia de erosión, socavación o modificación antrópica.
- **Presencia de residuos sólidos:** tipo, cantidad y ubicación de desechos visibles en las riberas.
- **Conectividad ecológica:** Evalúa el grado de fragmentación del hábitat ribereño y su relación con otros ecosistemas.

La selección de indicadores específicos depende del objetivo de evaluación y del contexto local. En el presente protocolo se busca adaptar estos indicadores para que sean observables por los OCAs mediante métodos visuales y participativos, promoviendo así una valoración efectiva bajo el enfoque de ciencia ciudadana.

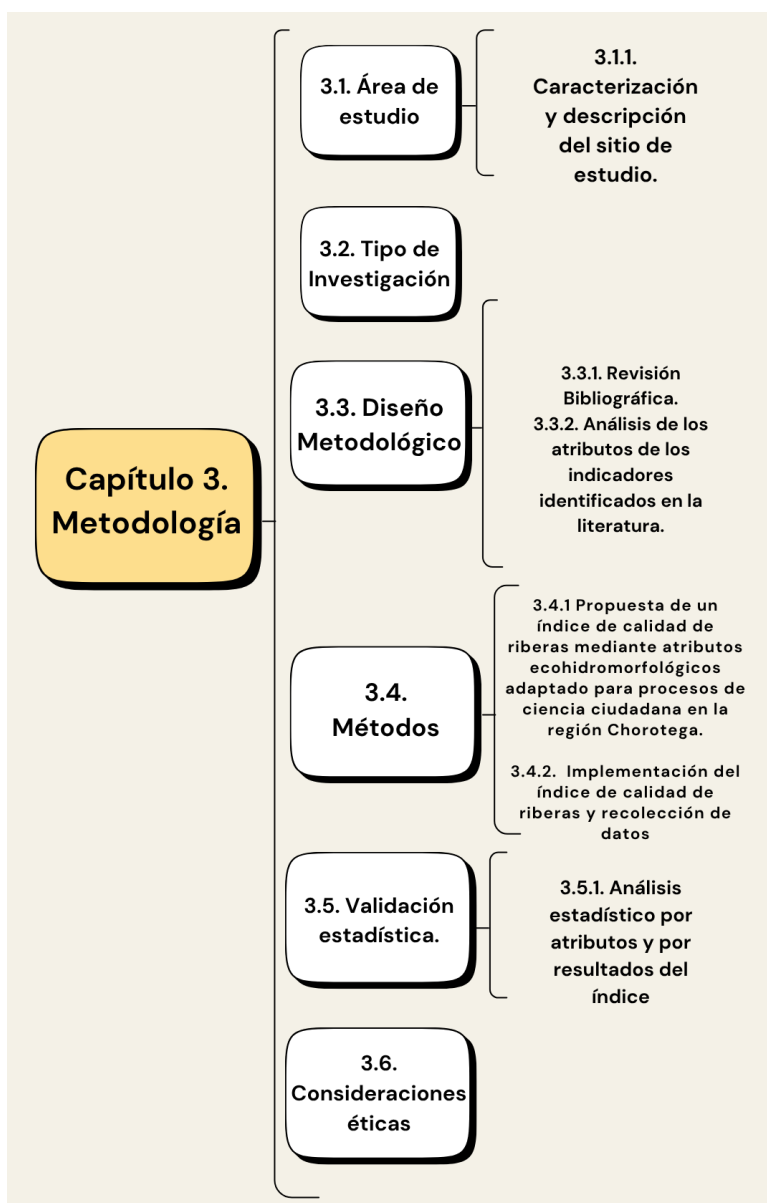
2.6.2. Índices de calidad de ribera

Actualmente existen numerosas metodologías de evaluación de las riberas, basadas en técnicas de reconocimiento visual que las hacen muy apropiadas para abordar estudios relativos con una elevada longitud de ribera fluvial (Winward 2000; Bjorkland *et al* (2001); Ward *et al* (2003); Jansen *et al* (2004). En España, Munné *et al* (2003) propusieron el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), que es ampliamente utilizado en muchas regiones de la Península Ibérica (González del Tanago *et al*, 1998; Gutiérrez y Suárez, 2000). Este índice se centra en cuatro aspectos fundamentales: la extensión de la vegetación ribereña, la estructura de la cubierta, la calidad de la cubierta y el grado de naturalidad del lecho del río. Lo anterior, aunque en algunos casos se han observado algunas limitaciones en su uso. Si bien en su aplicación se han observado ciertas limitaciones en determinados ámbitos (Suárez *et al*, 2002), recientemente se ha propuesto como metodología para la valoración de las condiciones riparias, formando parte del protocolo de reconocimiento de las condiciones hidro-morfológicas en Cataluña.

Capítulo 3. Metodología

En esta sección se detallan las diferentes etapas de la metodología de la presente investigación (ver figura 3.1). Se amplía la descripción del área de estudio, se explica el proceso de recolección de los datos base, se eligen la población de estudio y la muestra utilizada para la evaluación. Finalmente, se detallan las secciones específicas que componen la metodología.

Figura 3.1 Resumen de metodología



Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.1. Área de estudio

En este capítulo se determina el área de estudio del proyecto, y, debido a la naturaleza de este proyecto, se decide primero presentar información sobre la Región Chorotega y posteriormente presentarla sobre cada microcuenca en estudio dentro de la región.

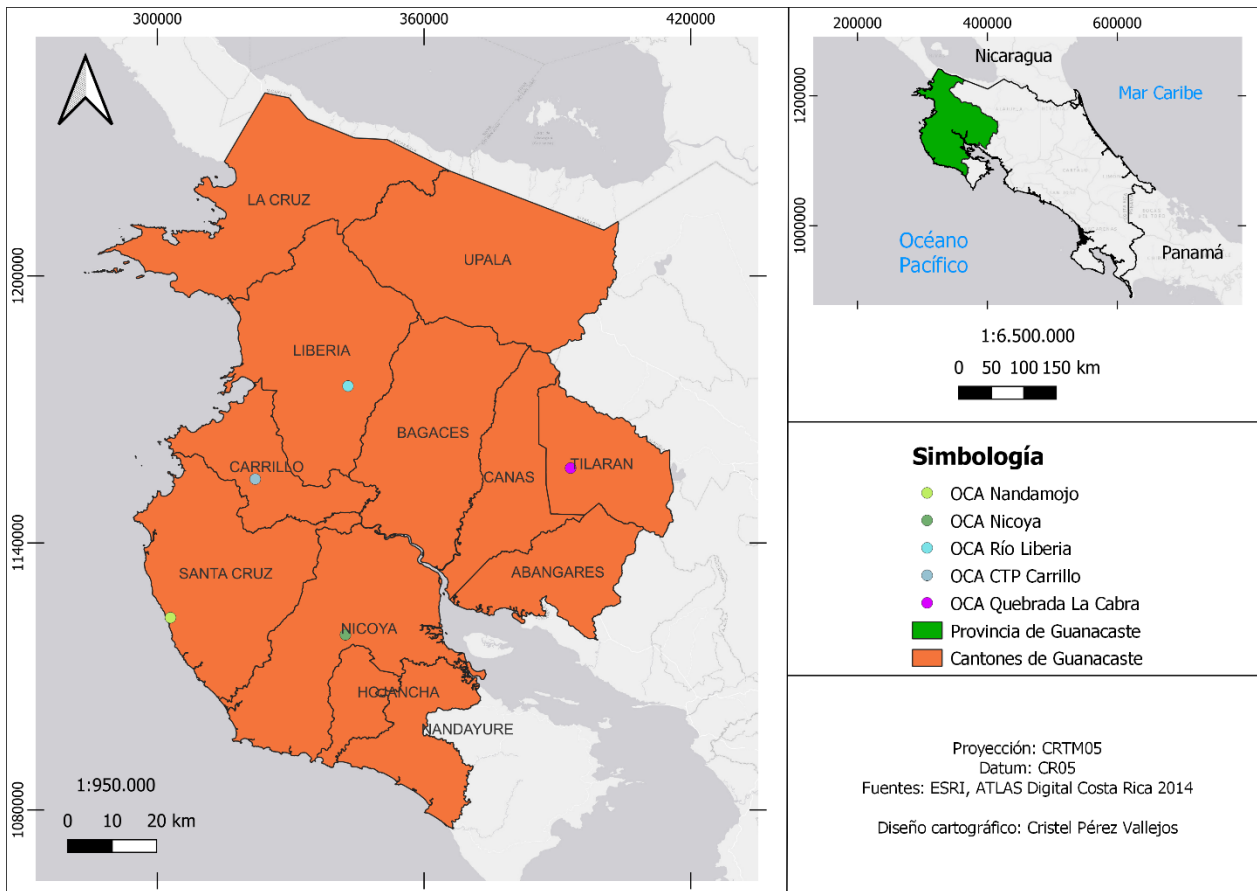
3.1.1. Caracterización y descripción del sitio de estudio

El proyecto se desarrolla dentro de la Región Chorotega, la cual tiene un área territorial de 10 140, 71 km², que se encuentra ubicada al noroeste del país y abarca la totalidad del territorio de la provincia de Guanacaste; al norte limita con Nicaragua, al este con la provincia de Alajuela, y al sur con la provincia de Puntarenas y al oeste con el Océano Pacífico (Molina-Quesada, 2017).

La Región Chorotega tienen un clima que corresponde al Pacífico Norte del país, por lo que el clima de la región se caracteriza por contar con dos épocas bien definidas las cuales son: la época lluviosa y la época seca. Esta última se inicia a mediados de noviembre y finaliza a mediados de mayo; y, en cambio, la época lluviosa se inicia a mediados de mayo y termina a mediados de noviembre. La precipitación promedio anual se encuentra entre 1500 y 2000 mm, con una humedad relativa de 78%, y su temperatura promedio es de 27°C (SEPSA, 2011).

Dentro de la Región Chorotega se encuentran los siguientes cantones: La Cruz, Liberia, Bagaces, Carrillo, Tilarán, Abangares, Santa Cruz, Nicoya, Cañas, Hojanca y Nandayure. Los OCAs con los que se trabaja en el desarrollo del proyecto se encuentran en los cantones de Liberia, Tilarán, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya (Figura 3.2).

Figura 3.2 Ubicación de los Observatorios Ciudadanos del Agua dentro de la Región Chorotega, Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia, 2025

3.2. Tipo de investigación

Para realizar una investigación mixta es necesario contestar dos preguntas desde un inicio, y la primera es si se quiere laborar dentro de un paradigma o no. En este caso la presente investigación se realiza desde un paradigma epistemológico pragmático (Arias, 2023). La segunda es si se quieren cubrir las fases simultánea o secuencialmente (Delgado, 2018 p.175). En este caso se considera que la investigación se lleva en fase simultánea, pues se obtienen datos cuantitativos y cualitativos de manera simultánea en los objetivos del proyecto. Dicho lo anterior, los resultados de la investigación deben ser integrados en algún momento para su interpretación y comparación.

Este trabajo tiene un enfoque de investigación mixto, el que sostiene fortalezas tanto en la parte cuantitativa como en la cualitativa, ya que la elaboración del proyecto demanda una alta exploración de datos para la obtención de los resultados (Cedeño, 2012). En cuanto a los datos cuantitativos, se incluyó el análisis de los puntajes del índice de calidad de ribera aplicado en la región Chorotega. En cuanto a la parte cualitativa, esta correspondió a la obtención de datos por medio de la información sobre la calidad de riberas, que se hizo por medio de la percepción de los OCAs y de actores clave para la identificación de la calidad de áreas ribereñas.

3.3. Diseño metodológico

En la primera parte de la metodología se consignó el resultado de la revisión bibliográfica de los en lo que corresponde a indicadores de valoración de riberas existentes en el mundo, como una síntesis de la información adecuada para obtener los resultados de los indicadores, según sus métodos de evaluación del atributo, aritmética del indicador y observaciones para indicar si el indicador es factible o no de ser aplicado en la región Chorotega. Con el fin de asegurar que los participantes de los OCAS-Chorotega, como agentes de la ciencia ciudadana, puedan usar la herramienta de manera efectiva. En la **segunda fase** se presenta el análisis de atributos de los indicadores identificados en la literatura, y en la **tercera fase** se **incluye** la propuesta de un índice de calidad de riberas mediante atributos eco-hidro-morfológicos, adaptado para procesos de ciencia ciudadana en la región Chorotega. La **cuarta fase** corresponde a la implementación del índice de calidad de riberas y recolección de los datos. La **quinta fase** es la de validación estadística basado en el análisis descriptivo de los resultados obtenidos por los grupos de observación en campo, y la **sexta** al análisis estadístico por atributos y por resultados del índice.

3.4 Métodos seleccionados

En este apartado se describen con detalle los métodos utilizados para la realización de esta investigación, que se divide en seis fases, como se presenta a continuación:

3.4.1 Revisión bibliográfica

Para el cumplimiento del primer objetivo se hizo una revisión de la literatura científica y técnica sobre sistemas de clasificación y valoración de áreas ribereñas. Para proceder con la identificación y el análisis de diferentes índices y metodologías existentes de evaluación de la calidad del agua y el estado de los ecosistemas ribereños, se hizo uso de bases de datos académicas (Google Scholar, Researchgate, Web of Science (sciencedirect)) y repositorios especializados en recursos naturales y ambiente (repositorio.una.ac.cr), con el fin de identificar publicaciones, artículos, informes técnicos y documentos de políticas pertinentes. Se siguieron los siguientes criterios de búsqueda: los producidos en el mundo entero entre 1990 y 2024, aquellas publicaciones en inglés, francés y español. Se utilizaron los siguientes términos clave: “zonas ribereñas”, “índices de riberas”, “calidad de los ríos” y “estudio de riberas” y sus respectivas equivalencias en inglés: “riparian zones”, “riparian indices”, “river quality” y “riparian study”.

3.4.2. Análisis de atributos de los indicadores identificados en la literatura

Se trabajó con una tabla en Excel para realizar un análisis en una síntesis de información, en la que se resumieron las principales conclusiones de la revisión bibliográfica, con el fin de elaborar un informe en el que se incluyen las mejores prácticas y metodologías que puedan ser adaptadas para el contexto de los OCAs-Chorotega.

Se buscó completar las categorías de los nombres de los índices, su referencia bibliográfica, el país de procedencia o aplicación, una breve descripción del índice, atributos evaluados, el enfoque (eco-morfológico o ecológico), el método de evaluación de cada atributo, la aritmética del indicador y, finalmente, una observación con respecto a la factibilidad del indicador para la ciencia ciudadana en la región Chorotega.

Considérese que para efectos de este estudio se entiende por atributos una característica o propiedad específica que permite describir, analizar o evaluar un elemento, fenómeno o sistema dentro de un contexto determinado. Según Cruz y Gómez (2016), un atributo es una cualidad o característica utilizada para identificar, diferenciar o clasificar un objeto de estudio.

Los atributos constituyen elementos fundamentales de los indicadores ambientales, ya que estos suelen estar compuestos por uno o por varios atributos que reflejan condiciones, procesos o estados relevantes para el objetivo de la evaluación. Por ejemplo, en la evaluación de áreas ribereñas los atributos pueden incluir aspectos como la cobertura vegetal, la estabilidad de las riberas y la presencia de especies indicadoras, los cuales se miden para determinar la calidad ambiental del área estudiada.

Por consiguiente, se hizo el análisis por medio del estudio de los atributos y parámetros utilizados en estos sistemas de clasificación, a saber: elementos morfológicos, ecológicos, geomorfología, dimensión, conectividad longitudinal y lateral; condición de la orilla, estructura del sustrato, estructura y regeneración natural de la vegetación y perturbaciones antropogénicas de las riberas. A continuación, se desarrolla un nuevo índice de calidad de riberas:

3.4.3 Propuesta de un índice de calidad de riberas mediante atributos eco-hidro-morfológicos adaptado para procesos de ciencia ciudadana en la región Chorotega

Para el cumplimiento de este objetivo se propone un nuevo índice de valoración que incorpore las adaptaciones necesarias basadas en la revisión bibliográfica, el cual permitió identificar y definir los indicadores clave y sus métricas específicas (sobre todo los atributos y las clases de cada atributo y cómo se evalúan) para el contexto local de los OCAs Chorotega. Esto se realizó por medio de la creación de representaciones visuales, como gráficos, mapas y fotografías que faciliten la comprensión y el uso del índice por parte de los tomadores de decisiones. Posteriormente a ello se implementaron las herramientas visuales interactivas utilizando la herramienta Canva, con el fin de elaborar un prototipo del índice de calidad de riberas adaptada, esto por medio de la revisión del prototipo con expertos en gestión de recursos hídricos para hacer ajustes basados en sus comentarios.

Se retomó la información generada en la síntesis elaborada en la primera fase sobre el uso de cada indicador del apartado anterior, según la factibilidad para la ciencia ciudadana del uso de estos indicadores, esto tomando en cuenta la mejor metodología adecuada y la aritmética del indicador por aplicar.

Para la realización del índice de calidad de riberas se necesitan recursos humanos (criterio de experto en hidrología y gestión de recursos hídrico), estadística de datos y facilitadores de

capacitación; así como los siguientes materiales: documentación técnica, Excel y diseño visual.

Se buscó integrar en el índice elementos eco-hidromorfológicos, el cual se evalúa por medio de la sumatoria de puntajes de los seis atributos: condiciones de la orilla del río, cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural), alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales. El estado óptimo (16-20), bueno (11-15), regular (6-10) o malo (1-5) en la herramienta se registra el dato de la evaluación y se realiza una sumatoria de cada puntaje de indicador (ver tabla 3.1). En cada atributo por evaluar se definen clases relativas al estado con una descripción, imagen y puntaje. Finalmente, se agrega una aritmética para valorar la calidad de la ribera en el punto de observación. Esta definición de calidad de riberas deberá asociarse con un puntaje, un estado y una recomendación de gestión.

Cuadro 3.1

Sumatoria de puntajes del indicador

Categoría	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	
3. Alteraciones del cauce	
4. Calidad del agua	
5. Contaminación por residuos sólidos	
6. Contaminación por aguas residuales	
SUMA	

3.4.4. Implementación del índice de calidad de riberas y recolección de los datos

Para la implementación del índice de calidad de riberas y la recolección de los datos se desarrolla un proceso de capacitación, en el que se preparan materiales de capacitación y se elabora un formulario del índice de calidad de las riberas. La capacitación se desarrolla mediante prácticas directamente en sitios de observación, en el uso y manejo del nuevo índice y de la interpretación de sus resultados. Posteriormente a ello se implementará la capacitación por medio de talleres y sesiones para los OCAs Chorotega, incluidas sesiones prácticas para asegurar que los participantes puedan hacer uso de la herramienta de manera efectiva.

En la realización de los talleres de campo se realiza: coordinación logística, gestión de materiales, programación de las giras, implementación acompañada del índice y el desarrollo de capacitación y evaluación. Esta implementación de índice de calidad de riberas se realizará por medio de su aplicación en campo y con la participación de cuatro Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega, a saber: OCA Río Liberia, OCA Quebrada La Cabra, OCA CTP Carrillo, OCA Nicoya.

La validación del índice de calidad de riberas propuesto se realizará mediante una validación estadística por análisis de varianza como se detalla a continuación.

3.4.5. Validación estadística

Con el propósito de evaluar la confiabilidad, la coherencia interna y la estabilidad del índice adaptado de calidad de áreas ribereñas, se realizará un proceso de validación estadística basado en el análisis descriptivo de los resultados obtenidos por los grupos de observación en campo. Esta validación permitirá determinar el grado de variabilidad entre evaluadores, identificar posibles sesgos y verificar si las puntuaciones reflejan patrones consistentes con el comportamiento esperado de los atributos evaluados, para determinar la eficacia del índice de calidad de riberas OCAs Chorotega.

Para ello se calcularán los siguientes parámetros estadísticos a partir de los puntajes otorgados para cada atributo y por cada OCA:

- **Puntaje promedio por observación grupal:** Permitirá identificar la tendencia central del desempeño observado en cada atributo y en el índice general, y dará un valor representativo del comportamiento promedio entre grupos.

- **Desviación estándar:** Se empleará para medir el grado de dispersión de las puntuaciones respecto al promedio. Valores elevados indicarán mayor variabilidad entre evaluadores, mientras que valores bajos sugerirán mayor consistencia.
- **Primer cuartil (Q1):** Reflejará el valor bajo el cual se ubica el 25% de las observaciones, y permitirá reconocer las puntuaciones más bajas registradas dentro de la distribución.
- **Segundo cuartil o mediana (Q2):** Permitirá identificar el punto central de la distribución útil para interpretar la tendencia central sin la influencia de valores extremos.
- **Tercer cuartil (Q3):** Indicará el valor por debajo del cual se encuentra 75% de las observaciones, y facilitará así la identificación de los niveles superiores de desempeño.
- **Valor máximo:** Representará el puntaje más alto registrado, útil para determinar la capacidad máxima alcanzada por los grupos de observación en un atributo o sección del índice.
- **Valor mínimo:** Representará el puntaje más bajo obtenido y permitirá detectar posibles inconsistencias, errores de interpretación o condiciones críticas en el área evaluada.

Estos parámetros estadísticos permitirán interpretar de manera integral la distribución de los puntajes, evaluar la eficacia del índice adaptado y fundamentar su aplicabilidad en contextos similares dentro de la región Chorotega. Adicionalmente, los resultados servirán para identificar atributos que requieran ajustes metodológicos, fortalecer la guía de evaluación para los Observatorios Ciudadanos del Agua y garantizar un proceso de valoración más robusto y replicable. El protocolo en cuestión evalúa la calidad de las riberas mediante seis atributos clave:

- **Condiciones de la orilla del río:** Evalúa la estabilidad y conservación de las orillas, tales como la erosión, la estabilidad física y si las orillas están alteradas por actividades humanas.

- Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural): Evalúa la cantidad de estrato de vegetación en la zona ribereña, un indicativo clave de la salud ecológica.
- Alteraciones del cauce: Evalúa alteraciones causadas por la acción humana y la modificación en la morfología y la estructura natural de cauce, incluidas la presencia de estructuras artificiales; si ha sido dragado, si se han construido diques o muros, y si se ha desviado o canalizado el agua.
- Claridad del agua: Evalúa la transparencia del agua en el río, lo que puede reflejar el nivel de sedimentos, la presencia de contaminantes y la salud del ecosistema acuático. Aguas claras suelen estar asociadas con ecosistemas saludables y bien equilibrados.
- Contaminación por residuos sólidos: Evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, y todo tipo de basura puesta en el cauce del río.
- Contaminación por aguas residuales: Evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, todo tipo de basura puesta en el cauce del río.
- La totalidad del índice: Consiste en la sumatoria de los puntos obtenidos para cada atributo en el formulario de registro de cada observación.

3.4.6. Análisis estadístico por atributos y por resultados del índice

En una segunda etapa se profundizará el análisis estadístico mediante la desagregación de los resultados del índice, con el fin de analizar la desviación estándar, cuartiles, promedio, máximos y mínimos por cada uno de los atributos y por los resultados globales del índice para cada sitio, cada fecha y entre cada grupo de evaluación. Se crearán gráficos estadísticos y cuadros por medio de Excel para cada uno de los seis atributos (condiciones de la orilla del río, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales), del índice, con el objetivo de verificar su consistencia entre observadores y su capacidad discriminativa entre diferentes sitios evaluados.

El índice de la calidad de riberas propuesto se evalúa por medio de la sumatoria de puntajes de los seis atributos (condiciones de la orilla del río, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales). Del estado

óptimo (16-20), bueno (11-15), regular (6-10) o malo (1-5) en la herramienta se registra el dato de la evaluación y se realiza una sumatoria de cada puntaje de indicador (ver la tabla 3.1). Cada uno de estos atributos fue calificado de 1 a 20 en seis categorías: óptimo (76-120), bueno (51-75), regular (21-50) y malo (1-20). Posterior a ello se verifica el rango al cual pertenece la sumatorio total, para obtener el resultado de la calidad de las riberas (calidad 19 óptima de las riberas, calidad buena de las riberas, calidad regular de las riberas y calidad mala de las riberas a la que se le asocia, además, una recomendación de gestión).

3.5 Presupuesto y cronograma

El presupuesto del proyecto se elaboró a partir de los costos directos e indirectos, que suma un total de ₡13 357 917, en el que se toman en cuenta insumos como giras y material de campo para los costos directos; así como, para el caso de costos indirectos, el pago de honorarios, servicio de telefonía e internet (**ver el anexo 3.1**). Por otra parte, se realizó un cronograma en el que se utiliza la técnica del diagrama de Gantt, en el cual se contemplan las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto (**ver el anexo 3.2**).

3.6 Consideraciones éticas

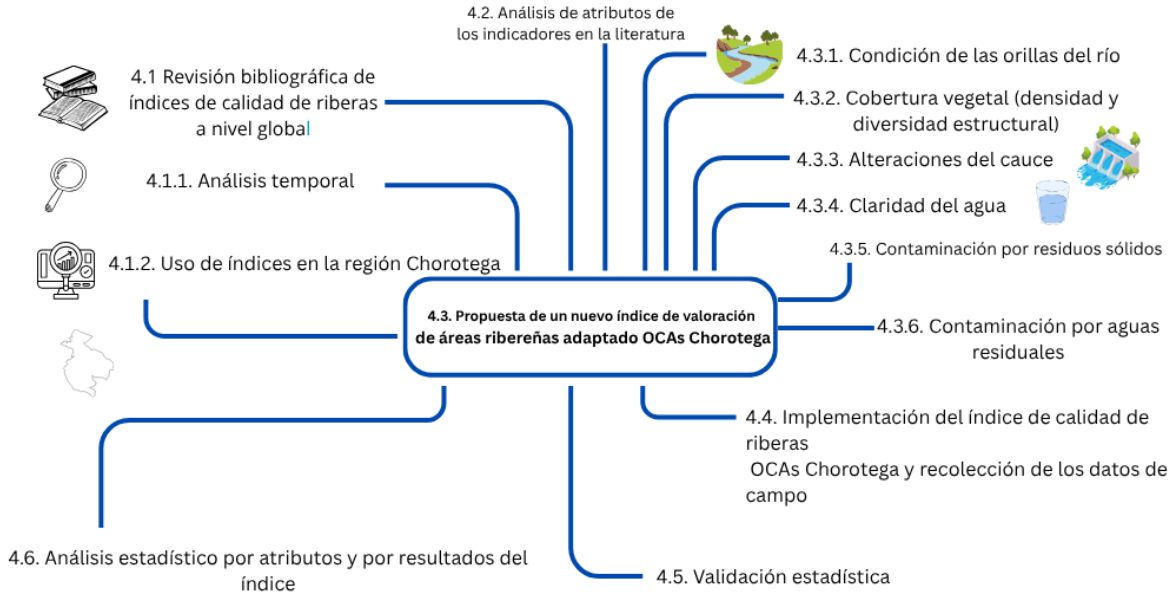
En cada investigación científica se deben acatar los principios básicos que aseguren si se lleva a cabo en beneficio de la humanidad. Para evitar cualquier daño inadmisibles, tanto para los sujetos de estudio como para la sociedad en general. Por ende, es esencial que la finalidad de un estudio y las implicaciones de sus resultados se ajusten a normas éticas fundamentales establecidas (Belmonte, 2009, p.7). Dicho lo anterior, en este trabajo se van a respetar las normas éticas, de manera que cada información que se obtenga de fuentes bibliográficas va a ser referenciada de manera correcta y con su respectivo autor; además, toda información proporcionada que sea de carácter sensible no deberá divulgarse.

Capítulo 4. Resultados y discusión

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos y se reseña la discusión sobre ellos, por ejemplo, los de la revisión bibliográfica de los principales índices de calidad de riberas en el nivel global (4.1), abordada su evolución temporal (4.1.1) y las aplicaciones en la región Chorotega (4.1.2), lo que permitió contextualizar el estudio y justificar el desarrollo de un nuevo índice adaptado. Posteriormente se detallan los atributos de los indicadores analizados en la literatura (4.2), los cuales fundamentan la propuesta metodológica central del capítulo: el nuevo índice para áreas ribereñas de las OCAs Chorotega (4.3). Este índice contempla atributos ambientales relevantes, como la condición de las orillas del río (4.3.1), la cobertura vegetal (4.3.2), las alteraciones del cauce (4.3.3), la claridad del agua (4.3.4), la contaminación por residuos sólidos (4.3.5) y la contaminación por aguas residuales (4.3.6), discutida su pertinencia ecológica y operativa para la región.

La implementación práctica del índice y la recolección de datos de campo en las OCAs Chorotega se abordan en la sección 4.4, seguida por la validación estadística de los resultados mediante análisis de varianza (4.5). Finalmente, en la sección 4.6 se presenta un análisis comparativo de varianza por atributos y por resultados del índice, lo que permitió discutir la relevancia ambiental y potencial de aplicación para la gestión de las áreas ribereñas en la Región Chorotega.

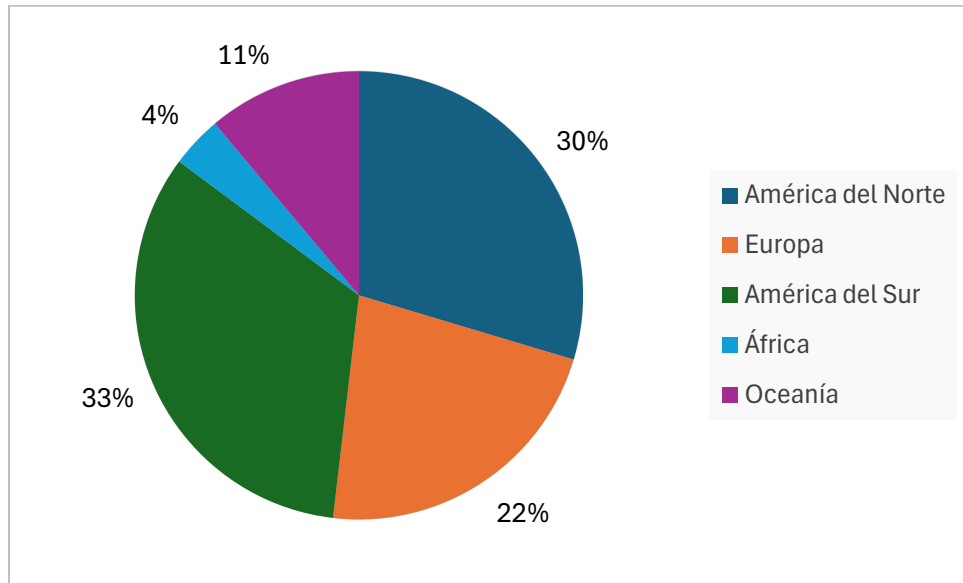
Figura 4.1 Resumen de resultados y discusión



4.1 Revisión bibliográfica de índices de calidad de riberas en el nivel global

Se hizo una valoración de los indicadores de áreas ribereñas, mediante el análisis de varios índices basados en la morfología y ecológicos de cada área ribereña. Los resultados obtenidos incluyen una tabla que clasifica 27 índices de calidad de la ribera (**Anexo 4.1**), utilizados en diferentes regiones del mundo, como América del Norte, Europa y América del Sur, en el período de 1990 a 2019, que fueron identificados. Se hizo la distribución de índices de nivel global, con un total de 27 índices, en que se observaron diferencias significativas en la aplicación del índice de calidad de riberas (Figura 4.2), en que 30% de las referencias bibliográficas son de América del Norte, seguida de Europa, con 22%. América del Sur tiene 11%, lo que indica poco desarrollo de estos estudios en la región.

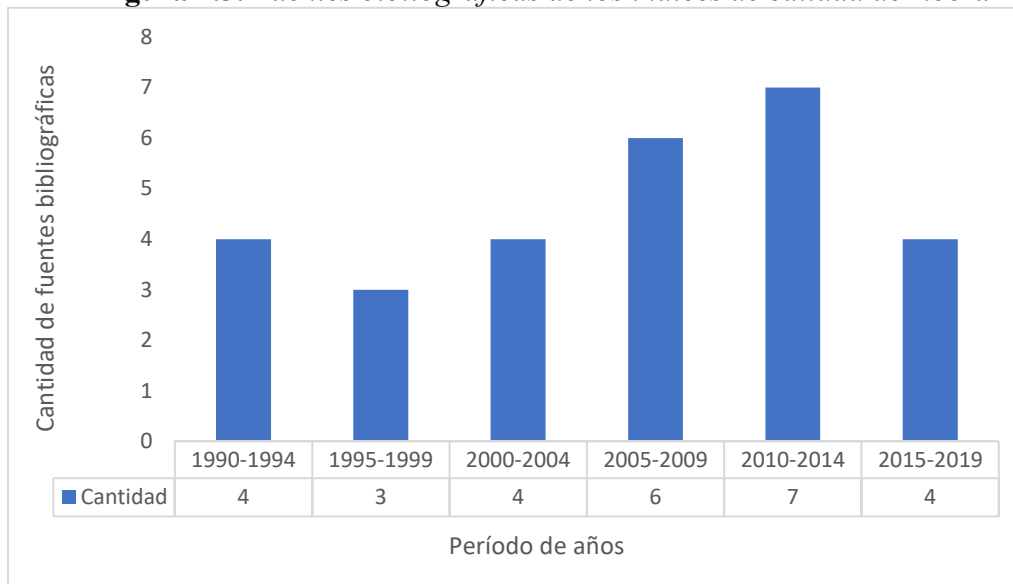
Figura 4.2. *Aplicación de índices de calidad de riberas*



Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Análisis temporal: Entre los años 1990 y 2019 la cantidad de estudios y recursos relacionados con la calidad de las áreas ribereñas ha aumentado. Según los datos recuperados, hubo un aumento en el número de publicaciones en los años 2005-2009 (6 indicadores) 2010-2014 (7 indicadores). De acuerdo con la creciente preocupación por la protección del ambiente en el contexto del cambio climático (Cabo et al, 2020).

Figura 4.3. Fuentes bibliográficas de los índices de calidad de ribera



Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Aplicabilidad de índices en la Región Chorotega: De acuerdo con la información bibliográfica consultada, se elaboró una síntesis en la que se encontró que nueve índices, como el Índice de idoneidad del hábitat (HSI) y la evaluación de sitios ribereños (RESA), eran posibles para ser utilizados en el contexto local de OCA-Chorotega, provenientes de EE.UU, Australia, Italia y España. Estos índices permiten evaluar la vegetación local y los servicios eco-sistémicos, lo que los convierte en herramientas útiles para la toma de decisiones para la protección de los afluentes y las riberas de los ríos. Los criterios con mayor relevancia en la selección de indicadores para la utilización del nuevo índice de la calidad de las riberas fueron: atributos evaluados, enfoque (eco-hidromorfológico) y el método de evaluación del atributo (ver la tabla 4.1). Los índices que se presentan en la tabla 2.1 intenta ofrecer una metodología útil y con mayor base hidrológica y geo-morfológica para la valoración de las riberas. El índice de calidad ecológica de las riberas, por su nombre en inglés Riparian Quality Index (RQI), está diseñado siguiendo los principios de la Directiva Marco del Agua, según los cuales las condiciones óptimas o de mayor valor ecológico se refieren a las de mayor naturalidad, o similitud con las definidas como “de referencia” (González del Tánago *et al*, 2006).

4.2. Análisis de atributos de los indicadores identificados en la literatura aplicables en la Región Chorotega¹

Los resultados muestran que se utilizan diferentes tipos de índices en diferentes partes del mundo con diferentes enfoques, algunos centrados en la evaluación de la vegetación y otros en el análisis de la morfología y la geomorfología de los ecosistemas marginales. Esta diversidad de enfoques refleja la complejidad inherente a la evaluación de áreas periféricas, en donde cada contexto geográfico requiere la adaptación de enfoques específicos.

Para la región Chorotega, el uso de la herramienta, como HSI y RESA, se consideran factible porque toma en cuenta características importantes, como complejidad de vegetación y los servicios eco-sistémicos que ofrecen las zonas suburbanas. Este enfoque es fundamental para la aplicación de la ciencia ciudadana, porque le permite a cada OCA participar directamente en la evaluación y el monitoreo de los ecosistemas locales. Sin embargo, algunos índices no se utilizan porque requieren una alta experiencia técnica, como el Índice de Vegetación Costera (RVI), que requiere conocimientos avanzados de botánica y geo-morfología que no están disponibles para los ciudadanos que participen en el OCA.

¹ Los atributos se utilizaron para la nueva herramienta.

Cuadro 4.1.

Índices de la calidad de riberas seleccionados para la nueva herramienta

Índices de Calidad de riberas utilizados en el mundo					
Índice	Referencia	Breve descripción	Atributos Evaluados	Enfoque: Morfológico o Ecológico	Factibilidad
Integrated Riparian Evaluation Guide	Forest Service, 1992	Define estratos vegetales. Clasifica y evalúa áreas ribereñas basadas en hábitat acuático, suelos, hidrología, geomorfología, vegetación, hábitat terrestre y recursos de hábitat para la comunidad acuática.	áreas ribereñas basadas en hábitat acuático, suelos, hidrología, geomorfología, vegetación, hábitat terrestre y recursos de hábitat acuático	Eco-hidromorfológico	Indicador utilizado para áreas protegidas, por lo que se necesita mucho conocimiento técnico, por lo tanto no es factible a aplicar
Habitat Suitability Index (HSI)	Schroeder & Allen, 1992	Refleja la capacidad potencial de los hábitats ribereños para la vida silvestre, basados en tres parámetros relacionados con el tipo de cobertura vegetal, la complejidad de la llanura inundable y la perturbación antrópica.	cobertura vegetal, complejidad de la llanura inundable y la perturbación antrópica, diámetro de altura del pecho, área basal del refugio. Recursos acuáticos: Se analiza la accesibilidad al agua y la calidad, evaluando su impacto en el hábitat. Terreno: Se estudia la topografía, incluyendo elevaciones, pendientes y características físicas que influyen en la disposición del hábitat.	Eco-hidromorfológico	Factible, aunque el índice fue diseñado para un ecosistema templado, se podría aplicar en Costa Rica con adaptaciones. En un entorno tropical con alta biodiversidad, habría que ajustar los criterios de vegetación y recursos hídricos para reflejar la mayor variabilidad en flora y fauna.

Riparian Evaluation Site Assessment (RESA)	Fry <i>et al.</i> , 1994	Se basa en el estudio de las funciones, servicios y beneficios. Provee información que permite ofrecer recomendaciones sobre el ancho del área riparia que se debe conservar para actuar como buffer.	Funciones ecológicas, ancho del área ribereña, servicios ecosistémicos.	Ecológico	Factible, recomendado para la conservación de ecosistemas ribereños
Proper Functioning Condition (PFC)	Prichard <i>et al.</i> , 1998	Se basa en la hidrogeomorfología, vegetación, erosión / deposición, calidad del suelo y del agua. Determina la capacidad de la zona ribereña para sostener las funciones del ecosistema y los servicios ecosistémicos.	Hidrogeomorfología, erosión/deposición, calidad del suelo, agua y vegetación.	Eco-hidromorfológico	Factible, indicador visual
Visual Assessment of Riparian Health (VARH)	Ward <i>et al.</i> , 2003	Determina la condición de la zona ribereña basada en la evaluación visual rápida de la condición del canal, la estabilidad de las orillas, la vegetación ribereña, las comunidades de macroinvertebrados y peces y la velocidad del agua.	Condición del canal, estabilidad de las orillas, vegetación ribereña, comunidades de macroinvertebrados y peces, velocidad del agua.	Eco-morfológico	Factible, indicador visual

Rapid Appraisal of Riparian Condition (RARC)	Jansen <i>et al.</i> , 2007	Determina la condición ecológica de los ecosistemas ribereños a partir de las características físicas, de la comunidad vegetal y del paisaje de la zona ribereña (conectividad y extensión del hábitat ribereño cobertura vegetal, complejidad estructural, dominancia de especies nativas versus exóticas, árboles muertos en pie, troncos caídos y hojarasca).	Características físicas, vegetación ribereña, conectividad, complejidad estructural, dominancia de especies nativas/exóticas.	Eco-hidromorfológico	Factible, indicador visual, por características físicas de la comunidad vegetal y del paisaje de la zona ribereña (conectividad y extensión del hábitat ribereño cobertura vegetal).
Morphological Quality Index (MQI)	Rinaldi <i>et al.</i> , 2013	Evalúa la calidad morfológica del arroyo a partir de 28 indicadores que tienen en cuenta la conectividad longitudinal y lateral, la configuración de la sección transversal del cauce, la estructura y sustrato del lecho y la vegetación ribereña.	Conectividad longitudinal y lateral, sección transversal del cauce, estructura y sustrato del lecho, vegetación ribereña.	Morfológico	Factible, es adaptable por indicadores cualitativos
Riparian Forest Quality Index (RFQI)	(González del Tánago & García de Jalón, 2011)	Evalúa el estado ecológico de las zonas ribereñas (de muy pobres a muy buenas) y proporciona opciones de manejo basadas en su dimensión, conectividad longitudinal y lateral, condición de la orilla, estructura del sustrato, estructura y regeneración natural de la vegetación.	Dimensión de la ribera, conectividad longitudinal y lateral, estructura de la vegetación, regeneración natural, sustrato	Eco-hidromorfológico	Factible, es adaptable por indicadores cualitativos

Qualitat del Bosc de Ribera Index (QBR)	(Munné et al. 1998; Munné et al., 2003)	Se basa en el análisis de la cobertura, calidad y estructura de la vegetación ribereña y la alteración del cauce. Evalúa la calidad ribereña con fines de manejo.	Cobertura vegetal, calidad y estructura, alteraciones del cauce.	Eco-hidromorfológico	Factible. Amplio uso de la Península Ibérica. Es adaptable por indicadores cualitativos
---	---	---	--	----------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Propuesta de un nuevo índice de valoración de áreas ribereñas adaptado OCAs

Chorotega

El índice de la calidad de riberas propuesto se evalúa por medio de la sumatoria de puntajes de los seis atributos (condiciones de la orilla del río, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales). El estado óptimo (16-20), bueno (11-15), regular (6-10) y malo (1-5) en la herramienta se registra el dato de la evaluación y se realiza una sumatoria de cada puntaje de indicador (ver tabla 2.1). Cada uno de estos atributos fue calificado de 1-20 en seis categorías: óptimo (76-120), bueno (51-75), regular (21-50) y malo (1-20). Posterior a ello se verifica el rango al cual pertenece la sumatorio total, para obtener el resultado de la calidad de las riberas (ver la tabla 3.1) (calidad óptima de las riberas, calidad buena de las riberas, calidad regular de las riberas y calidad mala de la ribera a la que se le asocia, además de una recomendación de gestión).

El índice de la calidad de las riberas se clasificó en los siguientes rangos de puntaje, y cada uno corresponde a un estado de la ribera y a una recomendación de gestión:

- Puntaje de 76-120: Señala un nivel óptimo de las riberas. Las áreas en esta franja están en un estado no modificado en su estado natural. La sugerencia de administración es la conservación y se denomina con color azul.
- Puntaje de 51-75: Se caracteriza por una buena calidad de las riberas, con una leve intervención humana; pero en general manteniendo condiciones saludables. La sugerencia también implica conservación para evitar un empeoramiento adicional a alteraciones humanas. Se denomina de color verde.
- Puntaje de 21-50: Indica una calidad regular de las zonas ribereñas. Estas áreas requieren restauración/o recuperación, o ambas, mediante acciones correctivas menores, para evitar un mayor deterioro y mejorar la condición de la ribera. Se denomina de color amarillo.

- Puntaje de 1-20: Indica una mala calidad de riberas. Las áreas con este nivel requieren urgente restauración o recuperación, mediante acciones correctivas más amplias para restablecer la funcionalidad ecológica de las orillas. Se denomina de color rojo.

La categorización permite establecer la importancia de actuar en las zonas ribereñas. Regiones que tienen puntajes elevados, que van desde 76 hasta 120, necesitan menos acciones de mejora, ya que es importante conservar su estado natural. Por otra parte, las zonas con valores de 1 a 50 presentan un estado degradado y requieren medidas correctivas para elevar su calidad ambiental.

Esta forma de evaluación ofrece una dirección precisa para manejar las orillas de ríos, a fin de facilitar la identificación de zonas que necesitan protección y otras que deben ser restauradas. Dividir en cuatro categorías facilita la asignación eficiente de recursos, dando prioridad a las áreas más perjudicadas para las intervenciones. También promueve la preservación de las zonas en condiciones óptimas, lo que es esencial para mantener la diversidad biológica y las funciones ecológicas de los ríos.

La restauración es necesaria en áreas con bajos puntajes, ya que actuar pronto puede evitar un empeoramiento. No obstante, al tener en cuenta aspectos como la diversidad biológica, la degradación del terreno y los efectos de ciertas actividades humanas el enfoque podría mejorar su análisis para la administración de las orillas.

Cuadro 4.2

Puntaje de índices para la valoración de la calidad de las riberas

Puntaje de Índice	Estado de las riberas	Recomendación de gestión
76-120	Calidad óptima de riberas	Conservación: Zonas que se encuentran en su estado natural
51-75	Calidad buena de riberas	Conservación: Zonas que se encuentran con muy ligera alteración humana
21-50	Calidad regular de riberas	Restauración/Recuperación: Zonas que requieren acciones correctivas menores
1-20	Calidad mala de riberas	Restauración/Recuperación: Zonas que requieren acciones correctivas mayores

La creación de la nueva herramienta para la evaluación de la calidad de las riberas se ha llevado a cabo mediante seis atributos: condición de las orillas del río, cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural), alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales. A continuación, se presentan las propuestas de evaluación de cada uno de estos atributos.

Figura 4.4. Resumen de atributos del índice de calidad de riberas OCAs Chorotega propuesto para esta investigación.



Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Condición de las orillas del río

Para el atributo de la condición de las orillas de río se crearon cuatro verificadores, los cuales se denominan: óptimo, bueno, regular y malo, y se le da una puntuación en una escala del 5 al 20, en que el óptimo es el más alto y el malo el que tiene la puntuación más baja. Se muestra una evaluación de la herramienta de las orillas de los ríos, evaluando las erosiones de las riberas y sus alteraciones producto de actividades humanas. Esto condujo a una puntuación del indicador de 20 puntos. Si las orillas de los ríos llegasen a presentar signos de erosión, las intervenciones humanas podrían ser de baja intensidad, y permitir esto que la estabilidad física del río se posicione en un rango aceptable, pero con riesgos parciales en el largo plazo. Los sitios con mayor erosión alcanzan puntuaciones más bajas (1-5), lo que implica una mayor vulnerabilidad ante la erosión y un aumento en la pérdida de hábitat para especies dependientes del área ribereña (Anexo 4.1).

4.3.2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)

Se muestra el segundo atributo de la herramienta, que corresponde a la evaluación de la cobertura de estrato vegetal (densidad y diversidad estructural) de las áreas ribereñas. La vegetación ribereña es un componente importante y crucial del ecosistema, lo que permite que al evaluar la herramienta indicará si hay suficientes elementos para proporcionar refugio y nutrientes en dichos ecosistemas. Se le dio un puntaje de 20. Los puntajes menores, asociados con escasa cobertura vegetal o predominancia de especies exóticas (1-5), destacan una reducción de la capacidad de sostener la biodiversidad nativa, y se sugiere necesidad de restauración con un intervalo de índice (1-20), por lo que se considera en alerta roja (Anexo 4.2).

4.3.3. Alteraciones del cauce

Se muestra el tercer atributo, en el que se evalúan alteraciones del cauce del río, que conocer el estado de los tramos de los ríos, ya que las modificaciones del cauce del río pueden afectar significativamente la dinámica hidrológica y la conectividad ecológica. Se evalúan las intervenciones humanas visibles o notorias como para impactar el comportamiento natural del río. Los puntajes menores, asociados con alteraciones graves (dragado frecuente, construcción de diques grandes y desviaciones del cauce) corresponden a (1-5), en los que se destaca una pérdida significativa de las funciones ecológicas naturales del río, lo que reduce

la capacidad de sostener especies y aumenta el riesgo de inundaciones, lo que sugiere que hay necesidad de restauración con un intervalo de índice (1-20) ya que se considera en alerta roja (Anexo 4.3).

4.3.4. Claridad del agua

Seguidamente se muestra el cuarto atributo por evaluar, el cual corresponde a la claridad del agua por medio de la evaluación visual de los niveles de turbidez, causados por la erosión de las orillas y de los sedimentos generados por actividades humanas. Debido a que la turbidez genera alteraciones en la vida acuática y el estado de la calidad de los cuerpos de agua, su análisis es importante para tomar medidas correctivas. Los puntajes menores asociados con una alta turbidez del agua (1-5) debido a la erosión, escorrentía agrícola, o residuos afectando negativamente la oxigenación y el equilibrio del ecosistema del cauce. Por ello se sugiere la restauración con un intervalo de índice (1-20), por considerarse en alerta roja en puntos (Anexo 4.4).

4.3.5. Contaminación por residuos sólidos

La calidad del agua y la salud del ecosistema se ven directamente afectadas por la presencia de residuos sólidos. Se anticipa que en áreas sin evidencia de contaminación (16-20) habrá una mayor variedad de especies acuáticas y un nivel de agua de mayor calidad. No obstante, en zonas con altos niveles de contaminación (1-5) se puede observar la degradación del ambiente que impacta la vegetación y a los animales locales, a la vez que pone en peligro la salud de las comunidades humanas cercanas que podrían estar dependiendo del agua (Anexo 4.5).

4.3.6. Contaminación por aguas residuales

La calidad del agua y la salud del ecosistema se ven directamente afectadas por la presencia de aguas residuales. Se anticipa que en áreas sin evidencia de contaminación (16-20) habrá una mayor variedad de especies acuáticas y un nivel de agua de mayor calidad. No obstante, en zonas con altos niveles de contaminación (1-5) se puede observar la degradación del ambiente, lo que impacta a la vegetación y a los animales locales, y ponen peligro la salud de las comunidades humanas cercanas que podrían estar dependiendo del agua (Anexo 4.6).

4.4 Implementación para la posterior validación del índice de calidad de las riberas OCAs Chorotega

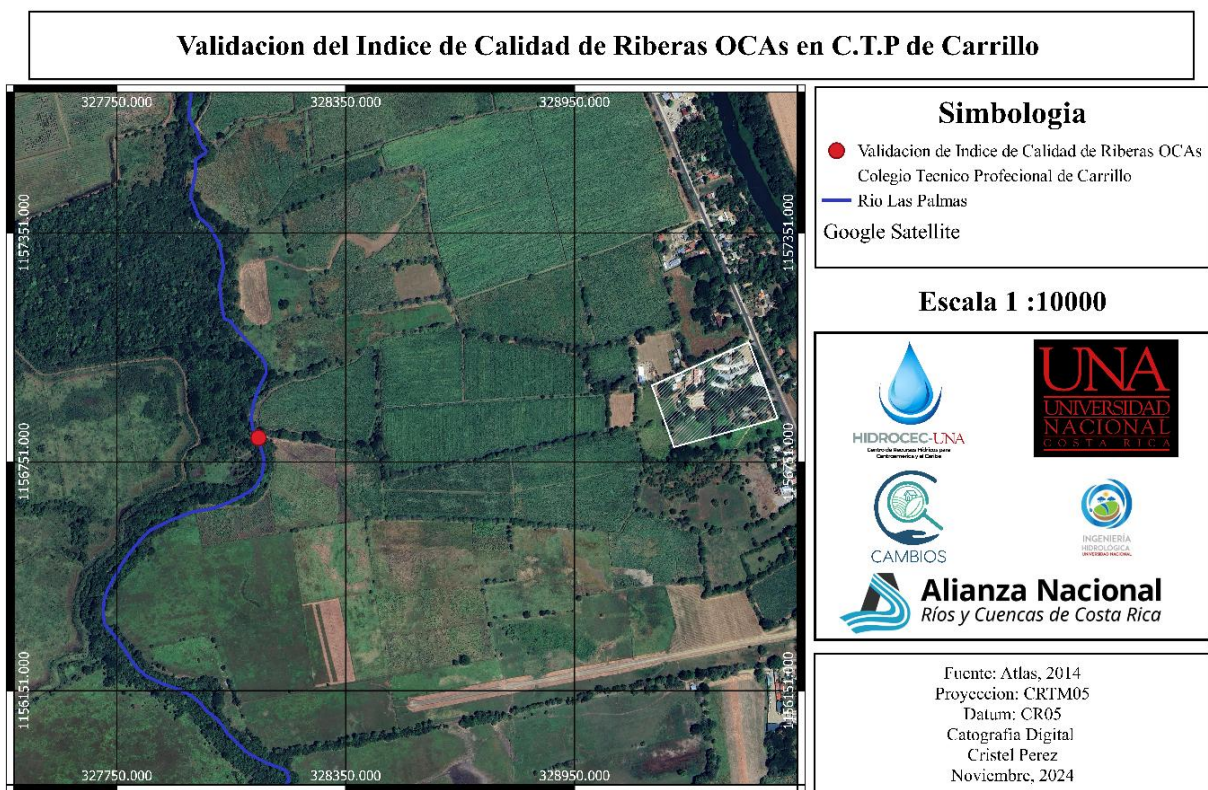
El índice se aplicó en cuatro sitios representativos de la Región Chorotega para la determinación de su eficacia, como herramienta de monitoreo participativo del agua y de esta forma obtener los datos requeridos para la posterior validación estadística:

1. Río Las Palmas (Carrillo): cuatro subgrupos de observación del día 01 de noviembre de 2024.
2. Río Chipance (Nicoya): cuatro subgrupos de observación del día 23 de marzo de 2025.
3. Quebrada La Cabra (Tilarán): cuatro subgrupos de observación del día 05 de abril de 2025.
4. Río Liberia (Liberia): cuatro subgrupos de observación del día 24 de mayo de 2025.

Cada sitio fue evaluado por varios grupos de trabajo de los OCAs y por la investigadora de referencia. Las evaluaciones permitieron comparar la eficiencia y la consistencia en la aplicación del instrumento.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la Región Chorotega para la validación del índice de calidad de áreas ribereñas OCAs, Chorotega, detalladas.

Figura 4.5 Validación del Índice de calidad de riberas C.T.P de Carrillo



Fuente: Elaboración propia

En la primera evaluación hecha por el primer grupo se obtuvieron los siguientes resultados: 81 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad óptima de ribera, considerando que es una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: alteraciones del cauce en estado óptimo, con un puntaje de 17, lo que sugiere mínimos impactos antrópicos en la estructura natural del cauce. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: calidad de agua en estado malo, con un puntaje de 4, lo que evidencia problemas significativos de contaminación o turbidez que requieren atención urgente para mejorar la salud ecológica del río. El resto de los atributos presentan puntajes entre bueno y óptimo, lo cual señala que la ribera mantiene buena cobertura vegetal y control de residuos. Este contraste señala la necesidad prioritaria de mejorar el control de calidad del agua, que es esencial para la funcionalidad ecológica y el bienestar humano. (ver el cuadro 4.3).

Cuadro 4.3

Evaluación del río Las Palmas

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	13
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Optimo	16
3. Alteraciones del cauce	Optimo	17
4. Claridad del agua	Malo	4
5. Contaminación por residuos solidos	Bueno	15
6. Contaminación por aguas residuales	Optimo	16
Suma		81

En la segunda evaluación hecha por el segundo grupo se obtuvieron 80 puntos lo cual se encuentra dentro del rango de calidad óptimo de ribera, considerando que es una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad de estructural) en estado óptimo, con un puntaje de 16, y el de contaminación por aguas residuales en estado óptimo, con el mismo puntaje de 16, lo que muestra un ecosistema ribereño saludable en aspectos estructurales y de control de contaminantes puntual. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: calidad del agua en estado malo, con un puntaje de 9, lo que refleja persistencia en alteraciones químicas o físicas del agua, que comprometen la habitabilidad para especies y la capacidad de servicio para comunidades humanas. (ver el Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4

Evaluación del río Las Palmas

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	15
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Óptimo	16
3. Alteraciones del cauce	Bueno	15
4. Claridad del agua	Malo	9
5. Contaminación por residuos solidos	Bueno	19
6. Contaminación por aguas residuales	Óptimo	16
Suma		80

En la tercera evaluación hecha por el tercer grupo de trabajo se obtuvieron 62 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que es una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural), en estado bueno y con un puntaje de 15 y alteraciones del cauce en estado bueno por el mismo puntaje de 15, lo cual indica que la ribera mantiene estructura y vegetación funcionales. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: condiciones de la orilla de la ribera en estado malo, con un puntaje de 5 pero apuntando a erosión o degradación física del margen fluvial, lo que implica pérdida de hábitat ribereño y riesgo de fragmentación ecológica. Esto muestra un foco de intervención para estabilizar márgenes y evitar mayores daños (ver el Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5

Evaluación del río Las Palmas

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Malas	5
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Buena	15
3. Alteraciones del cauce	Bueno	15
4. Claridad del agua	Mala	4
5. Contaminación por residuos solidos	Bueno	12

6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	11
Suma		62

La cuarta evaluación por el cuarto grupo de trabajo obtuvo 63 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que el río está en una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado óptimo, con un puntaje de 18. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: calidad del agua en estado malo, con un puntaje de 4, y el atributo de condiciones de la orilla de la ribera en estado malo, con un puntaje de 14, lo que evidencia problemas similares a los de análisis anteriores: contaminación del agua y erosión o alteraciones físicas en ribera. (ver cuadro 4.6).

Cuadro 4.6

Evaluación del río Las Palmas

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Malo	14
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Óptimo	18
3. Alteraciones del cauce	Regular	8
4. Claridad del agua	Malo	4
5. Contaminación por residuos sólidos	Óptimo	15
6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	14
Suma		63

El día 22 de marzo de 2025 se realizó la evaluación de calidad de riberas en el OCA Chipance, Nicoya, Guanacaste.

Figura 4.6 Evaluación del índice de calidad de riberas en el OCA Chipance



La primera evaluación por el grupo de trabajo del OCA Chipance obtuvo 57 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores). El atributo mejor calificado fue: calidad del agua en estado óptimo, con un puntaje de 20. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 1 y el atributo de condiciones de la orilla de la ribera en estado malo, con un puntaje de 4 (ver el cuadro 4.7).

Cuadro 4.7

Evaluación OCA del río Chipance

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Malo	4
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	7
3. Alteraciones del cauce	Malo	1
4. Claridad del agua	Óptimo	20
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	13
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10

Suma	57
-------------	----

La segunda evaluación del grupo de trabajo dio 73 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que está en una zona de conservación: zonas que se encuentran con muy ligera alteración humana. El atributo mejor calificado fue: calidad del agua en estado óptimo, con un puntaje de 20. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 5 (ver el cuadro 4.8).

Cuadro 4.8

Evaluación OCA del río Chipance

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Óptimo	16
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	9
3. Alteraciones del cauce	Malo	5
4. Claridad del agua	Óptimo	20
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	12
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10
Suma		73

En la tercera evaluación del grupo de trabajo se obtuvieron 54 puntos lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores). El atributo mejor calificado fue: contaminación por residuos sólidos en estado bueno, con un puntaje de 14. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 5 (ver el cuadro 4.9).

Cuadro 4.9

Evaluación OCA río Chipance

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	6
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	10
3. Alteraciones del cauce	Malo	5
4. Claridad del agua	Regular	9
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	14
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10
Suma		54

En la cuarta evaluación del grupo de trabajo se obtuvieron 57 puntos lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores. El atributo mejor calificado fue contaminación por residuos sólidos en estado bueno, con un puntaje de 14. Por otra parte, el atributo peor calificado fue alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 4 (ver el cuadro 4.10).

Cuadro 4.10

Evaluación OCA río Chipance

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	5
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	8
3. Alteraciones del cauce	Malo	4
4. Claridad del agua	Regular	19
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	11
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10

Suma	57
------	----

El día 05 de abril de 2025 se realizó la evaluación de calidad de riberas en la quebrada La Cabra, Tilarán, Guanacaste.

Figura 4.7 Evaluación del índice de calidad de riberas en el OCA quebrada La Cabra



En la primera evaluación del grupo de trabajo se obtuvieron 55 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores. El atributo mejor calificado fue: calidad del agua en estado bueno con un puntaje de 14. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 4 (ver el cuadro 4.10).

Cuadro 4.10

Evaluación de la quebrada La Cabra

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	7
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Malo	5
3. Alteraciones del cauce	Malo	4

4. Claridad del agua	Bueno	14
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	15
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10
Suma		55

En la segunda evaluación del grupo de trabajo se obtuvieron 56 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores. El atributo mejor calificado fue: calidad del agua en estado bueno con un puntaje de 15. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 5 y cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado malo, con un puntaje de 5 (ver el Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11

Evaluación de la quebrada La Cabra

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	7
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Malo	5
3. Alteraciones del cauce	Malo	5
4. Claridad del agua	Bueno	15
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	14
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10
Suma		56

La tercera evaluación del grupo de trabajo obtuvo 69 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que es una zona de conservación: zonas que se encuentran con muy ligera alteración humana. El atributo mejor calificado fue condiciones de la orilla del río en estado bueno, con un puntaje de 14 y calidad del agua en estado bueno y con un puntaje de 15. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: alteraciones del cauce en estado malo, con un puntaje de 5 (ver el cuadro 4.12).

Cuadro 4.12

Evaluación de la quebrada La Cabra

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	14
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	10
3. Alteraciones del cauce	Bueno	12
4. Claridad del agua	Bueno	15
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	10
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	8
Suma		69

La cuarta evaluación del grupo de trabajo obtuvo 61 puntos lo cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que es una zona de conservación: zonas que se encuentran con muy ligera alteración humana. El atributo mejor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado bueno, con un puntaje de 13 y calidad del agua en estado bueno y con un puntaje de 13. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: condiciones de la orilla del río, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales en estado regular, con un puntaje de 8 (ver el cuadro 4.13).

Cuadro 4.13

Evaluación de la quebrada La Cabra

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	10
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Bueno	13
3. Alteraciones del cauce	Bueno	13
4. Claridad del agua	Bueno	13
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	8
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	8
Suma		61

El día 24 de mayo de 2025 se realizó la evaluación de calidad de riberas en el OCA Liberia, Guanacaste.

Figura 4.8 Evaluación del índice de calidad de riberas en el OCA Liberia



Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	8
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	7
3. Alteraciones del cauce	Bueno	11
4. Claridad del agua	Regular	10
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	8
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	9
Suma		58 (33)

Evaluación de la calidad de la ribera

Yadir Olivares
24/05/2025
Bº Capatín
punto el puente del
Río Liberia (Cerc.
Amorosa.)

Puntaje de Índice	Estado de las Riberas	Recomendación de Gestión
10-15	Regular	Recomendación: Mantener y mejorar las riberas.
16-20	Bueno	Recomendación: Mantener y mejorar las riberas.
21-25	Excelente	Recomendación: Mantener y mejorar las riberas.
26-30	Excelente	Recomendación: Mantener y mejorar las riberas.

La primera evaluación del grupo de trabajo obtuvo 47 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que es una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores). El atributo mejor calificado fue: condiciones de la orilla del río en estado bueno y con un puntaje de 12. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado malo, con un puntaje de 5 (ver el cuadro 4.14).

Cuadro 4.14

Evaluación del río Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	12
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Malo	5
3. Alteraciones del cauce	Regular	6
4. Claridad del agua	Regular	10
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	8
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	6
Suma		47

La segunda evaluación del grupo de trabajo obtuvo 46 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores). El atributo mejor calificado fue: condiciones de la orilla del río en estado bueno y con un puntaje de 12. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado malo y con un puntaje de 7 (ver el Cuadro 4.15).

Cuadro 4.15

Evaluación del río Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	12
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Malo	7
3. Alteraciones del cauce	Regular	6
4. Claridad del agua	Regular	7
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	8
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	6
Suma		46

La tercera evaluación del grupo de trabajo obtuvo 53 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores). El atributo mejor calificado fue: alteraciones del cauce en estado bueno y con un puntaje de 11. Por otra parte, el atributo peor calificado fue cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado regular y con un puntaje de 7 (ver el cuadro 4.16).

Cuadro 4.16

Evaluación del río Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	8
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	7
3. Alteraciones del cauce	Bueno	11
4. Claridad del agua	Regular	10
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	8
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	9
Suma		53

La cuarta evaluación del grupo de trabajo obtuvo 59 puntos, lo cual se encuentra dentro del rango de calidad regular de ribera, considerando que está en una zona de restauración y recuperación (zonas que requieren acciones correctivas menores. El atributo mejor calificado fue: alteraciones del cauce y claridad del agua en estado bueno y con un puntaje de 12. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: condiciones de la orilla del río y contaminación por aguas residuales en estado regular, con un puntaje de 6 (ver el cuadro 4.17).

Cuadro 4.17

Evaluación del río Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	6
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	7
3. Alteraciones del cauce	Bueno	12
4. Claridad del agua	Bueno	12
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	7
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	6
Suma		59

Criterio propio

La siguiente evaluación corresponde al criterio propio como estudiante del IV nivel de ingeniería hidrológica: Al realizar la evaluación se obtuvo un puntaje de 73 puntos, el cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que está en una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) en estado bueno, con un puntaje de 15, por encontrarse en una zona boscosa. Por otra parte, el atributo peor calificado fue: calidad del agua en estado malo, con un puntaje de 4 por abundante cantidad de sedimentos, y por indicar una fuerte alteración de contaminación

(ver el cuadro 4.5). La evaluación muestra un resultado más relevante en comparación con la prueba realizada con los pilotos, por ser un resultado del ponderado de las evaluaciones de cada piloto, y tomando en cuenta los conocimientos de la hidrología. Esto enfatiza la consistencia inter-observador en la que el principal déficit ambiental radica en la contaminación hidro-química. Además, la evaluación del río Liberia muestra un puntaje de 62, el cual se encuentra dentro del rango de calidad buena de ribera, considerando que está en una zona de conservación. El atributo mejor calificado fue: claridad del agua y alteraciones del cauce en estado bueno y con un puntaje de 15, y el peor calificado fue condiciones de la orilla del río con un puntaje de 7, ya que se presenta una condición alta de erosión, deforestación y sin una zona de área de protección.

Cuadro 4.18

Evaluación del río Las Palmas

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	14
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Bueno	15
3. Alteraciones del cauce	Bueno	14
4. Claridad del agua	Malo	4
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	15
6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	11
Suma		73

Cuadro 4.19

Evaluación del río Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
1. Condiciones de la orilla del río	Regular	7
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	5
3. Alteraciones del cauce	Bueno	15

4. Claridad del agua	Bueno	15
5. Contaminación por residuos sólidos	Regular	10
6. Contaminación por aguas residuales	Regular	10
Suma		62

4.4.1 Resultados promedio de la aplicación del índice de calidad de riberas OCA Chorotega

En el caso del río Las Palmas la evaluación fue realizada el día 01 de noviembre de 2024 y los valores obtenidos dieron un promedio de 76 puntos y clasificado el sitio dentro de la categoría calidad buena de la ribera. Los atributos con mayor puntuación correspondieron a cobertura vegetal y alteraciones del cauce, mientras que los de menor desempeño fueron claridad del agua y contaminación por residuos.

Cuadro 4.20

Puntaje promedio del indicador río las Palmas, 01 de noviembre de 2024, OCA CTP Carrillo

Categoría	Estado	Puntaje promedio
1. Condiciones de la orilla del río.	Bueno	12
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Bueno	16
3. Alteraciones del cauce	Bueno	14
4. Claridad del agua	Malo	5
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	15
6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	14

Suma	76
-------------	----

Por su parte, el río Chipance los valores obtenidos dieron un promedio de 60 puntos, con predominio de la categoría calidad buena de la ribera. Las diferencias entre grupos reflejan variabilidad en la percepción de atributos como alteraciones del cauce, lo cual sugiere la necesidad de reforzar la capacitación visual en la identificación de impactos antrópicos.

Cuadro 4.21

Puntaje promedio del indicador río Chipance, 23 de marzo de 2025, OCA Chipance

Categoría	Estado	Puntaje promedio
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	12
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Bueno	16
3. Alteraciones del cauce	Bueno	14
4. Claridad del agua	Malo	5
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	15
6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	14
Suma		60

En el caso de la quebrada La Cabra los resultados obtenidos dieron un promedio de 52 puntos, ubicados entre las categorías calidad buena de la ribera. La condición de las orillas y la calidad del agua fueron los atributos más favorables, mientras que la cobertura vegetal mostró deficiencias debido a la intervención ganadera en la zona.

Cuadro 4.22

Puntaje de promedio del indicador en río quebrada La Cabra, 05 de abril de 2025, OCA

La Cabra

Categoría	Estado	Puntaje promedio
1. Condiciones de la orilla del río	Bueno	10
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Bueno	6
3. Alteraciones del cauce	Bueno	9
4. Claridad del agua	Malo	11
5. Contaminación por residuos sólidos	Bueno	9
6. Contaminación por aguas residuales	Bueno	7
Suma		52

En el caso del río Liberia los resultados promedio fueron 52 puntos, lo que ubica al sitio en una condición regular de calidad ribereña. Se identificaron deforestación ribereña, alta sedimentación y presencia de residuos sólidos, aspectos que justifican su inclusión prioritaria en planes de restauración participativa.

Cuadro 4.23

Puntaje de promedio del indicador en el río Liberia, 24 de mayo de 2025, OCA Liberia

Categoría	Estado	Puntaje
7. Condiciones de la orilla del río	Regular	10
8. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	Regular	7
9. Alteraciones del cauce	Bueno	9

10. Claridad del agua	Bueno	10
11. Contaminación por residuos sólidos	Regular	8
12. Contaminación por aguas residuales	Regular	7
Suma		49

4.5. Propuesta de validación del índice de calidad de riberas OCAs Chorotega

La validación estadística permitió analizar la consistencia, la variabilidad, la eficacia y el comportamiento de los puntajes obtenidos en la aplicación del índice adaptado de calidad de áreas ribereñas en los cuatro sitios evaluados por los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCA). Para cada atributo y para el puntaje total se calcularon indicadores descriptivos (promedio, cuartiles, máximo, mínimo y desviación estándar), lo que facilitó interpretar la distribución de los valores, identificar patrones de convergencia o dispersión entre grupos y reconocer atributos que presentan mayor sensibilidad o dificultad en la evaluación participativa.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada sitio y su respectiva discusión.

El análisis estadístico evidencia una marcada variabilidad en varios atributos. El atributo condiciones de la orilla del río muestra un promedio de 12, pero con una desviación estándar alta (5), lo cual indica diferencias significativas entre los grupos respecto a la percepción de estabilidad, erosión y estructura de orilla. En cobertura vegetal, los valores son altamente consistentes ($DE = 1$), con puntajes concentrados en rangos superiores ($Q3 = 18$), lo que evidencia un consenso respecto a una buena estructura vegetal. Asimismo, las alteraciones del cauce evidenciaron una variabilidad moderada ($DE = 4$), posiblemente por la presencia de microhábitats con grados distintos de modificación. Por su parte, la claridad del agua presentó valores bajos (promedio de 5) y una dispersión notable ($DE = 3$), lo que coincide con condiciones de turbidez observadas en campo. De igual manera, los atributos relacionados con contaminación mostraron puntajes altos y consistentes, lo que sugiere que

todos los grupos identificaron fuentes continuas de residuos sólidos y aguas residuales. Finalmente, el puntaje total presentó una alta dispersión ($DE = 18$), lo cual indica diferencias importantes en la integración final del índice, probablemente asociadas con distintos niveles de experiencia o interpretación entre los participantes.

Cuadro 4.24

Resultados estadísticos del río Las Palmas 01 de noviembre de 2024, OCA CTP Carrillo

Atributo	Puntaje promedio por observación grupal	Mínimo	Primer cuartil	Segundo cuartil (Mediana)	Tercer cuartil	Máximo	Desviación estándar
1. Condiciones de la orilla del río	12	5	7	14	15	15	5
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	16	1	15	16	18	18	1
3. Alteraciones del cauce	14	4	10	15	17	17	4
4. Claridad del agua	5	3	4	4	8	9	3
5. Contaminación por residuos sólidos	15	3	13	15	18	19	3
6. Contaminación por aguas residuales	14	2	12	15	16	16	2
TOTAL	77	18	61	79	91	94	18

Fuente: Elaboración propia.

En el río Chipance (cuadro 4.25) los resultados reflejan contrastes muy marcados entre atributos, mientras que las condiciones de la orilla del río mostraron una alta dispersión ($DE = 6$), lo cual evidencia discrepancias considerables entre los grupos evaluadores. La cobertura vegetal fue uno de los atributos más consistentes ($DE = 1$), pues muestra uniformidad en la valoración del componente vegetal. Además, las alteraciones del cauce registraron valores bajos (promedio de 4) y una dispersión moderada, lo que indica un consenso en el que este atributo presenta deterioro significativo. En cuanto a la claridad del agua, aunque fue el atributo con el puntaje más alto (17), su desviación estándar de 5 evidencia diferencias sustanciales en las percepciones, posiblemente relacionadas con variaciones en el tramo o cambios ocurridos durante la jornada. Asimismo, los atributos relacionados con contaminación mantuvieron una notable consistencia, especialmente el de aguas residuales,

que mostró desviación estándar cero. Finalmente, el puntaje total presentó una desviación de 15, lo que indica heterogeneidad en la integración general; sin embargo, la mediana (61) muestra que existe una tendencia central clara hacia una valoración intermedia.

Cuadro 4.25

Resultados estadísticos del río Chipance, 23 de marzo, 2025, OCA Chipance.

Atributo	Puntaje promedio por observación grupal	Desviación estándar	Primer cuartil	Segundo cuartil (Mediana)	Tercer cuartil	Máximo	Mínimo
1. Condiciones de la orilla del río.	8	6	4	6	14	16	4
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	9	1	7	9	10	10	7
3. Alteraciones del cauce	4	2	1	5	5	5	1
4. Claridad del agua	17	5	9	20	20	20	9
5. Contaminación por residuos sólidos	13	1	12	13	14	14	11
6. Contaminación por aguas residuales	10	0	10	10	10	10	10
TOTAL	60	15	43	61	72	75	42

Fuente: Elaboración propia.

En la quebrada La Cabra (cuadro 4.26), los atributos presentaron una variabilidad moderada en general. Las condiciones de la orilla del río registraron una desviación estándar de 3, e indican estabilidad en las valoraciones, mientras que la cobertura vegetal presentó mayor dispersión ($DE = 4$), probablemente debido a diferencias en la interpretación de la estructura vegetal entre microsecciones del cauce. Asimismo, las alteraciones del cauce alcanzaron la mayor variabilidad del sitio ($DE = 5$), lo que pone en evidencia la presencia de zonas más modificadas alternadas con sectores relativamente mejor conservados. En contraste, la claridad del agua fue el atributo más estable ($DE = 1$), con valores altos y cuartiles estrechos, lo que señala condiciones homogéneas a lo largo del tramo evaluado. Por su parte, los atributos de contaminación mostraron coherencia moderada en las valoraciones, lo cual indica una percepción común de la presencia de residuos sólidos y aguas residuales. El

puntaje total reflejó una desviación estándar de 17, lo que indica diferencias en la integración final, aunque la mediana (60) muestra una convergencia hacia condiciones intermedias de calidad ribereña.

Cuadro 4.26.

Resultados estadísticos de la quebrada La Cabra, 05 de abril, 2025, OCA La Cabra.

Atributo	Puntaje promedio por observación grupal	Desviación estándar	Primer cuartil	Segundo cuartil (mediana)	Tercer cuartil	Máximo	Mínimo
1. Condiciones de la orilla del río.	10	3	7	9	13	14	7
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	8	4	5	8	12	13	5
3. Alteraciones del cauce	9	5	4	9	13	13	4
4. Claridad del agua	14	1	13	15	15	15	13
5. Contaminación por residuos sólidos	12	3	9	12	15	15	8
6. Contaminación por aguas residuales	9	1	8	9	10	10	8
TOTAL	61	17	46	60	78	80	45

Fuente: Elaboración propia.

En el río Liberia (cuadro 4.27) los resultados muestran una tendencia general hacia valores más estables y con menor variabilidad comparados con los sitios anteriores. Las condiciones de la orilla del río presentaron una desviación estándar de 3, aspecto que refleja diferencias moderadas, mientras que la cobertura vegetal fue nuevamente uno de los atributos más consistentes (DE = 1), con valores concentrados en niveles medios. Además, tanto las alteraciones del cauce como la claridad del agua mostraron variabilidad de baja a moderada (DE = 3 y 2), y esto indica concordancia entre los grupos evaluadores. En cuanto a los atributos relacionados con contaminación estos se ubicaron entre los más estables, con desviaciones estándar de entre 1 y 2, lo cual evidencia una percepción común de la presencia ligera pero constante de residuos sólidos y aguas residuales. En consecuencia, el puntaje total del sitio mostró la desviación estándar más baja entre todos los sitios analizados (DE = 11), lo que indica una mayor homogeneidad en la evaluación global. La mediana de 50 posiciona

al sitio dentro de una condición intermedia, en coherencia con los puntajes individuales de los atributos.

Cuadro 4.27.

Resultados estadísticos del río Liberia, 24 de mayo de 2025, OCA Liberia

Atributo	Puntaje promedio por observación grupal	Desviación estándar	Primer cuartil	Segundo cuartil (mediana)	Tercer cuartil	Máximo	Mínimo
1. Condiciones de la orilla del río.	10	3	7	10	12	12	6
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)	7	1	6	7	7	7	5
3. Alteraciones del cauce	9	3	6	9	12	12	6
4. Claridad del agua	10	2	8	10	12	12	7
5. Contaminación por residuos sólidos	8	1	7	8	8	8	7
6. Contaminación por aguas residuales	7	2	6	6	8	9	6
TOTAL	49	11	39	50	59	60	37

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, los resultados de la validación estadística permiten afirmar que el índice adaptado es un instrumento sensible y útil para diferenciar condiciones ribereñas, tanto entre sitios como entre atributos, lo cual confirma su pertinencia para procesos de monitoreo participativo. Aunque algunos atributos mostraron variabilidad elevada, especialmente aquellos vinculados con erosión, alteraciones del cauce y claridad del agua, como la cobertura vegetal y los indicadores de contaminación, presentaron alta consistencia, lo que sugiere que estos criterios son más claros y fáciles de evaluar por parte de los grupos ciudadanos. A partir de estos hallazgos se reconoce la necesidad de fortalecer los procesos de capacitación en los atributos que registraron mayor dispersión, con el fin de mejorar la precisión, la comparabilidad y la replicabilidad de futuras evaluaciones realizadas por los Observatorios Ciudadanos del Agua en la región Chorotega.

4.6. Análisis estadístico por atributos y por resultados del índice

El análisis estadístico por atributos y por los resultados globales del índice permitió comparar el comportamiento de los seis indicadores con los cuatro sitios evaluados (río Liberia, río Las Palmas, río Chipance y quebrada La Cabra). A partir de los gráficos estadísticos y de los

cuadros asociados fue posible identificar patrones de consistencia, dispersión y sensibilidad de cada atributo frente a las variaciones ambientales y a la interpretación de los grupos evaluadores.

En términos generales, los resultados muestran que algunos atributos presentan una alta estabilidad entre los sitios y grupos (principalmente *cobertura vegetal* y *contaminación*), mientras que otros exhiben una variabilidad marcada (principalmente *condiciones de la orilla*, *alteraciones del cauce* y *claridad del agua*). Estos patrones ofrecen información clave sobre la facilidad o dificultad de interpretación por parte de los Observadores Ciudadanos y sobre la heterogeneidad ambiental de cada sitio. A continuación, se muestran los resultados y se hace la discusión por atributo:

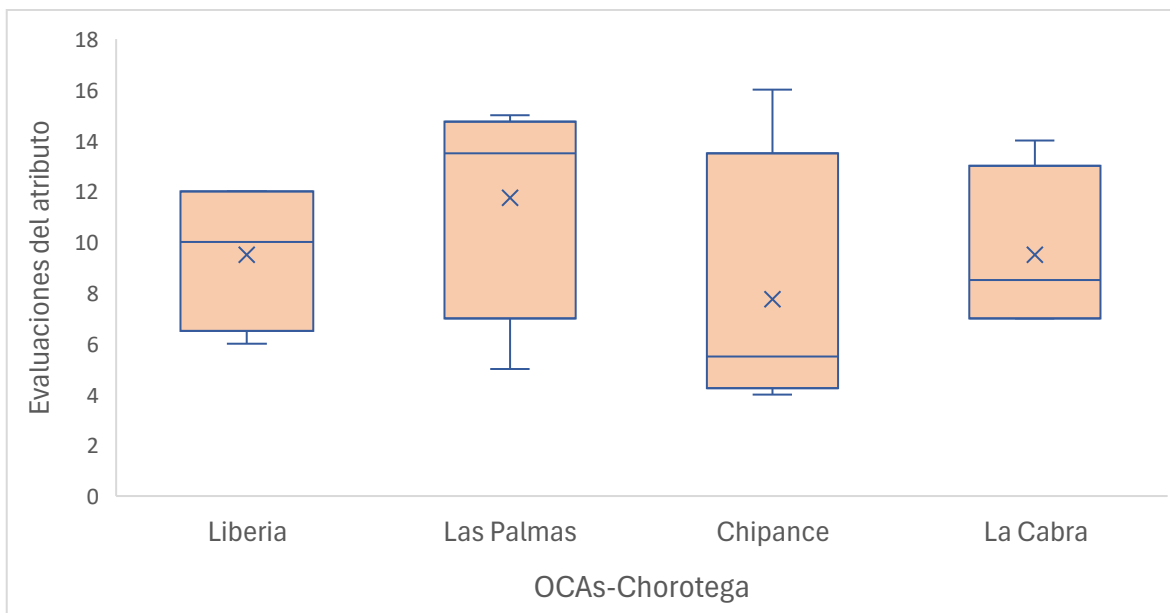
a) Condiciones de la orilla del río

Los gráficos muestran que este atributo presenta una **alta dispersión** entre los cuatro sitios. Mientras que Las Palmas reporta valores altos y relativamente consistentes, Chipance evidencia la mayor variabilidad, con un rango amplio reflejado en barras más extensas y desviaciones estándar elevadas. Liberia y La Cabra se ubican en rangos intermedios, con variabilidad moderada.

Esta diferencia entre sitios indica que la estabilidad física de las orillas es un atributo altamente sensible a las condiciones locales (erosión, dragados, modificaciones antrópicas); pero también un indicador en el que las percepciones entre grupos pueden diferir ampliamente. Su dispersión reafirma la necesidad de reforzar la capacitación específica en este atributo.

Cuadro 4.28

Resultados estadísticos del atributo condiciones de la orilla del río.



Fuente: Elaboración propia.

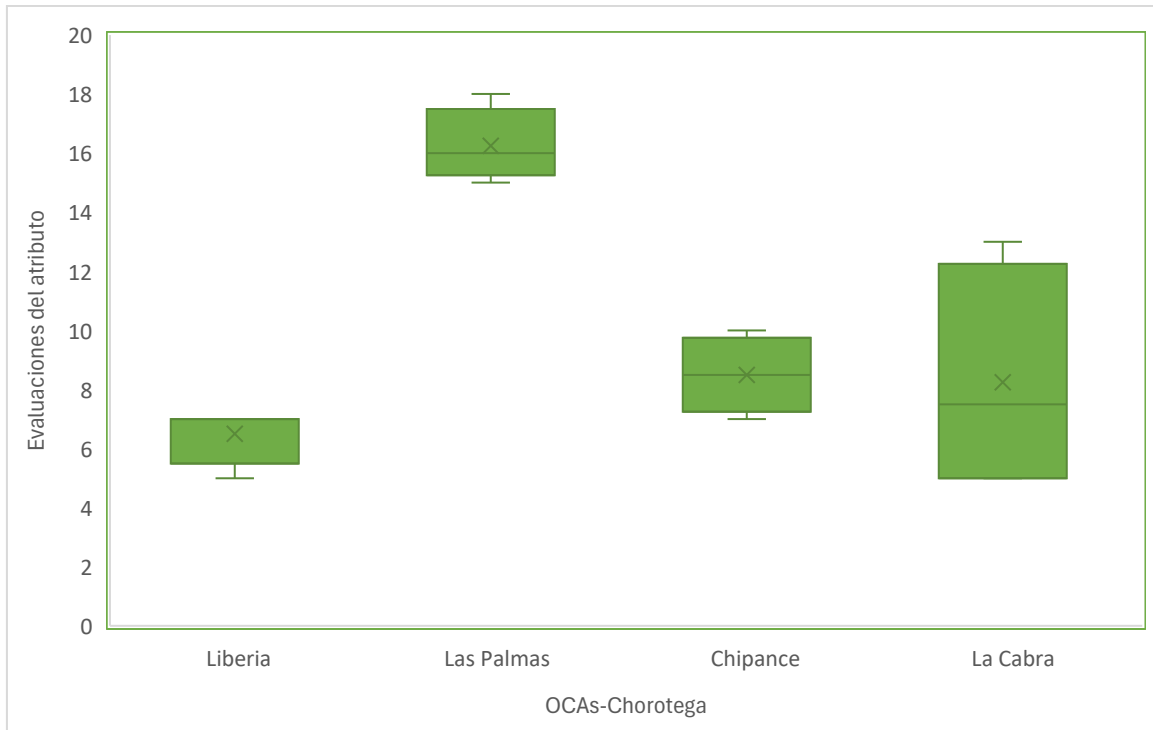
b) Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)

En contraste con el atributo anterior, la cobertura vegetal es uno de los indicadores más consistentes entre los sitios. Los gráficos evidencian valores concentrados y con poca variación, especialmente en Las Palmas, Liberia y Chipance. La Cabra muestra una ligera dispersión mayor, pero aún dentro de un rango moderado.

Este comportamiento sugiere que la vegetación ribereña es más fácil de identificar y valorar por los grupos, lo cual coincide con las bajas desviaciones estándar observadas en los cuadros estadísticos. La claridad de este atributo en la guía metodológica y la presencia visible de estratos vegetales facilitan evaluaciones homogéneas.

Cuadro 4.29

Resultados estadísticos del atributo cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)



Fuente: Elaboración propia.

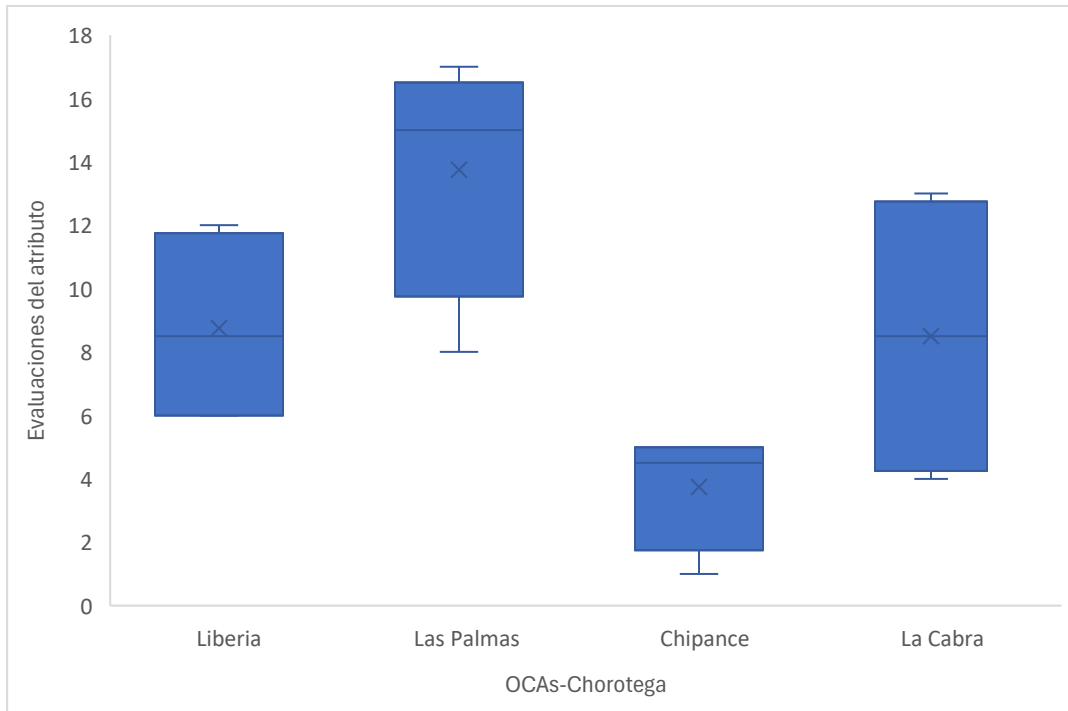
c) Alteraciones del cauce

El análisis gráfico evidencia que se trata de uno de los atributos más heterogéneos. Chipance presenta valores muy bajos y refleja un consenso en cuanto a su deterioro, mientras que Las Palmas y La Cebra muestran valores de moderados a altos, aunque con dispersión visible. Liberia mantiene una variabilidad moderada.

La alta diferencia entre sitios se relaciona con la dinámica geomorfológica distinta en cada uno de ellos, así como con intervenciones humanas específicas (canalizaciones, diques, erosión, dragados). La dispersión entre grupos evidencia que este atributo requiere un mayor nivel de experiencia y observación técnica para lograr uniformidad.

Cuadro 4.30

Resultados estadísticos del atributo alteraciones del cauce.



Fuente: Elaboración propia.

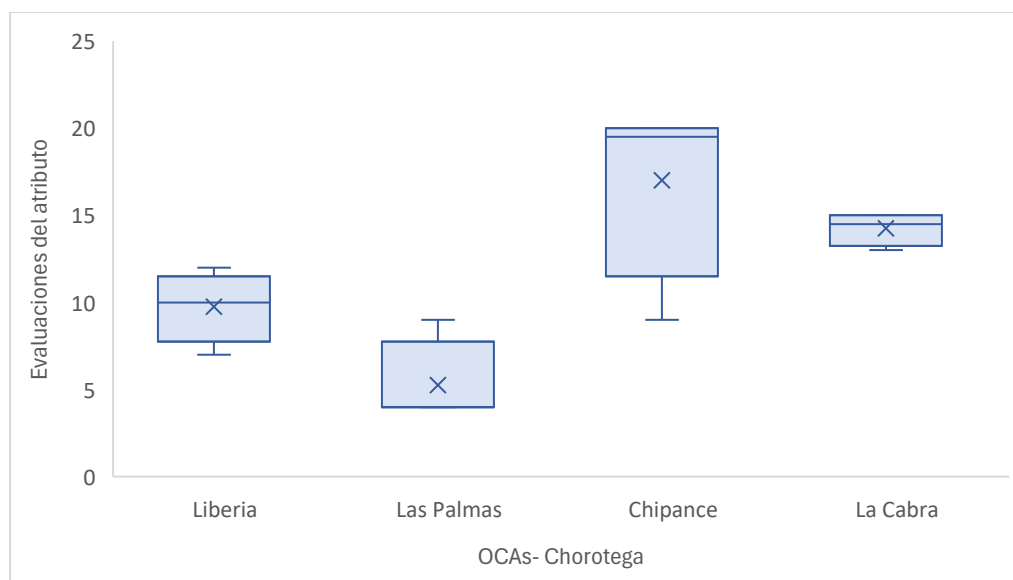
d) Claridad del agua

El gráfico correspondiente muestra contrastes marcados entre sitios. Chipance presenta los valores más altos, aunque con la desviación más amplia; Las Palmas reporta valores consistentemente bajos; y Liberia y La Cabra muestran valores intermedios con dispersión reducida.

Estas variaciones reflejan tanto las diferencias ambientales entre ríos, especialmente por arrastre de sedimentos, eventos recientes de lluvia o actividades aguas arriba, como la sensibilidad del atributo a condiciones momentáneas del caudal. La amplia variabilidad sugiere que la claridad del agua es un atributo dinámico y subjetivo, cuyo resultado puede verse afectado por la hora de evaluación o condiciones temporales.

Cuadro 4.31

Resultados estadísticos del atributo claridad del agua.



Fuente: Elaboración propia.

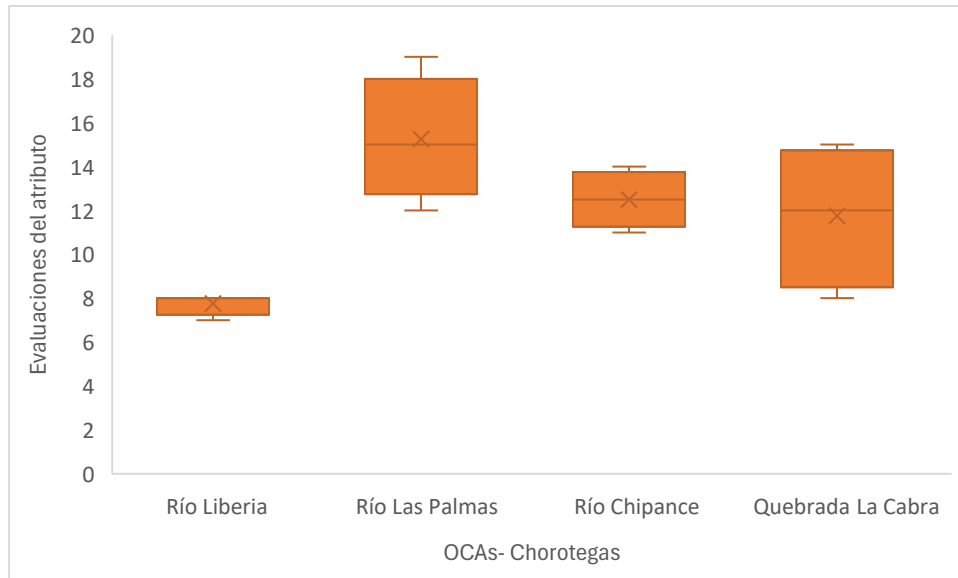
e) Contaminación por residuos sólidos

Los gráficos muestran que este atributo mantiene valores **altos y consistentes** en la mayoría de los sitios. Las Palmas reporta puntajes altos y con baja variación; Chipance mantiene homogeneidad; Liberia muestra valores moderados y estables; y La Cabra presenta una dispersión moderada.

Este patrón indica que la presencia de residuos sólidos es común en los cuatro sitios y fácilmente identificable por los grupos, lo cual genera convergencia en las valoraciones. La consistencia sugiere que es uno de los atributos más comprendidos y mejor observado durante las giras.

Cuadro 4.32.

Resultados estadísticos del atributo contaminación por residuos sólidos.



Fuente: Elaboración propia.

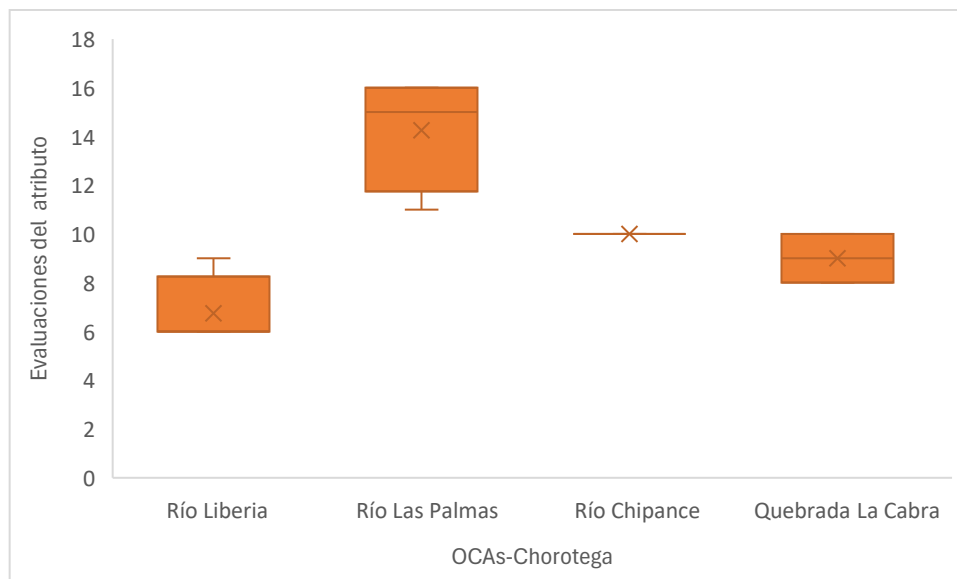
f) Contaminación por aguas residuales

Este atributo es uno de los más estables en todos los sitios evaluados. En el caso del Chipance, incluso presenta desviación estándar cero, lo que evidencian una percepción completamente uniforme entre grupos. Liberia y La Cabra presentan variabilidad mínima, mientras que Las Palmas muestra valores altos con leve dispersión.

Dado que las descargas de aguas residuales son fácilmente perceptibles (olor, color, presencia visible de tuberías), los grupos logran coincidencia en la valoración. Este atributo, al igual que el de residuos sólidos, demuestra un fuerte potencial para la ciencia ciudadana.

Cuadro 4.32.

Resultados estadísticos del atributo contaminación por aguas residuales.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.1 Resultados y discusión del comportamiento global del índice

Los gráficos del índice total reflejan un patrón claro:

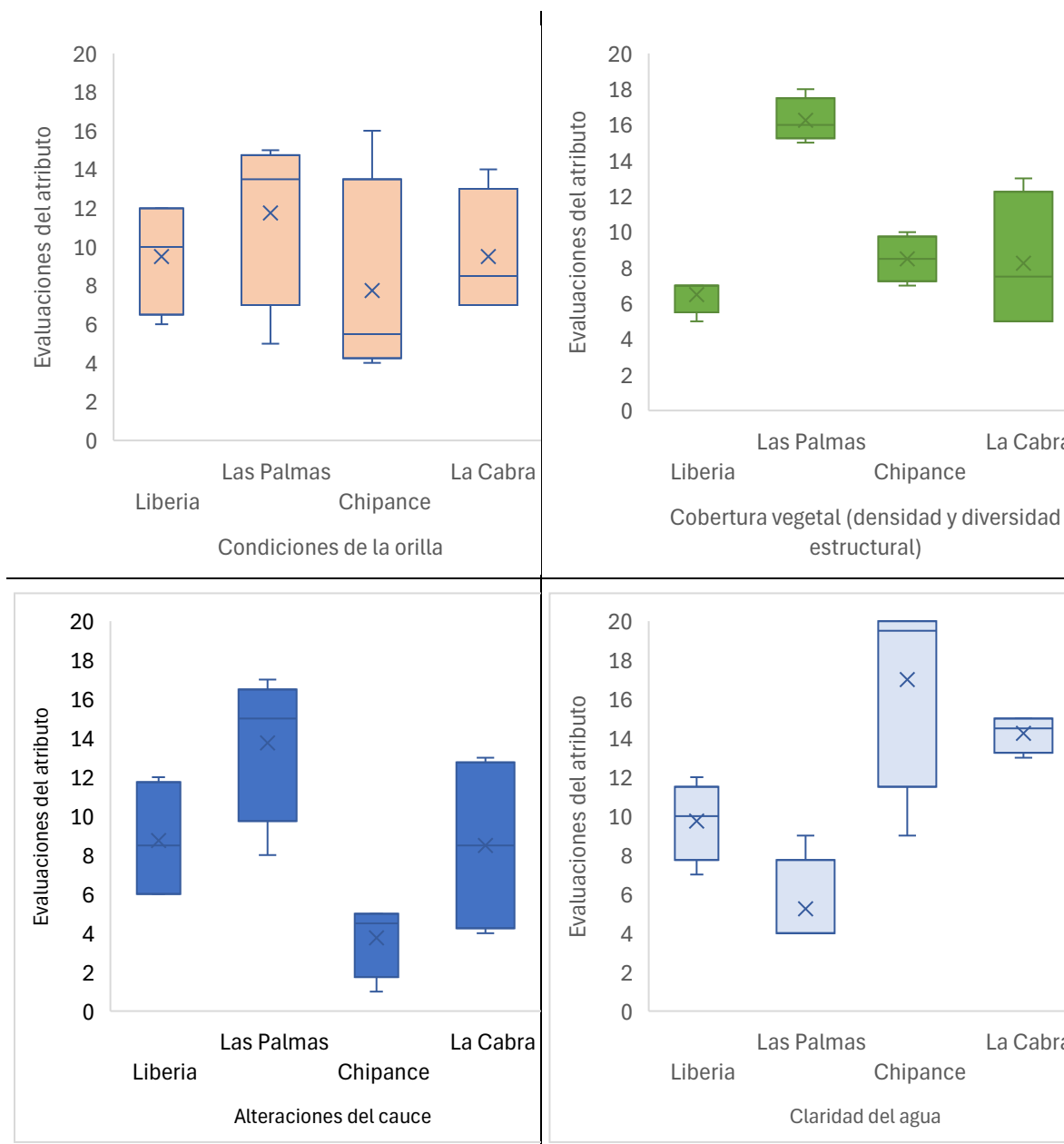
- **Las Palmas** alcanza los valores más altos y muestra una dispersión amplia, lo cual indica que las condiciones del sitio permiten puntajes elevados, pero existen diferencias notables entre grupos.
- **Chipance** presenta un comportamiento intermedio, con alta dispersión debido a la mezcla de atributos muy deteriorados (como alteraciones del cauce), y otros altamente valorados (como claridad del agua).
- **La Cabra** se ubica en valores moderados, con dispersión también moderada y con un comportamiento más equilibrado entre atributos.
- **Liberia** muestra los valores más bajos del índice total, pero con la **menor variabilidad** entre sitios, lo cual indica mayor concordancia entre evaluadores respecto a la condición regular de sus riberas.

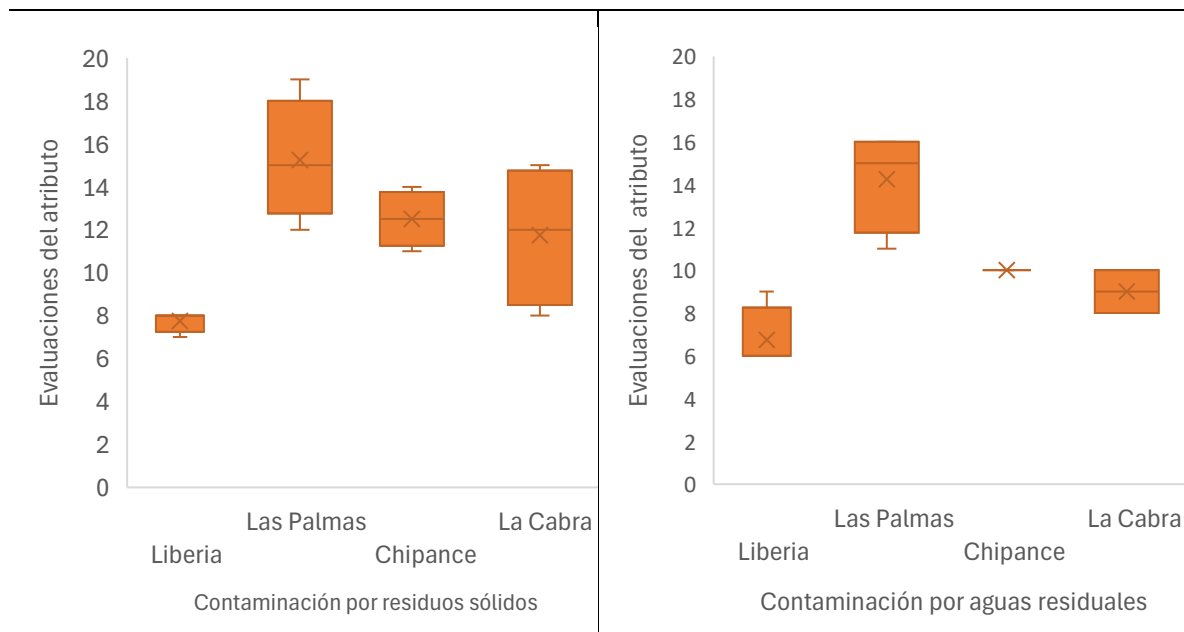
En conjunto, estos resultados evidencian que el índice adaptado logra diferenciar con claridad las condiciones ribereñas entre sitios y que los atributos más sensibles (como alteraciones y

orilla) aportan capacidad discriminativa, mientras que los más consistentes (como cobertura vegetal y contaminación) fortalecen la estabilidad del indicador.

Cuadro 4.33

Resultados del comportamiento global del índice.





El capítulo cuarto mostró que el índice adaptado de calidad de áreas ribereñas logró diferenciar de manera efectiva las condiciones ambientales de los cuatro sitios evaluados. Los atributos vinculados con vegetación y contaminación fueron los más consistentes entre los grupos, mientras que las condiciones de la orilla, las alteraciones del cauce y la claridad del agua presentaron mayor variabilidad, lo que refleja tanto diferencias ambientales reales como la necesidad de fortalecer la capacitación para mejorar la uniformidad en la evaluación participativa. En general, los resultados confirmaron que el índice es funcional, sensible y adecuado para su uso en procesos de monitoreo comunitario, lo que respalda su pertinencia para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega.

4.7. Sobre la pregunta de investigación

Los resultados obtenidos permiten afirmar que sí es posible evaluar la calidad de las riberas mediante procesos de participación ciudadana, que generan datos suficientemente confiables para ser utilizados en acciones de restauración y conservación. La aplicación del índice adaptado mostró que los grupos comunitarios lograron valorar de manera coherente atributos como cobertura vegetal y contaminación, y esto evidencia baja variabilidad y buena consistencia entre observaciones.

Aunque algunos atributos más complejos presentaron mayor dispersión (como condiciones de la orilla y alteraciones del cauce), esta variabilidad no impidió identificar tendencias claras ni afectó la capacidad del índice para diferenciar el estado ambiental entre los sitios evaluados. En conjunto, los resultados demuestran que la ciudadanía, con una capacitación adecuada y herramientas adaptadas, puede generar información ambiental válida, comparable y útil para la gestión de cuerpos lóticos, y responde afirmativamente a la pregunta de investigación.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del proyecto “*Índice de calidad de áreas ribereñas para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs-Chorotega), Costa Rica*”. Estas conclusiones y recomendaciones se basan en: a) el análisis bibliográfico, b) el diseño metodológico del índice de calidad de riberas, c) la aplicación en campo, y d) los principales hallazgos. Su propósito es sintetizar los hallazgos más relevantes y ofrecer lineamientos prácticos y científicos que contribuyan al fortalecimiento de la gestión de las áreas ribereñas y la ciencia ciudadana en la Región Chorotega.

5.1. Conclusiones

➤ Sobre el análisis bibliográfico

El análisis bibliográfico permitió identificar una amplia variedad de índices de calidad de riberas desarrollados en diferentes regiones del mundo (América del Norte, Europa y América del Sur), con enfoques ecológicos, morfológicos y eco-hidromorfológicos. Sin embargo, no se hizo una revisión exhaustiva de nivel global, porque pueden existir otros índices de riberas que se puedan aplicar para una mejoría de la herramienta.

El análisis bibliográfico permitió identificar una amplia variedad de índices de calidad de riberas desarrollados en distintas regiones; sin embargo, la mayoría requerían un alto nivel técnico, por lo que no eran viables en procesos de ciencia ciudadana. Fue necesario adaptar metodologías existentes para crear una herramienta accesible para los OCAs-Chorotega, aportando así una innovación metodológica contextualizada al entorno tropical en la región Chorotega, Guanacaste.

➤ **Sobre el Índice de Calidad de Riberas**

El *Índice de Calidad de Áreas Ribereñas adaptado a los OCAs-Chorotega* constituye un instrumento técnico de fácil aplicación, fundamentado en seis atributos clave: condición de las orillas, cobertura vegetal, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales. Esta herramienta permite evaluar, clasificar y priorizar acciones de conservación o restauración en función del estado de las riberas.

➤ **Sobre la aplicación del índice en campo**

Los resultados en los sitios piloto (ríos Las Palmas, Chipance, Liberia y quebrada La Cabra) evidencian condiciones variables de calidad, desde óptimas hasta regulares. Las principales problemáticas detectadas corresponden a erosión de orillas, deforestación ribereña, sedimentación y contaminación por residuos sólidos, lo que refleja la presión antrópica sobre los ecosistemas acuáticos.

La aplicación del índice en distintas localidades de la Región Chorotega demostró su utilidad práctica y la comprensión por parte de los miembros de los OCAs. La consistencia de los resultados indica que el índice es una herramienta fiable para la valoración participativa, aunque requiere una persona guía que tenga el conocimiento técnico y la capacitación inicial para garantizar uniformidad en los criterios de observación.

➤ **Sobre los principales hallazgos**

La validación del índice confirmó que la ciencia ciudadana puede generar información ambiental confiable. Se fortalecieron capacidades locales, se cumplió con los objetivos del estudio y se reafirmó la necesidad de continuar aplicando el índice, de manera periódica, para evitar la pérdida de las habilidades adquiridas y mantener activa la red de monitoreo ciudadano.

El desarrollo del proyecto *“Índice de calidad de áreas ribereñas para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs-Chorotega), Costa Rica”* permitió cumplir satisfactoriamente con todos los objetivos propuestos. En primer lugar, se identificaron los principales atributos eco-hidromorfológicos mediante

una revisión bibliográfica exhaustiva de metodologías internacionales, las cuales fueron analizadas, comparadas y adaptadas al contexto tropical costarricense. Este proceso condujo a la propuesta y construcción de un índice de calidad de riberas accesible, confiable y comprensible para su aplicación en procesos de ciencia ciudadana.

Posteriormente, el índice fue validado en campo en diferentes microcuencas de la Región Chorotega, en lo que demostró su eficacia como herramienta para la valoración participativa de las riberas. Los resultados evidenciaron su capacidad para detectar variaciones en la calidad ambiental y permitir la toma de decisiones informadas en materia de conservación y restauración.

En relación con la pregunta de investigación, se confirma que sí es posible evaluar la calidad de las riberas por medio de procesos de participación ciudadana, pues se obtienen datos confiables y útiles para la planificación y la gestión ambiental. Los resultados validados estadísticamente respaldan que las observaciones realizadas por los OCAs son consistentes.

De igual manera, la hipótesis planteada fue comprobada positivamente, ya que se logró caracterizar la calidad de las áreas ribereñas mediante atributos eco-hidromorfológicos medibles y fiables, y así se fortaleció la capacidad de los OCAs para generar información técnica y apoyar decisiones orientadas a la restauración ecológica.

En conclusión, el proyecto demostró que la ciencia ciudadana es un instrumento viable y complementario de los métodos científicos tradicionales, lo que permite promover la corresponsabilidad ambiental, el empoderamiento comunitario y la gestión integral del recurso hídrico en la Región Chorotega. El índice desarrollado constituye un aporte innovador, replicable y de bajo costo que puede ser extendido a otras regiones de Costa Rica.

5.2. Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se plantean con base en los resultados obtenidos en las distintas etapas de la investigación: a) el análisis bibliográfico, b) el diseño metodológico del índice de calidad de riberas, c) la aplicación en campo y, d) los principales hallazgos obtenidos. Su objetivo es orientar futuras investigaciones, mejorar la aplicación del índice y fortalecer el rol de los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) en la gestión ambiental participativa.

a) En relación con el análisis bibliográfico

- Profundizar en la revisión de índices latinoamericanos cada dos años, considerando nuevos estudios por medio de la búsqueda y el análisis de publicaciones de países tropicales (México, Colombia, Brasil, Ecuador) para comparar enfoques y las variables utilizadas.
- Incorporar criterios socioambientales como participación comunitaria, educación ambiental o percepción de la calidad del agua y de gobernanza en futuras revisiones bibliográficas cada tres años para obtener nuevos ajustes a la herramienta.
- Promover la creación de un repositorio digital administrado por HIDROCEC-UNA, en el que se almacenen herramientas de valoración de áreas ribereñas, tesis, artículos, índices y guías relacionadas con monitoreo ribereño regionales, y actualizarlo anualmente.

b) En relación con el diseño metodológico del índice de calidad de riberas

- Revisar y actualizar periódicamente los atributos del índice según nuevos conocimientos o condiciones ambientales. Evaluar cada tres años, o cuando se detecten cambios ambientales significativos en las cuencas, los seis atributos e incorporar otros relevantes (como conectividad ecológica).
- Complementar la herramienta con indicadores fisicoquímicos simples (pH, turbidez, oxígeno disuelto) con equipos portátiles para realizar mediciones dos veces al año (época seca y lluviosa) y contrastar los resultados visuales.
- Validar el índice una vez al año en otras regiones de Costa Rica (Pacífico Central, Caribe, Norte) y comparar los resultados para verificar su adaptabilidad; esto para confirmar su adaptabilidad.

c) En relación con la aplicación en campo

- Se recomienda fortalecer la capacitación continua de los miembros de los OCAs mediante talleres teórico-prácticos sobre monitoreo ribereño, identificación de atributos y manejo de datos, dos veces al año, antes y después de cada campaña política.

- Garantizar el acompañamiento técnico inicial en cada evaluación durante las tres primeras evaluaciones de cada OCA, por parte de personal especializado de la Universidad Nacional o de personeros de las municipalidades, para asegurar uniformidad en la aplicación del índice.
- Estandarizar los formatos digitales de recolección de datos mediante herramientas en línea como Google Forms, y actualizarlos anualmente según la retroalimentación de los usuarios.
- Integrar los resultados en una plataforma de monitoreo regional administrada por la Universidad Nacional y el HIDROCEC, actualizada semestralmente, que permita almacenar, visualizar y analizar los datos de calidad ribereña de manera centralizada.

d) En relación con los principales hallazgos obtenidos

- Dar continuidad al proceso de monitoreo ciudadano mediante aplicaciones dos veces al año (al final de la estación seca y lluviosa), para identificar variaciones estacionales en la calidad de las riberas
- Implementar proyectos de restauración ecológica participativa en zonas con calidad regular o mala cada dos años, con evaluaciones anuales de progreso.
- Fortalecer alianzas interinstitucionales (UNA, HIDROCEC, AyA, CIGITEM, municipalidades y organizaciones ambientales), y revisarlas cada dos años, para garantizar respaldo técnico y financiero.
- Publicar y divulgar los resultados del proyecto en revistas científicas anuales y espacios comunitarios.
- Replicar el modelo de monitoreo en otras regiones hidrográficas de Costa Rica cada tres años, ampliar la red nacional de observatorios y fortalecer la gestión participativa del recurso hídrico.

Las recomendaciones aquí presentadas constituyen una guía práctica y estratégica para asegurar la continuidad y sostenibilidad del índice de calidad de las riberas desarrollado para los OCAs-Chorotega. Su implementación permitirá fortalecer las capacidades técnicas y

organizativas de los observatorios, y consolidará un modelo de monitoreo ciudadano que contribuya activamente a la gestión integral del recurso hídrico en la Región Chorotega.

El cumplimiento periódico de las acciones propuestas, como la capacitación continua, la actualización metodológica, el acompañamiento técnico y la integración de los resultados en plataformas digitales garantizará la generación constante de información ambiental confiable y de utilidad para la toma de decisiones locales y regionales.

De igual manera, el fortalecimiento de las alianzas interinstitucionales, la divulgación de resultados y la replicación del modelo en otras regiones del país consolidarán un sistema participativo de vigilancia ambiental. En conjunto, estas acciones contribuirán a la conservación de los ecosistemas ribereños, al empoderamiento de las comunidades y al avance hacia una gestión hídrica más inclusiva, colaborativa y sostenible en Costa Rica.

Referencias bibliográficas

Alvarado Sandoval, N., Rojas Quirós, L. A., & Sibaja Alvarado, J. F. (2019). *Propuesta de Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) en la Microcuenca Maravilla-Chiz, Cartago, Costa Rica*[Archivo PDF].

<https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/cbda7e8c-614b-4284-bedf-efce064fbf93/content>

Aguiar, F.C., Feio, M.J. & M.T. Ferreira. (2011). Choosing the best method for stream bioassessment using macrophyte communities: Indices and predictive models. *Ecol Indic*, 11:379–388 . doi: 10.1016/j.ecolind.2010.06.006.

Arias, F. (2023). El paradigma pragmático como fundamento epistemológico de la investigación mixta. Revisión sistematizada. *Educación, Arte, Comunicación: Revista Académica E Investigativa*, 12(2), 11–24.

<https://doi.org/10.54753/eac.v12i2.2020>

Bergström, S. (1991). Principles and confidence in hydrological modelling. *Hydrology Research*, 22(2), 123-136[Archivo PDF].

<https://iwaponline.com/hr/article/22/2/123/86/Principles-and-Confidence-in-Hydrological>

Brooks, K. N., Ffolliott, P. F., y Magner, J. A. (2012). *Hydrology and the Management of Watersheds*. John Wiley & Sons.

https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=tVWX47zODhIC&oi=fnd&pg=PR13&ots=XL8drarRsA&sig=mtbGHm6JOVNN3EQhvZxlqD3Q1k8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Botello, F; Vázquez, C; Parás, F; Vega, M; y Morales, F. (2022). *Protocolo para el monitoreo ecosistémico de cuerpos lóticos (ríos y arroyos) en áreas naturales protegidas*[Archivo PDF].

https://simec.conanp.gob.mx/manuales/protocolos/Protocolo_Cuerpos_l%C3%B3ticos.pdf

Béjar, M. V. (2022). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Cruz Sánchez, L. E., y Gómez Rodríguez, A. M. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 30(1), 115. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021

Cedeño, N. (2012). La investigación mixta, estrategia andragógica fundamental para fortalecer las capacidades intelectuales superiores. *RES NON VERBA*. Revisado desde <https://acortar.link/96J2T2> [Consultado 17-06-2023].

Del Tánago, M. G., de Jalón, D. G., & DIRECTIVE, W. F. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*, 143, 97-108. https://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/Hidrobiologia/Publicaciones/INDICE_RQI.pdf

Dixon, I., Douglas, M., Dowe, J., Burrows, D. & S. Townsend. (2005). A rapid method for assessing the condition of riparian zones in the wet/dry tropics of Northern Australia. In: Rutherford, I.D., Wiszniewski, I., Askey-Doran, M. & R. Glazik,

- (eds): 4th Australian Stream Management Conference. Launceston, Tasmania: 173–178.
- Delgado, K., Gadea, W., Vera, S. (2018). Rompiendo barreras de la investigación. Editorial UTMACH.
- Escalona-Domenech, R. Y., Infante-Mata, D., García-Alfaro, J. R., Ramírez-Marcial, N., Ortiz-Arrona, C. I., & Barba-Macías, E. (2021). Calidad de las riberas en tres tipos de cobertura vegetal en un río de la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532021000100338&script=sci_arttext
- Forest Service US. 1992. Integrated riparian evaluation guide: Intermountain Region. Ogden, Utah. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Region., Ogden, Utah.
- Fry, J., Steiner, F.R. & D.M. Green. (1994). Riparian evaluation and site assessment in Arizona. *Landsc Urban Plan*, 28:179–199.
- Gutiérrez, M. R. V. A., & Suárez Alonso, M. L. (2000). Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR (Munné et al., 1998) a los cauces fluviales de la cuenca del río Segura. *Tecnología del agua*, 201, 33-45.
- <https://portalinvestigacion.um.es/documentos/63c0b2c13df4c204fbafd294?lang=ca>
- García-Herrán, M. (2018). Protocolo de monitoreo hidrológico en páramos. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- <https://greenresistance.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/10/dpsir-1.pdf>
- González del Tánago, M. & D. García de Jalón. (2011). Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30:235–254.
- Hernández-González, V., Sans-Rosell, N., Jové-Deltell, M. C., & Reverter-Masia, J. (2016). Comparación entre Web of Science y Scopus, estudio bibliométrico de las

revistas de anatomía y morfología. *International Journal of Morphology*, 34(4), 1369-1377.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022016000400032&script=sci_arttext

Hernández, B; y Obregón, N. (2018). *Elementos conceptuales y desarrollo metodológico modelamiento componente 2 gestión de la salud de los ecosistemas*[Archivo PDF].

https://natura.org.co/wp-content/uploads/2021/04/20180530_-_ConsMetoModelaci%C3%B3n.pdf#:~:text=visi%C3%B3n%20ecohidrol%C3%B3gica%2C%20permite%20entender%20las%20relaciones%20din%C3%A1micas

Instituto de Hidrodinámicas. (15 de mayo del 2024). Hydrological monitoring.

https://www.ih.cas.cz/en/vyzkumna_temata/hydrologicky_monitoring#:~:text=Hydrological%20monitoring%20is%20a%20basic,processes%20involved%20in%20this%20cycle

Jansen, A., Robertson, A., Thompson, L., Wilson, A. & R. Watts. (2007). Rapid Appraisal of Riparian Condition, Technical Guideline for the wool-growing districts of Tasmania. Canberra, Australia.

Kristensen, P. (2004). *The DPSIR Framework*[Archivo PDF]

[http://fis.freshwatertools.eu/files/MARS_resources/Info_lib/Kristensen\(2004\)DPSIR%20Framework.pdf](http://fis.freshwatertools.eu/files/MARS_resources/Info_lib/Kristensen(2004)DPSIR%20Framework.pdf)

Kleynhans, C.J., Mackenzie, J. & M.D. Louw. (2007). River Ecoclassification - Manual for EcoStatus determination (Version 2) - Module F: Riparian Vegetation Response Assessment Index (VEGRAI).

Lin, N. (2001). *Social capital: A theory of social structure and action*. Cambridge University Press.

Ministerio de Ambiente y Energía. (2022). *Política Nacional de Áreas de Protección*[Archivo PDF].

<https://minae.go.cr/documentos/leyesnormativapoliticas/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion-2020-2040.pdf>

- Ministerio de Ambiente y Energía, (2020). *Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040. San José, Costa Rica.* 72pp[Archivo PDF].
https://da.go.cr/wpcontent/uploads/2018/05/Politica_Nacional_Areas_Proteccion_2020.pdf#:~:text=Ministerio%20de%20Ambiente%20y%20Energ%C3%ADa%2C%202020.%20Pol%C3%ADtica%20Nacional
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2019). *Política nacional de áreas silvestres protegidas 2019-2030.* Sistema Costarricense de Información Jurídica.
https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74652&nValor3=92293&strTipM=TC
- Mendoza, M., Bocco, G., Bravo, M., Siebe, C., y Ortiz, M. A. (2002). *Modelamiento hidrológico espacialmente distribuido: una revisión de sus componentes, niveles de integración e implicaciones en la estimación de procesos hidrológicos en cuencas no instrumentadas. Investigaciones geográficas, (47).*
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112002000100004
- Martínez Valdés, Y., y Villalejo García, V. M. (2019). Ecohidrología-Ecohidráulica: claves para la gestión integrada de los recursos hídricos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 40(2), 95-109.*
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000200095&script=sci_arttext
- Molina-Quesada, S. E. (2017). Línea base de información geográfica para el " sistema para la gestión y manejo de incidentes por incendios forestales", Región Chorotega, Costa Rica.
- Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada N., & M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst, 13:147–163.*
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Caracterización Región de Desarrollo Chorotega*[Archivo PDF].

<https://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/Caracterizacion-REGION-DE-DESARROLLO-CHOROTEGA.pdf>

Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2010). *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier.

https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=n6i_2G2f2KAC&oi=fnd&pg=PR11&ots=PkO3cQEfrm&sig=q5V21zDx8eD0eulPu79NkDQvyC4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Nelson, S.M. & D.C. Andersen. (1994). An Assessment of Riparian Environmental Quality by Using Butterflies and Disturbance Susceptibility Scores. *Southwest Nat*, 39:137. doi: 10.2307/3672237.

Ostrom, Elinor, *The Meaning of Social Capital and Its Link to Collective Action* (2007).

Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1304823> or

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1304823>

Portes, A. (1998). Social capital: Its origins and applications in modern sociology. *Annual Review of Sociology*

Putnam, R. D. (1993). The prosperous community: Social capital and public life. *The American Prospect*

Política Nacional de Areas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-2040. Incluye Plan de Acción 2020-2022. (2020). Mideplan.go.cr.

<http://10.1.0.234:8080/handle/123456789/99>

Prichard, D., Anderson, J., Correll, C., Fogg, J., Gebhardt, K., Krapf, R., Leopnard, S., Mitchell, B. & J. Staats. (1998). A user guide to assessing proper functioning condition under the supporting sciences for lotic areas. Denver, Colorado.

Parsons, M., Thoms, M. & R. Norris. (2002). Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol. Monit river Heal Initiat Tech Rep.

- Prisma. (2024, June 4). *Caracterización hidromorfológica de indicadores masa de agua*. Eurofins Environment Testing Spain. <https://www.eurofins-environment.es/es/caracterizacion-hidromorfolologica-indicadores-masa-agua/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Costa Rica (2020). *Costa Rica ya cuenta con una Política para salvaguardar Áreas de Protección de ríos y nacientes*. UNDP. <https://www.undp.org/es/costa-rica/comunicados-de-prensa/costa-rica-ya-cuenta-con-una-politica-para-salvaguardar-areas-de-proteccion-de-rios-y-nacientes#:~:text=debemos%20resguardar%20los%20ecosistemas%20que%20la%20protegen>
- Quintero, A; y Mejía, R. (2006). *El concepto de ecohidrología*[Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/profile/Ismael-Quintero-Espinosa/publication/273760370_Ecohidrologia/links/5537d6d10cf247b8587c6047/Ecohidrologia.pdf
- Quiroga, L. (2025). *Morfología de ríos*[Archivo PDF]. <https://es.scribd.com/document/375054582/2-MORFOLOGIA-DE-RIOS-pdf>
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*[Archivo PDF]. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c0df97fc-43da-4671-a61f-96b5d36d7a88/content>
- Rodríguez, C. (2020). *Política nacional para la recuperación de la cobertura arbórea y resguardo de las áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes*[Archivo PDF]. <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2020/06/Pol%C3%ADtica-Nacional-%C3%81reas-de-Protecci%C3%B3n.-05-06-2020.pdf>
- Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A. & K.C. Ewald. (2006). Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landsc Urban Plan*, 78:50–70 . doi: 10.1016/j.landurbplan.2005.05.006.

- Rodrigo, J. A. (2016, enero). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*. Ciencia de datos. https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova
- Reverter, F. (2020). *Análisis de la varianza (ANOVA)*. Tesis de máster, Universitat Oberta de Catalunya]. <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/bdcd9dbd-16b4-4830-a314-abde3a91a37d/content>
- Sadeq D. I. (2023). La ciencia ciudadana aplicada al mapeo de inundaciones y a la gestión del riesgo en Makeni, Sierra Leona. Una propuesta de acción. Thesis (Master thesis), E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM).
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (2011). Plan Sectorial Regional de Desarrollo Agropecuario 2011-2014. San José, Costa Rica.
- Souza Reátegui, N. M., y Aguilar Silvano, E. (2022). *Influencia de factores ambientales en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y grupos funcionales alimenticios en tres sectores de la cuenca del río Chillón (Lima)*[Archivo PDF]. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11661/Influencia_De_SouzaReategui_Nathaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=cuerpos%20de%20agua%20caracterizados%20por%20poseer%20una%20corriente%20unidireccional
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2024). *Guía técnica para la rehabilitación de áreas de protección en ríos y quebradas*. Oficina Nacional Forestal. <https://onfcr.org/wp-content/uploads/Guia-Tecnica-Rehabilitacion-de-Areas-de-Proteccion-Rios-y-Quebradas-SINAC.pdf>
- Schroeder, R.L. & A.W. Allan. (1992). Assessment of Habitat of Wildlife Communities on the Snake River, Jackson, Wyoming. U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- Saint-Jacques, N. & A. Richard. (1998). Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: Application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique. Québec, Canada

TABACCHI, E., PLANTY-TABACCHI, A. M., Salinas, M. J., & DÉCAMPS, H. (1996). Landscape structure and diversity in riparian plant communities: a longitudinal comparative study. *Regulated Rivers: Research & Management*, 12(4-5), 367-390.

[https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199607\)12:4/5%3C367::AID-RRR424%3E3.0.CO;2-X](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1099-1646(199607)12:4/5%3C367::AID-RRR424%3E3.0.CO;2-X)

Terrádez, M., & Juan, A. A. (2003). Análisis de la varianza (ANOVA). *Catalunya: Universidad Oberta de Catalunya*.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60309250/ANOVA20190816-82517-sn30if-libre.pdf?1565964567=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis_de_la_varianza_ANOVA_ANALISI_S_D.pdf&Expires=1749720221&Signature=UGOzMRH9gTrP8c5KLEokPqT1~Oe1TJ09C30oluXLiIw8P1K0xta~LVePbQXcKV4Y2wdehjRn1mEKSL1ohELznPwxS1NtMVAevOI-ckEDjf1L5Lp08fpynqo-MKM96cqpsDvD~wPAAa3dAJcx3SmhBtkcdITN48AzWyeDymA9dB4q9TalKMBAYmhqrQZu853rbUBWEuLe3D7h8zYdNFU~K6qXwC5VPabIGhTHQcRv4RmKpTFQLQB2Mhb6jN260T7KUvHZ7Fp1F3Dt5zHgRCfLg4Xo0ZAat98UYywfAXyqk8mFo5-v2LG3Pa9tOHQIF1BCcJIHi6uwBa7MSwN5~iig__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Universidad Nacional de Costa Rica, (2022). *Políticas de extensión*. Una.ac.cr.

<https://www.extension.una.ac.cr/index.php/m-planificacion/politicas-extension>

United Nations Development Programme (UNDP). (2009, agosto). *Strategy for civil society and civic engagement* [PDF]. UNDP.

https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/2009_UNDP_Strategy-for-Civil-Society-and-Civic-Engagement_SP.pdf

Villada, M; y Redón, E. (2024). *El poder del monitoreo participativo de la calidad del agua* [Archivo PDF].

<https://www.researchgate.net/profile/Itzel-Yolanda-Gonzalez>

[Caballero/publication/385554644](https://www.researchgate.net/publication/385554644) Valores y practicas socioculturales en la gesti on del agua Un estudio a traves de la perspectiva Infantil y el diario del ag

[ua/links/672a49ae5852dd723caaf54/Valores-y-practicas-socioculturales-en-la-gestion-del-agua-Un-estudio-a-traves-de-la-perspectiva-Infantil-y-el-diario-del-agua.pdf#page=56](https://doi.org/10.15446/ab.v28n2.178)

Walteros, J. (2023). Una revisión sobre el biomonitoreo acuático participativo en América Latina y el Caribe. *Acta Biológica Colombiana*, 28(2), 178-188.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2023000200178&script=sci_arttext

Winward, A.H. (2000). *Monitoring the Vegetation Resources in Riparian Areas*. The Author. Ogden, UT.

Ward, T.A., Tate, K.W. & E.R. Atwill. (2003). *Visual Assessment of Riparian Health*. Oakland, California.

Zalewski, M., Janauer, G. A., y Jolánkai, G. (1997). Ecohydrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources.

<https://policycommons.net/artifacts/10577581/ecohydrology/11482650/>

Zalewski, M. (2002). Ecohydrology The use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources/Ecohydrologie La prise en compte de processus écologiques et hydrologiques pour la gestion durable des ressources en eau. *Hydrological Sciences Journal*, 47(5), 823-832.

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02626660209492986?needAccess=true>

Anexos

Anexo 3.1 Presupuesto estimado

Tipo de Costo	Rubro	Cantidad	Precio unitario	Total	Observaciones
Directos	Equipo tecnológico personal	1	₡ 500 000	₡ 500 000	Computadora de trabajo
	Software QGIS	1	₡ -	₡ -	Software libre
	Paquete Office	1	₡ -	₡ -	Licencia universitaria de la UNA
	Giras de campo	15	₡ 9 980	₡ 149 700	Incluye alimentación y transporte
	Herramienta de diseño gráfico	1	₡ -	₡ -	Canva (gratuita)
	Material didáctico de giras	15	₡ 2 000	₡ 30 000	Fotocopias del índice
Indirectos	Honorarios profesionales	10	₡ 522 740	₡ 5 227 400	El Decreto N°44756-MTSS, publicado en la Gaceta 232, Alcance N°250 del 14 de diciembre de 2024. Se toma a medio tiempo.
	Servicio telefónico	10	₡ 11 600	₡ 116 000	Servicio por compañía telefónica
	Servicio internet	10	₡ 28 000	₡ 280 000	Servicio de compañía de telecomunicaciones
	Servicio de electricidad	10	₡ 15 000	₡ 150 000	Servicio de compañía eléctrica
Subtotal				₡ 6 453 100.00	
Otros	Imprevistos (5%)			₡ 322 655.00	
	Gastos administrativos (2%)			₡ 129 062.00	
	IVA (13%)				
Total				₡13 357 917.00	

Anexo 3.2 Cronograma de Actividades del Proyecto

Proyecto: “Protocolo para la evaluación de áreas ribereñas de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Choroteга (OCAs-Choroteга), Costa Rica” Autor: Cristel María Pérez Vallejos																																																	
Actividades / Mes- Semana		Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Outline	PLAN DE REDACCIÓN																																																
	Parte 1. Introducción																																																
	Información Preliminar																																																
	Capítulo 1. Introducción																																																
	Introducción a la Problemática																																																
	Justificación																																																
	Objetivos (1 general y 3 específicos)																																																
	Pregunta de investigación																																																
	Revistas Objetivo																																																
	Alcances y Limitaciones																																																
	Parte 2. Revisión de Literatura																																																
	Capítulo 2. Revisión de Literatura																																																
	Parte 3. Diseño Metodológico																																																
	Capítulo 3. Diseño Metodológico																																																
Parte 4. Resultados y Discusión																																																	
Capítulo 4. Resultados y Discusión																																																	
Parte 5. Conclusiones y Recomendaciones																																																	
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones																																																	
Parte 6. Bibliografía																																																	
Capítulo 6. Referencias Bibliográficas																																																	
Presentación																																																	
Presentación del anteproyecto																																																	
Presentación final del TFG																																																	
EDT	ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN																																																
	Revisión de literatura																																																
	Coordinación con stakeholders																																																
	Entrevistas																																																
	Giras a campo																																																
	Recolección de datos																																																
Analisis de datos																																																	
Consulta a expertos																																																	

Anexo 4.1. Síntesis de índices de la calidad de las riberas

Índices de Calidad de riberas utilizados en el mundo								
Índice	Referencia	País	Breve descripción	Atributos Evaluados	Enfoque: eco-hidromorfológico o ecológico	Método de evaluación de atributo	Aritmética del Indicador	Observación
Integrated Riparian Evaluation Guide	(Forest Service, 1992)	EEUU	Define estratos vegetales. Clasifica y evalúa áreas ribereñas basadas en hábitat acuático, suelos, hidrología, geomorfología, vegetación, hábitat terrestre y recursos de hábitat para la comunidad acuática.	áreas ribereñas basadas en hábitat acuático, suelos, hidrología, geomorfología, vegetación, hábitat terrestre y recursos de hábitat acuático	Eco-hidromorfológico	Evaluación de campo basada en la observación directa.	Combinación de puntajes de múltiples atributos.	Indicador utilizado para áreas protegidas, por lo que se necesita mucho conocimiento técnico, por lo tanto, no es factible a aplicar

<p>Habitat Suitability Index (HSI)</p>	<p>(Schroeder & Allen, 1992)</p>	<p>EEUU</p>	<p>Refleja la capacidad potencial de los hábitats ribereños para la vida silvestre, basados en tres parámetros relacionados con el tipo de cobertura vegetal, la complejidad de la llanura inundable y la perturbación antrópica.</p>	<p>cobertura vegetal, complejidad de la llanura inundable y la perturbación antrópica.</p>	<p>Eco-hidromorfológico</p>	<p>Evaluación de la vegetación y perturbaciones mediante un puntaje de calidad.</p>	<p>Índice cuantitativo basado en la adecuación del hábitat.</p>	<p>Factible</p>
<p>Riparian Evaluation Site Assessment (RESA)</p>	<p>(Fry et al., 1994)</p>	<p>EEUU</p>	<p>Se basa en el estudio de las funciones, servicios y beneficios. Provee información que permite ofrecer recomendaciones sobre el</p>	<p>Funciones ecológicas, ancho del área ribereña, servicios ecosistémicos.</p>	<p>Ecológicos</p>	<p>Observación de campo y análisis cuantitativo de servicios ecosistémicos</p>	<p>Rangos para atributos claves</p>	<p>Factible, recomendado para la conservación de ecosistemas ribereños</p>





			ancho del área riparia que se debe conservar para actuar como buffer.					
Butterfly Riparian Quality (BRQ)	(Nelson & Andersen, 1994)	EEUU	Determina la condición ribereña basada en la riqueza de las especies de mariposas y en la susceptibilidad a perturbaciones de cada taxa.	Riqueza de especies de mariposas, susceptibilidad a perturbaciones.	Ecológicos	Muestreo de especies de mariposas y análisis de perturbaciones	Índice basado en la riqueza y perturbaciones de especies	No factible
Índices de Calidad de riberas utilizados en el mundo								
Índice	Referencia	País	Breve descripción	Atributos Evaluados	Enfoque: eco-hidromorfológico o ecológico	Método de evaluación de atributo	Aritmética del Indicador	Observación
Riparian vegetation index (RVI)	(Aguiar et al., 2011)	Portugal	Se basa en la comparación de la	Composición y cobertura vegetal,	Ecológicos	Evaluación comparati	Promedio ponderado de	No factible. Ideal para comparación de áreas perturbadas y no perturbadas.

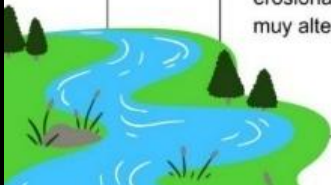
			composición, cobertura, atributos de especies y patrones espaciales de la vegetación ribereña, respecto de una zona ribereña en estado casi natural.	patrones espaciales, atributos de especies.		va con vegetación de referencia.	diferentes atributos	
Indice de la Qualité de la Bande Riveraine (IQBR)	(Saint-Jacques & Richard, 1998)	Canadá	Evalúa la condición de la zona ribereña en base a nueve componentes relacionados con el uso de la tierra y la geología.	Uso de la tierra, geología, vegetación, perturbaciones.	Eco-hidromorfológico	Evaluación visual y análisis de componentes geológicos y de uso de la tierra.	Cálculo cuantitativo o por componentes	No factible
Australian River Assessment System (AusRivAS)	(Parsons et al., 2002; Parsons et al., 2004)	Australia	Este protocolo tiene dos módulos: la evaluación biológica de los	Evaluación biológica de macroinvertebrados y evaluación física de	Eco-hidromorfológico	Muestreo de campo y análisis de laboratorio para	índice combinado de evaluación biológica y física	No factible. Se usa tanto en Australia como en otros países de Oceanía.

			macroinvertebrados que habitan el río y la evaluación física de los aspectos geomórficos, físicos y químicos.	aspectos geomórficos, físicos y químicos.		aspectos biológicos y físicos.		
Rapid Appraisal of Riparian Condition (RARC)	(Jansen et al., 2007)	Australia	Determina la condición ecológica de los ecosistemas ribereños a partir de las características físicas, de la comunidad vegetal y del paisaje de la zona ribereña (conectividad y extensión del hábitat ribereño cobertura vegetal, complejidad estructural,	Características físicas, vegetación ribereña, conectividad, complejidad estructural, dominancia de especies nativas/exóticas.	Eco-hidromorfológico	Evaluación rápida de las características físicas y vegetación de las riberas	índice de calidad ponderado	Factible

			dominancia de especies nativas versus exóticas, árboles muertos en pie, troncos caídos y hojarasca).					
--	--	--	---	--	--	--	--	--





Anexo 4.2 Atributo de la condición de las orillas del río

Índice de calidad de riberas OCAs Chorotega			
1. Condiciones de la orilla del Río			
Descripción: Este ítem evalúa la estabilidad y conservación de las orillas, tal como la erosión, estabilidad física y si las orillas están alteradas por actividades humanas.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Orillas completamente estables y sin alteraciones		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Orillas moderadamente estables, con ligeras alteraciones		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Orillas con erosión visible o moderada		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Orillas altamente erosionadas o muy alteradas		5 (1-5)
			Observado -----







Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4.3 Atributo de cobertura vegetal (densidad y diversidad)

2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)			
Descripción: Este ítem evalúa la cantidad de estrato de vegetación en la zona ribereña, un indicativo clave de la salud ecológica.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Presenta alta densidad y estrato de vegetación nativa		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Presenta estratos de vegetación moderada		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Presenta estratos de vegetación escasa, con predominio de especies exóticas		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Presenta estratos de vegetación ausente o muy degradada		5 (1-5)
			Observado -----

Fuente: Elaboración propia





Anexo 4.4 *Atributo de alteraciones del cauce*

3. Alteraciones del cauce			
Descripción: Evalúa alteraciones causadas por la acción humana y la modificación en la morfología y estructura natural de cauce, incluyendo la presencia de estructuras artificiales, si ha sido dragado, si se han construido diques o muros, si se ha desviado o canalizado el agua.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin alteraciones del cauce. El cauce mantiene su morfología natural, sin intervenciones humanas		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Alteraciones mínimas (presencia de pequeñas estructuras artificiales o cambios menores en el cauce)		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Alteraciones moderadas (modificaciones en la morfología natural, estructuras medianas o episodios de dragado moderado)		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Alteraciones graves (dragado frecuente, construcción de diques grandes, desviaciones notables del flujo):		5 (1-5)
			Observado -----








Fuente: Elaboración propia


Anexo 4.5 Atributo de la claridad del agua

4. Claridad del agua			
<p>Descripción: Este indicador evalúa la transparencia del agua en el río, lo que puede reflejar el nivel de sedimentos, la presencia de contaminantes y la salud del ecosistema acuático. Aguas claras suelen estar asociadas con ecosistemas saludables y bien equilibrados.</p>			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Agua completamente clara y transparente. El agua es cristalina, sin presencia visible de sedimentos o turbidez		20 (16-20)
			Observado
Bueno	Agua ligeramente turbia. Leve turbidez o presencia de sedimentos en suspensión, pero en niveles bajos. La calidad del agua sigue siendo aceptable para la mayoría de las especies acuáticas.		15 (11-15)
			Observado
Regular	Agua moderadamente turbia. La turbidez es evidente, con niveles de sedimentos o materia orgánica en suspensión que comienzan a afectar la calidad del hábitat acuático. Puede haber indicios de contaminación moderada.		10 (6-10)
			Observado
Malo	Agua muy turbia o con coloración anormal. El agua presenta alta turbidez, con grandes cantidades de sedimentos, residuos o una coloración que indica una fuerte alteración por contaminación. La salud del ecosistema acuático está gravemente comprometida		5 (1-5)
			Observado

Fuente: Elaboración propia






Anexo 4.6 Atributo de la contaminación por residuos sólidos


 5. Contaminación por residuos sólidos			
Descripción: Este indicador evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos y/o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, todo tipo de basura dispuestos en el cauce del río.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin presencia de contaminación. No se observa la presencia de residuos sólidos.		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Contaminación mínima. Se detecta una cantidad muy reducida de residuos sólidos, con un impacto ambiental muy bajo.		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Contaminación moderada. Presencia de basura, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema.		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Contaminación alta. Abundante presencia de basura, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema		5 (1-5)
			Observado -----



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4.7 Atributo de la contaminación por aguas residuales

 6. Contaminación por aguas residuales			
Descripción: Este indicador evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos y/o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, todo tipo de basura dispuestos en el cauce del río.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin presencia de contaminación. No se observa la presencia de vertidos de aguas residuales		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Contaminación mínima. Se detecta una cantidad muy reducida de aguas residuales, con un impacto ambiental muy bajo.		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Contaminación moderada. Presencia de vertidos de aguas residuales, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema.		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Contaminación alta. Abundante presencia de vertidos de aguas residuales, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema		5 (1-5)
			Observado -----



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4.8 *Evaluación del índice RQI*

VALOR RQI	Estado de la ribera	Condición Ecológica	Estrategias de Gestión
120 - 100	Muy bueno	Los atributos de las riberas no presentan amenazas en su funcionamiento, encontrándose en un estado de elevada naturalidad (máximo 3 atributos con una puntuación inferior al óptimo, correspondiente al estado "bueno")	Gran interés de conservación para mantener el estado actual y prevenir la alteración de las funciones riparias
99 - 80	Bueno	Al menos dos o tres atributos de las riberas están amenazados en su funcionamiento (máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "regular")	Interés de protección para prevenir la alteración y mejorar la integridad de las funciones riparias
79-60	Regular	Al menos dos o tres atributos de las riberas están degradados en su funcionamiento y el resto tiene amenazas de degradación (máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "malo").	Necesidad de restauración para asegurar la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas
59-40	Pobre	Más de tres atributos de las riberas están seriamente alterados en su funcionamiento y el resto también se encuentra degradado	Necesidad de rehabilitación y restauración para recuperar la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas
39-10	Muy pobre	Más de tres atributos de las riberas están muy degradados en su funcionamiento y el resto está también degradado	Necesidad de rehabilitación y restauración para reintroducir la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas o mejorar su situación actual respecto a su estado de máximo potencial.

Anexo 4.9 Propuesta de borrador de artículo científico para ser sometido a la revista *Uniciencia de la Universidad Nacional, Costa Rica*



Índice de calidad de áreas ribereñas adaptado a procesos de ciencia ciudadana para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega, Costa Rica

Riparian Area Quality Index Adapted to Citizen Science Processes for the Water Citizen Observatories of the Chorotega Region, Costa Rica

Índice de Qualidade de Áreas Ribeirinhas Adaptado a Processos de Ciência Cidadã para os Observatórios Cidadãos de Água da Região Chorotega, Costa Rica

Cristel María Pérez Vallejos^{1*}, Cristhian Golcher Benavides², Ada Luz Jorquera García³,
Michael Arroyo Zeledón⁴

* Corresponding author

Cristel María Pérez Vallejos, perezcristel685@gmail.com.

Resumen

[Objetivo] Desarrollar y validar un índice de calidad de áreas ribereñas adaptado a procesos de ciencia ciudadana para fortalecer la toma de decisiones de los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) en la Región Chorotega, Costa Rica. **[Metodología]** Se realizó una revisión bibliográfica global de índices de calidad de riberas (1990-2024), identificando atributos eco-hidromorfológicos aplicables. Se diseñó un índice con seis atributos evaluados mediante observación visual: condición de las orillas, cobertura vegetal, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales. El índice fue aplicado en cuatro microcuencas (Río Las Palmas, Río Chimpancé, Quebrada La Cabra, Río Liberia) por miembros de los OCAs, con validación estadística mediante análisis descriptivo por atributos y resultados del índice. **[Resultados]** Los resultados mostraron variabilidad en la calidad de las riberas, con promedios de 76 (calidad buena) en Río Las Palmas, 60 en Río Chimpancé, 51 en Quebrada La Cabra y 49 en Río Liberia (calidad regular). Los atributos con mayores deficiencias fueron claridad del agua y contaminación por residuos sólidos. La validación estadística confirmó consistencia en atributos como cobertura vegetal, mientras que otros mostraron mayor dispersión. **[Conclusiones]** Se concluye que el índice desarrollado es una herramienta confiable, eficiente y accesible para la evaluación participativa de riberas, permitiendo la generación de datos útiles para la conservación y restauración de ecosistemas ribereños en contextos de ciencia ciudadana.

Christian Golcher Benavides, christian.golcher.benavides@una.ac.cr.

Ada Luz Jorquera García, ada.jorquera.garcia@una.ac.cr.

Michael Arroyo Zeledón, michael.arroyo.zeledon@una.ac.cr.

1 Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica, Universidad Nacional, Costa Rica.

2 Doctorado en ciencias del agua, Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA), Costa Rica

3 Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega, Costa Rica.

Palabras clave: Calidad de riberas; Ciencia ciudadana; Eco-hidromorfología; Gestión del agua; Participación comunitaria; Observatorios Ciudadanos del Agua; Costa Rica.

Abstract

[Objective] To develop and validate a riparian quality index adapted for citizen science processes to strengthen decision-making by Citizen Water Observatories (OCAs) in the Chorotega Region, Costa Rica. **[Methodology]** A global literature review of riparian quality indices (1990-2024) was conducted, identifying applicable ecohydromorphological attributes. An index with six attributes evaluated through visual observation was designed: riverbank condition, vegetation cover, channel alterations, water clarity, solid waste pollution, and wastewater pollution. The index was applied in four micro-watersheds (Río Las Palmas, Río Chipance, Quebrada La Cabra, Río Liberia) by OCA members, with statistical validation using descriptive analysis and variance analysis (ANOVA). **[Results]** Results showed variability in riparian quality, with averages of 75.8 (good quality) in Río Las Palmas, 60.3 in Río Chimpancé, 51.7 in Quebrada La Cabra, and 49 in Río Liberia (regular quality). The attributes with the greatest deficiencies were water clarity and solid waste pollution. Statistical validation confirmed consistency in attributes such as vegetation cover, while others showed greater dispersion. **[Conclusions]** The developed index is a reliable and accessible tool for participatory riparian assessment, enabling the generation of useful data for the conservation and restoration of riparian ecosystems in citizen science contexts.

Keywords: Riparian quality; Citizen science; Ecohydromorphology; Water management; Community participation; Citizen Water Observatories; Costa Rica.

Resumo

[Objetivo] Desenvolver e validar um índice de qualidade ribeirinha adaptado para processos de ciência cidadã, para fortalecer a tomada de decisão dos Observatórios Cidadãos de Água (OCAs) na Região Chorotega, Costa Rica. **[Metodologia]** Foi realizada uma revisão bibliográfica global de índices de qualidade ribeirinha (1990-2024), identificando atributos eco-hidromorfológicos aplicáveis. Foi desenhado um índice com seis atributos avaliados por meio de observação visual: condição das margens, cobertura vegetal, alterações do canal, claridade da água, poluição por resíduos sólidos e poluição por águas residuais. O índice foi aplicado em quatro micro-bacias hidrográficas (Río Las Palmas, Río Chipance, Quebrada La Cabra, Río Liberia) por membros dos OCAs, com validação estatística utilizando análise descritiva e análise de variância (ANOVA). **[Resultados]** Os resultados mostraram variabilidade na qualidade ribeirinha, com médias de 75,8 (qualidade boa) no Río Las Palmas, 60,3 no Río Chipance, 51,7 na Quebrada La Cabra e 49 no Río Liberia (qualidade regular). Os atributos com as maiores deficiências foram a claridade da água e a poluição por resíduos sólidos. A validação estatística confirmou consistência em atributos como a cobertura vegetal, enquanto outros mostraram maior dispersão. **[Conclusões]** O índice desenvolvido é uma ferramenta confiável e acessível para a avaliação ribeirinha participativa, permitindo a geração de dados úteis para a conservação e restauração de ecossistemas ribeirinhos em contextos de ciência cidadã.

Palavras-chave: Qualidade ribeirinha; Ciência cidadã; Eco-hidromorfologia; Gestão da água; Participação comunitária; Observatórios Cidadãos de Água; Costa Rica

Introducción

Las áreas ribereñas constituyen ecosistemas de transición fundamentales entre los sistemas terrestres y acuáticos, desempeñando un papel crucial en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para el equilibrio ambiental y el bienestar humano. Estas zonas funcionan como corredores biológicos, reguladores hidrológicos y filtros naturales que contribuyen a la mejora de la calidad del agua, al tiempo que proporcionan hábitat para numerosas especies de flora y fauna (Naiman et al., 2010). En Costa Rica, la importancia de estos ecosistemas ha sido reconocida mediante la Ley Forestal No. 7575, que establece franjas de protección obligatorias a lo largo de ríos, quebradas y nacientes, con el objetivo principal de conservar los cuerpos de agua, prevenir la erosión de suelos y proteger la biodiversidad asociada a estos ambientes (MINAE, 2022).

Sin embargo, el acelerado crecimiento urbano no planificado, acompañado de actividades productivas extensivas, ha generado una presión significativa sobre estos valiosos ecosistemas, resultando en su progresiva degradación. Esta situación se ve agravada por la falta de información sistematizada sobre el estado de conservación de la mayoría de estas áreas, lo que dificulta la implementación de medidas efectivas de gestión y protección (SINAC, 2024). La Región Chorotega, caracterizada por su diversidad de ecosistemas y su importancia hídrica para el desarrollo regional, presenta casos emblemáticos de esta problemática, donde la convivencia entre los sistemas naturales y las actividades humanas requiere de enfoques innovadores de manejo.

En este contexto, la participación ciudadana en la gestión de los recursos hídricos ha emergido como un enfoque prometedor para complementar los esfuerzos institucionales y promover la corresponsabilidad ambiental. Los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) representan iniciativas comunitarias que buscan involucrar activamente a la población en el

monitoreo y protección de los cuerpos de agua, bajo los principios de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica (2023). No obstante, la efectividad de estos procesos participativos se ve frecuentemente limitada por la carencia de herramientas metodológicas adaptadas y accesibles que permitan generar datos confiables para la toma de decisiones.

La ciencia ciudadana, entendida como la participación del público no especializado en actividades de investigación científica, ofrece un marco conceptual y metodológico apropiado para abordar este desafío (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016). La integración de saberes locales con enfoques científicos puede potenciar significativamente las capacidades de monitoreo y gestión ambiental, particularmente en regiones donde los recursos institucionales son limitados. Sin embargo, la aplicación exitosa de estos enfoques requiere del desarrollo de instrumentos específicamente diseñados para su uso por parte de actores no especializados, manteniendo al mismo tiempo el rigor científico necesario para generar información confiable.

Este estudio surge como respuesta a esta necesidad, con el objetivo principal de desarrollar y validar un índice de calidad de riberas adaptado a procesos de ciencia ciudadana, que permita a los OCAs de la Región Chorotega evaluar de manera sistemática el estado de las áreas ribereñas y apoyar procesos de toma de decisiones informados para su conservación y restauración. La investigación se enmarca en el proyecto de extensión universitaria 0104-22 "Fortalecimiento de capacidades de los Observatorio Ciudadanos del Agua como mecanismo de empoderamiento ciudadano para la recuperación de los ríos interurbanos", coordinado por el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA) y el programa Cambios de la Escuela de Planificación y Promoción Social de la Universidad Nacional de Costa Rica.

El desarrollo de este índice adaptado representa una contribución significativa tanto



para la gestión de los recursos hídricos en la región como para el fortalecimiento de la ciencia ciudadana en contextos tropicales, al proveer una herramienta técnicamente sólida pero metodológicamente accesible para la evaluación participativa de ecosistemas ribereños.

Marco teórico

La evaluación integral de ecosistemas ribereños requiere la comprensión de los principios fundamentales de la ecohidromorfología, disciplina que integra conceptos de ecología, hidrología y geomorfología fluvial. Según Martínez y Villalejos (2019), la ecohidrología estudia las interacciones entre los procesos hidrológicos y los ecosistemas acuáticos y terrestres, reconociendo que la dinámica del agua influye directamente en la estructura y función de los ecosistemas. Esta perspectiva fue desarrollada en el marco del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO y promueve la regulación dual donde los procesos hidrológicos regulan los ecosistemas y, simultáneamente, la manipulación de los ecosistemas puede regular los procesos hidrológicos (Zalewski, 2002).

Complementariamente, la morfología fluvial se enfoca en el estudio de la forma, estructura y dinámica de cauces y riberas, incluyendo procesos de erosión, transporte y deposición de sedimentos que determinan la configuración y evolución de los ríos (Leopold et al., 1964; Knighton, 1998). La integración de estos enfoques en la ecohidromorfología permite analizar cómo la estructura física del cauce y la dinámica del flujo influyen directamente en la distribución y diversidad de la biota, así como en la calidad ecológica de los sistemas acuáticos (Hernández y Obregón, 2018).

Caracterización de cuerpos lóticos y sus zonas ribereñas

Los cuerpos lóticos, caracterizados por el flujo continuo de agua como ríos y arroyos, presentan alta heterogeneidad espacial y temporal determinada por la velocidad del flujo, morfología del cauce y conectividad con el entorno terrestre (Souza y Aguilar, 2022). Las áreas ribereñas, definidas como zonas adyacentes a estos cuerpos de agua, funcionan como ecotonos de transición entre sistemas acuáticos y terrestres, reconocidas por su alta biodiversidad y por los servicios ecosistémicos que proveen (Escalona et al., 2021).

En Costa Rica, la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-2040 define legalmente estas áreas como franjas horizontales de 15 metros en zona rural y 10 metros en zona urbana a ambos lados de las riberas, o de 50 metros en terrenos quebrados, incluyendo zonas que bordean nacientes permanentes en un radio de 100 metros (MINAE, 2020). Estas áreas actúan como filtros naturales que retienen sedimentos y contaminantes, estabilizan suelos y regulan el caudal de los cuerpos de agua, contribuyendo significativamente a la calidad y cantidad del recurso hídrico (Rodríguez, 2020).

Enfoques metodológicos para la evaluación de riberas

Existen numerosas metodologías para la evaluación de riberas, basadas predominantemente en técnicas de reconocimiento visual que las hacen apropiadas para estudios que abarcan grandes longitudes de ribera fluvial (Winward, 2000; Bjorkland et al., 2001). Entre los índices más reconocidos a nivel internacional se encuentra el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) desarrollado en España por Munné et al. (2003), que evalúa cuatro aspectos fundamentales: extensión de la vegetación ribereña, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del lecho del río.



El Riparian Quality Index (RQI), diseñado siguiendo los principios de la Directiva Marco del Agua europea, constituye otra referencia importante para la valoración de riberas fluviales (González del Tánago & García de Jalón, 2011). Este índice se basa en la premisa de que las condiciones óptimas o de mayor valor ecológico se refieren a las de mayor naturalidad, o similitud con las condiciones de referencia. En América del Norte, el Habitat Suitability Index (HSI) evalúa la capacidad potencial de los hábitats ribereños para la vida silvestre, basándose en parámetros relacionados con el tipo de cobertura vegetal, complejidad de la llanura inundable y perturbación antrópica (Schroeder y Allen, 1992).

Ciencia ciudadana en monitoreo ambiental

La ciencia ciudadana representa un paradigma emergente en la investigación ambiental, definido como un enfoque de investigación científica que involucra la participación de ciudadanos no especializados (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016). En el contexto del monitoreo participativo del agua, este enfoque permite la integración de datos basados en conocimientos tradicionales con indicadores científicos, fortaleciendo la organización comunitaria y promoviendo la justicia ambiental (Villada y Rendón, 2024).

Los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) en Costa Rica se construyen bajo el marco de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas, constituyendo espacios de encuentro donde ciudadanos voluntariamente se unen para realizar acciones concretas frente a los desafíos de la gestión del agua y la protección de los cuerpos de agua en sus comunidades (Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica, 2023). Estos colectivos actúan de manera voluntaria, solidaria y comprometida en la vigilancia y monitoreo permanente de las fuentes hídricas.

Metodología

Tipo de investigación

Se adoptó un enfoque de investigación mixto, con componentes cuantitativos y cualitativos, desde un paradigma pragmático.

Enfoque

El estudio combinó la revisión bibliográfica sistemática con la aplicación de campo y validación estadística del índice propuesto.

Población y área de estudio

El estudio se realizó en la Región Chorotega, noroeste de Costa Rica, en cuatro microcuencas: Río Las Palmas (Carrillo), Río Chipance (Nicoya), Quebrada La Cabra (Tilarán) y Río Liberia (Liberia). Participaron miembros de los OCAs de cada microcuenca, con un total de 16 grupos de observación.

Instrumentos y protocolo de recolección de datos

Se diseñó un índice de calidad de riberas basado en seis atributos evaluados mediante observación visual, con una escala de 1 a 20 por atributo:

1. Condición de las orillas del río (anexo 1).
2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural) (anexo 2).
3. Alteraciones del cauce (anexo 3).
4. Claridad del agua (anexo 4).
5. Contaminación por residuos sólidos (anexo 5).
6. Contaminación por aguas residuales (anexo 6).

La suma de los puntajes clasifica la calidad en: óptima (91-120), buena (61-90), regular (31-60) o mala (6-30).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo (promedio, desviación estándar, cuartiles) para evaluar la consistencia y variabilidad de los puntajes entre grupos de observación.



Fechas de recolección de datos
Las evaluaciones se realizaron entre noviembre de 2024 y mayo de 2025.

Análisis y resultados

Revisión

Se identificaron 27 índices globales, predominando en América del Norte (30 %) y Europa (22 %). Solo nueve fueron considerados factibles para ciencia ciudadana, priorizando aquellos con métodos visuales y cualitativos.

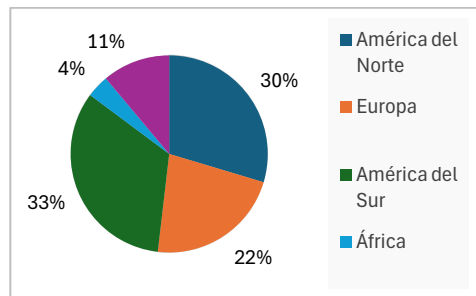


Figura 1. *Aplicación de Índices de calidad de riberas.*

Fuente: Elaboración propia de la investigación.

Propuesta de un nuevo índice de valoración de áreas ribereñas adaptado OCAs Chorotega.

El índice de la calidad de riberas propuesto se evalúa por medio de la sumatoria de puntajes de los seis atributos (condiciones de la orilla del río, alteraciones del cauce, claridad del agua, contaminación por residuos sólidos y contaminación por aguas residuales). El estado óptimo (16-20), bueno (11-15), regular (6-10) y malo (1-5) en la herramienta se registra el dato de la evaluación y se realiza una sumatoria de cada puntaje de indicador (anexo 1). Cada uno de estos atributos fue calificado de 1-20 en seis

categorías: óptimo (76-120), bueno (51-75), regular (21-50) y malo (1-20). Posterior a ello se verifica el rango al cual pertenece la sumatoria total, para obtener el resultado de la calidad de las riberas (Tabla 1) (calidad óptima de las riberas, calidad buena de las riberas, calidad regular de las riberas y calidad mala de las riberas a la que se le asocia además una recomendación de gestión).

Tabla 1. *Puntaje de índices para la valoración de la calidad de las riberas*

Puntaje de Índice	Estado de las riberas	Recomendación de Gestión
76-120	Calidad óptima de riberas	Conservación: Zonas que se encuentran en su estado natural
51-75	Calidad buena de riberas	Conservación: Zonas que se encuentran con muy ligera alteración humana
21-50	Calidad regular de riberas	Restauración/Recuperación: Zonas que requieren acciones correctivas menores
1-20	Calidad mala de riberas	Restauración/Recuperación: Zonas que requieren acciones correctivas mayores

Fuente: Elaboración propia de la investigación.

Caracterización de los sitios de estudio

El análisis de los cuatro sitios de estudio reveló condiciones ambientales distintivas en cada microcuenca. En el Río Las Palmas se identificó una cobertura vegetal ribereña



conservada en el 68% de los tramos evaluados, mientras que el Río Liberia presentó los mayores índices de intervención antrópica, con un 42% de sus riberas clasificadas como alteradas. La Quebrada La Cabra mostró características intermedias, con predominio de actividades ganaderas en las zonas aledañas, y el Río Chipance evidenció procesos erosivos activos en el 35% de los puntos de observación.

Aplicación del índice en campo

Los resultados mostraron variabilidad en la calidad de las riberas (Tabla 2):

Tabla 2. Resultados promedios de la aplicación del índice de calidad de riberas en cuatro microcuencas de la Región Chorotega

Microcuenca	Puntaje promedio	Clasificación
Río las Palmas	77	Buena
Río Chipance	60	Regular
Quebrada La Cabra	61	Buena
Río Liberia	49	Regular

Nota: Fuente propia de la investigación.

Los atributos con mayores deficiencias fueron claridad del agua y contaminación por residuos sólidos.

Validación estadística

Resultados por microcuenca

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del índice adaptado mostraron una variabilidad significativa entre las microcuencas evaluadas (Tabla 2):

Tabla 2. Resultados estadísticos del índice de calidad de riberas por microcuenca

Microcuenca	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Río las Palmas	±6	8%
Río Chipance	±9	14%
Quebrada La Cabra	±8	15%
Río Liberia	±9	19%

Nota: Fuente propia de la investigación.

Río Las Palmas (Carrillo)

El análisis integral del Río Las Palmas reveló la condición ambiental más favorable entre las microcuencas estudiadas, con un puntaje promedio de 76 que lo ubica en la categoría de "Buena Calidad". Sin embargo, este resultado general oculta variaciones significativas entre atributos específico. El análisis espacial mostró que el sector superior de la microcuenca mantiene condiciones cercanas al estado de referencia (puntajes 85-94), mientras que el tramo inferior, influenciado por actividades agrícolas, presenta deterioro significativo (puntajes 58-67). La cobertura vegetal se mantuvo como el atributo mejor conservado, con presencia de bosque ribereño continuo en el 68% de los tramos evaluados.

Río Chipance (Nicoya)

Con un puntaje promedio de 60, el Río Chipance se ubicó en el límite superior de la categoría "Regular", mostrando una marcada heterogeneidad espacial. Se identificaron tres sectores claramente diferenciados: el tramo alto (puntajes 72-75) con moderada intervención, el tramo medio (45-52) afectado por extracción de materiales, y el tramo bajo (58-63) con procesos de recuperación natural. Las alteraciones del cauce constituyeron el principal factor de deterioro, con evidencia de canalizaciones y dragados no autorizados.



Quebrada La Cabra (Tilarán)

Esta microcuenca presentó los mayores desafíos de conservación, con un puntaje promedio de 52, que refleja presiones antrópicas significativas. La cobertura vegetal mostró los valores más críticos, con predominio de pastizales hasta el borde del cauce en el 85% de los puntos evaluados. La contaminación por aguas residuales representó el principal problema de calidad del agua, asociado a sistemas de saneamiento inadecuados en comunidades aledañas.

Río Liberia (Liberia)

Con un puntaje promedio de 49, el Río Liberia evidenció la mayor presión antrópica entre las microcuencas estudiadas: El análisis longitudinal reveló un gradiente de deterioro desde la zona periurbana (puntajes 55-58) hacia el área urbana consolidada (38-42), donde se concentran los mayores impactos por densificación y falta de planificación territorial.

El índice total distinguió claramente las condiciones ribereñas entre los sitios. Las Palmas presentó los valores más altos y mayor variabilidad; Chipance mostró un comportamiento intermedio y disperso; La Cabra se ubicó en valores moderados y estables; y Liberia obtuvo los puntajes más bajos con mínima variación. En conjunto, el índice demostró buena capacidad discriminativa, apoyada por atributos sensibles que diferencian sitios y atributos estables que fortalecen su consistencia.

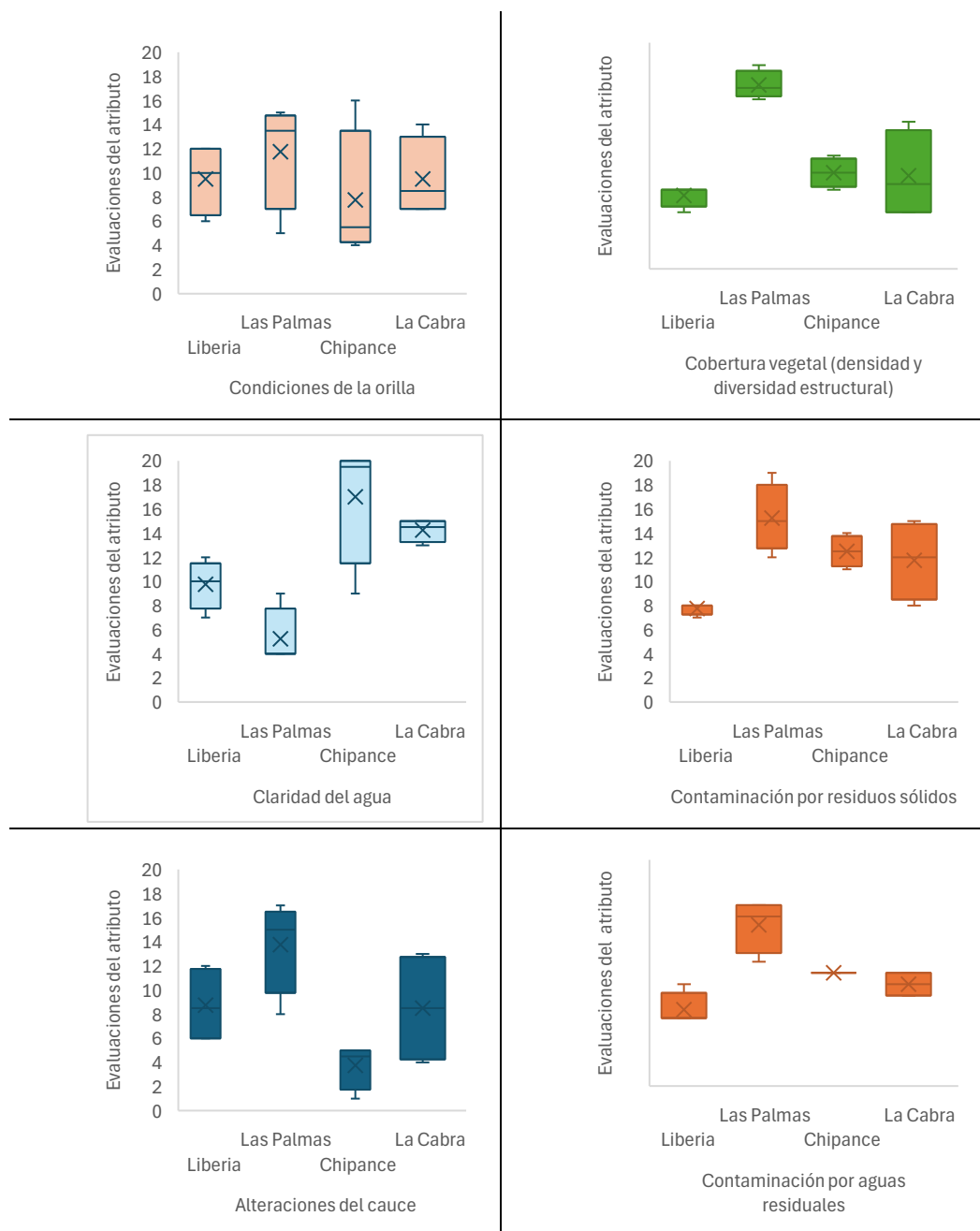


Figura 3. Resultados del comportamiento global del índice.

Fuente: Elaboración propia de la investigación.



Discusión

El índice desarrollado demostró ser una herramienta viable para la evaluación participativa de riberas. La consistencia en la mayoría de los atributos valida su confiabilidad, aunque la variabilidad en algunos refleja diferencias en la percepción de los participantes, común en procesos de ciencia ciudadana (Villada & Rendón, 2024).

La identificación de problemas críticos, como erosión y contaminación, subraya la urgencia de acciones de restauración. La herramienta permite priorizar intervenciones y fortalecer la gobernanza local del agua, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 (Agua limpia y saneamiento) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

Conclusiones y recomendaciones

El índice de calidad de riberas adaptado para OCAs-Chorotega es una herramienta accesible y confiable que facilita la generación de datos ambientales útiles para la gestión participativa del recurso hídrico.

Su implementación promueve el empoderamiento comunitario y la conservación de ecosistemas ribereños.

Se recomienda su aplicación continua, replicación en otras regiones del país y fortalecimiento de capacidades mediante talleres periódicos.

Financiamiento

Universidad Nacional, Costa Rica. Proyecto de Extensión 0104-22.

Agradecimiento

A los miembros de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región

Chorotega por su participación activa en este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

Declaración de la contribución de los autores.

Conclusiones

El índice de calidad de riberas adaptado para OCAs-Chorotega es una herramienta accesible y confiable que facilita la generación de datos ambientales útiles para la gestión participativa del recurso hídrico. Su implementación promueve el empoderamiento comunitario y la conservación de ecosistemas ribereños. Se recomienda su aplicación continua y replicación en otras regiones del país.

Bibliografía

Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. (2023). Observatorios Ciudadanos del Agua. <https://alianzarioscostarica.org/>

Arias, F. (2023). El paradigma pragmático como fundamento epistemológico de la investigación mixta. Revisión sistematizada. Educación, Arte, Comunicación: Revista Académica E Investigativa, 12(2), 11–24. <https://doi.org/10.54753/eac.v12i2.2020>

Bjorkland, R., Pringle, C. M., & Newton, B. (2001). A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. Environmental Monitoring and Assessment, 68(2), 99–125. <https://doi.org/10.1023/A:1010743124570>

Cabo, J., Martínez, A., & García, L. (2020). Servicios ecosistémicos de las zonas ribereñas en paisajes tropicales. Revista de Biología Tropical, 68(2), 545–560. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39875>

Cruz Sánchez, L. E., y Gómez Rodríguez, A. M. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. Revista Cubana de Educación Médica Superior, 30(1), 115–



125. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021

Delgado, K., Gadea, W., & Vera, S. (2018). Rompiendo barreras de la investigación. Editorial UTMACH.

Denchack, M. (2015). Riparian zone degradation and its impact on water quality in urban streams. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8973-8981. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01212>

Escalona-Domenech, R. Y., Infante-Mata, D., García-Alfaro, J. R., Ramírez-Marcial, N., Ortiz-Arrona, C. I., & Barba-Macías, E. (2021). Calidad de las riberas en tres tipos de cobertura vegetal en un río de la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92, 1-15. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3587>

Espinoza, J., & Blanco, M. (2020). Ciencia ciudadana y monitoreo participativo de ecosistemas acuáticos. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 11(2), 45-58. <https://doi.org/10.54241/relac.2020.112.45>

González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (2011). Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30(2), 235-254. <https://doi.org/10.23818/limn.30.18>

González del Tánago, M., García de Jalón, D., & DIRECTIVE, W. F. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*, 143, 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.ingcivil.2006.05.003>

Hernández, B., & Obregón, N. (2018). Elementos conceptuales y desarrollo metodológico del modelamiento componente 2 gestión de la salud de los ecosistemas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von

Humboldt. https://natura.org.co/wp-content/uploads/2021/04/20180530_ConsMetoModelación.pdf

Kristensen, P. (2004). The DPSIR Framework. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/tech40e>

Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). Fluvial processes in geomorphology. W.H. Freeman.

Martínez Valdes, Y., & Villalejo García, V. M. (2019). Ecohidrología-Ecohidráulica: claves para la gestión integrada de los recursos hídricos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(2), 95-109. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000200095&script=sci_arttext

MINAE. (2020). Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040. Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. <https://www.minae.go.cr/>

MINAE. (2022). Política Nacional de Áreas de Protección. Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. <https://www.minae.go.cr/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2016). Ciencia ciudadana: Estrategia española de ciencia y tecnología. Gobierno de España. <https://www.ciencia.gob.es/>

Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2), 147-163. <https://doi.org/10.1002/aqc.529>

Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2010). Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities.

Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-01974-0>



Olaya, P., Rodríguez, J., & Martínez, C. (2014). Evaluación de la calidad de riberas fluviales mediante indicadores hidromorfológicos. *Ingeniería del Agua*, 18(3), 145-158. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3185>

Procuraduría General de la República. (2004). Ley Forestal No. 7575 y su reglamento. PGR, Costa Rica.

Rodríguez, C. (2020). Política nacional para la recuperación de la cobertura arbórea y resguardo de las áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes. Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. <https://da.go.cr/>

Schroeder, R. L., & Allen, A. W. (1992). Assessment of Habitat of Wildlife Communities on the Snake River, Jackson, Wyoming. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/pp1603>

SINAC. (1996). Ley Forestal No. 7575. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica.

SINAC. (2024). Guía técnica para la rehabilitación de áreas de protección en ríos y quebradas. Oficina Nacional Forestal. <https://onfer.org/>

Souza Reátegui, N. M., & Aguilar Silvano, E. (2022). Influencia de factores ambientales en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y grupos funcionales alimenticios en tres sectores de la cuenca del río Chillón (Lima). *Revista Peruana de Biología*, 29(3), e21392. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i3.21392>

U.S. Fish and Wildlife Service. (1980). Ecological functions of riparian vegetation. U.S. Department of the Interior.

Universidad Autónoma de Chile. (2017). Manual de ciencia ciudadana para el monitoreo ambiental. Centro de Estudios Ambientales.

Villada, M., & Rendón, E. (2024). El poder del monitoreo participativo de la calidad

del agua. *Revista de Gestión del Agua en América Latina*, 15(1), 78-95. <https://doi.org/10.54234/regal.2024.151.78>





Winward, A. H. (2000). Monitoring the vegetation resources in riparian areas. USDA Forest Service.

Zalewski, M. (2002). Ecohydrology: The use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources. *Hydrological Sciences Journal*, 47(5), 823-832. <https://doi.org/10.1080/02626660209492986>



Anexos

Anexo 1. Atributo de la condición de las orillas del río.

Indice de calidad de riberas			
OCAs Chorotega			
1. Condiciones de la orilla del Río			
Descripción: Este ítem evalúa la estabilidad y conservación de las orillas, tal como la erosión, estabilidad física y si las orillas están alteradas por actividades humanas.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Orillas completamente estables y sin alteraciones		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Orillas moderadamente estables, con ligeras alteraciones		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Orillas con erosión visible o moderada		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Orillas altamente erosionadas o muy alteradas		5 (1-5)
			Observado -----



Fuente: Elaboración propia.





Anexo 2. Atributo de cobertura vegetal (densidad y diversidad).

2. Cobertura vegetal (densidad y diversidad estructural)			
Descripción: Este ítem evalúa la cantidad de estrato de vegetación en la zona ribereña, un indicativo clave de la salud ecológica.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Presenta alta densidad y estrato de vegetación nativa		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Presenta estratos de vegetación moderada		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Presenta estratos de vegetación escasa, con predominio de especies exóticas		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Presenta estratos de vegetación ausente o muy degradada		5 (1-5)
			Observado -----



Fuente: Elaboración propia





Anexo 3. Atributo de alteraciones del cauce

3. Alteraciones del cauce			
Descripción: Evalúa alteraciones causadas por la acción humana y la modificación en la morfología y estructura natural de cauce, incluyendo la presencia de estructuras artificiales, si ha sido dragado, si se han construido diques o muros, si se ha desviado o canalizado el agua.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin alteraciones del cauce. El cauce mantiene su morfología natural, sin intervenciones humanas		20 (16-20)
			Observado
Bueno	Alteraciones mínimas (presencia de pequeñas estructuras artificiales o cambios menores en el cauce)		15 (11-15)
			Observado
Regular	Alteraciones moderadas (modificaciones en la morfología natural, estructuras medianas o episodios de dragado moderado)		10 (6-10)
			Observado
Malo	Alteraciones graves (dragado frecuente, construcción de diques grandes, desviaciones notables del flujo):		5 (1-5)
			Observado



Fuente: Elaboración propia





Anexo 4. Atributo de la claridad del agua

4. Claridad del agua			
<p>Descripción: Este indicador evalúa la transparencia del agua en el río, lo que puede reflejar el nivel de sedimentos, la presencia de contaminantes y la salud del ecosistema acuático. Aguas claras suelen estar asociadas con ecosistemas saludables y bien equilibrados.</p>			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Agua completamente clara y transparente. El agua es cristalina, sin presencia visible de sedimentos o turbidez		20 (16-20)
			Observado
Bueno	Agua ligeramente turbia. Leve turbidez o presencia de sedimentos en suspensión, pero en niveles bajos. La calidad del agua sigue siendo aceptable para la mayoría de las especies acuáticas.		15 (11-15)
			Observado
Regular	Agua moderadamente turbia. La turbidez es evidente, con niveles de sedimentos o materia orgánica en suspensión que comienzan a afectar la calidad del hábitat acuático. Puede haber indicios de contaminación moderada.		10 (6-10)
			Observado
Malo	Agua muy turbia o con coloración anormal. El agua presenta alta turbidez, con grandes cantidades de sedimentos, residuos o una coloración que indica una fuerte alteración por contaminación. La salud del ecosistema acuático está gravemente comprometida		5 (1-5)
			Observado

Fuente: Elaboración propia








Anexo 5. Atributo de la contaminación por residuos sólidos


5. Contaminación por residuos sólidos			
<p>Descripción: Este indicador evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos y/o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, todo tipo de basura dispuestos en el cauce del río.</p>			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin presencia de contaminación. No se observa la presencia de residuos sólidos.		20 (16-20)
			Observado
Bueno	Contaminación mínima. Se detecta una cantidad muy reducida de residuos sólidos, con un impacto ambiental muy bajo.		15 (11-15)
			Observado
Regular	Contaminación moderada. Presencia de basura, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema.		10 (6-10)
			Observado
Malo	Contaminación alta. Abundante presencia de basura, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema		5 (1-5)
			Observado

Fuente: Elaboración propia



Anexo 6. Atributo de la contaminación por aguas residuales

 6. Contaminación por aguas residuales			
Descripción: Este indicador evalúa la presencia de contaminación provocada por desechos sólidos y/o vertidos de aguas residuales, domésticas, industriales o de origen agrícola, todo tipo de basura dispuestos en el cauce del río.			
Estado	Descripción	Imagen	Puntaje
Óptimo	Sin presencia de contaminación. No se observa la presencia de vertidos de aguas residuales		20 (16-20)
			Observado -----
Bueno	Contaminación mínima. Se detecta una cantidad muy reducida de aguas residuales, con un impacto ambiental muy bajo.		15 (11-15)
			Observado -----
Regular	Contaminación moderada. Presencia de vertidos de aguas residuales, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema.		10 (6-10)
			Observado -----
Malo	Contaminación alta. Abundante presencia de vertidos de aguas residuales, con un impacto severo en la calidad del agua y el ecosistema		5 (1-5)
			Observado -----



Fuente: Elaboración propi

San José, 10 de febrero de 2026

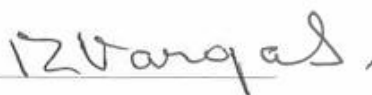
Señores
Universidad Nacional de Costa Rica
Sede Regional Chorotega
Liberia, Guanacaste.

Estimados señores:

En mi condición de profesional colegiado en el área de filología y lingüística, doy fe de haber leído, revisado y corregido totalmente el trabajo final de graduación, modalidad de artículo científico, titulado **Índice de Calidad de las Áreas Ribereñas para los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega (OCAs-Chorotega) Costa Rica**, de la estudiante Cristel María Pérez Vallejos, cédula de identidad N.º 5-0436-0378, para optar por el grado de Licenciatura en Hidrología.

He revisado y corregido errores gramaticales, de puntuación y ortografía, construcción de párrafos, vicios del lenguaje y otros aspectos relacionados con el campo filológico que se manifestaron en el documento escrito y, desde ese punto de vista, considero que con las correcciones realizadas dicho documento está listo para ser presentado como trabajo final de graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad Nacional de Costa Rica, sede Chorotega.

Atentamente,



Lic. Ronulfo Vargas Vargas
Cédula 6-0062-500
Carné N.º 4838
Colegio de Licenciados y Profesores

Lic. Ronulfo Vargas V.
Filólogo
Carné 4838 - Tel. 8875-3728