

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**SEDE REGIONAL CHOROTEGA**  
**CAMPUS LIBERIA**

**Tema**

Construcción de capacidades técnicas para el monitoreo del recurso hídrico fluvial de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica.

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**Estudiante:**

Emmanuel Araya Martínez, Cédula 504200992

Guanacaste, Costa Rica

2024

## **ACTA DEL TRIBUNAL EVALUADOR**

Liberia, Guanacaste.

Febrero, 2023.

### **Integrantes Tribunal Evaluador**

---

Dr. Christian Phillippe Golcher Benavides

**Tutor**

---

MSc. William Alonso Gómez Solís

**Lector**

---

MSc. Michael Steven Arroyo Zeledón

**Lector**

---

Dr. Ronald Sánchez Brenes

Representante de Decanatura

---

Dr. Rolando Madriz Vargas

Representante de Dirección Académica, Campus Liberia

## **Agradecimientos y Dedicatoria**

### **Agradecimientos**

En este apartado quiero agradecer primero a Jehová, por darme la salud, la sabiduría, la paciencia y la capacidad necesaria, ya que sin la ayuda que me brinda no podría haber realizado este proyecto.

Quiero agradecer, a mi familia en general y amigos cercanos, los cuales han sido y siguen siendo un pilar fundamental en todo este proceso, me han brindado apoyo y motivación en los momentos que se ha necesitado, sin su presencia hubiera sido mucho más difícil alcanzar esta meta tan importante.

Agradezco enormemente la oportunidad brindada por los tutores, lectores y profesores que me guiaron y apoyaron de la mejor manera en este proyecto, sin su guía no hubiera sido posible realizarlo, la experiencia de cada uno fue fundamental y los aportes de todos me permitieron atravesar esta etapa. Un agradecimiento especial a los profesores, Christian Golcher Benavides, William Gómez Solís, Michael Arroyo Zeledón y Ronald Sánchez Brenes.

Quiero agradecer al Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y El Caribe (Hidrocec-UNA) por abrirme las puertas para poder desarrollar este proyecto, de la mano con todo su apoyo técnico, humano, herramientas brindadas e instalaciones para tener las mejores condiciones de trabajo.

Finalmente, pero no menos importante agradecerle a La Vicerrectoría de Investigación por el apoyo al proyecto mediante el Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles en Investigación de la Universidad Nacional (FOCAES). Contar con esto fue una ayuda enorme para poder desarrollar el Proyecto Final de Graduación de manera satisfactoria.

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, Cándida Martínez Aragón y Félix Araya Leiva por su apoyo en todo este camino, ya que sin ellos no sería posible alcanzar esta meta.

Además, dedicarle este trabajo a Melanny Vega Sandoval, debido a que ha sido un apoyo muy importante en todos estos años de formación, la motivación que me ha dado en todo este proceso es clave para haberlo terminado con éxito.

## Resumen ejecutivo

Este proyecto se basó en realizar la construcción de capacidades técnicas de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica.

Se buscó construir dichas capacidades técnicas en estos grupos organizados debido a la relación que tienen con recurso hídrico fluvial. Se construyen bajo el amparo de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica y constituyen lugares de encuentro en los cuales los ciudadanos se unen voluntariamente con el fin de llevar a cabo acciones concretas para enfrentar los desafíos que presenta la gestión del agua y la protección de los distintos cuerpos de agua existentes en sus comunidades, Lo cual se adapta a la finalidad del proyecto y es poder ofrecerles herramientas para poder implementar esto en trabajo de campo y poder trabajar en conjunto para la recuperación ambiental de los ríos de la Región Chorotega.

Para cumplir con los objetivos del trabajo se realizó una recopilación de información con la finalidad de comprender diferentes conceptos relevantes para desarrollo del proyecto, por ejemplo, entender qué son los Observatorios Ciudadanos del Agua, qué es una caracterización hidromorfológica, qué son protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial y qué conlleva la recuperación ambiental de los ríos, entre otros.

Además, se realizó una caracterización hidromorfológica para la recopilación de información del área de incidencia de los OCAs. Para lo cual se realizaron visitas de campo en áreas seleccionadas estratégicamente con colaboración de integrantes de los OCAs. Estas visitas se realizaron en el área de incidencia del OCA Río Liberia, OCA Quebrada la Cabra y OCA Nicoya. En estas visitas a campo se realizó recorrido por diversos puntos de los cauces principales en sitios previamente identificados para corroborar que fueran puntos de monitoreo aptos para realizar los protocolos simplificados luego de la capacitación a realizar. Como complemento de visitas de campo para la caracterización se utilizó el software Qgis, esto para conocer más a detalle las zonas de trabajo de los OCAs mediante el cálculo de parámetros físicos de las subcuencas o microcuencas en las cuales los Observatorios Ciudadanos del Agua tendrán incidencia en relación al monitoreo de cuerpos de agua superficial.

Para poder realizar la capacitación fue necesario previamente hacer una búsqueda de protocolos estándar de monitoreo del recurso hídrico fluvial y basado en esto se hizo la simplificación de estos para aplicarlos en campo y validarlos mediante el posterior análisis de resultados obtenidos y revisión de los documentos a simplificar.

En este caso los protocolos simplificados abarcan desde cómo medir la cantidad del agua, clasificar la calidad del agua y también saber el estado de las áreas ribereñas. El nombre que se le dio a estos protocolos fue “Protocolo simplificado para la estimación de caudal en ríos y quebradas”, Protocolo simplificado de Biomonitorio de la Calidad del Agua en Ríos y Quebradas”, y “Protocolo Simplificado para Conocer el Estado de las Áreas Ribereñas de los Ríos y Quebradas”.

Finalmente se llevó a cabo fue la capacitación a los OCAs. Dicha capacitación se realizó en el Colegio Técnico profesional de la comunidad de 27 de abril Santa Cruz, Guanacaste. En donde se concluye que los protocolos simplificados y enseñados son una herramienta útil y fundamental para la construcción de capacidades técnicas en los OCAs de la Región Chorotega, esto debido a que pudieron ser aplicados en campo y una vez obtenidos los resultados pudieron ser analizados por los mismos participantes.

## **Executive summary**

This project was based on building the technical capacities of Citizen Water Observatories (OCAs) as a strategy for environmental recovery in selected stretches of rivers in the Chorotega Region, Costa Rica.

We sought to build these technical capacities in these organized groups due to the relationship they have with river water resources. They are built under the umbrella of the National Alliance of Rivers and Watersheds of Costa Rica and constitute meeting places in which citizens voluntarily join together in order to carry out concrete actions to face the challenges of water management and the protection of the different bodies of water existing in their communities, which is adapted to the purpose of the project and is to offer them tools to implement this in field work and to work together for the environmental recovery of the rivers of the Chorotega Region.

To meet the objectives of the work, a compilation of information was carried out to understand different concepts relevant to the development of the project, such as understanding what Citizen Water Observatories are, what is a hydromorphological characterization, what are monitoring protocols for surface water bodies, and what is involved in the environmental recovery of rivers, among others.

In addition, a hydromorphological characterization was carried out for the collection of information from the area of incidence of the OCAs. For this purpose, field visits were made to strategically selected areas with the collaboration of members of the OCAs. These visits were carried out in the area of incidence of the OCA Río Liberia, OCA Quebrada la Cabra and OCA Nicoya. During these field visits, several points along the main watercourses were visited in previously identified sites to corroborate that they were suitable monitoring points to carry out the simplified protocols after the training to be conducted. As a complement to the field visits for the characterization, Qgis software was used to know in more detail the working areas of the OCAs by calculating the physical parameters of the sub-basins or micro-basins in which the Citizen Water Observatories will have an impact in relation to the monitoring of surface water bodies.

In order to carry out the training, it was previously necessary to search for standard protocols for monitoring river water resources and based on this, these protocols were simplified to be applied in the field and validated through the subsequent analysis of the results obtained and review of the documents to be simplified.

In this case, the simplified protocols include how to measure water quantity, classify water quality and also know the status of riparian areas. The names given to these protocols were "Simplified Protocol for the estimation of flow in rivers and streams", "Simplified Protocol for the Biomonitoring of Water Quality in Rivers and Streams", and "Simplified Protocol for Knowing the State of Riparian Areas of Rivers and Streams".

Finally, training was provided to the OCAs. The training was held at the Professional Technical College of the community of 27 de Abril Santa Cruz, Guanacaste. It was concluded that the simplified and taught protocols are a useful and fundamental tool for the construction of technical capacities in the OCAs of the Chorotega Region, since they could be applied in the field and once the results were obtained, they could be analyzed by the participants themselves.

## Índice de Contenido

<b>Capítulo 1 – Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Declaración del problema</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Objetivos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Alcance y limitaciones</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6 Resumen del reporte</b> .....	<b>7</b>
<b>Capítulo 2 – Contexto del proyecto (Antecedentes)</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Descripción general de la zona de estudio</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 Descripción de los Observatorios Ciudadanos del Agua en estudio dentro de la Región Chorotega, Costa Rica.</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4 Iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países.</b> .....	<b>21</b>
<b>Capítulo 3 – Marco teórico</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 Introducción</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2 Conceptos clave</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3 Protocolos estándar a simplificar o adaptar</b> .....	<b>29</b>
<b>Capítulo 4 – Estudios de prefactibilidad</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1 Introducción</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2 Prefactibilidad Técnica.</b> .....	<b>39</b>
<b>4.3 Prefactibilidad Social.</b> .....	<b>40</b>
<b>4.4 Prefactibilidad Legal.</b> .....	<b>42</b>
<b>4.5 Prefactibilidad Económico-financiero.</b> .....	<b>45</b>
<b>4.6 Prefactibilidad Ambiental</b> .....	<b>47</b>
<b>Capítulo 5 – Metodología</b> .....	<b>49</b>
<b>5.1 Descripción general de la metodología</b> .....	<b>50</b>
<b>5.2 Población y muestra de estudio</b> .....	<b>53</b>
<b>5.3. Métodos y herramientas seleccionadas</b> .....	<b>54</b>
<b>5.4 Otros aspectos a considerar</b> .....	<b>56</b>
<b>Capítulo 6 – Resultados y discusión</b> .....	<b>60</b>
<b>6.1 Introducción</b> .....	<b>61</b>
<b>6.2 Resultados y discusión según metodología planteada</b> .....	<b>61</b>
<b>6.3 Análisis de resultados</b> .....	<b>95</b>
<b>6.4 Discusión de hallazgos</b> .....	<b>104</b>

<b>6.5. Discusión de objetivos .....</b>	<b>105</b>
<b>6.6. Discusión de métodos aplicados .....</b>	<b>106</b>
<b>Capítulo 7 – Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>108</b>
<b>7.1 Conclusiones .....</b>	<b>109</b>
<b>7.2 Recomendaciones.....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>121</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1. Mapa de ubicación de la Región Chorotega. ....	10
Figura 2.2. Ubicación de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega. ....	12
Figura 2.3. Ubicación del área de incidencia del OCA Río Liberia. ....	14
Figura 2.4. Ubicación del área de incidencia del OCA Quebrada la Cabra.....	17
Figura 2.5. Ubicación del área de incidencia del OCA Nicoya. ....	19
Figura 2.6. Ubicación del área de incidencia del OCA Nandamojo. ....	21
Figura 3.1. Redes e instrumentos utilizados para la recolección de macroinvertebrados en estudios cualitativos. ....	32
Figura 4.1. Estudios de prefactibilidad del proyecto según Sapag et al (2014). ....	39
Figura 5.1 Base de datos para la caracterización hidromorfológica.....	52
Figura 5.2. Metodología por seguir para la obtención de datos del proyecto. ....	54
Figura 5.3. Herramientas por utilizar para el procesamiento de datos.....	55
Figura 5.4. Cronograma de Actividades.....	57
Figura 5.4. Ruta crítica para el desarrollo del proyecto .....	58
Figura 6.1. Inicio del recorrido en la parte alta de la Subcuenca Río Liberia.....	63
Figura 6.2. Aporte de caudal por trasvase desde la vertiente del Caribe al Río Liberia .....	64
Figura 6.3. Cauce en la parte alta de la subcuenca .....	64
Figura 6.4. Cauce en la parte media de la Subcuenca.....	64
Figura 6.5. Cauce en la parte media de la Subcuenca.....	65
Figura 6.6. Cauce en la parte baja de la Subcuenca.....	65
Figura 6.7. Visita en la parte media-baja de la microcuenca. ....	66
Figura 6.8. Visita en la parte media-baja de la microcuenca. ....	66
Figura 6.9. Visita en la parte media de la microcuenca. ....	67
Figura 6.10. Visita en la parte alta de la microcuenca. ....	67
Figura 6.11. Inicio del recorrido en el Río Potrero.....	68
Figura 6.12. Toma de agua para potabilización y consumo humano.....	68
Figura 6.13. Conversatorio con representantes del OCA. ....	69
Figura 6.14. Conversatorio con representantes del OCA. ....	69
Figura 6.15. Área ribereña del Río Potrero.....	70
Figura 6.16. Cauce del Río Potrero después de la captación para potabilización. ....	70
Figura 6.17. Imagen ilustrativa de los materiales a utilizar en la medición.....	72
Figura 6.18. Imagen ilustrativa de la selección de los tramos para realizar los lanzamientos de los flotadores.....	73
Figura 6.19. Observación de las condiciones del río para la elección de la sección transversal.....	76

<b>Figura 6.20. Observación de las condiciones del río para la elección de la sección transversal.....</b>	<b>76</b>
<b>y colocación de la cuerda en la sección transversal. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 6.21. Lanzamientos de flotador. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 6.22. Materiales a utilizar en la recolección y análisis de muestras.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 6.23. Colador de cocina como instrumento de recolecta.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 6.24. Colador de cocina como instrumento de recolecta.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 6.25. En la izquierda tenemos los atributos relacionados a la estructura de la ribera y a la derecha se encuentra los atributos en relación al funcionamiento de la ribera.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 6.26. Valle I: Río Liberia .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 6.27. Selección del tipo de valle según el Índice RQI. ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 6.28. Ejemplo de cómo se observan las numeraciones al final de las tablas de atributos.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 6.29. Continuidad longitudinal de la vegetación .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 6.30. Dimensiones de anchura en el espacio ripario con vegetación asociada al río.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 6.31. Estructura y composición de la vegetación riparia.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 6.31. Regeneración natural de la vegetación riparia.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 6.32. Condición de las orillas.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 6.33. Conectividad transversal de la ribera con el cauce.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 6.34. Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 6.35. Valoración del Índice RQI y calidad de las riberas según las condiciones ecológicas de la zona, se incluyen gestiones recomendadas en cada caso. ....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 6.36. Presentación de inicio ante las personas presentes en la capacitación .....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 6.37. Conformación de grupos para el desarrollo de la capacitación.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 6.38. Explicación de protocolos simplificados .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 6.39. Revisión de los protocolos ilustrativos con los participantes. ....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 6.40. Espacio de dudas o consultas sobre lo explicado en los protocolos antes del trabajo en campo.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 6.41. Llegada al sitio de aplicación de los protocolos .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 6.42. Aplicación de protocolos de parte de los asistentes .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 6.43. Explicación del método simplificado para estimación de caudal y.....</b>	<b>94</b>
<b>de las herramientas utilizadas en el método convencional .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 6.44. Regreso al aula para analizar los resultados obtenidos en campo.....</b>	<b>94</b>

## Índice de Tablas

Tabla 2.1. Variables climatológicas del Pacífico Norte de Costa Rica. ....	11
Tabla 2.2. Eventos extremos en el Pacífico Norte de Costa Rica.....	11
Tabla 2.3. Distribución poblacional por distrito del cantón de Liberia.....	14
Tabla 2.4. Variables climáticas en el Cantón de Tilarán. ....	15
Tabla 2.5. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Tilarán.....	16
Tabla 2.6. Distribución poblacional por distrito del cantón de Nicoya.....	16
Tabla 2.7. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Nicoya.....	18
Tabla 2.8. Distribución poblacional por distrito del cantón de Nicoya.....	19
Tabla 2.9. Características climáticas del cantón donde se ubica la subcuenca Nandamojo .....	20
Tabla 2.10. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Santa Cruz. ....	20
Tabla 2.9. Principales líneas de actuación .....	22
Tabla 2.10. Principales líneas de actuación .....	24
Tabla 3.1. Puntajes para las familias identificadas en Costa Rica. ....	34
Tabla 3.2. Clasificación de la calidad del agua en función del del Puntaje Total Obtenido.....	34
Tabla 3.3. Cuadro de asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físicoquímica del Agua para cuerpos receptores. ....	36
Tabla 3.4. Tabla de asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal. ....	36
Tabla 4.1. Equipos necesarios para la realización del proyecto. ....	40
Tabla 4.2. Actores clave y la importancia de su participación en el desarrollo del proyecto.....	41
Tabla 4.3. Total de costos para el desarrollo del proyecto.....	46
Tabla 5.1 Fases metodológicas.....	50
Tabla 5.2. Presupuesto para desarrollar el proyecto. ....	56
Tabla 6.1. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Liberia.....	65
Tabla 6.2. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Potrero.....	71
Tabla 6.3. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Nandamojo.....	71
Tabla 6.4 Registro de profundidades en la sección transversal seleccionada para el cálculo de profundidad promedio en (m). ....	77
Tabla 6.5 Información general de registro de aforos.....	77
Tabla 6.6. Información de registro y cálculo de los tiempos promedios por flotador.....	77
Tabla 6.7. Cálculo de velocidad media y caudal en m <sup>3</sup> /s. ....	78
Tabla 6.8. Cálculo de velocidad promedio en las secciones.....	79
Tabla 6.9. Cálculo de caudal (m <sup>3</sup> /s) .....	79
Tabla 6.10. Cálculo de velocidad promedio en las secciones.....	79

<b>Tabla 6.11. Cálculo de caudal (m<sup>3</sup>/s).....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 6.12. Cálculo de velocidad promedio en las secciones.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 6.13. Cálculo de caudal (m<sup>3</sup>/s) .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 6.14. Cálculo de porcentaje de diferencia entre los caudales calculados con ambos métodos. 80</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 6.15. Clasificación de la calidad del agua en función del del Puntaje Total Obtenido.....</b>	<b>83</b>

## Glosario y Abreviaciones

### Glosario

**Observatorios Ciudadanos del Agua:** Los Observatorios Ciudadanos del Agua (en adelante los OCAs) se construyen bajo el alero de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. Constituyen, lugares de encuentro, en los cuales los ciudadanos voluntariamente se unen con el fin de realizar acciones concretas para enfrentar los desafíos que presenta la gestión del agua y la protección de los distintos cuerpos de agua existentes en sus comunidades.

**Actividades antropogénicas:** Son aquellas que están relacionadas con la influencia o impacto del hombre en la naturaleza. Estas actividades incluyen la industria, agricultura, minería, transporte, construcción, urbanización y 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.

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

**Recuperación de los ríos:** La recuperación de los ríos implica 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.

**Caracterización hidromorfológica:** Es un proceso de descripción y análisis de las características físicas y morfológicas de un cuerpo de agua. Este proceso implica identificar y cuantificar las variables hidromorfológicas como el caudal, la velocidad de la corriente, la temperatura del agua, la profundidad, la textura del lecho, la vegetación en las márgenes, entre otras.

**Áreas ribereñas:** Son aquellas 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 fauna. Las áreas ribereñas también tienen un valor recreativo y turístico, en donde se pueden realizar diversas actividades como la pesca, el rafting, el canotaje, y otras actividades al aire libre.

**Monitoreo hidrológico:** Se refiere al seguimiento y análisis de los recursos hídricos en una determinada área geográfica durante un período de tiempo determinado. El monitoreo hidrológico generalmente implica la medición de la cantidad, calidad y movimiento del agua en ríos, arroyos, lagos y acuíferos. Este tipo de monitoreo se utiliza para evaluar la disponibilidad de agua, predecir las posibles inundaciones, diseñar y gestionar infraestructuras de agua, evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas, generar planes de gestión integrada del recurso hídrico, generar planes de recuperación de los ríos, entre otras.

## **Capítulo 1 – Introducción**

Este capítulo tiene como finalidad recopilar la información introductoria, se muestra el problema que se identificó, la justificación, el objetivo general, los objetivos específicos, los alcances y las limitaciones del proyecto.

## 1.1 Introducción

La contaminación de los ríos es un problema ambiental cada vez más presente en nuestro mundo actual. Esta contaminación se debe en gran parte a las actividades antropogénicas, es decir, aquellas que son realizadas por los seres humanos. Desde la industrialización hasta la agricultura y la deforestación, las actividades humanas han tenido un impacto significativo en la calidad de los ríos y otros recursos hídricos (Escobar, 2002).

Cuando un río está siendo contaminado no solo la calidad del agua se ve comprometida, sino también la diversidad biológica y la salud pública. La degradación ambiental de los ríos es una amenaza para la vida acuática y para los ecosistemas que dependen de ella, y tiene importantes consecuencias para la economía y la calidad de vida de las personas. En este contexto, es fundamental adoptar estrategias de conservación y protección de los ríos para garantizar un ambiente acuático saludable y sostenible para las generaciones futuras (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

La recuperación de los ríos de Costa Rica es de gran importancia debido a su papel crítico en el ecosistema, la economía y la sociedad del país. Según el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (1996) los ríos son una fuente importante de agua para la agricultura, la generación de energía y la industria en Costa Rica. Además, los ríos proporcionan hábitats esenciales para la biodiversidad y son un recurso clave para el turismo y la recreación. La contaminación y la degradación de los ríos de Costa Rica a lo largo de los años han incrementado y su recuperación es crucial para la salud de los ecosistemas y las comunidades humanas. Por ello la recuperación de los ríos también ayuda a proteger los derechos humanos al agua y al saneamiento y es un componente esencial para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible.

Ahora bien, para poder establecer o implementar planes de recuperación de los ríos es necesario hacer monitoreos hidrológicos. En lugares donde no existe información sobre la calidad de los cuerpos de agua superficial, el monitoreo hidrológico es de vital importancia para entender y prevenir la contaminación del agua. El monitoreo lleva a cabo mediciones regulares y sistemáticas de la cantidad y calidad del agua en diferentes puntos a lo largo de un cuerpo de agua (Departamento de Recursos Naturales de Georgia, 2003). Además, el monitoreo hidrológico permite identificar cuáles son las fuentes potenciales de contaminación, lo que facilita que se tomen medidas preventivas en las zonas críticas y se pueda proteger la calidad del agua. Las mediciones hidrológicas también son importantes para gestionar los recursos hídricos y planificar la gestión integrada de los recursos hídricos en la zona en cuestión (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

La degradación de los ríos en Costa Rica debido a los impactos de la contaminación, La Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica reconoce y quiere contribuir con todo aquel esfuerzo encaminado a la construcción de una unidad nacional sostenible cimentada en el respeto y protección de nuestros ríos y cuencas. En la Alianza reconocen que el bienestar de los cuerpos de agua depende de la buena voluntad de todos los costarricenses por mantener saludables ríos y cuencas (Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica, 2023A). A raíz de esto una de las iniciativas implementadas por la Alianza son los Observatorios Ciudadanos del Agua, mediante estos observatorios buscan identificar y desarrollar; sensibilizar y consensuar proyectos encaminados a solucionar los problemas que provocan la falta de agua y la poca protección que gozan los cuerpos de agua en sus comunidades, asumiendo como válidos y como punto de partida los Objetivos de Desarrollo Sostenible clave, aprobados en el mes de septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en el documento conocido como Agenda 2030 (ONU, 2023)

En el marco de este contexto, mediante este proyecto se aborda la problemática de la degradación de los ríos. En donde se busca generar una adaptación o simplificación de protocolos estándar de monitoreo de cuerpos de agua superficial y en base a esto dar capacitación técnica a los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega, Costa Rica. Esto como una estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados de los ríos involucrados en el proyecto.

## 1.2 Declaración del problema

Costa Rica se destaca por ser un país con logros importantes en relación con la conservación del medio ambiente. A pesar de esto en la Región Chorotega los ríos están bajo una degradación constante debido a las actividades antrópicas, por ejemplo, la urbanización, agricultura, ganadería, vertidos de agua residuales sin previo tratamiento, entre otras. Estas actividades pueden tener un impacto significativo, afectando la calidad y diversidad biológica de los ríos. Estos impactos pueden incluir la contaminación del agua, cambios en la temperatura de esta, disminución de los caudales, alteración de la biodiversidad. La contaminación presente en estos cuerpos de agua superficial también puede afectar la calidad de vida de las personas.

Además de que la integridad ecológica de los ríos se esté viendo comprometida por la contaminación, a esto se le suma la falta de recuperación de estos cuerpos de agua superficial lo cual es un elemento fundamental para mitigar los impactos generados. Si los ríos no se recuperan, podría disminuir el acceso al agua potable y la vida acuática se ve amenazada. Otro aspecto importante es que el costo de la recuperación de un río se considera demasiado alto, especialmente si se compara con los beneficios económicos inmediatos de diferentes actividades productivas.

Por ello para abordar esta problemática, es necesario aumentar la conciencia sobre la importancia de la recuperación de los ríos y las medidas necesarias para lograrlo. También es importante implementar programas adecuados para la recuperación de los ríos y contar con la participación y colaboración de la comunidad local es clave para el éxito de cualquier programa de recuperación de los ríos.

Algo que se debe tener en cuenta a la hora de implementar programas de recuperación de los ríos es que es necesario contar con información hidrológica para saber el estado real de estos cuerpos de agua. Para ello se requieren monitoreos hidrológicos, los cuales permiten comprender la dinámica del flujo de agua en el curso del río y saber cuáles son los contaminantes presentes en el mismo. El conocimiento adquirido mediante los monitoreos hidrológicos puede utilizarse para diseñar e implementar planes de gestión integrada del agua y de conservación de los ecosistemas fluviales. Además, los monitoreos hidrológicos pueden ayudar a identificar y evaluar la efectividad de las medidas de restauración o recuperación implementadas, proporcionando información valiosa para la planificación y gestión de los recursos hídricos. En la Región Chorotega se necesita la generación o recopilación de información hidrológica mediante los monitoreos en puntos estratégicos que ayuden a la toma de decisiones para la recuperación de los ríos.

En consideración con estas problemáticas mencionadas, la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica y la Universidad Nacional promueven una nueva organización social basada en el voluntariado ciudadano para el monitoreo y recuperación de los cuerpos de agua superficial, conocida como: Observatorio Ciudadano del Agua (OCA). El OCA hoy se inscribe con propia categoría en el marco del galardón ambiental Programa de Bandera Azul Ecológica. Aun así, los OCAs de la Región Chorotega carecen de capacidades técnicas para poder llevar a cabo monitoreos de cuerpos de agua superficial en donde se recopile información para su posterior análisis; por eso es fundamental brindar un apoyo científico y técnico a estas organizaciones sociales. Este proyecto tiene como finalidad el poder atender esta problemática mediante la construcción de capacidades técnicas en los OCAs, para el monitoreo del recurso hídrico como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados de ríos en la Región Chorotega.

### 1.3 Justificación

La contaminación en los ríos debido a las actividades antropogénicas según Escobar (2002) ha generado en estos cuerpos de agua superficial, alteraciones de las funciones ecológicas, reducción de la biodiversidad biológica, daño a los hábitats acuáticos y desequilibrio en los ecosistemas, además, de los efectos en la salud humana y por ende calidad de vida de las personas. Debido a esto se deriva o está presente en Costa Rica una problemática, la cual es, una falta de medidas, acciones o estrategias en pro de la recuperación de los cuerpos de agua por parte de la sociedad, instituciones, organizaciones, empresas, entre otros. Actualmente en diversos ríos de la Región Chorotega, Costa Rica, siguen vigentes estos problemas de contaminación, en general, los cuerpos de agua del país están afectados en su calidad por aportes puntuales de materiales que van desde sedimentos, aguas negras, desechos industriales, agropecuarios y hasta agroquímicos. A pesar de esto existen pequeñas organizaciones como, por ejemplo, los Observatorios Ciudadanos del agua, que Golcher et al. (2023) describe como lugares de encuentro en donde los ciudadanos se unen para realizar acciones que hagan frente a los desafíos que se generan en el intento de una correcta gestión y protección del agua. Por ello, el propósito de este proyecto es construir capacidades técnicas en los Observatorios Ciudadanos del agua de la Región Chorotega, Costa Rica, para realizar monitoreos del recurso hídrico como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados de los ríos para cada observatorio, mediante la aplicación, validación y capacitación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial. Esto para subsanar en parte una serie de limitaciones que acarrea el monitoreo de los cuerpos de agua superficial, por ejemplo, limitaciones de carácter económico, técnico y logísticos que no permiten abarcar todas las zonas vulnerables deseadas.

La importancia de desarrollar este proyecto se basa en tres razones principales, primero porque permitiría que estos grupos sociales posean herramientas técnicas, estructuradas y validadas, en la ejecución de monitoreo de los ríos. El monitoreo de los ríos es una actividad importante para evaluar la calidad del agua y detectar posibles contaminantes. Para garantizar la eficacia y eficiencia de estas actividades de monitoreo, es fundamental contar con herramientas técnicas estructuradas y validadas. Esto se debe a que estas herramientas proporcionan una guía clara para los técnicos y especialistas que realizan el monitoreo, lo que les permite recolectar datos de manera consistente y precisa. Además, estas herramientas pueden ayudar a estandarizar la recopilación y análisis de datos para que las mediciones sean comparables con mediciones anteriores, y puede ayudar a garantizar la validez y precisión de los datos recopilados. En general, contar con herramientas técnicas estructuradas y validadas en la ejecución de monitoreo de los ríos es crucial para garantizar la integridad de los datos y para que las conclusiones obtenidas sean útiles y confiables.

La segunda razón es que la creación de capacidades técnicas para el monitoreo de los ríos es esencial para poder recopilar información, analizar e interpretar resultados en zonas donde no hay registro de datos significativo o quizá zonas que no cuentan con ningún registro del todo. Los datos obtenidos también pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas en relación a la gestión, protección y conservación de los recursos hídricos, tales como la implementación de medidas para reducir la contaminación o la regulación del uso del agua. Además, es importante destacar que la recopilación de datos en zonas con poca información es especialmente importante para garantizar la inclusión y participación equitativa en la gestión de los recursos hídricos. La disponibilidad de información precisa y adecuada permite que todas las partes puedan tomar decisiones informadas y participar en la toma de decisiones.

Como tercera razón, se puede mencionar que mediante la capacitación a realizar en los observatorios de la Región Chorotega se puede establecer una transferencia de conocimientos que permita generar un avance importante en los procesos de recuperación de los cuerpos de agua superficial. La capacitación de organizaciones es crucial para establecer una cultura de conocimiento continuo, ya que permite a las organizaciones ya sean grandes, medianas o pequeñas, actualizarse constantemente en los nuevos avances

tecnológicos, científicos y ambientales relacionados con el proceso de recuperación de cuerpos de agua superficial. Al capacitar a los observatorios de la Región Chorotega, se pueden transferir conocimientos y buenas prácticas para implementarse en los procesos de recuperación y así generar un avance importante en la protección de los cuerpos de agua y la conservación del medio ambiente. Además, es importante que este tipo de organizaciones trabajen en conjunto con otras entidades, para compartir información y experiencias, y así generar sinergias con el fin de obtener resultados más efectivos. De esta manera, se puede evitar la duplicación de esfuerzos y maximizar el impacto de los recursos.

Como conclusión se puede mencionar que la creación de proyectos de este tipo puede generar una transformación de la realidad social y puede tener múltiples beneficios. Primero, estos proyectos pueden involucrar a las comunidades y otros actores relevantes en la construcción conjunta de soluciones a los diferentes problemas que afectan la calidad de vida de las comunidades en relación a la degradación de los cuerpos de agua. Esto puede fomentar una mayor participación ciudadana y empoderamiento de las comunidades en la toma de decisiones y en la implementación de iniciativas beneficiosas para su desarrollo. Además, estos proyectos pueden estar diseñados para abordar diferentes aspectos de la degradación de los cuerpos de agua, incluyendo la contaminación, la sobreexplotación de los recursos hídricos y otros problemas relacionados. De esta manera, se pueden mejorar las condiciones ambientales en el área en cuestión. Además, pueden incluir actividades estratégicas como el fortalecimiento de las capacidades locales para la gestión sostenible de los recursos hídricos. En resumen, la creación de proyectos que generen una transformación de la realidad social puede tener muchos beneficios para las comunidades, incluyendo una mayor participación ciudadana, una mejoría ambiental, económica y social en el área en cuestión, y una mayor capacidad local para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

## **1.4 Objetivos**

### **I) Objetivo general**

- *Construir capacidades técnicas para el monitoreo del recurso hídrico fluvial en tres OCAs de la Región Chorotega, mediante capacitaciones y aplicación de protocolos simplificados, como estrategia de recuperación ambiental de los ríos.*

### **II) Objetivos específicos**

- *Realizar una caracterización hidromorfológica para la recopilación de información mediante el uso del software Qgis y visitas de campo en las áreas seleccionadas estratégicamente para cada OCA.*
- *Aplicar protocolos simplificados de monitoreo de cuerpo de agua superficial para ejecutarlos en las zonas de incidencia de los OCAs mediante un enfoque de ciencia ciudadana.*
- *Validar los protocolos simplificados para el monitoreo de cuerpos de agua superficial mediante la comparación estadística de resultados provenientes de los protocolos estándar.*
- *Capacitar a los integrantes de los OCAs en el análisis e interpretación de resultados obtenidos mediante los protocolos simplificados para el monitoreo de cuerpos de agua superficial.*

## **1.5 Alcance y limitaciones**

### I) Alcances

A través del desarrollo del proyecto se espera destacar la importancia y el papel de los Observatorios Ciudadanos del Agua en la recuperación ambiental de los ríos.

Otro de los alcances es poder generar información hidromorfológica a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca en donde se desarrollará el programa de capacitación para el monitoreo de cuerpos de agua superficial, las cuales se ubican en Liberia, Tilarán, Santa Cruz y Nosara.

Además, se espera generar protocolos adaptados o simplificados para el monitoreo de agua superficial, los cuales sean sencillos y replicables en cualquier parte del país por los demás Observatorios Ciudadanos del Agua.

También se espera comprobar que los protocolos adaptados o simplificados pueden ser utilizados para la toma de datos in situ de manera efectiva para su posterior análisis e interpretación.

Se espera capacitar a los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega para construir capacidades técnicas para el monitoreo de cuerpos de agua superficial.

Otro alcance es que se espera dar a conocer como las capacitaciones técnicas para el monitoreo de agua superficial a los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega, son una herramienta fundamental para la recopilación de información hidrológica, la cual permite generar una base de información en zonas donde no se cuenta con este tipo de datos.

Dicho proyecto se espera llevar a cabo en un lapso de tiempo aproximado de 10 meses.

Además, se espera realizar la contribución esperada con el cumplimiento de los objetivos al proyecto de extensión código 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).

Finalmente es importante destacar que el proyecto también se desarrollara gracias al apoyo económico del Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles en Investigación de la Universidad Nacional (FOCAES), lo cual es de gran relevancia para el cumplimiento de actividades necesarias, como, por ejemplo, las giras de campo en los Observatorios Ciudadanos del Agua.

### II) Limitaciones

Una de las limitaciones es la falta de estudios previos sobre el tema de investigación, esto para poder establecer una línea base de conocimiento. En este caso no se cuenta con suficiente información para establecer la línea de base que es esencial debido a que proporciona una referencia inicial a partir de la cual se pueden medir y comparar los cambios en el conocimiento, habilidades o comportamientos después de la implementación del proyecto.

Otra de las limitaciones es la logística de coordinar con los diferentes OCAs las reuniones que tienen que ser presenciales, las cuales son necesarias para realizar la validación y capacitación técnica de los monitoreos hidrológicos, esto debido a que las personas que forman parte de estas organizaciones son voluntarias y cuentan con sus respectivos trabajos.

Un aspecto que podría significar una limitante es poder adaptar o simplificar los protocolos estándar de manera correcta para obtener en las mediciones o actividades realizadas, resultados que sean confiables y puedan ser utilizados para la toma de decisiones.

Una de las limitaciones más importantes es poder asegurar la permanencia de los Observatorios Ciudadanos en el tiempo y que se logre mantener un monitoreo hidrológico constante, esto debido a lo mencionado anteriormente, que estos grupos organizados están conformados por personas voluntarias de las diferentes comunidades en donde se encuentran los OCAs.

## **1.6 Resumen del reporte**

Conforme a Evans et al., (2014), se adoptaron 5 capítulos que se describen a continuación.

### I) Capítulo 1. Introducción del proyecto de estudio

Esta sección proporciona una visión general del contenido del proyecto, detallando aspectos tales como la declaración del problema, que explica la necesidad de capacitar a los Observatorios Ciudadanos del Agua para el monitoreo de agua superficial, así como el impacto de estos grupos organizados en la recuperación ambiental de los ríos. Además, se presenta la justificación para aclarar detalladamente los enfoques para los que se realiza el proyecto. Además, esta sección introductoria también incluye los objetivos generales y específicos del proyecto para destacar lo que se espera lograr en su desarrollo. También se abordan los diferentes alcances y las limitaciones del proyecto, a fin de establecer las directrices adecuadas en el proceso de investigación. Finalmente se cuenta con el resumen del informe.

### II) Capítulo 2. Contexto del proyecto (Antecedentes)

En esta sección se realiza una descripción del área de estudio, esto permite proporcionar una comprensión general de la región geográfica en la que se llevará a cabo el proyecto. Esto incluye información como por ejemplo la geografía física, régimen de precipitación, entre otros. En el ámbito de la investigación científica, la descripción del área de estudio es esencial para comprender la distribución y los patrones de los fenómenos y procesos naturales que se estudian, así como generar una idea del entorno en general de la zona. Además, en esta sección se aborda la caracterización biofísica a nivel de microcuenca, subcuenca o cuenca, depende del nivel al que se vaya a trabajar, también se describen actividades socioeconómicas y en el caso de este proyecto se describe características hidromorfológicas de la zona, debido a que es información relevante para el desarrollo del proyecto.

### III) Capítulo 3. Marco teórico

En esta sección se incluyen los conceptos claves, que permiten una mejor comprensión de lo desarrollado en el proyecto. Además, permite tener un respaldo de que los conceptos abordados tienen una base previa de investigación que en este caso es con enfoque científico, esto de la mano con que sea lo suficientemente sencillo de comprender por cualquier persona que lea el documento. En esta sección también se abarcan teorías y prácticas referentes.

### IV) Capítulo 4. Estudios de prefactibilidad

En esta sección se presenta un análisis de prefactibilidad el cual es una evaluación preliminar del proyecto para determinar si es viable y factible antes de invertir más recursos en su desarrollo. En el caso de este proyecto de investigación, el estudio de prefactibilidad implica la evaluación de varios aspectos técnicos, legales, sociales, ambientales y la parte financiera-económica. Posteriormente se presenta la evaluación y detalle de cada una.

### V) Capítulo 5. Metodología

En esta sección se describen detalladamente las estrategias y métodos que se seguirán para alcanzar los objetivos propuestos. En este caso abarca aspectos en relación con la caracterización hidromorfológica de la cuenca, adaptación o simplificación de protocolos de monitoreo hidrológico, validación de los protocolos adaptados y por último la capacitación a los OCAs de la Región Chorotega para el monitoreo de cuerpos de agua superficial.

## VI) Capítulo 6. Resultados y Discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el presente trabajo, además, se hace la discusión de estos, los cuales son fundamentales para presentar y analizar los hallazgos obtenidos en el proyecto. En este caso abarca la recopilación de información general, caracterización hidromorfológica, aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial y, por último, la Capacitación a los OCAs.

## VII) Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones

En esta sección se presentan las conclusiones las cuales son el resultado del análisis de los datos recopilados durante el proyecto, a su vez se presentan las recomendaciones las cuales son propuestas de acciones futuras basadas en las conclusiones obtenidas, con el fin de contribuir al avance del conocimiento en el área de estudio del presente proyecto.

## **Capítulo 2 – Contexto del proyecto (Antecedentes)**

Este capítulo tiene como finalidad en base a información relevante investigada, describir el área de estudio en aspectos geográficos, hidrográficos y además describir hidromorfológicamente las zonas en donde se ubican los Observatorios Ciudadanos del Agua que abarcan el proyecto

## 2.1 Introducción

En el presente capítulo se describe la zona de estudio en aspectos geográficos, climáticos, hidrológicos y además se describen características generales de la Región Chorotega y de las zonas en donde se ubican los Observatorios Ciudadanos del Agua que abarcan el proyecto. Esto con la finalidad de contextualizar acerca de las zonas en donde se llevarán a cabo las capacitaciones de los OCAs en la Región Chorotega.

## 2.2 Descripción general de la zona de estudio.

El proyecto se desarrollará en diferentes Observatorios Ciudadanos del Agua distribuidos en la Región Chorotega, la Región Chorotega se limita a la provincia de Guanacaste y, además, dos cantones pertenecientes a la provincia de Puntarenas, los cuales son, Cóbano y Paquera. Según la Dirección Geológica y Minas (2023), esta región se ubica en el extremo oeste de Costa Rica, sus límites comprenden la República de Nicaragua al norte, al este con la provincia de Alajuela, al sur con la provincia de Puntarenas y al oeste con el Océano Pacífico. En esta región se encuentra el segundo aeropuerto internacional del país, llamado aeropuerto Internacional Daniel Oduber. Algunos de los cantones dentro de esta región, se encuentran: Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Carrillo, Cañas, Abangares, Tilarán, Nandayure, La Cruz y Hojancha (Figura 2.1)

En esta superficie se encuentran sistemas fisiográficos desde mesetas y llanuras hasta un complejo sistema orográfico todos de gran valor geo científico. Esta Región es un lugar que cuenta con sitios de diversa geomorfología; los afloramientos rocosos son de diferente origen constituidos en su mayoría por basaltos, andesitas, ignimbritas, piroclastos, diatomitas, brechas, calizas, areniscas, lutitas, arcillas y yacimientos minerales metálicos como oro y plata (DGM, 2023).

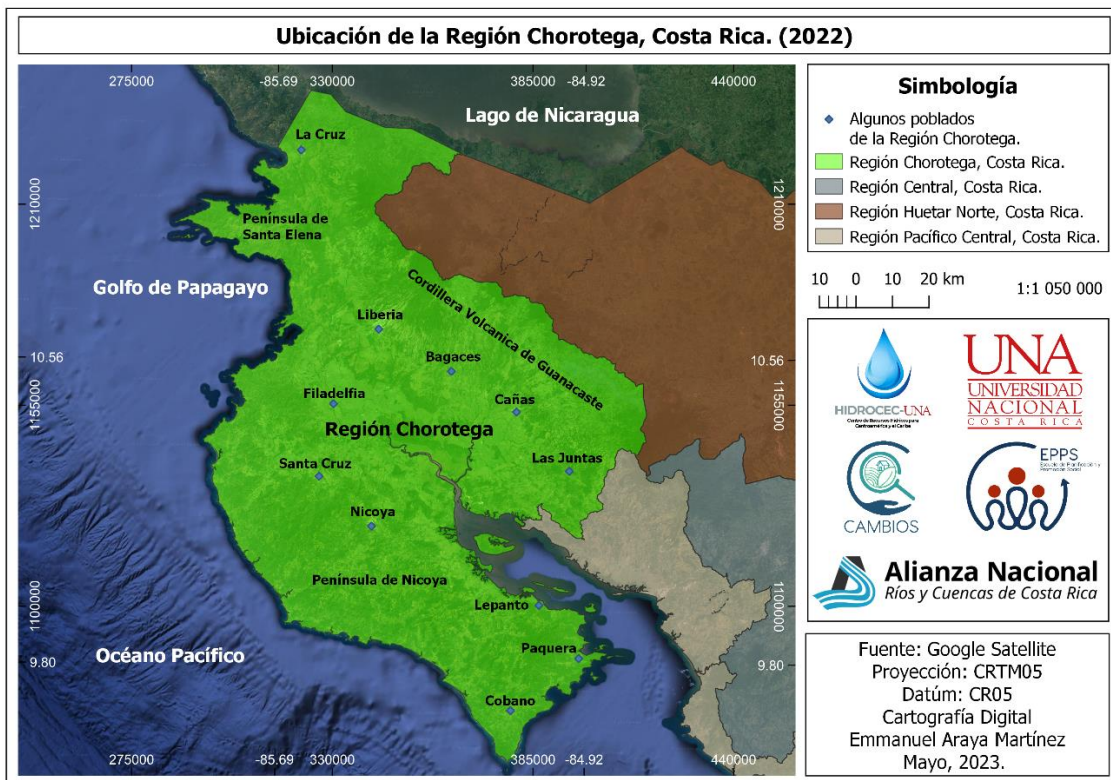


Figura 2.1. Mapa de ubicación de la Región Chorotega.

Fuente: Araya, 2023.

Entre los aspectos climáticos que se pueden mencionar de la Región Chorotega es que pertenece al Régimen del Pacífico Norte, según el IMN (2023), en relación con el viento durante el período seco y el verano es

el noreste el predominante, mientras que durante el período lluvioso el suroeste predomina. La influencia de estos vientos en relación con la orografía determina la distribución mensual de la precipitación en esta zona. Otras características es que el período seco va de diciembre a marzo y en este período precipita un 4% del total de lluvia anual. El Alisio es el viento dominante. Abril es un mes de transición y en mayo se establecen las lluvias alrededor de la tercera década del mes. El primer período lluvioso se da entre mayo y agosto cuando precipita el 50% del total. En junio ocurre el primer máximo de lluvia, al intensificarse los vientos suroestes, que provocan tormentas locales y fuertes aguaceros.

Región	Unidades fisiográficas	Estación	Línea base anual (1961-1990)			
			Precipitación(mm)	Días con lluvia(días)	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Pacífico Norte	Unidad continental	Tilarán	1900	164	27.2	19.3
		Monteverde	2483	205	22.3	15.0
		SM. Barranca	1964	124	32.0	21.4
		Cascajal, Orotina	2536	149	ND	ND
	Depresión del Tempisque	Liberia	1517	89	33.0	22.1
		Peñas Blancas	1784	102	33.0	22.7
	Unidad peninsular	Nicoya	2116	133	33.0	22.6
		Santa Cruz	1517	89	33.0	22.1
	Promedio Regional		2008	136	32.8	22.2

**Tabla 2.1. Variables climatológicas del Pacífico Norte de Costa Rica.**

Fuente: IMN, 2023.

Como se puede observar en la tabla 2.1 en general se presentan promedios de lluvia anual entre 1500 y 2500 mm, La mayor precipitación se presenta en la zona montañosa de la Cordillera de Guanacaste y de Tilarán con valores anuales cercanos a los 2200 mm y temperaturas que oscilan entre 25°C durante el día y 17°C durante la noche. La región central correspondiente a la depresión del Tempisque es la zona más seca con precipitaciones anuales promedio de 1700 mm y temperaturas entre 32°C durante el día y 22°C durante la noche. Finalmente, la precipitación anual en la zona peninsular es cercana a los 1900 mm, con montos mayores en la zona cercana a los Cerros de Nicoya y el extremo sur y sureste de la Península de Nicoya. Las temperaturas máximas durante el día pueden promediar 33°C, mientras durante la noche la temperatura puede ser de 22°C. En relación a la hidrología presente en la Región Chorotega, es una de las zonas de menor riqueza hídrica del país. Pese a que todo su territorio está colmado por ríos, el caudal de su red hidrográfica, dominada por el río Tempisque, disminuye notablemente durante la estación seca que se prolonga por cinco o seis meses a partir de diciembre (IMN, 2023).

En relación con la variabilidad y extremos climáticos se puede observar en la figura 2.2 eventos extremos secos y eventos extremos lluviosos para la Región en estudio.

Estación	Variación de la línea base con respecto a eventos extremos							
	Eventos extremos secos				Eventos extremos lluviosos			
	Lluvia anual(mm)	días con lluvia	Máxima (°C)	Mínima (°C)	lluvia anual(mm)	días con lluvia	Máxima (°C)	Mínima (°C)
Nicoya	-535	-33	1.0	0.8	522	20	-1.2	-2.8
Liberia	-482	-18	0.8	0.5	549	30	-0.9	-0.6
Santa Cruz	-604	-23	0.8	0.9	516	13	-0.7	-1.1
Peñas Blancas	-764	-56	ND	ND	251	14	ND	ND
Tilarán	-329	-2	2.2	1.2	681	32	-1.8	-1.6
Monteverde	-337	-23	1.6	0.6	782	24	-1.5	-0.5
Cascajal, Orotina.	-702	-26	ND	ND	493	42	ND	ND
S.M barranca	-466	-18	1.0	1.7	508	1	-1.0	-2.7
Promedio	-417	-24	1.2	1.0	544	22	-1.2	-1.6

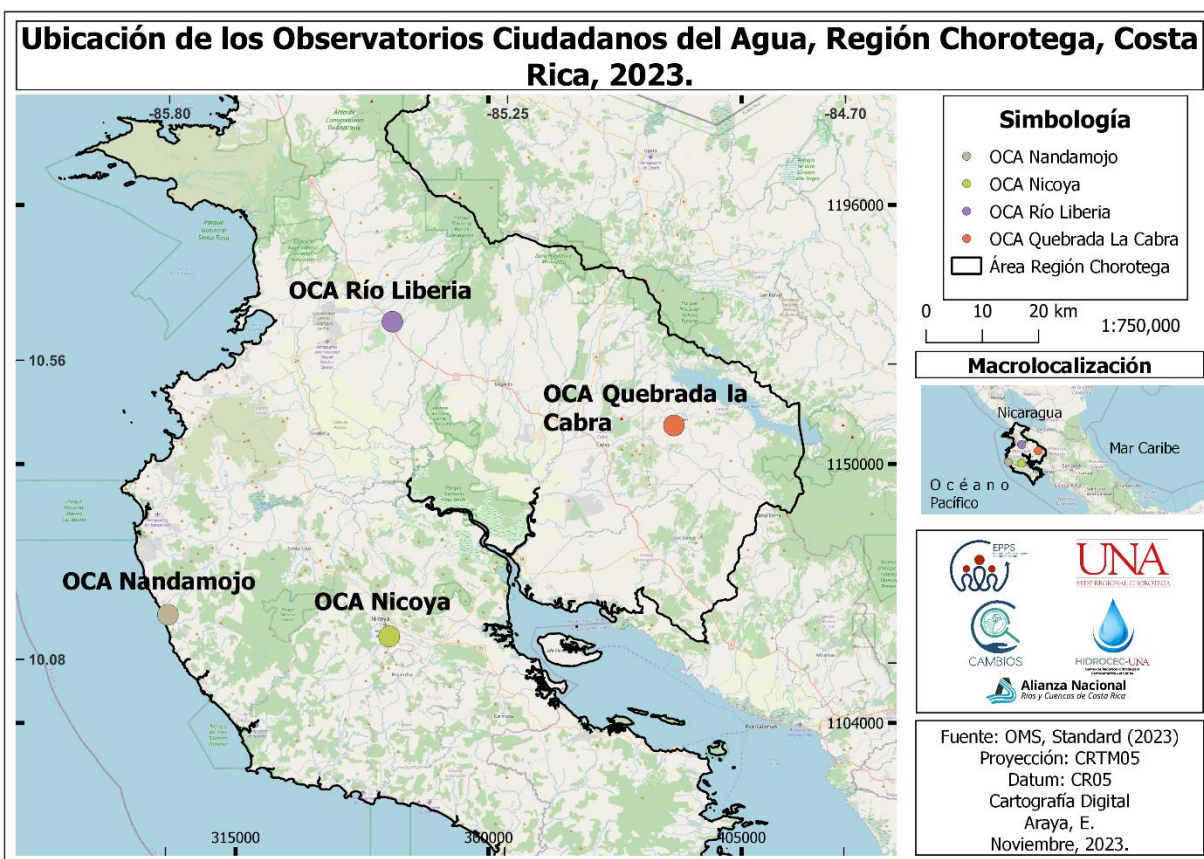
**Tabla 2.2. Eventos extremos en el Pacífico Norte de Costa Rica.**

Fuente: IMN, 2023

Fenómenos de variabilidad climática como las fases de El Niño Oscilación Sur (ENOS), pueden hacer variar el comportamiento normal del clima regional. En la tabla 2.3 se presenta la magnitud del cambio en la precipitación y la temperatura anual asociada a eventos extremos secos y lluviosos. Un evento extremo seco hace disminuir la precipitación de la zona en 417 mm, lo que representa un déficit del 26% anual. El número de días con lluvia puede disminuir hasta en 24 días. Durante esos mismos eventos, la temperatura se puede incrementar en 1.2°C durante las horas más cálidas del día o 1.0°C durante la noche. Los eventos extremos lluviosos aumentan la precipitación anual en 544 mm (28%) con disminuciones de la temperatura entre 1.2 y 1.6°C

### 2.3 Descripción de los Observatorios Ciudadanos del Agua en estudio dentro de la Región Chorotega, Costa Rica.

En esta sección se muestran y describen las características generales de las zonas en donde se ubican los Observatorios Ciudadanos del Agua que abarcan el proyecto, además se pueden observar las secciones de los ríos en donde se espera impactar mediante las capacitaciones de monitoreo de cuerpos de agua superficial.



**Figura 2.2. Ubicación de los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega.**  
Fuente: Araya, 2023.

Como se puede observar en la figura 2.2 el proyecto abarca los Observatorios Ciudadanos del agua llamados, Observatorio Ciudadano del Agua Río Liberia, el cual está ubicado en el Cantón de Liberia, uno de los principales cantones de la Provincia de Guanacaste, Observatorio Ciudadano del Agua Quebrada la Cabra, el cual está ubicada en el cantón de Tilarán, el Observatorio Ciudadano del Agua Nicoya, Ubicado en el cantón de Nicoya y finalmente pero no menos importante el Observatorio Ciudadano del Agua Nandamojo.

A continuación, se describirán más a detalle características de las áreas de incidencia de cada uno de los OCAs.

#### I) Observatorio Ciudadano del Agua Río Liberia.

El área de incidencia del Observatorio Ciudadano del Agua Río Liberia abarca una extensión superficial de 46,35 km<sup>2</sup> que forma parte de la subcuenca del Río Liberia, esta a su vez también forma parte de un sistema más extenso el cual es la cuenca del Río Tempisque. Dado el origen volcánico de la zona montañosa al noreste de Liberia, la forma de la subcuenca tiende a ser angosta en su inicio hasta llegar a esta ciudad, para luego abrirse hasta desembocar en el río Tempisque (Núñez, 2009).

“Esta área se ubica en la formación Liberia del Pleistoceno Superior, originalmente llamada “toba blanca” por Dóndoli (1950), Formación Liberia por Dengo (1962) y Río Liberia por Chiesa (1991), esta formación geológica yace sobre la formación Bagaces y tuvo su origen en el Volcán Rincón de la Vieja en la Cordillera de Guanacaste” (Zamora et al, 2003). Está compuesta de tobas blancas, granulares riolíticas y su parte basal está formada por un horizonte fluvial lacustre se encuentra expuesta en los ríos Liberia, Blanco y Colorado, la ciudad de Liberia y ambos lados de la carretera Interamericana de Pijije hasta el río tempisquito (Jiménez et. al 2001).

Como se puede observar en la figura 2.3, el cauce principal atraviesa la ciudad de Liberia y debido a esto, está expuesto a un alto riesgo de contaminación, el cual se refleja aguas abajo saliendo de la ciudad; es decir, el agua no es apta ni para el consumo humano y mucho menos para un desarrollo ecológico sano de sus márgenes (Núñez, 2009).

Según el IMN (2008) debido a que esta zona pertenece al régimen de precipitación del Pacífico Norte en relación a la hidrología es una de las zonas de menor riqueza hídrica, esto a pesar de que en el resto del país se cuente con una red hidrográfica significativa, en este caso es una zona dominada por el río tempisque y este disminuye notablemente su caudal durante la estación seca que dura aproximadamente entre cinco a seis meses.

En la tabla 2.1 mostrada anteriormente se puede observar el promedio de precipitación anual para la zona de Liberia desde 1961 hasta 1990, el cual permite analizar que es una de las regiones más secas y cálidas del país, esto se ve reflejado en los máximos y mínimos de temperatura y en la cantidad de días con lluvias presente.

Ahora bien, en la tabla 2.2 mostrada anteriormente se puede observar la magnitud del cambio en la precipitación y la temperatura anual asociada a eventos extremos secos y lluviosos, generados por diferentes fenómenos de variabilidad climática. Como se observa en la figura en promedio un evento extremo seco hace disminuir la precipitación de la zona en 417 mm, lo que representa un déficit del 26% anual y que la zona de Liberia es una de las que más se ve afectadas por este comportamiento de la precipitación.

#### ➤ *Información poblacional del cantón de Liberia*

Según el INEC (2021), la población del cantón de Liberia es de 78312 personas. Además, esta población está situada en la gran planicie guanacasteca, la ciudad de Liberia es la cabecera y cantón primero de la provincia de Guanacaste, creado el 7 de diciembre de 1848, dista aproximadamente 203 Km. de la ciudad de San José. Limita al este con Bagaces, al oeste con el Océano Pacífico, al norte y noroeste con La Cruz, al noreste con Upala y al Sur y Suroeste con Carrillo

Su superficie es de 1.567,67 Kms<sup>2</sup>, distribuidos en cinco distritos: Liberia, Cañas Dulces, Mayorga, Nacascolo y Curubandé Posee una altura promedio de 144 m sobre el nivel del mar, prevalece un clima cálido, donde la temperatura promedio oscila entre los 26 y 28 grados centígrados. Posee dos estaciones muy marcadas, donde en la época de lluvia son muy comunes las inundaciones y en verano las fuertes

sequías, fenómenos que dejan innumerables pérdidas en la agricultura y la ganadería. (Municipalidad de Liberia, 2017).

A continuación, se presenta información de la distribución por distritos presente en el cantón de Liberia

Distritos del cantón de Liberia	Población
Liberia	66040
Cañas Dulces	4017
Mayorga	2002
Nacascolo	3062
Curubandé	3191

Tabla 2.3. Distribución poblacional por distrito del cantón de Liberia.

Fuente: INEC, 2021.

A continuación, se presenta la figura 2.3 en la cual se puede observar más a detalle el área de incidencia del OCA Río Liberia, en dicha cartografía se representan los puntos de muestreo del Observatorio en conjunto con el HIDROCEC, además se representa el cauce principal el cual es el río Liberia.

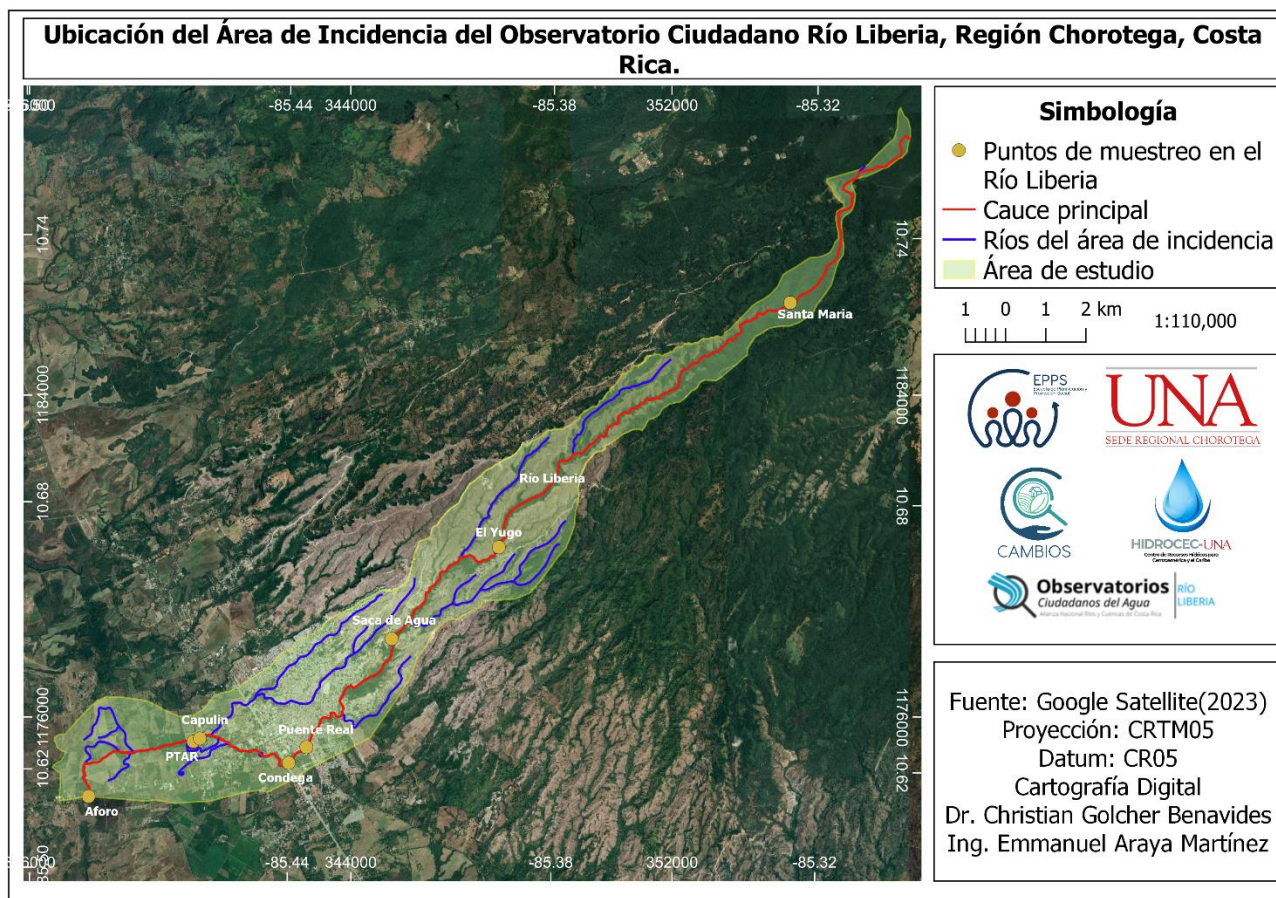


Figura 2.3. Ubicación del área de incidencia del OCA Río Liberia.

Fuente: Araya, 2023.

## II) Observatorio Ciudadano del Agua Quebrada la Cabra, Tilarán.

### Variables climáticas

El cantón de Tilarán posee las características climáticas propias de la unidad fisiográfica continental constituida por las cordilleras de Guanacaste y Tilarán, con una altitud media de 1000 msnm, característica que propicia condiciones húmedas y frescas. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Variable	Rango
temperatura promedio	22.8 °C (Min 19.2 °C. Max 26,4 °C)
precipitación en mm	2085
horas luz	11.5 a 12.5 horas
radiación solar	ND
periodos secos/lluvia	Cuatro meses/8 meses

**Tabla 2.4. Variables climáticas en el Cantón de Tilarán.**

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020.

El promedio anual de precipitación es de 2085 mm registrados en la Estación Tilarán, sin embargo, en las partes elevadas del cantón y en el sector de influencia Caribe más directa, se puede alcanzar datos que superan los 3000 mm de precipitación. La distribución de la lluvia es irregular, alternándose una estación seca con una lluviosa. La estación seca es ligeramente marcada para los meses de febrero, marzo y abril, meses en los cuales el promedio de lluvia está por debajo de los 50mm. A diferencia de la zona baja de la región, los meses de diciembre y enero son lluviosos en Tilarán, debido a la influencia de los sistemas de viento que afectan la vertiente Caribe y que generan humedad y precipitación al pasar por la depresión que separa la Cordillera de Guanacaste del Volcán Arenal. La época lluviosa se extiende de mayo a diciembre, con máximos de lluvia durante los meses de junio (294,5 mm) y setiembre (350,0 mm). Julio y agosto reportan un leve descenso en la cantidad de lluvia debido al efecto del “veranillo de San Juan y la canícula”, periodos durante los cuales se presentan varios días secos consecutivos. Al igual que el resto de la región, la zona se ve afectada frecuentemente por el fenómeno El Niño que prolonga el periodo seco hasta por 8 meses, causando severas pérdidas en el campo agropecuario, energético, hídrico y pesquero. La temperatura aumenta ligeramente durante este evento. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

#### ➤ *Características hidrológicas*

El sistema fluvial del cantón de Tilarán discurre tanto en la Vertiente pacífica como Caribe. En la Vertiente Pacífica se encuentra el río Bebedero y otros importantes como el Cañas, Santa Rosa, Cacao y Magdalena. Los ríos Corobicí, Cañas y Quebrada Los Tornos funcionan como límites cantonales con Cañas y Abangares respectivamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Hacia la vertiente Caribe drenan los ríos Negro, Chiquito, Tronadora, San Luis, Sábalo, Dos Bocas y Mata de Caña. Algunos de ellos desembocan en la Laguna de Arenal. Los ríos Negro, San Gerardo y Caño Negro funcionan como límites cantonales; los dos primeros con Abangares y el otro con San Ramón, cantón alajuelense. La mayor parte de la Laguna de Arenal se encuentra dentro del cantón de Tilarán (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

#### ➤ *Características de los suelos*

En el cantón se encuentran cuatro órdenes de suelos que incluyen Alfisoles, Inceptisoles, Entisoles y Ultisoles. Los Inceptisoles son el orden que cubre la mayor parte del cantón y aparecen como un suelo joven, derivados de materiales volcánicos y baja saturación de bases. Se han desarrollado sobre terrenos ondulados, con pendientes entre el 30 y 60%. Los Ultisoles se presentan como un suelo con un horizonte argílico, con menos de un 35% de saturación de bases, generalmente profundos, bien drenados, de color rojo o amarillo y una fertilidad relativamente baja, sobre terrenos ondulados y pendientes entre 30 – 60% (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Los alfisoles se presentan como un suelo con un horizonte argílico con más del 35% de saturación de bases, similar al Ultisol, excepto por su alta fertilidad potencial. Y, por último, los entisoles tienen una menor área de cobertura y se encuentra muy poco desarrollo de horizontes e impacto humano sobre el mismo.

Clase de suelo	Extensión (has)
Inceptisoles	51.696,1
Alfisoles	6.423,0
Ultisoles	5.007,6
Entisoles	712,3
<b>Total</b>	<b>63.839</b>

**Tabla 2.5. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Tilarán.**

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020.

➤ *Información poblacional del cantón de Tilarán*

Según el INEC (2021), la población del cantón de Tilarán es de 21 863 personas. Además, el 22 de setiembre de 1913, por acuerdo ejecutivo, el barrio Tilarán ascendió a la categoría de distrito, como tercero del cantón de Cañas. Durante la Administración de don Julio Acosta García, el 21 de agosto de 1923, por ley No. 170, se le otorgó el título de villa a la población de Tilarán, cabecera del cantón creado en esa oportunidad. Tiempo después, el 9 de agosto de 1945, durante el gobierno de don Teodoro Picado Michalski, se decretó la Ley No. 151 que le confirió a la villa, la categoría de Ciudad. La primera cañería se construyó en 1913, con aguas del río Santa Rosa, en el cual se hizo una represa y por medio de una zanja se conducía el agua a un tanque. El alumbrado eléctrico se instaló en 1924. Administración Acosta (21 de agosto de 1923). Tilarán es erigido octavo cantón de la Provincia de Guanacaste (Municipalidad de Tilarán, 2015).

A continuación, se presenta información de la distribución por distritos presente en el cantón de Nicoya

Distritos del cantón de Tilarán	Población
Tilarán	9394
Quebrada Grande	3085
Tronadora	2017
Santa Rosa	2174
Líbano	959
Tierras Morenas	1538
Arenal	2696

**Tabla 2.6. Distribución poblacional por distrito del cantón de Nicoya.**

**Fuente:** INEC, 2021.

A continuación, se presenta el mapa de ubicación del área de incidencia del Observatorio Ciudadano del Agua Quebrada la Cabra. En la cual está representada la hidrografía presente en dicha área, además de los puntos de muestreo del Observatorio y su cauce principal.

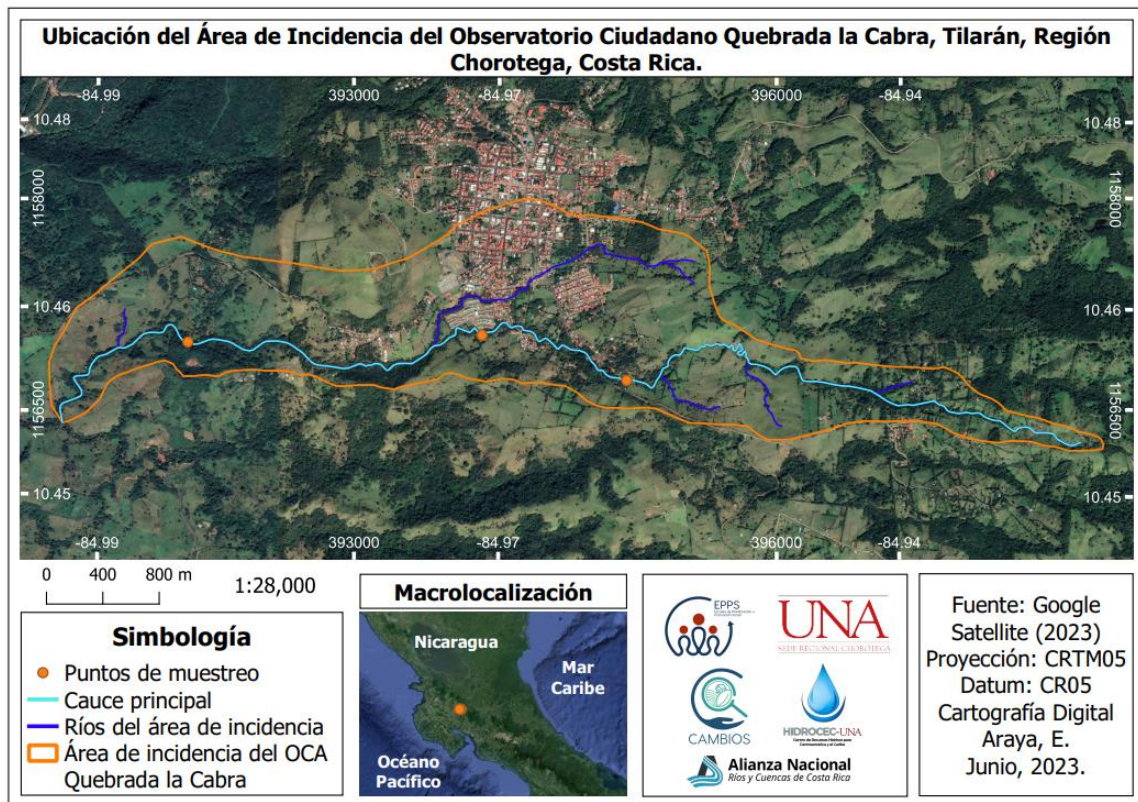


Figura 2.4. Ubicación del área de incidencia del OCA Quebrada la Cabra.  
Fuente: Araya, 2023.

### III) Observatorio Ciudadano del Agua Nicoya.

#### ➤ Variables climáticas

El cantón de Nicoya posee las características climáticas propias de la Cuenca media e inferior del río Tempisque, modificadas por el sistema de serranías peninsulares que alcanzan elevaciones cercanas a los 1000 msnm y propician condiciones climáticas más húmedas y frescas. El promedio anual de precipitación es de 2153 mm registrados en la Estación Nicoya, sin embargo, en las partes elevadas del cantón se puede alcanzar cifras de 3500 mm anuales. La distribución de la lluvia es irregular, alternándose una estación seca con una lluviosa.

La estación seca es muy marcada para los meses diciembre, enero, febrero y marzo, meses en los cuales el promedio de lluvia está por debajo de los 50mm. Abril es un mes de transición en el cual el promedio histórico de lluvia asciende a 65,7mm. Según Herrera (1985), la estación seca es producto de los fuertes vientos alisios que impiden la conversión de la humedad en la atmósfera, y la influencia de la humedad que viene del Pacífico.

La época lluviosa se extiende de mayo a noviembre, con máximos de lluvia durante los meses de junio (308,8 mm) y octubre (396,4 mm). En julio y agosto el cantón es afectado “veranillo de San Juan y la canícula”, periodos durante los cuales se presentan varios días o semanas secas consecutivos. La temperatura

es alta y constante durante todo el año, el promedio anual es de 27.1°C Al igual que el resto de la región, la zona se ve afectada frecuentemente por el fenómeno El Niño que prolonga el periodo seco hasta por 8 meses, causando severas pérdidas en el campo agropecuario, energético, hídrico y pesquero. La temperatura aumenta ligeramente durante este evento (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

➤ *Características hidrológicas*

El sistema fluvial del cantón Nicoya, se encuentra en la vertiente del Pacífico y pertenece a la cuenca de los ríos de la Península de Nicoya y del río Tempisque. La cuenca de los ríos de la Península es drenada por los Ríos Nosara, Montaña, Rempujo, Garza, Buenavista y Mala Noche; al primero se le unen los Ríos Pilas Blancas, Quirimán con sus afluentes Gamalotal y Lajas. Todos estos ríos, excepto el Río Montaña, nacen en el cantón, hasta desembocar en el Océano Pacífico.

Otros ríos son Pueblo Nuevo, Nacaome y Morote, este último se origina de la confluencia de los ríos Grande y Momollejo, al Río Grande se le unen los Ríos Carreta, Perico, Chipanzo, Potrero, Pedernal, Vueltas; también se juntan al Río Morote los Ríos Cacao Mico, Camarón, Iguanita y Blanco. Estos cursos de agua, excepto los cuatro últimos, nacen en el cantón y desembocan en el Golfo de Nicoya. Los Ríos Montaña, Momollejo, Blanco y Morote son límites cantonales; el primero con Santa Cruz; el segundo con Hojancha, y los otros con Nandayure. La cuenca del Río Tempisque es irrigada por los Ríos Charco San Lázaro, Garzón y la Quebrada Honda; los cuales son afluentes del Río Tempisque. Los Ríos Charco y Tempisque son límites cantonales; el primero con Santa Cruz y el otro con Bagaces. También se encuentran en el área los lagos Mata Redonda, Corral de Piedra y Sonzapote (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

➤ *Características de los suelos*

Los grupos predominantes de suelos para el cantón de Nicoya son los Alfisoles y Vertisoles, sobre relieves de plano a plano ondulados, con poco desarrollo y asociados en muchos casos a terrenos de origen fluvial (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Clase de suelo	Extensión (has)
Alfisoles	82.000
Vertisoles	26.000
Entisoles	21.000
Inceptisoles	3.768
Mollisoles	400
<b>Total</b>	<b>133.668</b>

**Tabla 2.7. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Nicoya.**

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020.

➤ *Información poblacional del cantón de Nicoya*

Según el INEC (2021), la población del cantón de Nicoya es de 57 125 personas. Además, Nicoya es el cantón segundo de la provincia de Guanacaste, Costa Rica, fundado el 7 de diciembre de 1848, lo que lo convierte en uno de los trece primeros cantones que tuvo el país. Posee una extensión territorial de 1333,68 km<sup>2</sup> y se divide en siete distritos. Su cabecera es la ciudad de Nicoya, ubicada a 350 kilómetros por carretera de la capital del país San José, en el corazón de la península del mismo nombre. Ubicada a 123 metros de altura, fue tierra de amerindios chorotegas hasta la llegada española en 1520. Es conocida por algunos como "la ciudad colonial de Costa Rica". Nicoya y todo el territorio del Guanacaste se anexaron por propia voluntad a Costa Rica el 25 de julio de 1824 (Municipalidad de Nicoya, 2017).

A continuación, se presenta información de la distribución por distritos presente en el cantón de Nicoya

Distritos del cantón de Nicoya	Población
Nicoya	26919
Mansión	5774
San Antonio	7123
Quebrada Honda	2587
Sámara	4627
Nosara	7044
Belén de Nosarita	3051

Tabla 2.8. Distribución poblacional por distrito del cantón de Nicoya.  
Fuente: INEC, 2021.

A continuación, se presenta el mapa de ubicación del área de incidencia del OCA Nicoya.

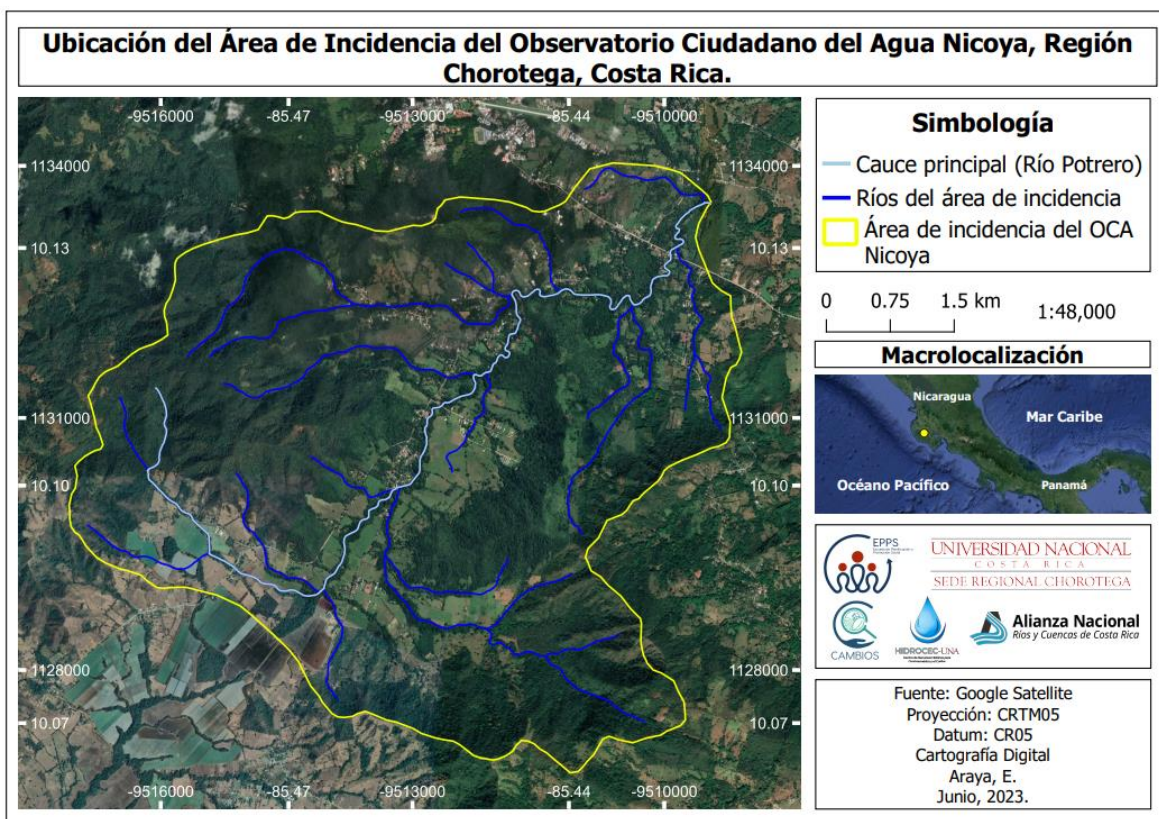


Figura 2.5. Ubicación del área de incidencia del OCA Nicoya.  
Fuente: Araya, 2023.

#### IV) Observatorio Ciudadano del Agua Nandamojo, Santa Cruz

##### ➤ Variables climáticas

El clima del territorio, al igual que el resto de la provincia de Guanacaste, se caracteriza por tener dos estaciones definidas, la seca y la lluviosa. La estación seca ocurre en los meses de diciembre a abril y la estación lluviosa en los meses de mayo a noviembre. El promedio de temperatura oscila entre 24 y 32 grados Celsius y la precipitación promedio es de 1600 mm al año. La siguiente tabla muestra las características principales del clima en los dos cantones que conforman el Territorio.

Cantón	Tipo de clima	Zonas de vida	Precipitación	Temperatura	Altitud
Santa Cruz	Tropical Seco a Tropical Húmedo	Bosque seco Tropical (bs-T) Promedio anual 1.795 mm Promedio anual 25 °C 13 a 63 .bs-T Transición a húmedo Bosque húmedo Tropical (bh-T) .bh-T Transición a Seco Bosque húmedo Premontano, transición basal (bh-P) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P)	Promedio anual 1.795 mm	Promedio anual 25 °C	13 a 63

**Tabla 2.9. Características climáticas del cantón donde se ubica la subcuenca Nandamojo**

Fuente: INDER, 2016.

➤ *Características hidrológicas*

La cuenca Nandamojo se ubica en el distrito 27 de abril del cantón Santa Cruz, este sistema fluvial pertenece a la Vertiente del Pacífico. El cauce principal recorre aproximadamente 20 kilómetros y abarca un área de aproximadamente 9.229 ha., que se extiende desde las comunidades 27 de abril, Las Delicias, Guapote, Río Seco, Paraíso, Junquillal y Venado. En el recorrido sobresalen los terrenos para uso ganadero y algunas plantaciones de granos básicos, principalmente arroz y maíz.

El humedal marino costero de la cuenca Nandamojo colinda con las comunidades de Playa Junquillal, Paraíso y Venado (comunidades aledañas), además de un pequeño asentamiento campesino del Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) dedicado a la agricultura y la ganadería a pequeña escala por parte de 28 familias (1.283,6 hectáreas), llamado Las Parcelas.

La superficie del humedal Nandamojo es de aproximadamente 189 hectáreas, con un perímetro de 12,3 kilómetros y su principal ecosistema lo representa el estero Venado que se ubica en la sección inferior de la microcuenca Nandamojo. El humedal es parte del patrimonio natural del Estado, por estar constituida por ecosistemas de manglar, y constituye uno de los sitios con formaciones de bosques de mangle mejor conservados en la línea costero-marina de la costa occidental de la Península de Nicoya (Universidad Nacional, 2014).

➤ *Características de los suelos*

Dentro del cantón es posible encontrar alfisoles, inceptisoles, vertisoles, mollisoles y entisoles. Los suelos predominantes son los alfisoles, caracterizados por ser suelos con horizonte argílico poco desarrollado, con más de un 35% de saturación de bases, similar al orden Ultisol excepto por su alta fertilidad potencial. Se encuentran sobre todo tipo de terrenos, escarpados con más de 60% de pendiente, sobre terrenos fuertemente ondulados, con pendientes que varían del 30 al 60% o suavemente ondulados con pendientes de 2 a 15%.

Clase de suelo	Extensión (has)
Alfisoles	90.227
Inceptisoles	15.000
Vertisoles	12.000
Mollisoles	9.000
Entisoles	5.000
<b>Total</b>	<b>131.227</b>

**Tabla 2.10. Clases de suelo y extensión en hectáreas en el cantón de Santa Cruz.**

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, s.f.

➤ *Información poblacional del cantón de Santa Cruz*

El Territorio tiene una población total de 92.226 habitantes, de los cuales, el 49,7% son hombres y el 50,2% mujeres (INEC, 2011). La población total de este Territorio representa el 28 % de la población total de la región Chorotega. Por grupo etario, la población de 0 a 12 años representa el 21,75% de la población total del Territorio, el grupo de 13 a 35 años, el 39,41%, el grupo de 36 a 64 años el 31,22% y la población mayor de 65 años el 7,63%. Presenta una densidad poblacional de 48,8 habitantes por kilómetro cuadrado, la cual es superior a la densidad poblacional de la región Chorotega (32,2). Por cantón, Carrillo presenta la mayor densidad poblacional con 64,4 habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que el cantón de Santa Cruz

cuenta con 42 habitantes por kilómetro cuadrado. Por distrito, el de mayor densidad poblacional del Territorio es Palmira con 145,7 habitantes por kilómetro cuadrado, seguido de Santa Cruz con 79,2 y Filadelfia con 63,6. Los distritos con la menor densidad poblacional son Cuajiniquil, con 7,7 habitantes por kilómetro cuadrado y Veintisiete de Abril con 23,4 (INDER, 2016).

A continuación, se presenta el mapa de ubicación del área de incidencia del OCA Nandamojo.

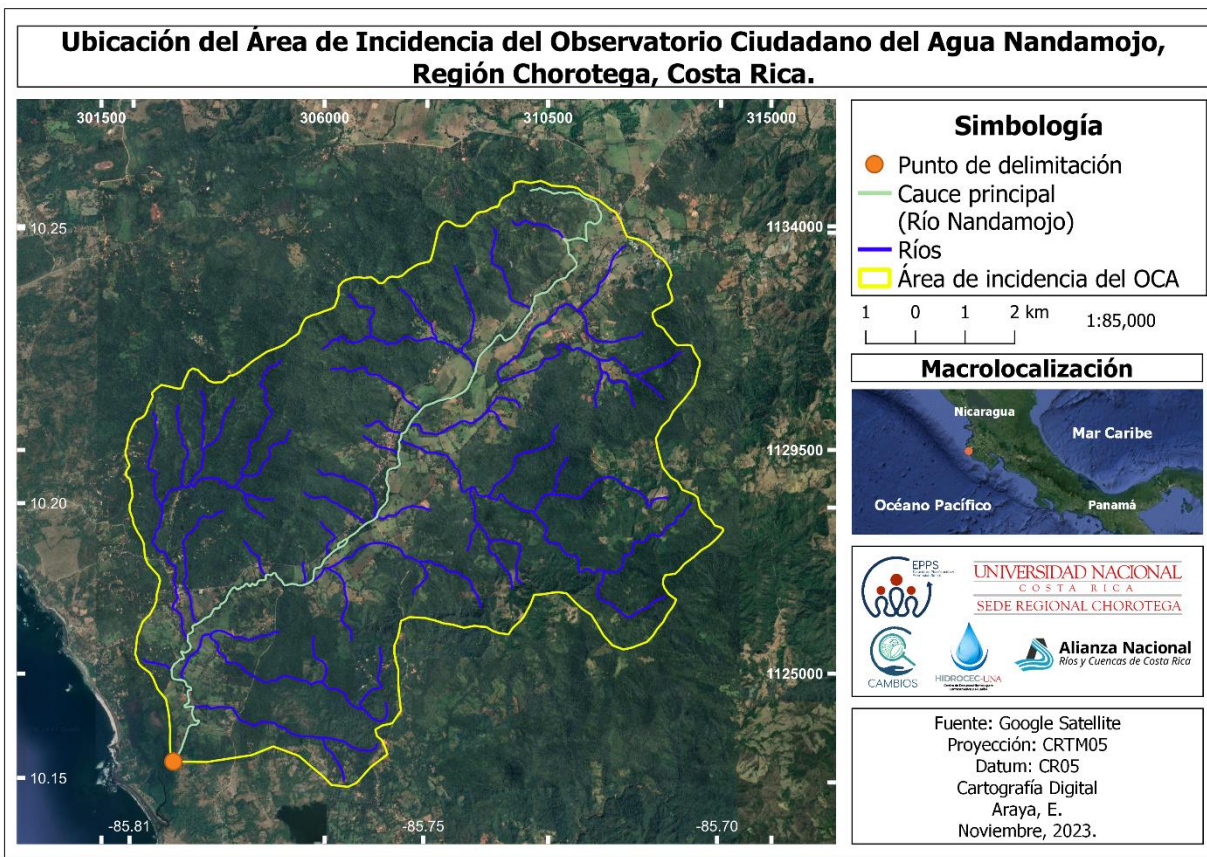


Figura 2.6. Ubicación del área de incidencia del OCA Nandamojo.  
Fuente: Araya, 2023.

## 2.4 Iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países.

En esta sección se muestran algunas iniciativas o acciones implementadas en diferentes países por parte de organizaciones sociales, gobiernos e instituciones para favorecer la recuperación ambiental de los Ríos.

Una de estas iniciativas se ubica en España y fue realizada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, dicha iniciativa se vio plasmada en un documento publicado el 2022 titulado Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2022-2023. En él se describe que la estrategia permite hacer frente a los problemas y a los retos que plantea la gestión del agua en España y adaptarse a los potenciales efectos nocivos del cambio climático, conforme al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de dicho país.

La revisión y actualización de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (2022-2030) establece 6 líneas de actuación las cuales están enfocadas a la mejora del régimen hidro sedimentario de los cauces, la restauración de la conectividad longitudinal mediante la eliminación o permeabilización de obstáculos transversales, la restauración de la conectividad transversal a través de la reconexión de los cauces y sus llanuras de inundación, la restauración de hábitats acuáticos y ribereños, la erradicación y control de especies

invasoras en medios acuáticos y ribereños continentales, la realización de actividades de tipo divulgativo y de sensibilización y el desarrollo de actuaciones de mejora del conocimiento e innovación (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

Estas líneas de acción se concretan y se desarrollan en una serie de medidas de actuación, quedando resumidas en la tabla 2.9 que se muestra a continuación.

<b>Principales líneas de acción</b>	
1) Mejora de la normativa existente mediante la modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) y del Real Decreto por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (RDSE) con objeto de dotar a las aguas continentales y a las administraciones responsables de su gestión de mecanismos y herramientas más adecuados para su protección y gestión, haciéndola compatible con la satisfacción de las necesidades de la sociedad en un contexto de cambio climático.	2) Mejora del conocimiento de las condiciones hidromorfológicas de las masas de agua; de las presiones responsables de su alteración y pérdida de naturalidad, especialmente en lo relativo a la dinámica sedimentaria y a las especies exóticas invasoras; y de las acciones de restauración fluvial como parte fundamental del proceso de conservación y mejora del estado de los ríos. De igual forma se pretende avanzar en la delimitación generalizada del DPH y las zonas inundables con el objetivo de detectar los posibles tramos susceptibles de restauración fluvial.
3) Desarrollo de programas específicos de seguimiento de la implantación de los regímenes de caudales ecológicos, que permitan, tanto analizar el cumplimiento de los 6 mismos, como sus efectos sobre el medio fluvial y los ecosistemas acuáticos y ribereños que sustenta.	4) Implantación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) dirigidas a la adaptación y a la disminución de la vulnerabilidad del ecosistema fluvial frente a los efectos del cambio climático. Estas medidas consisten fundamentalmente en activación de antiguos brazos o meandros, conexión del río con la llanura de inundación, recarga de acuíferos y con ello incrementar la capacidad del sistema para absorber la inundación.
5) Desarrollo de actuaciones específicas de restauración fluvial como medida fundamental para la recuperación ambiental y la adaptación a los fenómenos extremos, a través del desarrollo de las medidas de restauración fluvial incluidas en los Planes hidrológicos de cuenca y en los Planes de gestión del riesgo de inundación, de la puesta en marcha de actuaciones de restauración fluvial en los cauces afectados por grandes incendios forestales, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales; y a través de la puesta a disposición de recursos económicos a todas las administraciones, para fomentar la restauración fluvial en todos los ámbitos (incluidas las zonas urbanas), dirigidos especialmente a la restauración de la conectividad, a la reducción del riesgo de inundación y al impulso de los servicios ecosistémicos de los tramos de río, incluyendo los urbanos.	6) Capacitación y mejora de la gobernanza y colaboración interadministrativa como elementos clave para el cumplimiento de los objetivos y compromisos ambientales. Impulso en la formación y capacitación de las personas encargadas de ejecutar los proyectos de restauración y fomento de la cooperación entre los organismos encargados de la gestión del agua, junto a asociaciones y colectivos sociales.
7) Divulgación y sensibilización en materia de restauración fluvial mediante la realización de actividades de tipo divulgativo y de apoyo a la implantación de proyectos para la puesta en valor del patrimonio natural fluvial de los ríos españoles.	8) Desarrollo de actuaciones de mejora del conocimiento e innovación para incrementar el conocimiento de la restauración de los ecosistemas acuáticos y de su relación con el cambio climático a través de la publicación de guías y manuales técnicos, del fomento de proyectos de investigación y de la monitorización y seguimiento de proyectos.

**Tabla 2.9. Principales líneas de actuación**

**Fuente:** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022.

Otra iniciativa fue desarrollada en Chile por una agencia de gobierno llamada SENDA, en esta iniciativa llamada “Propuestas de Red de Tratamiento y Recuperación de Los Ríos para Iniciativa de Post Tratamiento de SENDA”, lo que se realizó fue que profesionales del Nivel Central de SENDA se trasladaron hasta la Región de Los Ríos, para recoger propuestas para diseñar un programa de recuperación, conocer los aportes regionales y evaluar su incorporación en una iniciativa institucional de post tratamiento. La primera reunión se realizó en la Contraloría regional de Los Ríos con los equipos de la Red Regional de Tratamiento e

Integración Social para dialogar y trabajar en grupos de trabajo y analizar el diseño de un programa, considerando realidades de la región, con foco en una trayectoria exitosa de recuperación de las personas usuarias (Gobierno de Chile, 2022).

El objetivo de esta iniciativa fue mostrar una propuesta de post tratamiento, específicamente de un programa que quieren establecer como plan piloto en la región y recopilar información necesaria con realidades regionales, en el cual se pueda hacer un trabajo más participativo con las comunidades.

Por mencionar una tercera iniciativa se puede poner el ejemplo de la desarrollada bajo el alero de uno de los 13 programas y proyectos prioritarios que impulsa la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema) del Gobierno de la Ciudad de México. Este programa se llama Restauración de Ríos (Recuperación de ríos, barrancas y cuerpos de agua de la Ciudad de México), que según el Gobierno de la Ciudad de México (2022) en conjunto, los programas y proyectos buscan reconectar a la Ciudad de México con su naturaleza, y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Se trata de traer la naturaleza de regreso a la ciudad, de cultivarla en todo lugar posible, de buscar oportunidades para conservarla y restaurarla creativamente, de reconciliarse con ella y hacerla una compañera permanente.

El proyecto realiza acciones de restauración y conservación en los cauces principales del Río San Buenaventura, Arroyo Santiago, Río Eslava y Río Magdalena, Río de los Remedios y Canal Nacional en la Ciudad de México. Limpia sus cauces; construye obras de conservación de suelo y agua en sus márgenes; contempla acciones de reforestación y revegetación en sus riberas y los bosques que los rodean, así mismo, erradica plagas y enfermedades de la vegetación. También, mejora accesos y sitios en algunos tramos de los ríos y fomenta que la ciudadanía disfrute, participe y se apropie de los espacios públicos que se crean en sus riberas. El proyecto promueve acciones para que los ríos se restablezcan y fluyan por la ciudad dejando a su paso sus beneficios naturales y sociales.

Las líneas de acción que se desarrollan se muestran en la tabla 2.10 que se muestra a continuación.

<b>Principales líneas de acción</b>
<b>1) Rehidratamos la ciudad:</b> Al rescatar los ríos, el proyecto permite que el agua cruce por varias zonas de la ciudad e hidrate a su paso bosques urbanos, parques, plazas y áreas verdes donde habitan numerosas especies de animales y plantas, pero también, ayuda a que la ciudad suministre agua a una de las principales fuentes que la provee de este vital líquido: sus mantos acuíferos.
<b>2) Creamos afluentes de disfrute y calidad de vida:</b> El proyecto busca tener dentro de la ciudad ríos saludables debido que permite contar con corredores de viento por los cuales se ventila la ciudad; además disminuyen el polvo y mejoran la calidad del aire; consiguen reducir la temperatura de las áreas por donde pasan; y aumentan la presencia de la vegetación y de los animales, restableciendo el paisaje natural. También permite recuperar una vida urbana placentera y saludable junto a sus riberas.
<b>3) Promovemos la participación ciudadana y la cohesión social:</b> El proyecto Restauración de ríos promueve y facilita el encuentro, la convivencia y la integración de las y los ciudadanos al crear nuevos espacios públicos de calidad en las riberas de los ríos. Además, impulsa la participación activa de quienes habitan la ciudad en las labores de recuperación de los ríos y fomenta que las y los ciudadanos se apropien de los espacios públicos en sus riberas, lo que incrementa la funcionalidad y la seguridad de estos sitios y asegura su permanencia.
<b>4) Ayudamos a crear una ciudad más resistente ante el cambio climático:</b> Tener ríos saludables en medio de la Ciudad de México, puede ayudarnos a crear una ciudad menos vulnerable ante los efectos del cambio climático. Por su capacidad de desplazar el agua e infiltrarla, los ríos y sus riberas se convierten en zonas que evitan y amortiguan las inundaciones, lo que reduce la vulnerabilidad de las y los habitantes de la ciudad ante eventos extremos como tormentas y lluvias torrenciales. Debido al agua que llevan sus afluentes y la vegetación de sus márgenes, los ríos actúan como reguladores de la temperatura que combaten el calor extremo; además, los árboles y las plantas de sus riberas ayudan a capturar algunos de los gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global.
<b>5) Creamos mejores condiciones socioambientales cercanas a los ríos:</b> A lo largo de sus trayectos, los ríos cruzan todo el territorio de la Ciudad de México, incluyendo las zonas rurales dedicadas a la producción agrícola y pecuaria. En estas zonas productivas de la ciudad, el agua y la vegetación local son insumos centrales para que productoras y productores realicen su trabajo, obtengan ingresos y produzcan alimentos tanto para sus familias, como para el resto de las personas que habitamos la ciudad. A través de la ejecución de trabajos que permiten mejorar el agua de los ríos y restaurar la vegetación de sus riberas, el proyecto mejora las condiciones de las y los habitantes, mejorando las actividades de producción agrícola y pecuaria, recreación y esparcimiento y aumenta la biodiversidad.
<b>6) Tejemos alianzas virtuosas:</b> Los ríos de la Ciudad de México y sus entornos naturales son una

responsabilidad compartida. Recuperarlos exige un esfuerzo colectivo y para ello todos y todas somos aliadas. El proyecto Restauración de ríos construye alianzas con universidades, grupos vecinales y de estudiantes, de mujeres y hombres comuneros y productores agropecuarios, organizaciones civiles, empresas y alcaldías, para impulsar en conjunto la restauración y la conservación de los ríos vivos de la ciudad.

**7) Promovemos y cumplimos derechos:** Al recuperar los caudales y los entornos naturales de los ríos de la ciudad, y al crear espacios públicos de convivencia, disfrute y recreación en sus riberas, el proyecto Restauración de ríos promueve y hace cumplir los derechos humanos de las personas, comunidades y pueblos de la ciudad, tales como: el derecho a un medio ambiente sano, el derecho al agua, a la alimentación, a participar y a decidir, el derecho al trabajo, entre otros.

**Tabla 2.10. Principales líneas de actuación**

**Fuente:** Gobierno de la Ciudad de México, 2022.

Por mencionar una última iniciativa es importante destacar el trabajo realizado por la Red Continental Americana de Monitoreo Comunitario del Agua (Red CAMCPA). La misma surge y es creada en un contexto de colaboración entre personas comprometidas con el medio ambiente y la sociedad a iniciativa de la Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica.

Ahora bien, dicha red tiene muy clara y definida tanto su Misión, Visión y también su Objetivo, los cuales son los siguientes: la Red se visualiza como una plataforma de referencia a nivel regional que genera las bases sociotécnicas para conservar y restaurar los ríos de la región, de manera innovadora, incluyente, sensible e informada, que incide en los ámbitos educativos y de política pública generando nuevas formas de tejido social. La Misión de la Red es la colaboración proactiva en el monitoreo participativo del agua, construyendo procesos sólidos de involucramiento ciudadano en la generación de conocimiento para la educación, la participación social y las políticas públicas. De este modo, busca promover la gestión del conocimiento a partir del monitoreo comunitario del agua, en beneficio de su gestión integrada (Ambientico, 2023).

Algunas de las acciones llevadas a cabo mediante esta iniciativa es que se ha generado una Red muy conectada durante el periodo de julio 2021 a diciembre 2022, siendo importante notar que existe un promedio de 7.4 interacciones por actor. La comunicación constante en este tipo de iniciativas es fundamental para la organización de diversas actividades. Entre ellas, por ejemplo, la publicación del boletín “El Eco de los ríos”, cuenta con cuatro emisiones anuales, invita a los lectores a observar el estado que tienen sus ríos y cuencas, y a vincularse con otras personas y grupos de sus regiones. La radio es un espacio constante y de gran interacción para los miembros de la Red, quienes tienen la oportunidad de proponer temas e invitar diversas voces a charlar sobre los asuntos ambientales que son de interés para la Red (Ambientico, 2023).

Es enorme la oportunidad de difundir las reflexiones a través de los programas Para que nuestros ríos lleguen sanos al mar, producido por la Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica, y Resistierra de Ibero 90.9 FM producido por la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. Además, La Red actual permite la colaboración proactiva en el monitoreo participativo del agua a través de sus 37 participantes de 10 países americanos. Finalmente se puede mencionar que la Red CAMCPA ha logrado concluir diversas actividades durante su primer año, incluyendo el establecimiento de una estrategia de comunicación. De esta manera, se vislumbra la generación de futuros productos estratégicos que aprovechen el gran potencial para la colaboración que existe de hacer eco a lo largo y ancho del continente (Ambientico, 2023).

A través de la investigación de estas iniciativas lo que se logra analizar es que la recuperación ambiental de los ríos es un tema importante en diferentes países y regiones del mundo, la degradación ambiental de estos cuerpos de agua no solo afecta a la Región Chorotega Costa Rica, sino que es una problemática mundial. Por ello, es importante saber qué acciones se han implementado o desarrollado en estos países, el tenerlos de referencia podría generar ideas que se puedan implementar en la Región que se está tratando de impactar de manera positiva con este proyecto. Además, el conocer estas situaciones permiten generar un panorama de la importancia que tienen los grupos sociales voluntarios como los Observatorios Ciudadanos del Agua

para llevar a cabo estas tareas o actividades que en ocasiones no cuentan con un apoyo económico de por medio para llevarse a cabo.

### **Capítulo 3 – Marco teórico**

Este capítulo tiene como finalidad situar el proyecto en un contexto teórico y conceptual, fundamentando la necesidad y relevancia de llevar a cabo el proyecto, así como para establecer una base sólida de conocimiento sobre el tema.

### **3.1 Introducción**

La construcción de capacidades técnicas de monitoreo de cuerpos de agua superficial en grupos sociales organizados es un tema importante porque permite a las comunidades estar informadas sobre las condiciones de su entorno y, en particular, de los recursos hídricos en su área. Esto les permite tomar decisiones informadas sobre cómo interactuar con el agua, cómo conservarla y cómo utilizarla de manera sostenible.

Además, al establecer sistemas de monitoreo relacionados con el recurso hídrico, las comunidades pueden estar preparadas para tomar medidas preventivas cuando se presenta una amenaza, como lo es la degradación ambiental de los ríos con los que interactúan las comunidades.

Otro aspecto que considerar es que la construcción de capacidades técnicas en grupos sociales organizados como lo son los Observatorios Ciudadanos del Agua también puede fomentar la participación de la comunidad en la gestión del agua y en la toma de decisiones donde se requiera la mayor participación posible como lo es la recuperación ambiental de los ríos, la colaboración brindada por parte de la comunidad puede hacer la diferencia al implementar este tipo de estrategias. Al involucrar a las comunidades locales en la planificación y gestión de los recursos hídricos, se pueden aumentar las probabilidades de que la recuperación de los ríos surja efecto.

Ahora bien, es fundamental poder establecer bases teóricas, por ello a continuación se definirán conceptos clave que permitirán la comprensión tanto de la necesidad como de la relevancia de llevar a cabo el proyecto:

### **3.2 Conceptos clave**

#### I) 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 presenta 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 claves 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, 2023B).

#### II) Cuerpo de agua superficial

Un cuerpo de agua superficial es una masa de agua en la superficie de la tierra, como un río, lago, embalse, arroyo o estanque. Estos cuerpos de agua son importantes para el medio ambiente, y a menudo son el hogar de una gran variedad de especies de plantas y animales. Generalmente se refiere a las masas de agua que son accesibles desde la superficie de la tierra y que están separadas por la tierra seca (United States Environmental Protection Agency, 2023).

#### III) Monitoreo hidrológico

El monitoreo hidrológico es el proceso de medición y análisis del agua en diferentes formas, como por ejemplo su flujo, nivel, calidad y precipitación en una determinada área geográfica, durante un cierto periodo de tiempo. 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 asociados con los procesos hidrológicos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2018).

#### IV) Degradación ambiental de los ríos

La degradación ambiental de los ríos es el proceso por el cual el agua de los ríos se contamina o se degrada, afectando el ecosistema y la calidad del agua. La degradación puede ser causada por diversas fuentes de contaminación, como la descarga de aguas residuales, el uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura, la minería y la erosión del suelo (CEPAL, 2002).

#### V) Recuperación ambiental de los ríos

La recuperación ambiental de los ríos se refiere al proceso de restaurar la salud y la calidad del agua en los ríos y sus ecosistemas asociados. Esto puede incluir la eliminación de contaminantes, la restauración de la vegetación y la fauna, la gestión del caudal y la prevención de inundaciones. El objetivo es devolver el río a un estado sano y equilibrado que proporcione beneficios ecológicos y socioeconómicos a largo plazo (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico 2022<sup>2</sup>).

#### VI) Caracterización hidromorfológica

La caracterización hidromorfológica se refiere al análisis y descripción de las características físicas, químicas y biológicas de las masas de agua, con un enfoque particular en la forma y estructura del cuerpo de agua y su entorno fluvial. Este proceso implica la identificación de características hidrológicas, topográficas y geológicas que pueden afectar la calidad del agua, su ecología y sus usos potenciales. Este tipo de caracterización es importante para la evaluación y gestión de las masas de agua, y es un paso fundamental en la implementación de estrategias de restauración y conservación de los ecosistemas acuáticos (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

#### VIII) Protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial

Los protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial son conjuntos de procedimientos y técnicas que se utilizan para medir, analizar y evaluar la calidad del agua en ríos, lagos, embalses y otros cuerpos de agua superficiales. Estos protocolos pueden incluir muestreo de agua, evaluación de la calidad física, química y biológica del agua, medición del caudal de agua y monitoreo de la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y otros parámetros (IDEAM, 2013).

#### IX) Usos de suelo

Los usos del suelo en una cuenca hidrográfica hacen referencia a las actividades humanas que se realizan en dicha zona. Estos usos pueden ser diversos y variados, como la agricultura, la ganadería, la industria, la extracción de recursos naturales, la urbanización, entre otros. Cada uno de estos usos tiene un impacto sobre la calidad del agua y el equilibrio ecológico de la zona. Es importante tener en cuenta que los usos del suelo influyen directamente en la cantidad y calidad del agua que fluye por la cuenca hidrográfica. Por ejemplo, la agricultura y la ganadería pueden generar contaminación de los ríos y arroyos si no se realizan de manera apropiada y responsable. De igual manera, la urbanización y la industria pueden generar un aumento en la demanda de agua y disminuir la calidad del agua en la fuente (Ministerio de Educación y Ciencia, 2007)

La comprensión de los diferentes usos del suelo en una cuenca hidrográfica es esencial para poder planificar el uso adecuado de los recursos naturales en esa zona y minimizar el impacto sobre la calidad del agua. Además, es importante tener en cuenta que las diferentes actividades humanas están interrelacionadas, por lo que cualquier cambio en uno de los usos del suelo puede tener un impacto sobre los demás y, en última instancia, sobre la calidad del agua en la cuenca hidrográfica.

#### X) Calidad de áreas ribereñas

La calidad de las áreas ribereñas se refiere a la salud y el bienestar ambiental de los ríos y sus ecosistemas asociados, incluyendo los hábitats naturales, la flora, fauna y la calidad del agua que fluye en ellos. Las

áreas ribereñas son una parte importante del entorno natural, ya que proporcionan hábitats para la vida silvestre, protegen la calidad del agua, previenen la erosión y la inundación, y son un lugar de recreación y esparcimiento para los seres humanos. La calidad de las áreas ribereñas puede ser afectada por actividades humanas, tales como la agricultura, la urbanización, y la industria, que pueden introducir contaminantes al agua y perturbar los hábitats naturales. Medir la calidad de las áreas ribereñas tiene en cuenta tanto la calidad del agua como la salud del ecosistema que lo rodea. El monitoreo y la evaluación de la calidad de las áreas ribereñas son esenciales para garantizar su protección y conservación a largo plazo (Abellán, 2016).

#### XI) Calidad de aguas

La calidad del agua hace referencia a la medida de su pureza, es decir, a la cantidad de sustancias (como sales, microorganismos, productos químicos, etc.) presentes en el agua que podrían ser perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente. La calidad del agua puede verse afectada por diversas acciones humanas, como la contaminación de las fuentes de agua o el mal manejo de los residuos. La medición y monitoreo de la calidad del agua es importante para proteger la salud humana y el medio ambiente, y se utilizan diversos parámetros para determinar la calidad del agua, como el pH, la conductividad eléctrica, el nivel de oxígeno disuelto, entre otros (ONU, 2017).

#### XII) Variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua.

Según Comas et al., (1998), la variabilidad temporal de la calidad del agua se refiere a los cambios que ocurren en dicha calidad a lo largo del tiempo. Además, estos cambios en la calidad se pueden medir en diferentes escalas temporales, por ejemplo, por horas, días, semanas, meses o años, en todos estos niveles la calidad del agua puede ser cambiante. Esto puede deber a la influencia de diferentes factores, por ejemplo, factores ambientales, climáticos, geográficos y humanos. Por ello la importancia de monitorear estos cambios para tener una mejor comprensión de cuál puede ser la influencia más presente en la zona de interés, esto para tomar medidas tanto para protegerla como para mejorar la calidad del agua.

Por otro lado, tenemos la variabilidad espacial de la calidad del agua, la cual se refiere a los cambios en la calidad del agua que ocurren en diferentes lugares de una misma fuente o cuerpo de agua, como lo es el caso de un río o un lago. Estos cambios puede que se presenten a factores como, por ejemplo, la contaminación, la erosión del suelo, el clima y las actividades humanas. La medición de la variabilidad espacial de la calidad del agua es importante para comprender los impactos ambientales de las actividades humanas y para poder garantizar la seguridad del agua potable (Comas et al., 1998).

#### XIII) 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 a investigar. Además, se trata de un complemento a la labor tradicional de la comunidad científica, también ayuda a recopilar y procesar grandes cantidades de datos para estudiar problemas complejos y poder promover el conocimiento al público en general (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016).

### **3.3 Protocolos estándar a simplificar o adaptar**

A continuación, se mencionan cuáles son los protocolos estándar que se van a utilizar en el proyecto.

#### I) Determinación de caudal en cuerpo lotico mediante correntómetro de campo.

La información descrita a continuación para realizar la medición de caudal fue obtenida del manual “Discharge Measurements at Gaging Stations, Chapter 8 of Book 3, Section A” (USGS, 2010).

El método de medición de caudal con correntómetro es utilizado para medir la velocidad de un fluido y, a partir de ésta, estimar su caudal. Para ello, se emplea un dispositivo llamado correntómetro, que consiste en

un dispositivo que mide la velocidad de la corriente en un punto determinado del cauce del río, canal o tubería. El correntómetro utiliza la técnica de generación de un campo magnético en su interior, que, al ser perturbado por el movimiento de las partículas del fluido, produce una señal eléctrica proporcional a la velocidad de la corriente. Esta señal puede ser utilizada para calcular el caudal del fluido en función del área de la sección transversal por la que fluye este fluido. La medición de caudal con correntómetro se utiliza frecuentemente para el estudio de ríos, canales y tuberías, y es una de las técnicas más precisas para medir caudales en el campo de la hidráulica.

➤ *Procedimiento de medición con el medidor de corriente*

El primer paso para realizar una medición con un medidor de corriente es seleccionar un tramo de corriente que contenga las siguientes características.

1. Una recta con los hilos de velocidad paralelos entre sí (que el flujo sea lo más laminar posible).
2. Cauce fluvial estable, libre de rocas grandes, malezas y obstrucciones sobresalientes, como pilares, que podrían crear turbulencia.
3. Un perfil de cauce plano para eliminar las componentes verticales de la velocidad.

Por lo general, no es posible satisfacer todas estas condiciones. En ese caso se debe seleccionar el mejor alcance posible usando estos criterios y luego seleccionar una sección transversal.

Después de seleccionar la sección transversal, determinar el ancho de la corriente. Ensarte una cuerda o una cinta métrica para las mediciones hechas al vadear. Coloque la línea en ángulo recto con respecto a la dirección del flujo para evitar ángulos horizontales en la sección transversal. A continuación, determine el espaciado de las verticales, generalmente usando alrededor de 25 a 30 secciones parciales. Con una sección transversal uniforme y una buena distribución de la velocidad, se pueden usar menos secciones. Separe las secciones parciales de modo que ninguna sección parcial tenga más del 10 por ciento de la descarga total, pero esto rara vez se logra cuando se utilizan 25 secciones parciales. No se recomiendan anchos iguales de secciones parciales en toda la sección transversal a menos que la descarga esté bien distribuida. Reducir el ancho de las secciones parciales a medida que aumentan las profundidades y las velocidades. Por lo general, se puede obtener una descarga aproximada a partir de la curva de descarga de la etapa. Separe las verticales de modo que la descarga en cada vertical sea aproximadamente el 5 por ciento de la descarga de la curva nominal.

Después de seleccionar la sección transversal y determinar el punto de las mediciones, ensamble el equipo apropiado para la medición y prepare las hojas de notas de medición para registrar las observaciones.

Luego identifique la orilla del arroyo por LEW o REW (borde izquierdo del agua o borde derecho del agua, respectivamente, cuando mira hacia abajo). Registre el tiempo en las notas periódicamente, durante el transcurso de la medición. Por lo general, este tiempo debe sincronizarse con el tiempo de presionado en la grabadora digital. Esto es importante porque si hay algún cambio apreciable en la etapa durante la medición, se necesita tiempo para determinar la altura de referencia promedio para la medición. Cuando se complete la medición, registre el tiempo y el banco de la corriente donde termina la sección.

Después de que el equipo y la hoja de notas estén listos, comience la medición. Indique en la hoja de notas la distancia desde el punto inicial hasta el borde del agua. Mida y registre la profundidad en el borde del agua.

Después de conocer y registrar la profundidad, determine el método de medición de la velocidad. Normalmente se utiliza el método de dos puntos o el método de profundidad 0,6. Calcule el ajuste del medidor para el método particular que se utilizará a esa profundidad. Registre la posición del medidor (como 0,8, 0,6, 0,2, ...). Después de colocar el medidor a la profundidad adecuada, permita que se ajuste a la corriente antes de comenzar la observación de la velocidad. El tiempo requerido para tales ajustes suele ser

de unos pocos segundos si las velocidades son superiores a 1 fps, pero para velocidades más bajas, especialmente si el medidor de corriente está suspendido por un cable, se necesita un largo período de ajuste. Después de que el medidor se haya ajustado a la corriente, cuente el número de revoluciones realizadas por el rotor durante un período de 40-70 segundos. Ponga en marcha el cronómetro simultáneamente con la primera señal o clic, contando “cero”, no “uno”. Finalice el conteo en un número conveniente dado en el encabezado de la columna de la tabla de valores nominales del medidor. Detenga el cronómetro en esa cuenta y lea el tiempo al segundo más cercano, o al segundo par más cercano si la manecilla está en una marca de medio segundo. Registre el número de revoluciones y el intervalo de tiempo.

Si se va a observar la velocidad en más de un punto en la vertical, determine el ajuste del medidor para la observación adicional, cronometre las revoluciones y registre los datos. Muévase a cada una de las verticales y repita este procedimiento; registre la distancia desde el punto inicial, la profundidad, la profundidad de la posición del medidor, las revoluciones y el intervalo de tiempo, hasta que se haya recorrido toda la sección transversal.

Para cada medición, es importante registrar la siguiente información.

1. Nombre del cuerpo de agua superficial y ubicación a través de coordenadas para identificar correctamente la estación de aforo establecida; o el nombre y la ubicación exacta del sitio.
2. Fecha en la que fue realizada la medición.
3. La hora en la que se inició la medición.
4. Ribera del arroyo que fue punto de partida.
5. Velocidad para la determinación de caudal.
6. Otra información pertinente con respecto a la precisión de la medición de la descarga y las condiciones que puedan afectar la relación de descarga de la etapa.

Se prefiere la medición del medidor de corriente por vadeo, si las condiciones lo permiten. La medición de vadeo ofrece la ventaja sobre la medición desde puentes y teleféricos en el sentido de que, por lo general, es posible seleccionar la mejor de varias secciones transversales disponibles para la medición.

Si se está utilizando un medidor tipo AA en una sección transversal con una profundidad promedio mayor a 1,5 pies, no cambie al medidor pigmeo para 8 pocas profundidades menores a 1,5 pies o viceversa. Utilice el medidor tipo AA a profundidades tan bajas como 0,5 pies. Si no se recomienda el uso por debajo de profundidades de 1,0 pie porque el registro del medidor se ve afectado por su proximidad a la superficie del agua y al lecho del arroyo.

No utilice el medidor tipo AA o el medidor pigmeo en velocidades inferiores a 0,2 fps a menos que sea absolutamente necesario.

Párese en una posición que afecte lo menos posible la velocidad del agua que pasa por el medidor de corriente. Esta posición generalmente se obtiene mirando hacia la orilla, con el agua fluyendo contra el costado de la pierna. Sosteniendo la barra de vadeo en la línea de guía, párese de 1 a 3 pulgadas río abajo de la línea de guía y 18 pulgadas o más de la barra de vadeo. Evite pararse en el agua si los pies y las piernas ocupan un porcentaje considerable de la sección transversal de un arroyo angosto. En arroyos pequeños donde el ancho lo permita, párese sobre una tabla u otro soporte en lugar de en el agua.

Mantenga la varilla de vadeo en posición vertical y el medidor paralelo a la dirección del flujo mientras observa la velocidad. Si el flujo no está en ángulo recto con la línea de la etiqueta, mida el coeficiente de ángulo con cuidado.

Durante las mediciones de corrientes con lechos móviles, las depresiones dejadas por los pies del hidrógrafo pueden afectar los sondeos o las velocidades. En general, coloque el frente y aguas arriba de los pies. Registre una descripción precisa del cauce y la configuración de la superficie del agua cada vez que se realice una medición.

## II) Macroinvertebrados

La información descrita a continuación para realizar la definición y explicación de las técnicas de recolección de macroinvertebrados fue obtenida del artículo “Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I” (Revista de Biología Tropical, 2010).

Los macroinvertebrados se definen como aquellos invertebrados que se pueden ver a simple vista o bien que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125 $\mu$ m (125 micrómetros). Aun así, esta distinción es relativa y en ocasiones arbitraria, por lo que se puede ser un poco más preciso definiendo los macroinvertebrados con base en la taxonomía. Este grupo tiene representantes en muchos filos de animales, entre ellos: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha. Sin embargo, hay que aclarar que varios miembros de estos filos son microscópicos por lo que se les considera parte de la meiofauna (microcrustáceos y micromoluscos, muchos anélidos y nemátodos, entre otros).

Ahora bien, se describirán las técnicas de recolección de macroinvertebrados.

### ➤ *Para ambientes de aguas poco profundas.*

Este tipo de ambientes incluyen ríos, lagos y otros cuerpos de agua donde podemos alcanzar el fondo con nuestras manos y por ende con redes relativamente pequeñas. Para este tipo de cuerpo de agua, se cuenta con una diversidad de redes manuales, las cuales se pueden comprar o bien construir con malla fina y resistente. Es importante usar malla fina, ya que muchos macroinvertebrados acuáticos son bastante pequeños. La mayor parte de los estudios usa un tamaño de malla de 500 $\mu$ m o menos. Aunque muchos estudios ecológicos prefieren mallas de 250 $\mu$ m (Revista de Biología Tropical, 2010).

Ahora bien, para los estudios que son cualitativos que son el caso de interés se utilizarían equipos de muestreo como redes tipo D (Fig. 3.1 imagen de la izquierda), redes manuales diversas e incluso coladores de cocina (Fig. 3.1 imagen central). Además, como el objetivo es registrar la mayor cantidad de taxa, es posible usar varios tipos de redes o recolectar los organismos directamente del sustrato mediante el uso de pinzas entomológicas. En áreas con flujo de agua, los muestreos se pueden hacer colocando la red corriente abajo y moviendo el sustrato con las manos o con los pies para dislocar los macroinvertebrados y atraparlos en la red. En áreas sin flujo, la red se empuja dentro del sustrato y se recolecta material del fondo. Los macroinvertebrados se pueden buscar entre el material acumulado en la red. También se pueden colocar en una bandeja de color claro, blanco preferiblemente, con agua (Fig. 3.1 imagen de la derecha). Los macroinvertebrados tienden a moverse en la bandeja y son más fáciles de observar y recolectar (Revista de Biología Tropical, 2010).



**Figura 3.1. Redes e instrumentos utilizados para la recolección de macroinvertebrados en estudios cualitativos.**

**Fuente:** Revista de Biología Tropical, 2010.

Ahora bien, una vez realizada la descripción de la técnica de recolección de macroinvertebrados se describirá el Índice BMWP-CR, el cual permite realizar una clasificación de la calidad del agua en función de una asignación de puntos, utilizando los macroinvertebrados recolectados.

III) Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers (BMWP-CR)

Este índice es un indicador biológico utilizado para evaluar la calidad del agua en ríos y arroyos en Costa Rica. Este índice es una adaptación del índice BMWP original, que utiliza la comunidad de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua. Hoy las especies de macroinvertebrados se asignan a diferentes grupos de sensibilidad según su tolerancia a la contaminación y luego se asigna un valor a cada grupo basado en su sensibilidad. El valor final del índice se obtiene sumando los valores asignados a cada grupo. En el caso del BMWP-CR se utilizan especies acuáticas comunes en Costa Rica y se han adaptado los valores de sensibilidad a las especies locales. Además, el índice se ha modificado para incluir una corrección de referencia lo que permite evaluar la calidad del agua en relación con el estándar local (DIGECA, 2007).

A continuación, se presentan los puntajes para las familias identificadas en Costa Rica.

9	O Polythoridae D Polythoridae Blephariceridae; E Athericidae P Heptageniidae T Perlidae Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae
8	E Leptophlebiidae O Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae T Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; B Glossosomatidae Blaberidae
7	C Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae O Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; T Platystictidae Cr Philopotamidae Talitridae; Gammaridae
6	O Libellulidae M Corydalidae T Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae E Euthyplociidae; Isonychidae
5	L Pyralidae T Hydropsychidae; Helicopsychidae C Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae E Leptohiphidae; Oligoneuriidae; Polymitarciidae; Baetidae Cr Crustacea Tr Turbellaria
4	C Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; D Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; H Muscidae; O Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae E Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Hi Notonectidae Calopterygidae; Coenagrionidae Caenidae Hidracarina
3	C Hydrophilidae D Psychodidae M Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; O Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeriidae A Hirudinea: Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae Cr Asellidae

2	D Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae
1	D Syrphidae A Oligocheata (todas las clases)
Observaciones	Nota: D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**Tabla 3.1. Puntajes para las familias identificadas en Costa Rica.**

Fuente: DIGECA, 2007.

Ahora bien, la clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar 200. En función de este puntaje se establecen 6 niveles de Calidad para el Agua.

A continuación se presenta la tabla donde se puede observar la clasificación de la calidad del agua.

NIVEL DE CALIDAD	BMWP'	Color Representativo
Aguas de calidad excelente.	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.	101- 120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrófia, contaminación moderada.	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Rojo

**Tabla 3.2. Clasificación de la calidad del agua en función del Puntaje Total Obtenido.**

Fuente: DIGECA, 2007.

#### IV) Parámetros fisicoquímicos

##### ➤ pH

El pH es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución. Un hidrogenión es un ion positivo de Hidrógeno, es un «cachito con carga positiva» del Hidrógeno. El pH normalmente lo medimos en una escala de 1 a 14. El uno sería el valor más ácido. El 14 el valor más alcalino. Y el 7 el valor neutro. Normalmente se usan 2 tipos de instrumentos para medir el pH (HANNA Instruments, 2023).

##### ➤ Temperatura

La temperatura permite medir las sensaciones de calor y frío. A nivel microscópico, la temperatura se relaciona con la energía cinética interna media de las moléculas que forman el objeto o sustancia en cuestión, como por ejemplo el agua. Esta energía se manifiesta como agitación térmica, que resulta de la colisión entre las moléculas. Las plantas y animales acuáticos son particularmente susceptibles a los cambios de temperatura del agua, ya que requieren de cierto rango de temperatura para sobrevivir y reproducirse. Si la temperatura permanece fuera de este rango durante demasiado tiempo, esto puede afectar su supervivencia. Además, la temperatura del agua influye en la cantidad de oxígeno que puede transportar y en la fotosíntesis de plantas y algas, así como en la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 2000).

### ➤ *Oxígeno disuelto*

Se le conoce como oxígeno disuelto al nivel de oxígeno libre presente en el agua. Éste llega al agua por medio del aire o como subproducto de una planta marina (como fitoplancton y algas) a través de procesos como la fotosíntesis. En el primer caso, se distribuye de manera progresiva a lo largo de la superficie acuática o por medio de la aireación, que se da por medio del oleaje, cascadas, corrientes rápidas o cualquier tipo de movimiento rápido (tanto natural como artificial) que involucre tanto, agua como aire.

Además, el oxígeno disuelto es usado como parámetro debido a que su presencia está directamente supeditada a la presencia de organismos en el mencionado líquido. Para que el agua sea de buena calidad, el nivel de oxígeno disuelto debe estar en un nivel medio respecto a la cantidad de la misma; si dicho nivel se encuentra muy alto o muy bajo se pondrá en riesgo toda especie que habite en el cuerpo acuático, generando una cadena de reacciones que harán que sea básicamente inhabitable e inconsumible; un ejemplo de esto ocurre cuando montones de peces mueren al mismo tiempo en lagos y estanques, producto de una mala calidad de oxígeno derivada a su vez de la contaminación del agua (TecoTanques, 2016).

### ➤ *Porcentaje de Saturación de oxígeno Disuelto*

Porcentaje de saturación igual a concentración de saturación = cantidad de oxígeno que puede tener un agua en unas condiciones determinadas. Además, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, U.S. EPA, ha establecido el criterio de 5.0 mg/L, como la concentración mínima de oxígeno disuelto requerida para mantener la fauna acuática, respaldada por numerosos estudios científicos que señalan que 4 a 5 mg/L es la mínima concentración de oxígeno a la que una gran diversidad de organismos acuáticos puede sobrevivir. Se consideran porcentajes de saturación adecuados para la vida acuática aquellos superiores al 70%. Por otra parte, una sobresaturación de oxígeno disuelto puede ser peligrosa para la vida acuática (Carrillo et al., 2012).

### ➤ *DBO*

La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO5. Con carácter general, cuanta más contaminación, más DBO (INDUANALISIS, 2019).

### ➤ *Nitrógeno Amoniacal*

Las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de estas. En condiciones normales la fuente de nitrógeno amoniacal en aguas superficiales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Es uno de los componentes transitorios en el agua, porque es parte del ciclo del nitrógeno, y se ve influido por la actividad biológica. En ambos casos el nitrógeno amoniacal, se origina de la degradación del nitrógeno orgánico y, este a su vez, por acción bacteriana, se va oxidando gradualmente a nitritos y finalmente a nitratos (González, 2013).

### ➤ *Conductividad eléctrica*

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de la capacidad de esta para transportar la corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades la CE se expresa como siemens por metro (S/m), pero por simplicidad se utiliza  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a una temperatura de 25°C. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente

eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua (Solís et al., 2018).

#### V) Índice holandés

El Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de la contaminación orgánica en una corriente de agua, como es la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el Nitrógeno Amoniacal y el Oxígeno disuelto convertido en Porcentaje de saturación de Oxígeno por medio del Oxígeno Real In Situ y el valor teórico dado por la temperatura y la presión atmosférica en el sitio de estudio, a un código de colores asignado a cada clase. Este modelo de clasificación desde el punto de vista espacial permitirá situar a un tramo particular del río, en una clasificación específica y temporalmente dependiente, ya que la clasificación obtenida en época lluviosa no se corresponderá con la observada durante el estiaje. El organismo competente a su vez deberá definir la época en la cual tendrán que realizarse las clasificaciones, así como garantizar la permanencia en el cauce de un caudal ecológico (DIGECA, 2007).

Finalmente, para poder clasificar un agua superficial mediante este índice se requiere sumar los puntos correspondientes en cada uno de los ámbitos respectivos, de cada una de las variables, a continuación, se presenta una tabla en donde se puede observar de qué manera se asignan dichos puntajes.

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/l)	N-NH <sup>4+</sup> (mg/L) (Nitrógeno amoniacal)
1	91 - 100	<= 3	< 0.50
2	71 - 90 111 - 120	3.1 – 6.0	0.50 – 1.0
3	51 - 70 121 - 130	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
4	31 - 50	9.1 – 15	2.1 – 5.0
5	<= 30 y > 130	> 15	> 5.0
<b>Observaciones</b>	PSO: Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, O.D. Se obtiene de la relación entre el O.D. real obtenido en el sitio de medición y el O.D. teórico correspondiente a la condición de agua limpia a la presión atmosférica y la temperatura en el mismo sitio de medición. DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno, obtenida en condiciones estándar de 20°C e incubación durante 5 días.		

**Tabla 3.3. Cuadro de asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físicoquímica del Agua para cuerpos receptores.**  
Fuente: DIGECA, 2007.

Ahora bien, una vez realizada la suma de puntos y obteniendo los resultados para cada parámetro, se traslada seguidamente a un código de colores con el cual queda clasificada la calidad del agua del cuerpo receptor de acuerdo al grado de contaminación propio según el siguiente cuadro. Finalmente, para cada clase desde la 1 a la 5 y su asignación correspondiente de color queda definida desde el estado de calidad no contaminada hasta aquel totalmente contaminado.

A continuación, se presenta se presenta la tabla de asignación de colores e interpretación de calidad de agua.

Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	3	Azul	Sin contaminación
2	4-6	Verde	Contaminación incipiente
3	7-9	Amarillo	Contaminación moderada
4	10-12	Anaranjado	Contaminación severa
5	13-15	Rojo	Contaminación muy severa

**Tabla 3.4. Tabla de asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal.**

Fuente: DIGECA, 2007.

#### VI) Índice RQI (Riparian Quality Index)

El RQI es un índice que valora la calidad ambiental de las riberas a través de los procesos y la dinámica riparia, en contraste con otros métodos centrados casi exclusivamente en la valoración del estado actual de la cubierta vegetal. La vegetación es considerada en el RQI un elemento dinámico de la estructura de las riberas, cuya “salud” debe estimarse no solo a partir de su composición y estructura actual, sino considerando también otros factores que determinan su persistencia en el tiempo, como son las dimensiones del espacio ripario, la tasa de regeneración natural ligada al régimen de caudales y conectividad transversal del cauce con su ribera, o la conectividad vertical del suelo ripario con el medio hiporreico, que puede condicionar los niveles de humedad edáfica requeridos por las especies presentes (González et al., 2006).

#### VII) QBR (Calidad de bosques ribereños)

El índice QBR evalúa la calidad de la ribera, con 4 parámetros o apartados biológicos y físicos del cauce, cada uno con un valor máximo de 25 puntos, para un puntaje máximo final de 100. Los parámetros son: el grado de cobertura de la ribera, la estructura de la cobertura, la calidad de la cobertura y el grado de naturalidad del canal fluvial. El resultado de la suma total de los apartados permite conocer la calidad de la ribera según los siguientes rangos: muy buena ( $\geq 95$  puntos), buena (71-94 puntos), regular (51-70 puntos), mala (26-50 puntos) y muy mala ( $\leq 25$  puntos). El algoritmo que relaciona las características medidas con el índice y la calidad de la ribera es que cada uno de los apartados está asociado a características medibles porcentualmente y a una condición positiva o negativa, dependiendo tanto del apartado como de las características que se evalúan. A modo de ejemplo, el apartado que califica el grado de cobertura de la ribera puede oscilar entre 0 y 25 puntos según el porcentaje de la cobertura de la vegetación que se observa en el punto de muestreo (oscila de 0 a 100%). La característica asociada a este apartado es la “conectividad” entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente; esto, con el fin de sumar o restar puntos según el cumplimiento de una de 4 condiciones posibles: si la conectividad es total, si es superior al 50%, si es entre 25% y 50% o si es inferior al 25% (Araya et al., 2017).

## **Capítulo 4 – Estudios de prefactibilidad**

En este capítulo se realizan los estudios de prefactibilidad descritos en la metodología de Sapag et al (2014), los estudios que se proponen son: legal, social, ambiental, técnica y económico-financiero.

## 4.1 Introducción

Según Sapag et al (2014), en la etapa de preinversión de un proyecto se realizan distintos estudios de viabilidad que implican diferentes niveles de profundidad en cuanto a cantidad y calidad de la información disponible, esto para poder realizar una toma de decisiones, entre estos estudios se encuentra el de prefactibilidad. En la prefactibilidad se profundiza la investigación, principalmente en información de fuentes secundarias para definir, con cierta aproximación, las variables principales relativas al mercado, a las alternativas técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas, entre otras. En aspectos generales, se estiman las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que demandará y generará el proyecto, proyectándose las cifras. Este estudio tiene como característica fundamental descartar soluciones con mayores elementos de juicio. Esto se logra mediante la profundización de los aspectos señalados preliminarmente como críticos por el estudio de perfil, aunque sigue siendo una investigación basada en información secundaria, no demostrativa. Como resultado de este estudio surge la recomendación de si el proyecto se debería aprobar, o continuar con estudios más profundos, para poder definir más claramente, su abandono o su postergación hasta que se alcancen determinadas condiciones mínimas que deberán explicarse.

Para este proyecto se presentan 5 estudios de prefactibilidad que ayudaran a establecer una base de información para el desarrollo de este (figura 4.1).



Figura 4.1. Estudios de prefactibilidad del proyecto según Sapag et al (2014).

Fuente: Araya, 2023.

## 4.2 Prefactibilidad Técnica.

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área. Además, con el estudio técnico se determinarán los requerimientos de equipos de fábrica para la operación y el monto de la inversión correspondiente (Sapag et al, 2014).

Para realizar este proyecto se requiere la utilización del Software Qgis, para la realización de la caracterización hidromorfológica y sus respectivas cartografías, dicho software es de acceso libre por lo que no implica costo económico. Además, en el caso de los equipos necesarios serían, Computadora, Teléfono celular, Plan de internet, Cinta métrica, Botas de hule, Caudalímetro, Pantalón de vadeo, Tablet (tabla 4.1).

Equipo	Cantidad
Computadora	1
Teléfono celular	1
Plan de internet	1
Cinta métrica	1
Botas de hule	1
Caudalímetro	1
Pantalón de vadeo	1
Tablet	1
Multiparámetros	2

**Tabla 4.1. Equipos necesarios para la realización del proyecto.**

Fuente: Araya, 2023.

Como se puede observar en la tabla 4.1 se requiere de una cantidad de equipos bastante significativa, parte de ellos siendo suministrados por el HIDROCEC-UNA y otra parte por el desarrollador del proyecto. Lo que indica que los materiales para el desarrollo del proyecto están cubiertos para poder desarrollar el proyecto y poseen con una prefactibilidad técnica.

### 4.3 Prefactibilidad Social.

La prefactibilidad social es un estudio que tiene como objetivo evaluar los posibles impactos que éste pueda tener en la sociedad. En este estudio se identifican los actores clave, además de conocer cuál es su punto de vista sobre la realización del proyecto. Esto permite también conocer las necesidades de la población que se verían afectadas por el proyecto y se analizan las posibles alternativas para satisfacerlas (Sapag et al, 2014).

En resumen, la prefactibilidad social es una evaluación preliminar que permite determinar si un proyecto es viable y sostenible desde el punto de vista social, antes de llevar a cabo un análisis más detallado y costoso.

Por ello, se han identificado los actores clave para este proyecto, además de la importancia o incidencia de su participación (tabla 4.2).

Actores Clave	Importancia de su participación
<b>Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega</b>	Su involucramiento en el proyecto básicamente determina el alcance final que se espera tener según los objetivos planteados, el cual es poder construir capacidades técnicas en estos grupos sociales como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados estratégicamente en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica. Además, 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 como lo es en el caso de este proyecto, por ello su actuar de manera voluntaria, solidaria, desinteresada y comprometida, en la vigilancia y en el monitoreo permanente de las fuentes hídricas hacen que sean un actor clave indispensable.
<b>Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica</b>	Su participación es clave debido a que reconoce y tiene el deseo de contribuir con todo aquel esfuerzo encaminado a la construcción de una unidad nacional sostenible cimentada en el respeto y protección de nuestros ríos y cuencas. También reconocen que el bienestar de nuestros cuerpos de agua depende de la buena voluntad de todos los costarricenses por mantener saludables ríos y cuencas; y al conjunto de los medios donde nos desarrollamos. Además, son los impulsores de la iniciativa de Los Observatorios Ciudadanos del Agua y siempre están trabajando de la mano en las actividades desarrolladas para enfrentar los desafíos que presenta la gestión del agua y la protección de los distintos cuerpos de aguas existentes en diferentes comunidades.
<b>Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA)</b> y	El HIDROCEC y Cambios son los programas que llevan a cabo el proyecto de extensión llamado "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)" del cual surge este proyecto

<p><b>Cambios: Hacia un desarrollo integral y sostenible. Un programa de la Escuela de Planificación y Promoción Social (EPPS)</b></p>	<p>para colaborar con el cumplimiento de los objetivos del proyecto de extensión de estos dos programas. Ellos integran capacidades de extensión para la recuperación ecológica de los ríos urbanos en un proceso altamente participativo adoptando el OCA como mecanismo de empoderamiento para la restauración de estos espacios públicos. Este proyecto busca fortalecer las capacidades de los OCAs-Chorotega como mecanismo de empoderamiento ciudadano para la recuperación de los ríos mediante la conjunción del intercambio de saberes, la sistematización basada en experiencias, la ciencia ciudadana y la gestión del riesgo. A los OCAs existentes en la región Chorotega se les brinda ayuda técnica basada en un modelo de monitoreo adaptado por la UNA y apoyado por la ALIANZA en procesos de recuperación de ríos.</p>
--	---

**Tabla 4.2. Actores clave y la importancia de su participación en el desarrollo del proyecto.**

Fuente: Araya, 2023.

Al identificar los actores clave es importante conocer la aceptación del proyecto por parte de cada uno de ellos, por ello se realizará una breve descripción del recibimiento que ha tenido por parte de los involucrados.

En el caso de HIDROCEC-UNA se tuvo un acercamiento con el Dr. Christian Golcher Benavides el cual es el actual tutor del proyecto y uno de los encargados de desarrollar el proyecto de extensión al cual está ligado este trabajo. En dicho acercamiento se pudo formalizar el compromiso con el trabajo a realizar además de con su total aval y respaldo para su desarrollo, desde una parte técnica y profesional que ofrece tanto su persona como el HIDROCEC.

Ahora bien, en el caso del programa “Cambios: Hacia un desarrollo integral y sostenible.” De la misma forma es otro de los encargados de desarrollar el proyecto de extensión al cual está ligado este trabajo. Al estar trabajando de la mano con HIDROCEC en este proceso se logró concretar y tener una reunión presencial en las instalaciones de la Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega, Campus Liberia, en donde se tuvo un conversatorio sobre el planteamiento del tema a desarrollar y los alcances del proyecto, además se logró realizar una primera planificación de actividades que se deben llevar a cabo para el cumplimiento de los objetivos, y finalmente hacer un recuento general del proyecto. En resumen, de parte del programa Cambios también se cuenta con su aval y respaldo para la puesta en marcha del proyecto.

En el caso de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica es uno de los mayores interesados por ser el impulsador de los Observatorios Ciudadanos del Agua, además es la organización que está coordinando a nivel nacional los esfuerzos en el marco de múltiples convenios con instituciones como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (cf. Convenio PBAE, 2019), El CATIE (cf. Convenio CATIE-ANRCCR, 2020), el ICAP (cf. Convenio ICAP-ANRCCR, 2020) y la Universidad Nacional (cf. Convenio ANCCR-UNA-PRIGA, 2020). Lo anterior para el desarrollo de los Observatorios a fin de que estos se multipliquen en el país y cuenten con apoyo técnico e institucional que requieren. Además, desde el inicio del proyecto se cuenta con cartas de apoyo al proyecto de extensión, por ende, apoyo a las actividades desarrolladas en el marco del trabajo realizado desde este proyecto.

Finalmente pero no menos importante están los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega, el acercamiento con estas organizaciones se pretende hacer paulatinamente en el desarrollo del proyecto, aun así ya se desarrolló un primer encuentro que contó con la presencia de todos los actores clave mencionados anteriormente, dicha actividad se llamó “Primer Encuentro de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) de la Región Chorotega” y se realizó el 8 de Junio del 2023 en el marco del Día Mundial del Ambiente. En esta actividad además se contó con la presencia de representantes de la Municipalidad de Carrillo, AyA de Liberia, OCA Río Liberia y OCA Nicoya. Este fue un paso fundamental para generar conocimiento acerca del alcance que se espera tener con el desarrollo del proyecto y que más Observatorios de la Región Chorotega se puedan integrar a este proceso. Mencionado esto quiere decir que también se cuenta con el apoyo de diferentes OCAs.

En resumen, de este estudio se llegó a la conclusión de que se cuenta con el suficiente apoyo y aval de los actores clave de este proyecto para dar marcha en el desarrollo de este y contar así con una prefactibilidad social.

#### **4.4 Prefactibilidad Legal.**

La prefactibilidad legal es importante en cualquier proyecto ya que permite evaluar si cumple con todos los requisitos y normativas necesarias para su ejecución. Este análisis se centra en determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista legal y si cumple con las leyes y regulaciones locales. Además, la factibilidad legal ayuda a evitar posibles problemas legales y económicos a largo plazo. En resumen, el estudio de la prefactibilidad legal es esencial para garantizar la viabilidad de un proyecto y su correcta implementación (Sapag et al, 2014).

Por ello se ha recopilado información legal, que incluye leyes, decretos, códigos y normas que contemplan el recurso hídrico en Costa Rica, esto debido a que se relacionan en pequeña o gran escala con la protección de los cuerpos de agua superficial como lo son los ríos y sus áreas ribereñas, además de que su incumplimiento se ve ligado a la degradación ambiental presente en ellos.

A continuación, se mencionan y describe el marco legal del presente proyecto.

##### I) Ley de Aguas N°276

La Ley de Aguas N°276 de Costa Rica regula el uso de las aguas del dominio público y privado, estableciendo las condiciones y requisitos para su gestión, aprovechamiento, conservación y protección. Esta ley también establece que las aguas son de dominio público y pertenecen al Estado, y que su uso es un derecho humano fundamental. Asimismo, la ley crea el Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos y establece sanciones para aquellos que violen sus disposiciones. En resumen, la Ley de Aguas N°276 es una ley integral que busca garantizar el uso sostenible y equitativo de los recursos hídricos en Costa Rica (SCIJ, 1942).

##### II) Ley de Construcciones N°833

Artículo N°71. En este artículo se hace mención del recurso hídrico haciendo énfasis en las aguas residuales, en donde se prohíbe dar curso libre a las aguas residuales de desechos industriales, cuando sean perjudiciales a la salud del hombre o de los animales, o cuando su proporción química o su temperatura ataquen el sistema de atarjeas establecidos o cuando perjudiquen las tierras destinadas a la agricultura (SCIJ, 1949).

##### III) Ley General de Agua Potable N°1634

Esta ley declara de utilidad pública los servicios de agua potable y saneamiento y establece la responsabilidad del Estado en garantizar su acceso a todos los ciudadanos. También establece el marco legal para la organización y funcionamiento de los servicios de agua potable y saneamiento en todo el país. La ley también establece la obligación de los usuarios de pagar por los servicios y las tarifas que deben cobrarse por el uso de agua (SCIJ, 1953).

##### IV) Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados N°2726

Esta Ley tiene como objetivo establecer las normas generales para la organización, clasificación, administración, gestión, operación y control de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en todo el territorio costarricense. Esta ley se ha ido reformando a lo largo del tiempo para adecuarla a las condiciones y necesidades actuales. Algunas de las disposiciones más importantes incluyen la creación de

los órganos de gobierno del Instituto, la definición de sus funciones y la regulación de su financiamiento. En caso de requerir información más detallada puede solicitarse a la entidad correspondiente o revisar el texto completo de la ley (SCIJ, 1961).

#### V) Ley General de la Salud N°5395

Artículo N°263. En este artículo se establece que queda prohibida toda acción, práctica u operación que deteriore el medio ambiente natural o que, alterando la composición o características intrínsecas de sus elementos básicos, especialmente el aire, el agua y el suelo, produzcan una disminución de su calidad y estética, haga tales bienes inservibles para algunos de los usos a que están destinados o cree éstos para la salud humana o para la fauna o la flora inofensiva al hombre. Toda persona queda obligada a cumplir diligentemente las acciones, prácticas u obras establecidas en la ley y reglamentos destinadas a eliminar o a controlar los elementos y factores del ambiente natural, físico o biológico y del ambiente artificial, perjudiciales para la salud humana (SCIJ, 1973).

Además del artículo ya mencionado, en la Ley hay un capítulo exclusivo dedicado al recurso hídrico, el uso y consumo humano, así como también los deberes y restricciones, este capítulo va del artículo N°264 al N°277.

#### VI) Ley de Conservación de Vida Silvestre N°7317

Esta Ley en su artículo N°132. Establece que prohíbe arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminante en manantiales, ríos, quebradas, arroyos permanentes o no permanentes, lagos, marismas y embalses naturales o artificiales, esteros, turberas, pantanos, aguas dulces, salobres o saladas. Las instalaciones agroindustriales e industriales y las demás instalaciones deberán estar provistas de sistemas de tratamientos para impedir que los desechos sólidos o aguas contaminadas de cualquier tipo destruyan la vida silvestre. La certificación de la calidad del agua será dada por el Ministerio de Salud. Quienes no cumplan con lo estipulado en este artículo, serán multados con montos que irán de cincuenta mil colones (¢50.000) a cien mil colones (¢100.000), convertibles en pena de prisión de uno a dos años (SCIJ, 1992).

#### VII) Ley Orgánica del Ambiente N°7554

Según SCIJ (1995), el capítulo XII de la Ley Orgánica del Ambiente está dirigido al recurso hídrico en donde se establecen artículos que velan por la conservación y uso sostenible del agua. Además, los siguientes artículos están relacionados con el recurso hídrico.

Artículo 50. Dominio público del agua. El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social.

Artículo 51. Criterios. Para la conservación y el uso sostenible del agua, deben aplicarse, entre otros, los criterios, proteger, conservar y, en lo posible, recuperar los ecosistemas acuáticos y los elementos que intervienen en el ciclo hidrológico. Proteger los ecosistemas que permiten regular el régimen hídrico. Mantener el equilibrio del sistema agua, protegiendo cada uno de los componentes de las cuencas hidrográficas.

Artículo 52. Aplicación de criterios. Los criterios mencionados en el artículo anterior deben aplicarse. En la elaboración y la ejecución de cualquier ordenamiento del recurso hídrico. En el otorgamiento de concesiones y permisos para aprovechar cualquier componente del régimen hídrico. En el otorgamiento de autorizaciones para la desviación, el trasvase o la modificación de cauces. En la operación y la

administración de los sistemas de agua potable, la recolección, la evacuación y la disposición final de aguas residuales o de desecho, que sirvan a centros de población e industriales.

Artículo 52. Zonas protectoras. Las zonas protectoras son áreas silvestres protegidas, cuyos objetivos principales son la regulación del régimen hidrológico y la protección del suelo y las cuencas hidrográficas, así como la preservación de las áreas de recarga acuífera y las fuentes de agua y la necesidad de asegurar el abastecimiento poblacional de agua para las actuales y futuras generaciones.

#### VIII) Ley de Uso, Manejo y Conservación del Suelo N°7779

Artículo 21. En materia de aguas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería deberá coordinar, con el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento y cualquier otra institución competente, la promoción de las investigaciones hidrológicas, hidrogeológicas y agrológicas en las cuencas hidrográficas del país, así como en las prácticas de mejoramiento, conservación y protección de los suelos en las cuencas hidrográficas, según las competencias del Servicio mencionado, definidas en los incisos a) y g) del artículo 4 y otros de la Ley de Creación del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, No. 6877, de 18 de julio de 1983 (SCIJ, 1998).

Artículo 22. Las concesiones para el aprovechamiento de aguas destinadas a cualquier uso deberán incluir la obligación del usuario de aplicar las técnicas adecuadas de manejo de agua para evitar la degradación del suelo, por erosión, revenimiento, salinización, hidromorfismo u otros efectos perjudiciales.

#### IX) Decreto 30413. Reglamento Sectorial para la Regulación de los Servicios de Acueducto y Alcantarillado Sanitario

Este reglamento establece las normas y regulaciones para la provisión de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como para la gestión y regulación de estos servicios por parte de las autoridades competentes. Entre sus objetivos principales se encuentra la protección del medio ambiente y la garantía de un acceso equitativo a los servicios de agua y saneamiento para toda la población (SCIJ, 2002).

#### X) Decreto 33601. Reglamento de vertidos y reúso de aguas residuales

Este reglamento establece las normas y procedimientos para el control de la calidad de las aguas residuales, así como los requisitos para su vertido y reúso. Se creó para proteger el ambiente y la salud pública, garantizando que el vertido y reúso de aguas residuales se realicen de manera segura y responsable. Algunos de los aspectos que contempla el reglamento son la clasificación de los vertidos, los límites permisibles de contaminantes y la autorización para el vertido y reúso de aguas residuales (MINAE, 2007)

#### XI) Decreto 33903. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales

Este reglamento establece los criterios y metodologías para la evaluación de la calidad del agua, incluyendo la clasificación de los cuerpos de agua superficiales en diferentes categorías de calidad. También establece los requisitos para el monitoreo y la gestión de la calidad del agua, con el objetivo de proteger y conservar los recursos hídricos en el país (Diario Oficial la Gaceta, 2007).

#### XII) Decreto 34431. Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos

Este reglamento se refiere al pago por verter sustancias contaminantes en cuerpos de agua y establece una tasa para calcular el valor del canon, así como la evaluación y clasificación de la calidad de dichos cuerpos de agua. Este reglamento fue aprobado en noviembre de 2007 por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), y tiene como objetivo promover el uso responsable del recurso hídrico y la protección del medio ambiente (SCIJ, 2008).

### XIII) Decreto 38924. Reglamento para la Calidad del Agua Potable

Este reglamento establece las normas y requisitos que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua potable y los distintos actores involucrados en el proceso de suministro, desde la captación hasta la distribución. El objetivo principal del reglamento es garantizar la calidad de agua potable que se recibe en los hogares y otros puntos de consumo. El reglamento establece los límites máximos permisibles para una amplia variedad de contaminantes, así como los procedimientos de monitoreo y seguimiento que deben llevarse a cabo regularmente para garantizar la calidad del agua suministrada. Es importante destacar que el cumplimiento del Decreto 38924 es responsabilidad tanto de los proveedores del servicio de agua potable como de los usuarios finales (SCIJ, 2015).

### XIV) Decreto 41499. Reforma al Reglamento para la calidad del Agua Potable

El Decreto Ejecutivo N°41499 es una reforma y adición al Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N°38924). Este decreto define cuatro niveles de calidad del agua potable (excelente, buena, aceptable y no potable) y establece las normas y requisitos que deben cumplirse para garantizar la calidad del agua potable en Costa Rica. También incluye la definición de responsabilidades y funciones para el control de la calidad del agua potable y la evaluación continua de su calidad (SCIJ, 2018).

### XV) Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (CFIA)

En este código se establecen las normas y lineamientos técnicos para el diseño, construcción, mantenimiento y reparación de sistemas hidráulicos y sanitarios en edificaciones en Costa Rica. Dicho código cubre temas como la planificación de sistemas de fontanería, el suministro de agua potable, el diseño y la construcción de sistemas de saneamiento de aguas residuales, así como disposición y tratamiento de residuos. Además, este es de gran importancia para garantizar que las edificaciones en Costa Rica cuenten con sistemas hidráulicos y sanitarios seguros, eficientes y sostenibles (SCIJ, 2017).

### XVI) Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial

Esta norma es un documento oficial que establece los requisitos técnicos y de calidad que deben cumplir las obras y equipos que forman parte de estos sistemas. Esta norma se elaboró con el objetivo de asegurar que los sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial sean planificados, diseñados y construidos de acuerdo con estándares técnicos y de calidad. En ella se establecen las condiciones, límites y parámetros para el abastecimiento de agua potable, la eliminación sanitaria de aguas residuales y la evacuación pluvial. Esta norma se aplica en todo el territorio del país y regula la actividad de los responsables del diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial (AyA, 2017).

Una vez establecido este marco legal en relación al recurso hídrico, el proyecto cuenta un sustento legal importante, en el cual a través de toda la legislación vigente en Costa Rica se puede determinar que la protección del recurso hídrico está cubierta en ese aspecto y que existe una viabilidad legal para llevar a cabo el proyecto.

## **4.5 Prefactibilidad Económico-financiero.**

Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudiar los antecedentes para determinar su rentabilidad (Sapag et al, 2014).

Esto quiere decir que este análisis se basa en los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto, los posibles ingresos que se generarán y los costos asociados al mismo. Este estudio permite determinar la viabilidad económica. Además, permite establecer estrategias financieras adecuadas y tomar decisiones informadas para el éxito del proyecto o negocio.

Los costos de un proyecto son los gastos que se incurrieron o se esperan incurrir en la inversión y en las operaciones del proyecto. Estos pueden incluir el costo de los materiales, el costo de la mano de obra, los costos de capital y los costos de operación. Es importante tener en cuenta que los costos de un proyecto pueden variar a lo largo del tiempo y, por lo tanto, deben ser monitoreados y actualizados regularmente para garantizar la rentabilidad del proyecto (Sapag et al, 2014).

Por ello en el caso de este estudio se clasifican los costos en directos, indirectos y otros, para poder determinar el costo total de la inversión y operación (Anexo 1).

### I) Costos Directos

En lo detallado en el anexo 1 se incluyen todos los costos directos del proyecto los cuales ascienden a un total de ₡4 392 711, en dicha tabla se incluyen aquellos elementos que están relacionados directamente con la producción de un producto o servicio, en este caso el producto final es el monitoreo hidrológico en los ríos dentro del proyecto, basado en los protocolos estándar para luego poder realizar los monitoreos con los protocolos adaptados. Además, se requiere de la computadora y el teléfono celular para la georreferenciación y la generación de la cartografía de los diferentes Observatorios Ciudadanos del Agua.

### II) Costos Indirectos

En el anexo 2 se detallan los costos indirectos los cuales ascienden a un total de ₡205 000, en ellos se consideran el costo de realizar las giras de campo, dentro de dicho costo se contempla la alimentación y el transporte para cada gira a realizar. Además del uso del internet para el trabajo de investigación que se requiere en el desarrollo del proyecto.

### III) Otros gastos

En el anexo 3, se toma en cuenta otros gastos que ascienden a un total de ₡6 768 280, en donde se incluyen los honorarios profesionales los cuales están basados en el salió mínimo del CFIA para Bachiller Universitario. Además, se incluyen ₡200 000 de imprevistos por si se requiere dentro del mismo proyecto incurrir en algún gasto no estipulado anteriormente. Además, se asignan ₡300 000 para compra de materiales para el desarrollo de las actividades con los Observatorios, los cuales serán una herramienta fundamental en cada encuentro que se tenga con estos grupos sociales.

Finalmente, en la tabla 6 se calculó el total de costos para el desarrollo del proyecto. En donde se hizo la sumatoria de los ₡4 392 711 de Costos directos, los ₡205 000 de Costos indirectos y de los ₡6 768 280 de otros costos, como resultado se obtuvo un costo total de ₡11 365 991.

<b>Costos totales del proyecto</b>	
<b>Tipo de costo</b>	<b>Monto (₡)</b>
Costos directos	₡4 392 711
Costos indirectos	₡205 000
Otros	₡6 768 280
Total	₡11 365 991

**Tabla 4.3. Total, de costos para el desarrollo del proyecto.**

Fuente: Araya, 2023.

Los costos detallados anteriormente serán asumidos por HIDROCEC, FOCAES y por el desarrollador del proyecto.

#### **4.6 Prefactibilidad Ambiental.**

La importancia ambiental es cada vez más relevante en la implementación de un proyecto, tanto es así que hoy se habla del concepto de triple bottom line o triple última línea, que consiste en la rentabilidad económica, social y ambiental. El estudio del impacto ambiental (EIA) como parte de la evaluación económica de un proyecto no ha sido lo suficientemente tratado, aunque se observan avances sustanciales en el último tiempo. El impacto ambiental en muchas decisiones de inversión es un claro ejemplo de las externalidades que puede producir un proyecto al afectar el bienestar de la población. Si bien muchas externalidades no tienen el carácter de económicas, pueden afectar la calidad de vida de la comunidad; por ejemplo, la contaminación de un lago cuyo entorno sea utilizado con fines recreativos (Sapag et al, 2014).

Por ello para el desarrollo de este proyecto es importante tener en consideración un proceso de evaluación ambiental, el cual es anticipatorio preventivo.

Para el actual proyecto se debe tener presente el concepto de “Actividades de Muy bajo impacto ambiental potencial”, según SETENA (2018), son aquellas actividades humanas que no tienen un efecto negativo en el medio ambiente ni comprometen la calidad del aire, suelo y agua, tampoco afectan la salud de las personas. Estas actividades están en pleno cumplimiento con la ley en términos de emisiones atmosféricas, vertidos de aguas residuales, manejo de residuos y niveles de ruido. Además, no involucran el uso de productos peligrosos y no generan residuos tóxicos que puedan afectar el entorno. Algunas de estas actividades pueden incluir la agricultura sustentable, el turismo ecológico, la pesca responsable, entre otras.

En resumen, estas actividades permiten que las personas puedan hacer uso de los recursos naturales de manera sustentable, sin causar impactos negativos en el medio ambiente y sin poner en riesgo la salud pública.

Además, según SETENA (2018), en la Resolución N° 1462-2018-SETENA, en su artículo 4 se explican los requisitos para que un proyecto sea considerado como de “muy bajo impacto ambiental potencial”, para ello debe reunir ciertas condiciones. Como por ejemplo las mencionadas a continuación.

A pesar de que produzca un efecto negativo, el grado de alteración o intensidad de la actividad, obra o proyecto sobre el ambiente se considera mínima debido a que la extensión del efecto es puntual; la permanencia del impacto en el ambiente es fugaz, puesto que el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas, por medios naturales, en un lapso menor a un año.

Que los desechos sólidos generados sean manejados y dispuestos finalmente bajo el marco normativo de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, en sitios autorizados por el ente competente.

Que no se produzcan ruidos que superen la norma técnica que establece los límites máximos permitidos por el Ministerio de Salud.

Que no se trate de una actividad, obra o proyecto nuevo que produzca el cambio de uso del suelo en terrenos cubiertos por bosque, o bien, invada la zona protección de cuerpos de agua superficial.

Que se comprometan a aplicar prácticas de gestión ambiental, conforme a lo establecido en las regulaciones ambientales vigentes en el país y con el Código de Buenas Prácticas Ambientales.

Que cuente con certificado de uso del suelo conforme, cuando corresponda.

Según la definición de “Actividades de Muy bajo impacto ambiental potencial” y los requisitos planteados por SETENA, según la naturaleza del proyecto y que no tiene ningún efecto negativo en el ambiente, se estaría cumpliendo con una viabilidad ambiental. Esto porque los monitoreos hidrológicos no conllevan ninguna alteración de los cuerpos de agua como los ríos ni tamo de sus áreas ribereñas, además de que el proyecto más bien pretende colaborar con la recuperación ambiental de estos ecosistemas.

## **Capítulo 5 – Metodología**

En este capítulo se presenta la metodología a utilizada en el proyecto, para poder describir bien lo que se realizará en el desarrollo del trabajo se dividirá en 4 fases, las cuales son: recopilación de información, caracterización hidromorfológica, aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial y finalmente programa de capacitación.

## 5.1 Descripción general de la metodología

Para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo una metodología de investigación de tipo mixta, la cual integra elementos tanto de la investigación cuantitativa como de la investigación cualitativa en un solo estudio. En este enfoque, se buscó combinar las fortalezas de ambos tipos de investigación para obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno que se está estudiando.

Según Collado et al. (2014), en una investigación de tipo mixta, se pueden utilizar una variedad de técnicas y herramientas de recolección de datos, tales como encuestas, entrevistas, observación, análisis documental, entre otros. Además, se pueden integrar tanto datos numéricos como datos descriptivos, lo cual permite un análisis más detallado y enriquecedor del fenómeno en cuestión.

Este tipo de investigación es particularmente útil en situaciones donde se busca abordar una pregunta de investigación compleja o multifacética, ya que proporciona una comprensión más completa y rica de los datos. Además, se puede utilizar tanto en contextos académicos como profesionales, y permite obtener resultados más aplicables a la realidad.

Sin embargo, también es importante tener en cuenta que la investigación mixta requiere habilidades y conocimientos específicos para poder integrar de forma efectiva los métodos y datos de la investigación cuantitativa y cualitativa. Asimismo, la etapa de análisis puede resultar más compleja y requiere de una atención especial para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. En resumen, una investigación de tipo mixta es una técnica que busca integrar los enfoques cuantitativo y cualitativo para obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno que se está estudiando.

A continuación, se presentan las fases de la metodología para poder realizar los objetivos propuestos:

Fases metodológicas			
Primera fase	Segunda fase	Tercera fase	Cuarta fase
Recopilación de información general	Caracterización hidromorfológica	Aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial	Capacitación a los OCAs

Tabla 5.1 Fases metodológicas

Fuente: Araya, 2023.

### I) Primera fase

En esta primera fase lo que se llevó a cabo fue una recopilación de información con la finalidad de comprender diferentes conceptos relevantes para desarrollo del proyecto, como, por ejemplo, entender qué son los Observatorios Ciudadanos del Agua, qué es una caracterización hidromorfológica, qué son protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial y qué conlleva la recuperación ambiental de los ríos, entre otros.

Toda esta información recopilada fue fundamental para tener una base de datos importante sobre los lugares de incidencia de los OCAs en los cuales se llevarán a cabo capacitaciones con participación activa de sus miembros.

Para llevar a cabo esta fase se realizó una revisión bibliográfica de artículos, sitios web, bibliotecas en línea y bases de datos de la Universidad Nacional. Lo que permitió esta revisión bibliográfica fue poder establecer la relevancia y la originalidad del proyecto de investigación. Además, ayudo a identificar las ideas principales y las teorías existentes en el campo de estudio. También permitió realizar el marco teórico del proyecto y contextualizar la investigación.

Al revisar la literatura relevante, se pudieron identificar conceptos clave, modelos teóricos y supuestos que son importantes para el proyecto.

Basado en lo descrito, al analizar la literatura relevante, se pueden descubrir áreas donde falta información o donde se necesita más investigación. Esto puede ayudar a establecer una justificación sólida para la propia investigación y proporcionar una idea clara de dónde el proyecto puede hacer contribuciones significativas. Otro aspecto relevante es que ayudó a evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos de investigación anteriores. Al identificar la literatura existente, se puede determinar si el proyecto ha sido tratado anteriormente, lo que evita gastar tiempo. Finalmente, fue útil para proporcionar información sobre métodos y técnicas utilizadas en investigaciones anteriores, lo que pudo mejorar la calidad y la eficacia de la propia investigación (Luna et al, 2014).

## II) Segunda fase

En esta segunda fase lo que se llevó a cabo es una caracterización hidromorfológica para la recopilación de información del área de incidencia de los OCAs.

Para ello primero se realizaron visitas de campo en áreas seleccionadas estratégicamente con colaboración de integrantes de los OCAs (ver figuras 6.1 a 6.16). Estas visitas se realizaron en el área de incidencia del OCA Río Liberia, OCA Quebrada la Cabra y OCA Nicoya, excepción del OCA Nandamojo debido a que dicho observatorio empezó a participar en el proyecto en instancias finales. En estas visitas a campo se realizó recorrido por diversos puntos de los cauces principales en sitios previamente identificados para corroborar que fueran puntos de monitoreo aptos para realizar los protocolos simplificados.

Además de realizar visitas de campo en áreas seleccionadas estratégicamente se utilizó el software Qgis. Hacer esto permitió conocer más a detalle las zonas de trabajo de los OCAs para llevar a cabo la capacitación sobre monitoreo de cuerpos de agua superficial.

Para llevar a cabo dicha caracterización hidromorfológica se obtuvieron parámetros físicos de las subcuencas o microcuencas en las cuales los Observatorios Ciudadanos del Agua tendrán incidencia en relación al monitoreo de cuerpos de agua superficial.

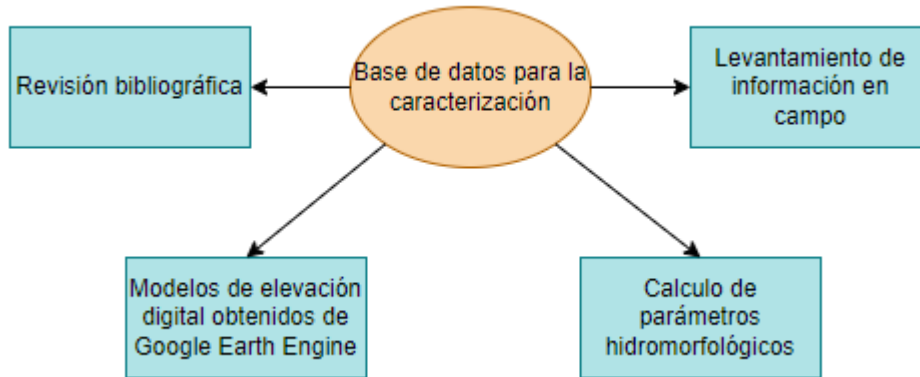
Para obtener los parámetros primero se utilizó Google Earth Engine para la descarga de Modelos de elevación digital (MED). Luego de la descarga de los MED, se generó su debido procesamiento para poder realizar el análisis de las subcuencas de interés. En este caso se utilizaron los MED para generar un Hillshade, teniendo estos dos elementos se utilizaron en conjunto para permitir una mejor delimitación de la cuenca debido a que proporcionan una ayuda tanto visual como numérica de las diferentes elevaciones del área de estudio. Además, permite generar un relieve y extraer curvas de nivel con una resolución de hasta 10m de diferencia entre cada una de ellas. Estas capas de información se utilizaron para delimitar y calcular, de forma manual y de la forma más precisa posible, el área de la cuenca, subcuenca o microcuenca en estudio.

Cuando se obtuvo la delimitación detallada de la cuenca, se procedió con los cálculos de los diferentes parámetros hidromorfológicos, los cuales en su mayoría fueron calculados a través del software Qgis, que según Universidad Veracruzana, (s.f), mediante un manual operativo para la utilización de este sistema, lo describe como un software que se utiliza para construir un sistema de información geográfico (SIG), el cual consta de un conjunto de aplicaciones mediante las que se puede crear datos, mapas, modelos, aplicaciones y consultar datos geoespaciales. Además, el programa es de código libre, lo que significa que cualquier persona puede tener acceso a él sin costo, esto para las plataformas GNU/Linux, Unix, Mac Os y Microsoft Windows, que permite manejar datos en formatos ráster y vectoriales.

Los parámetros que fueron calculados a través del software Qgis fueron, el área, perímetro, elevación máxima, elevación mínima, elevación media, longitud total de los ríos y longitud del cauce principal. Dichos resultados fueron necesarios para calcular los siguientes parámetros de factor de forma, índice de

compacidad, pendiente media del río y densidad de drenaje que se obtuvieron a través de fórmulas ya establecidas (ver del anexo 5 al Anexo 8).

Después de calcular los parámetros morfológicos de las subcuencas, se completó la caracterización teniendo información de las visitas de campo y de los parámetros mencionados.



**Figura 5.1 Base de datos para la caracterización hidromorfológica**  
Fuente: Araya, 2023.

Toda la información física obtenida fue importante para contribuir con la segunda fase metodológica, debido a que abarco las características morfológicas presentes de la zona, esto permitió comprender las particularidades físicas de la cuenca, como su forma, tamaño y pendiente, lo que fue fundamental para entender cómo funciona el sistema hidrológico y cómo se mueve el agua a través de la cuenca. Además, la caracterización morfológica fue esencial para el diseño y la elección de los puntos de monitoreo de los cuerpos de agua superficial (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013).

Otro aspecto importante de esta segunda fase fue la realización de giras de campo en las que se realizaron reconocimiento de terreno y elección de puntos de monitoreo en conjunto con los OCAs. Esto lo que permitió fue obtener información para completar la caracterización del área de estudio, en este caso en relación con las características sobre el terreno. Una vez realizado esto se completó la información para poder realizar la caracterización hidromorfológica.

### III) Tercera Fase

En esta tercera fase lo que se llevó a cabo fue la aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial en las zonas de incidencia de los OCAs.

En el caso de la aplicación de protocolos se realizó mediante una visita de campo en el río Liberia. En dicha visita el protocolo aplicado fue el de medición de caudal (ver figura de la 6.19 y 6.20)

Los pasos utilizados para la aplicación de este protocolo son los encontrados en el (Anexo 9)

Una vez aplicado el protocolo y a su vez obtenidos los resultados de campo se procedieron a realizar la validación. Esto haciendo uso de los resultados obtenidos para el cálculo de porcentaje de diferencia entre los datos obtenidos con el protocolo convencional y el simplificado, para poder analizar en qué porcentaje se alejaba un dato del otro. (Ver tabla 6.14)

#### IV) Cuarta Fase

En esta cuarta fase lo que se llevó a cabo fue la capacitación a los OCAs. Dicha capacitación se realizó en el Colegio Técnico profesional de la comunidad de 27 de abril Santa Cruz, Guanacaste.

Al llegar a las instalaciones se tenía un aula asignada para recibir a los participantes. En el aula se realizó la presentación del equipo de trabajo los cuales era el tutor del presente proyecto y estudiantes asistentes de Hidrocec-UNA. También se presentaron los asistentes los cuales estaban conformados por personal del colegio, estudiantes, representantes del OCA Nandamojo, representante del OCA Río Liberia y representantes del OCA Nicoya.

Se procedió a entregar los materiales de trabajo a todos los participantes, entre los cuales se encontraban los protocolos ilustrativos realizados para explicar con mayor facilidad, las hojas de registro, las láminas de bioindicadores para reconocer los macroinvertebrados (ver anexos del 9 al 13)

Luego se procedió a explicar teóricamente los tres protocolos simplificados (ver del anexo 9 al 11), además sobre cómo hacer el registro, análisis e interpretación de resultados obtenidos, esto para la construcción de capacidades técnicas de los Observatorios Ciudadanos del Agua mediante los protocolos de monitoreo de cuerpo de agua superficial simplificados, en la Región Chorotega, Costa Rica.

Luego de la explicación teórica se aplicó en campo lo visto en el aula, para ello se utilizó una quebrada colindante con la propiedad del colegio, en donde cada participante tuvo su rol para la obtención de información que sería analizada posteriormente en el regreso al aula.

Luego se analizaron los datos obtenidos de manera participativa y en conjunto. Luego se realizó el cierre de la actividad y se hizo entrega de paquetes con materiales necesarios para la aplicación de cada uno de los protocolos.

#### **5.2 Población y muestra de estudio**

Una población de estudio se refiere al conjunto completo de individuos objetos o eventos que cumplen con ciertas características y son el foco de estudio de un proyecto. Por otro lado, una muestra es una selección representativa de individuos que se extrae de la población y se utiliza para obtener información sobre esta y hacer inferencias en relación a ella. En resumen, la población de estudio es el conjunto total de elementos de interés para el proyecto y la muestra es una parte de esta población que se selecciona para llevar a cabo la investigación o estudio. Es importante destacar que la calidad de los resultados obtenidos en una investigación dependerá de la adecuada selección de la muestra representativa de la población y el correcto uso de técnicas de muestreo durante la investigación (Orjuela et al., 2002).

Una vez descrito el concepto de población y muestra a continuación se hace una breve descripción de la población del proyecto.

La población del proyecto son los Observatorios Ciudadanos del Agua, que según La Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica (2023), hay 48 OCAs debidamente inscritos, funcionando en 46 distritos distribuidos a lo largo y ancho del territorio nacional.

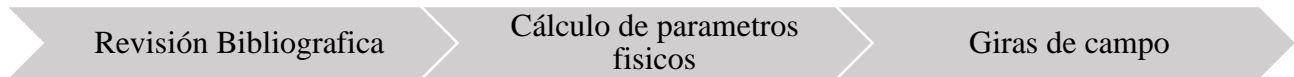
Ahora bien, una vez identificada la población, se procede a seleccionar la muestra que en este caso son Observatorios Ciudadanos del Agua que se ubican en la Región Chorotega, la cual es el área que abarca el proyecto. Dicha muestra fue obtenida mediante el tipo de muestreo intencionado y en este caso específico se pueden mencionar tres, los cuales son el OCA Río Liberia, OCA Quebrada la Cabra, de Tilarán y el OCA Nicoya (ver información en el capítulo 2), los cuales han estado en contacto y se han hecho presente en la actividad llamada “Primer Encuentro de Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega 2023.”

Al estar presentes en dicha actividad y el mantener comunicación constante muestran un interés formal de parte de estos Observatorios. Aun así, en el desarrollo del proyecto no está cerrado a involucrar más Observatorios Ciudadanos del Agua, pero de momento la muestra se limita a los 3 ya mencionados.

### 5.3. Métodos y herramientas seleccionadas.

#### I) Obtención de datos

Para la obtención de datos del proyecto es necesario realizar un trabajo de investigación tanto cualitativo como cuantitativo, por ello a continuación se presenta los componentes que se requieren para generar una base de información que permitirá obtener una comprensión sólida del campo de estudio en cuestión.



**Figura 5.2. Metodología por seguir para la obtención de datos del proyecto.**

Fuente: Araya, 2023.

La metodología por seguir para realizar la revisión bibliográfica para la obtención de datos se detalla en la primera fase metodológica. Así como también el cálculo de parámetros físicos se detalla en la segunda fase metodológica.

Ahora bien, en la realización de las giras de campo se pretende abarcar también la parte cualitativa de la investigación, la investigación cualitativa utiliza muestras pequeñas y datos no estandarizados como lo es en el caso de este proyecto en la simplificación de protocolos de monitoreo de agua superficial, esto con el objetivo de explorar las experiencias, opiniones y perspectivas de las personas una vez realizada la capacitación técnica a los OCAs. Algunos de los métodos utilizados en la investigación cualitativa incluyen la observación participante, las entrevistas y el análisis de contenido (Arias, 2021).

Como herramientas para la revisión bibliográfica se utilizarán, artículos, sitios web, bibliotecas en línea y bases de datos de la Universidad Nacional. además de una computadora.

Como herramienta para el cálculo de parámetros físicos se utilizará el Software Qgis y las giras de campo, en las que se utilizará además el equipo mencionado en la tabla 4.1 del estudio de prefactibilidad técnica del capítulo 4.

Finalmente, las herramientas a utilizar en las giras de campo de la misma manera se detallan en la tabla 4.1 del estudio de prefactibilidad técnica del capítulo 4. Además, se utilizará una libreta de campo para la toma de datos.

#### II) Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se refiere al proceso mediante el cual los datos recopilados durante la investigación son organizados y transformados en información útil para la toma de decisiones y el desarrollo de conclusiones. Este proceso involucra diversas técnicas y herramientas de análisis de datos, y tiene como objetivo principal convertir los datos en información significativa que pueda ser utilizada para responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos del proyecto. El procesamiento de datos puede incluir el uso de herramientas estadísticas, software de análisis de datos y técnicas de visualización de datos para ayudar a interpretar y presentar los datos de manera clara y concisa. La calidad y precisión del procesamiento de datos es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos de investigación, y puede ser un proceso complejo y detallado que requiere de cuidado y atención para ser realizado correctamente (Ortega, 2023).

A continuación, se presenta en la figura 5.2 las herramientas a utilizar para el procesamiento de datos.



**Figura 5.3. Herramientas por utilizar para el procesamiento de datos.**  
Fuente: Araya, 2023.

Se realizará la delimitación del área de estudio. Esto mediante la descarga de un Modelo de Elevación Digital, para ello se utilizará la página Google Earth Engine, la cual permite la descarga de diferentes imágenes satelitales de alta resolución. Además, se generará un modelo de sombras o también llamado Hillshade. Tanto el MED como el Hillshade se utilizan en conjunto para permitir una mejor delimitación de la cuenca debido a que proporcionan una ayuda tanto visual como numérica de las diferentes elevaciones del área de estudio. Además, permite generar un relieve y extraer curvas de nivel con una resolución de hasta 30m de diferencia entre cada una de ellas. Estas capas de información se utilizarán para delimitar y calcular, de forma manual y de la forma más precisa posible, las áreas en estudio.

Los parámetros morfológicos que se calcularán a través del software Qgis son los siguientes: área, perímetro, elevación máxima, elevación mínima, longitud total de los ríos y longitud del cauce principal. Dichos resultados serán necesarios para calcular los siguientes parámetros a través de fórmulas ya establecidas: factor de forma, índice de compacidad, pendiente media del río y densidad de drenaje.

Finalmente, el programa de Microsoft Excel será utilizado para el ordenamiento de datos obtenidos mediante las giras de campo.

### III) Interpretación de datos

La interpretación de datos se refiere al proceso de analizar y comprender los hallazgos obtenidos a partir de los datos recopilados durante la realización del proyecto. Este proceso implica identificar patrones, relaciones y tendencias en los datos, y utilizar esta información para desarrollar conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos de la investigación. Además, permite obtener el máximo valor de los datos que han recopilado. Al interpretar los datos, se identificarán las respuestas a sus preguntas de investigación, validar la información obtenida, justificar sus conclusiones y proporcionar recomendaciones prácticas basadas en los datos (Monje, 2011).

Por ello se realizará la interpretación de la revisión bibliográfica llevada a cabo en la primera fase de esta metodología, además de la interpretación de los resultados obtenidos en el cálculo de parámetros físicos y los resultados obtenidos en las giras de campo para poder realizar la caracterización hidromorfológica.

Además, la interpretación de los datos obtenidos hasta ese momento contribuirá a poder llevar a cabo la simplificación de los protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial y su posterior validación.

#### IV) Validación de datos

La validación de los datos se utilizará para evaluar si los datos utilizados requieren de ajustes de calibración para que sean precisos y confiables. Esto a través de una comparación estadística la cual es una de las técnicas utilizadas en el proceso de validación de datos. Este método implica comparar los datos generados por el método de monitoreo convencional o estándar entre los resultados obtenidos, para evaluar la precisión y exactitud del método de calibración utilizado.

Para la validación de datos se pretende utilizar una herramienta de comparación estadística la cual aún no se ha determinado, debido a que primero se requiere un proceso de selección de la que mejor se adapte a este caso en específico.

#### V) Ejecución del programa de capacitación a los Observatorios Ciudadanos del Agua.

Luego de la obtención de todos los datos, su debido procesamiento, interpretación y finalmente validación se llevará a cabo las capacitaciones técnicas a los OCAs, con este paso se estaría cumpliendo el objetivo final el cual era poder hacer una construcción de capacidades técnicas de los Observatorios Ciudadanos del Agua mediante los protocolos de monitoreo de cuerpo de agua superficial simplificados, en la Región Chorotega, Costa Rica. Esto mediante giras de campo que se desarrollaran en el segundo semestre del año 2023.

Las herramientas por utilizar en el programa de capacitación se encuentran mencionadas en la tabla 4.1 del estudio de prefactibilidad técnica del capítulo 4.

### **5.4 Otros aspectos a considerar**

#### I) Presupuesto

El presupuesto de un proyecto es un plan de gastos que estima y asigna los recursos financieros necesarios para llevar a cabo un conjunto de tareas o actividades previstas en un proyecto durante un determinado período de tiempo. Este plan de gastos incluye tanto el costo de los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para completar el proyecto, como los costos indirectos relacionados con la implementación de este mismo (MacNeil, 2022).

A continuación, se presenta el presupuesto para poder llevar a cabo el proyecto

Descripción	Costo	Cantidad	Precio total
Aforos	€80000	4	€320 000
Computadora	€450 000	1	€450 000
Teléfono celular	€500 000	1	€500 000
Tablet	€345 990	1	€345 990
Cinta métrica	€31 950	1	€31 950
Botas de hule	€14 995	1	€14 995
Caudalímetro	€915 000	1	€915 000
Pantalón de vadeo	€55 000	1	€55 000
Multiparámetros	€1 760 766	1	€1 760 766
Giras de campo	€30 000	6	€180 000
Qgis	€0	1	€0
Plan de internet	€25 000	1	€25 000
Honorarios profesionales	€3917,68	600	€2 351 108
Imprevistos	€200 000	-	€200 000
Compra de materiales	€300 000	-	€300 000
		<b>Total</b>	<b>€7 449 809</b>

**Tabla 5.2. Presupuesto para desarrollar el proyecto.**

Fuente: Araya, 2023.

Cómo se puede observar en la tabla 5.2 hoy el presupuesto requerido para desarrollar el proyecto asciende a un total de ₡7 449 809.

Parte de este costo total será cubierto por Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles en Investigación de la Universidad Nacional (FOCAES), el cual representa un apoyo económico de ₡500 000. Dicho apoyo económico será utilizado principalmente en giras de campo, imprevistos y compra de materiales.

Finalmente, el resto del presupuesto será asumido por el desarrollador del proyecto y por HIDROCEC en el caso de los equipos a utilizar.

## II) Cronograma de actividades

Las actividades por desarrollar en la totalidad del proyecto abarcan un periodo de tiempo de 9 meses y 2 semanas, en donde se abarcan actividades como giras de campo, caracterización hidromorfológica de las áreas de estudio, simplificación de protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial, entre otros.

Descripción	Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto											
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Semanas	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4	S1 y S2   S3 y S4
Documento escrito del Anteproyecto												
Recopilación de información												
Documento escrito Final del Proyecto												
Giras de Campo (Visitas a los observatorios)												
Caracterización Hidromorfológica												
Simplificación de protocolos												
Validación de protocolos												
Programa de capacitación técnica												

Figura 5.4. Cronograma de Actividades

Fuente: Araya, 2023

El apearse a las fechas definidas para realizar las actividades permite las siguientes ventajas en el desarrollo de este proyecto.

### ➤ Planificación

Permite planificar con anticipación las actividades del proyecto y establecer fechas de inicio y finalización para cada una de ellas.

### ➤ Organización

Ayuda a organizar y estructurar las tareas del proyecto, estableciendo una jerarquía clara y definiendo la secuencia de actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto.

### ➤ Coordinación

Facilita la coordinación entre los miembros del equipo al permitir visualizar con claridad responsabilidades y fechas límite para la realización de cada tarea, lo que disminuye los conflictos y malentendidos.

### ➤ Control

Permite tener un mayor control sobre el progreso del proyecto, al permitir la identificación temprana de retrasos o desviaciones en el cronograma, lo que a su vez permite tomar medidas correctivas.

### ➤ Comunicación

Facilita la comunicación con los actores clave del proyecto y ayuda a establecer expectativas realistas sobre el progreso y los resultados del proyecto.

### III) Ruta crítica

La ruta crítica es una secuencia de actividades interdependientes en un proyecto que tienen un impacto directo en la duración total del proyecto. En otras palabras, estas son las actividades más importantes y que deben ser completadas en tiempo para asegurarse de que el proyecto termine en la fecha prevista. Cualquier retraso en cualquiera de estas actividades críticas afectará el cronograma general del proyecto. La identificación de la ruta crítica es esencial para la gestión de proyectos y ayuda a garantizar que los plazos se cumplan (Asana, 2023).

Descripción	Ruta crítica para el desarrollo del proyecto																					
	Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Semanas	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4	S1 y S2	S3 y S4
Primera visitas a los observatorios																						
Simplificación de protocolos																						
Validación de protocolos																						
Programa de capacitación técnica																						

**Figura 5.4. Ruta crítica para el desarrollo del proyecto**  
Fuente: Araya, 2023

### IV) Ética en la investigación

En el presente proyecto se seguirá el código de ética profesional del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, en el cual se distinguirá principalmente por los siguientes artículos los cuales fueron obtenidos del CFIA (2023).

➤ *Artículo 1.*

Los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la protección de la vida, a la adecuada utilización de los recursos y a la conservación de un ambiente sano, tomando medidas para prevenir, minimizar o mitigar potenciales impactos ambientales negativos.

➤ *Artículo 4.*

Los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica reconocen que la seguridad de la vida, la salud, los bienes, la conservación del ambiente y el bienestar público de la sociedad, se encuentran inmersos dentro de las diversas actividades del quehacer profesional. Por lo anterior, los miembros del Colegio Federado tomarán las medidas pertinentes para no poner en riesgo la vida, así como para prevenir daños al entorno social o ambiental en que se desempeñan, aplicando los conocimientos técnicos y científicos que rigen la profesión en que se encuentran incorporados al Colegio Federado.

➤ *Artículo 9.*

Los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica serán objetivos, leales y veraces en sus informes, declaraciones o testimonios profesionales.

➤ *Artículo 10.*

Los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, al explicar su trabajo y méritos, actuarán de manera seria, objetiva y veraz.

➤ *Artículo 11.*

Los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica expresarán criterios u opiniones en temas de ingeniería y arquitectura (proyectos, productos, métodos o procedimientos) solamente cuando ellos se fundamenten en un adecuado conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente, en convicción sincera y estos no sean hechos en forma maliciosa. Asimismo, deberán expresar claramente cuando tengan intereses particulares relacionados con los criterios u opiniones emitidas.

## **Capítulo 6 – Resultados y discusión**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos y la discusión de estos, esto con la meta de poder cumplir los objetivos planteados.

## **6.1 Introducción**

Basado en lo descrito en la metodología se presentan los cálculos, datos, y demás información obtenida en el desarrollo del proyecto.

## **6.2 Resultados y discusión según metodología planteada**

A continuación, se presentan los resultados siguiendo el orden propuesto en la metodología que consta de 4 fases, primero la recopilación de información general, segundo la caracterización hidromorfológica, tercero la aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial y por último la capacitación a los OCAs.

### **6.2.1 Recopilación de información general**

En el presente documento se realizó una recopilación de información general previa en los capítulos 2 y 3, lo cual abarca la primera fase metodología propuesta.

#### **I) Resultados obtenidos de la descripción general de la zona de estudio.**

En el capítulo 2 primero se realizó una descripción general de la zona de estudio, la cual proporcione información sobre el contexto en el que se llevará a cabo el estudio. Además, esta descripción permitió comprender mejor el entorno a nivel espacial en el que se está desarrollando el proyecto.

También al realizar la descripción general de la zona de estudio, se incluyeron detalles relevantes sobre la ubicación geográfica la cual a su vez cuenta con un mapa de ubicación que se puede ver a detalle en la figura 2.1, en donde se muestra la extensión territorial de la Región Chorotega misma en donde se desarrolla el proyecto, también algunos de los principales poblados y la división entre las diferentes regiones de Costa Rica. Además, se describieron las características fisiográficas, climáticas y eventos de variabilidad climática y extremos climáticos. Esta información se puede ver a detalle en el punto 2.2 del documento.

Ahora bien, hasta este punto la información de la zona de estudio es muy general por ello fue importante obtener una descripción más detallada, para saber si se contaba con posibles limitaciones que pudieran afectar la ejecución del proyecto. Por ello se realizó una descripción de los Observatorios Ciudadanos del Agua en estudio dentro de la Región Chorotega, entre los cuales está el Observatorio Ciudadano del Agua Río Liberia, el Observatorio Ciudadano del Agua Quebrada la Cabra, Tilarán, y el Observatorio Ciudadano del Agua Nicoya.

En el apartado 2.3 se puede encontrar a detalle toda la recopilación de información realizada para cada uno de estos OCAs mencionados anteriormente, pero a modo de resumen en cada uno de ellos se cuenta con la siguiente información:

#### **II) Resultados obtenidos de la recopilación de información realizada para cada uno de estos OCAs.**

Primero se realizó un mapa de ubicación en donde se representa el límite de la Región Chorotega y la distribución espacial de los 3 OCAs, además de su macrolocalización. Para verlo detalladamente se puede encontrar en la figura 2.2. Una vez ubicados espacialmente los Observatorios se procedió a describir cada uno de estos y los resultados encontrados se mencionan a continuación.

En el caso del OCA Río Liberia, se determinó la extensión territorial de la subcuenca, se describe su forma y origen de la formación de los suelos, a su vez se describe el recorrido realizado por el río a través de la subcuenca, se logró determinar su régimen de precipitación que además esta detallado en la tabla 2.1 y se explica los cambios en la temperatura y la precipitación y como estos representan un déficit para la zona de

Liberia, a su vez se cuenta con información poblacional del cantón de Liberia y un mapa de ubicación del área de incidencia del OCA Río Liberia, en el cual se puede ver a detalle los puntos de muestreo con los que cuenta actualmente el Observatorio, el cauce principal y los ríos tributarios. Para poder observar esto con mayor detalle ver figura 2.3.

En el caso del OCA Quebrada la Cabra, Tilarán. Se obtuvo información de variables climáticas, por ejemplo, temperatura promedio, precipitación en mm, horas luz, periodos secos y periodos de lluvia. Ver tabla 2.4. Además, se logró obtener información de la precipitación anual registrados en la estación Tilarán y características de la distribución de la lluvia. Además, se logró encontrar información hidrológica, características de los suelos, entre ellas las clases de suelos que se encuentran en la subcuenca y su extensión en hectáreas en el cantón de Tilarán. También se logró encontrar la distribución poblacional por distritos y finalmente se generó un mapa en donde se delimito el área de incidencia del OCA, en donde se representa el cauce principal, sus tributarios y los puntos de muestreo con los que cuenta el Observatorio.

En el caso del OCA Nicoya, al igual que el anterior se logró obtener información de variables climáticas, entre ellas el promedio anual de precipitaciones en la zona, también se logró identificar cuales meses abarcan la época seca y la época lluviosa. Además, se obtuvieron características hidrológicas características del suelo las cuales se puede ver sus clases y extensión en la tabla 2.7. Finalmente se obtuvo la información poblacional y se generó el mapa de ubicación del área de incidencia del Observatorio, en donde al igual que los anteriores cuenta con información de cauce principal, sus tributarios y su respectiva delimitación.

En el caso del OCA Nandamojo, este OCA se incorporó en el proyecto en instancias finales, específicamente en la tercera fase metodológica, por ende, carece de esta información previa en el documento, pero si será tomado en cuenta para el desarrollo de la cuarta fase en donde se llevará a cabo la capacitación.

Una vez realizada la recopilada esta información del área de incidencia de los observatorios se generó una tabla informativa con diferentes iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países ver sección 2.4 para conocerlas a detalle.

### **III) Resultados obtenidos de la investigación de iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países.**

En capítulo 2 sección 2.4 específicamente se muestran los resultados obtenidos de la investigación sobre algunas iniciativas o acciones implementadas en diferentes países por parte de organizaciones sociales, gobiernos e instituciones para favorecer la recuperación ambiental de los Ríos.

Lo anterior fue lo referente a los resultados obtenidos para la primera fase metodológica basado en el capítulo 2.

Ahora bien, en el capítulo 3 llamado marco teórico que también forma parte de los resultados obtenidos en esta primera fase metodológica se muestran a continuación los resultados obtenidos de dicha sección.

### **IV) Resultados obtenidos de la recopilación de información de conceptos clave.**

El capítulo 3 de este documento consta de dos secciones, en la primera podremos encontrar conceptos clave atinentes al tema de investigación la cual. Para ver a detalle dichos conceptos ver sección 3.2.

En resumen, conocer los conceptos clave en relación al tema del proyecto de investigación proporciono claridad, ayudo a contextualizar el proyecto, proporciono una base teórica sólida y permite que la comunicación sea de manera efectiva con los demás participantes del proyecto. Esto contribuyó a la calidad

y relevancia del proyecto y ayudó a avanzar en el conocimiento en el campo de investigación. En la sección de análisis de resultados se detalla más a fondo la importancia conocer los conceptos clave.

#### **V) Resultados obtenidos de la recopilación de información sobre la teoría de protocolos estándar a simplificar.**

Se logró encontrar diferentes protocolos estandarizados que eran posibles opciones para poder simplificar para aplicarlos con los OCAs, entre los cuales están, la determinación de caudal en cuerpo lotico mediante correntómetro de campo, Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers (BMWP-CR), parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, DBO, Nitrógeno Amoniacal, Conductividad eléctrica, Índice holandés), Índice RQI (Riparian Quality Index), QBR (Calidad de bosques ribereños). Para poder analizar cada uno a detalle ver sección 3.3.

#### **6.2.2 Caracterización hidromorfológica**

Para los resultados obtenidos en esta fase, fue necesario hacer giras de reconocimiento de terreno esto para poder elegir el cuerpo de agua principal en donde se llevarán a cabo la aplicación de los protocolos en cada OCA.

Por ello, a continuación, se muestran las fotografías de dichas giras de reconocimiento y algunos de los puntos de los ríos visitados con personas representantes de cada Observatorio.

#### **I) Visita realizada al OCA Río Liberia el día 22/06/2023 y cálculo de parámetros hidromorfológicos.**



**Figura 6.1. Inicio del recorrido en la parte alta de la Subcuenca Río Liberia.**

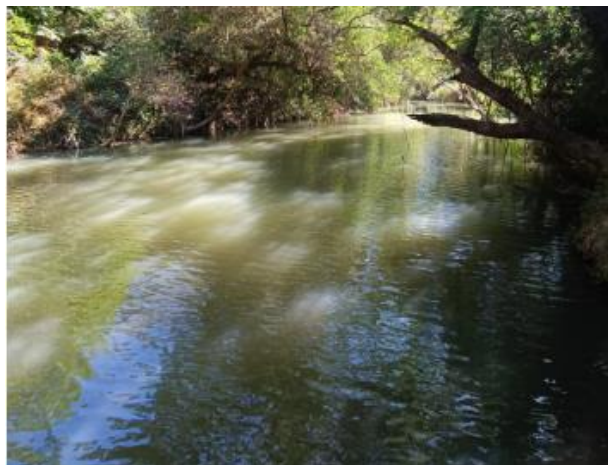
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.2. Aporte de caudal por trasvase desde la vertiente del Caribe al Río Liberia**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.3. Cauce en la parte alta de la subcuenca**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.4. Cauce en la parte media de la Subcuenca**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.5. Cauce en la parte media de la Subcuenca**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.6. Cauce en la parte baja de la Subcuenca**  
Fuente: Araya, 2023

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de parámetros hidromorfológicos de la subcuenca del Río Liberia.

<b>Elemento</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Área	46,35	Km <sup>2</sup>
Perímetro	63,16	Km
Factor de forma	0,04	Sin unidad
Elevación máxima	995	(m s.n.m)
Elevación mínima	107	(m s.n.m)
Elevación media de la cuenca	205	(m s.n.m)
Longitud total de ríos	74,50	(Km)
Índice de compacidad	2,62	Sin unidad
Longitud del cauce principal	32,61	Km
Pendiente media del río	2,72	%
Densidad de drenaje	1,61(Moderada)	(Km/Km <sup>2</sup> )

**Tabla 6.1. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Liberia.**

Fuente: Araya, 2023





**Figura 6.9. Visita en la parte media de la microcuenca.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.10. Visita en la parte alta de la microcuenca.**  
Fuente: Araya, 2023

En el caso del OCA Quebrada la Cabra en la obtención de resultados se llegó hasta la gira de reconocimiento y no se procedió con los cálculos de los parámetros hidromorfológicos debido a que los integrantes del OCA mostraron interés en el proyecto, pero expresaron que de participar en actividades relacionadas al proyecto sería hasta el año 2024, por lo cual para efectos del proyecto no se puede abarcar hasta esa fecha.

III) Visita realizada al OCA Río Potrero el día 18/08/2023 y cálculo de parámetros hidromorfológicos.



**Figura 6.11. Inicio del recorrido en el Río Potrero**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.12. Toma de agua para potabilización y consumo humano.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.13. Conversatorio con representantes del OCA.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.14. Conversatorio con representantes del OCA.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.15. Área ribereña del Río Potrero.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.16. Cauce del Río Potrero después de la captación para potabilización.**  
Fuente: Araya, 2023

Resultados de los parámetros hidromorfológicos para la Subcuenca del Río Potrero.

<b>Elemento</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Área	36,92	Km <sup>2</sup>
Perímetro	27,39	Km
Factor de forma	0,23	Sin unidad
Elevación máxima	588	(m s.n.m)
Elevación mínima	96	(m s.n.m)
Elevación media de la cuenca	207	(m s.n.m)
Longitud total de ríos	53,50	(Km)
Índice de compacidad	1,27	Sin unidad
Longitud del cauce principal	12,67	Km
Pendiente media del río	3,88	%
Densidad de drenaje	1,45(Moderada)	(Km/Km <sup>2</sup> )

**Tabla 6.2. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Potrero**

Fuente: Araya, 2023

#### IV) Cálculo de parámetros hidromorfológicos a la subcuenca del Río Nandamojo.

En el caso del OCA Nandamojo, solo se realizó el cálculo de parámetros hidromorfológicos, esto debido a que se incorporó al proyecto en instancias finales y no era posible una gira de reconocimiento en la fase en la cual estaba el proyecto, aun este inconveniente para visitar el sitio se pudo obtener los parámetros hidromorfológicos para poder conocer un poco las condiciones de la subcuenca donde están presentes y así poder incluirlos en la capacitación a realizar.

Resultados de los parámetros hidromorfológicos para la Subcuenca del Río Nandamojo.

<b>Elemento</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Área	88,84	Km <sup>2</sup>
Perímetro	46,03	Km
Factor de forma	0,20	Sin unidad
Elevación máxima	551	(m s.n.m)
Elevación mínima	0	(m s.n.m)
Elevación media de la cuenca	78	(m s.n.m)
Longitud total de ríos	128,64	(Km)
Índice de compacidad	1,38	Sin unidad
Longitud del cauce principal	21,19	Km
Pendiente media del río	2,60	%
Densidad de drenaje	1,48(Moderada)	(Km/Km <sup>2</sup> )

**Tabla 6.3. Parámetros hidromorfológicos de la subcuenca Río Nandamojo**

Fuente: Araya, 2023

### 6.2.3 Aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial

En esta sección se muestran tanto los protocolos simplificados de monitoreo, así como también su aplicación y validación.

A continuación, se presenta el protocolo simplificado para monitoreo de los cuerpos de agua superficial.

#### I) Protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.

Este método se utiliza cuando no se cuenta con equipos especializados de medición de caudal, por ejemplo, el correntómetro. En este caso se necesitan materiales sencillos de bajo costo que permite saber el caudal que pasa en una sección transversal del río o quebrada. Dicha simplificación se basó en los documentos obtenidos de (Hidrocec, 2023), además se obtuvo información de (Chamorro, 2011), también de (Barreto, s.f).

Los materiales que se deben utilizar son cronómetro (1), cinta métrica (2), una cuerda (3), una regla graduada (4), botas (5), flotadores (Boyas de pesca o algún objeto flotante con forma circular.) (6), estacas, (7) y ficha de campo.



Figura 6.17. Imagen ilustrativa de los materiales a utilizar en la medición.

Ahora se debe hacer una correcta selección de la sección transversal. Esto permite que la persona encargada de realizar las mediciones pueda ingresar al cuerpo de agua, de manera segura y protegiendo su integridad física. Para ubicar una buena sección de medición se deben tener en cuenta algunas consideraciones, por ejemplos, cambios de relieve o de la superficie en el punto a elegir, que el punto de aforo coincida con el punto de monitoreo de calidad o que el flujo de agua sea lo más uniforme posible (que no se hagan remolinos o que el agua no este estancada).

Debido a esto es muy importante observar el entorno, dado que, debido a dichas situaciones se pueden presentar modificaciones constantes en la sección transversal que se elija, entre ellas acumulación de sedimentos y residuos que ocasionan una alteración tanto en el volumen como en la velocidad del caudal. Por estas razones lo más recomendable es elegir un tramo que sea recto y homogéneo, esto quiere decir que sea una sección que no presente muchas variaciones de relieve. También que la sección sea de flujo uniforme, esto quiere decir que el flujo sea constante y que a la hora de realizar la medición el flotador no

se vea obstaculizado por flujos irregulares. Finalmente, que la sección que se elija sea de fácil acceso para asegurar la integridad física de la persona encargada de la medición.

También hay que tener presentes las condiciones de seguridad a la hora de realizar la medición. Por ello en cada observación se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes. Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias). En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio. Todos los que ingresen al río deberán utilizar botas. Una o dos personas le asistirán en todo momento. En caso de crecida repentina, se procederá con el siguiente protocolo de evacuación.

- Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.
- La primera persona del equipo de muestreo en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- El responsable constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- Toda persona presente colaborará de inmediato en la extracción segura del operador de los equipos si este se encuentra en el agua.
- Se distribuirán labores de recolección de instrumentos y equipos afín de no extraviar materiales de muestreo.
- Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.
- Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o aforo posterior en las siguientes 24 horas.

Ahora se realiza el procedimiento para la estimación del caudal.

Primero se debe seleccionar el tramo recto de lanzamiento de los flotadores. Basado en la selección de la sección transversal, la idea es escoger un tramo recto en donde el agua fluya naturalmente y que la sección sea de flujo uniforme, esto quiere decir que el flujo sea constante y que a la hora de realizar la medición el flotador no se vea obstaculizado por flujos irregulares.

Se debe medir el ancho del río en metros, en el ancho del río en la sección donde estaremos deteniendo los flotadores. (Cabe destacar que esta medición se hace de orilla a orilla en las dos secciones mencionadas en la cual lo que se mediría es lo que abarca el agua superficial solamente).

Se debe medir la distancia que recorrerán los flotadores desde el punto de lanzamiento hasta el punto donde se detienen los flotadores. Se recomienda que dicho tramo sea mínimo de 10 metros, esto para poder tener suficiente área para la medición de la velocidad del flotador sobre la superficie del agua, y tener un máximo de 30 metros (esto va a depender de las condiciones de nuestro entorno a la hora de la medición).

Además, se debe dividir el ancho del río en tres secciones aproximadas

A continuación, se presenta un ejemplo de las mediciones a realizar.

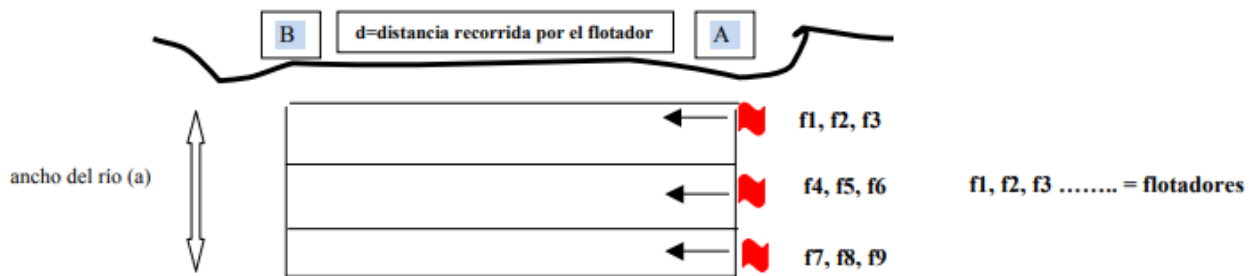


Figura 6.18. Imagen ilustrativa de la selección de los tramos para realizar los lanzamientos de los flotadores.

Fuente: Araya, 2023

Ahora se debe determinar el caudal en m<sup>3</sup>/s. Para ello vamos a calcular el **área en m<sup>2</sup>** de la sección que estamos utilizando para la medición.

Formula a utilizar:

$$A = hp \times a$$

En este caso **A** representa el área de la sección en la que estamos realizando la medición.

El **hp** representa la profundidad promedio en (**m**).

Y finalmente **a** representa el ancho del río en (**m**)

Se requiere medir el ancho del río y la profundidad media

Para ello con una cinta métrica medimos en metros la sección transversal que habíamos elegido para realizar la medición.

En el caso de la profundidad media vamos a medir a lo ancho de la sección transversal la profundidad a cada metro de distancia, esto para obtener un valor más exacto.

Luego de obtener todas las profundidades calculamos el promedio

Por ejemplo:

$$hp = \frac{h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + h6}{6}$$

Ahora debemos calcular el tiempo promedio en segundos.

Para ello debemos tener a mano un cronometro y la hoja de trabajo específica para medición del tiempo de cada uno de los lanzamientos.

Se deben realizar tres lanzamientos en cada sección, en el margen izquierdo, en el central y en el margen derecho. (Los lanzamientos se deben realizar de manera consecutiva, al momento de lanzar el primer flotador una vez que llegue al punto final y se apunten los datos se debe lanzar el segundo y así sucesivamente, esto para que la medición sea lo más precisa posible.

Los lanzamientos se deben realizar mínimo 2 metros antes del punto A, esto para que el flotador alcance la velocidad superficial y además se establezca su trayectoria.

Una vez realizados todos los lanzamientos y apuntado todos los datos en las hojas de registro se procede a calcular el tiempo promedio. El cual se calcula sumando el tiempo que duro cada flotador desde el Punto A hasta el Punto B dividido entre la cantidad de lanzamientos, que en este caso serían 9.

La fórmula del tiempo promedio seria:

$$\frac{tf1 + tf2 + tf3 + tf4 + tf5 + tf6 + tf7 + tf8 + tf9}{9}$$

Nota: Es importante observar la intensidad del viento a la hora de la medición, esto debido a que dicho factor podría alterar la medición, se debe realizar con el viento lo más calmado posible y así evitaremos que los flotadores cambien de margen o de sector en cada lanzamiento.

Cálculo de la velocidad en metros sobre segundo:

$$V \text{ (m/s)}$$

Formula de la velocidad:

$$V = \frac{d(m)}{t(s)}$$

En este caso la **d** representa la distancia del punto A al punto B que recorre cada flotador.

Y la **t** representa el tiempo promedio calculado anteriormente.

Ahora se calcula la velocidad media (Vm):

El producto obtenido de esta fórmula es el valor corrido para la velocidad superficial calculada en el paso anterior.

La fórmula sería:

$$V_m = V_s * 0,80$$

Se multiplica por este coeficiente debido a que es un valor utilizado para velocidad superficial de referencia encontrado en diferentes manuales de medición de caudal a través de este método como coeficiente de corrección para la velocidad.

Finalmente calculamos el caudal(m<sup>3</sup>/s):

$$Q = \frac{A(m^2)}{V_m(\frac{m}{s})}$$

Ahora bien, se muestra la aplicación y validación del protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.

## II) Aplicación y validación del protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.

El día 9/10/2023 se realizó la prueba de medición de caudal a través del protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores siguiendo cada uno de los pasos detallados anteriormente.

Una vez en el sitio donde se iba a realizar la prueba, se verifico que no hubiera alertas recientes de parte del CNE, en este caso no había alerta.

Al realizar esto se prosiguió con la elección de la sección transversal del río y de la sección del área de lanzamiento siguiendo las pautas del protocolo. A continuación, se muestran unas figuras del momento de colocación de la cuerda en la sección transversal y observación de las condiciones del sitio para realizar la prueba.



**Figura 6.19. Observación de las condiciones del río para la elección de la sección transversal.**  
Fuente: Araya, 2023



**Figura 6.20. Observación de las condiciones del río para la elección de la sección transversal y colocación de la cuerda en la sección transversal.**  
Fuente: Araya, 2023

Una vez se realizó la observación, colocación y preparación de los de los materiales se prosiguió a realizar las mediciones del ancho del río (ver figura 6.19) y de las profundidades de la sección transversal para calcular la profundidad promedio (ver figura 20).

Por ello se realizó una tabla de registro de profundidades, las medidas obtenidas se pueden observar a continuación.

Código de la prueba	Distancia a la cual se realizó la medición de profundidad					Promedio(hp)
	0.60m	1.20m	1.80m	2.40m	3.30m	
12023	0.14	0.25	0.26	0.18	0.21	0.21
22023	0.26	0.24	0.27	0.32	0.26	0.27
32023	0.31	0.31	0.26	0.26	NA	0.29

**Tabla 6.4 Registro de profundidades en la sección transversal seleccionada para el cálculo de profundidad promedio en (m).**

Fuente: Araya, 2023

Ahora bien, se prosiguió realizar los lanzamientos de los flotadores y registro de todos los datos, para ello se creó una serie de cuadros programados en Excel para realizar el cálculo del caudal en m<sup>3</sup>/s.

En la siguiente tabla encontramos la información del registro en donde se apunta el nombre de la estación en donde se llevó a cabo la prueba, las coordenadas del punto exacto, el nombre del río y el responsable del aforo.

<b>Estación</b>		Arrocera	
<b>Coordenadas</b>		10.624087	-85.449737
<b>Nombre del río</b>		Río Liberia	
<b>Responsable del aforo</b>		Emmanuel Araya Martínez	
Código de la prueba	Fecha (día/mes/año)	Hora inicial	Hora final
12023	9/10/2023	9:35	9:50
22023	9/10/2023	9:55	10:02
32023	9/10/2023	10:05	10:15

**Tabla 6.5 Información general de registro de aforos.**

Fuente: Araya, 2023

En la siguiente tabla encontramos la información obtenida del tiempo que duro cada flotador en su recorrido

Registro del tiempo en segundos para cada flotador									
Margen derecha			Centro del río			Margen izquierdo			Tiempo Promedio(Tp)
f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	
36.96	35.90	34.19	29.78	31.31	25.22	31.44	28.00	36.34	32.13
31.35	36.95	33.05	26.60	27.45	28.64	31.57	28.37	27.94	30.21
32.85	39.35	32.97	28.88	29.78	27.85	32.07	29.90	29.41	31.45

**Tabla 6.6. Información de registro y cálculo de los tiempos promedios por flotador.**

Fuente: Araya, 2023

A continuación, se muestra una figura en donde se estaban realizando los lanzamientos de los flotadores para el registro del tiempo.



**Figura 6.21. Lanzamientos de flotador.**  
Fuente: Araya, 2023

Ahora bien, una vez realizados los lanzamientos y calculado el tiempo promedio se procedió a realizar los cálculos de velocidad y de caudal.

Cálculo de caudal en (m3/s) y en (l/s)								
Código de la prueba	Cálculo de velocidad (m/s)			Profundidad promedio(m)	Ancho del río	Área(m2)	Caudal (m3/s)	Caudal (l/s)
	Distancia recorrida	V superficial	V media					
	d(m)	V= d/Tp	Vm= V*0.80					
12023	10	0.31	0.25	0.21	3.30	0.69	0.17	170.92
22023	10	0.33	0.26	0.27	3.30	0.89	0.24	235.92
32023	10	0.32	0.25	0.29	2.40	0.68	0.17	173.98

**Tabla 6.7. Cálculo de velocidad media y caudal en m3/s.**

Fuente: Araya, 2023

Como se puede observar en la figura 6.7 tanto las velocidades medias calculadas como los caudales también se mantuvieron estables en el tiempo, esto quiere decir que pueden ser utilizados para hacer una comparación con los caudales obtenidos por el método convencional, del cual se realizaron 3 mediciones al igual que con este protocolo en el mismo día, mismo lugar y momentos muy similares de tiempo para que pudieran ser utilizados.

### III) “Determinación de caudal en cuerpo lótico mediante correntómetro de campo”.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el método “Determinación de caudal en cuerpo lótico mediante correntómetro de campo”.

Los datos y cálculos que se muestran en las tablas 6.8 y 6.9 corresponden a la primera medición realizada con el método convencional, la cual se realizó de forma simultánea a la prueba con el método de flotador código 12023.

<b>Velocidades promedio de las secciones</b>			
<b>Sección</b>	<b>x 0.25 en m/s</b>	<b>x 0.75 en m/s</b>	<b>Promedio</b>
B1	0.237	0.221	0.229
B2	0.243	0.229	0.236
B3	0.232	0.258	0.245
B4	0.263	0.249	0.256
B5	0.242	0.226	0.234

**Tabla 6.8. Cálculo de velocidad promedio en las secciones**

Fuente: Araya, 2023

<b>Secciones</b>	<b>Profundidades</b>		<b>Anchos de sección</b>		<b>Q (m3/s)</b>
	<b>cm</b>	<b>m</b>	<b>cm</b>	<b>m</b>	
B1	14.4	0.14	60	0.60	0.020
B2	24.8	0.25	120	1.20	0.035
B3	26.4	0.26	180	1.80	0.039
B4	18.4	0.18	240	2.40	0.028
B5	20.8	0.21	300	3.00	0.022
				<b>Total</b>	0.144
				<b>Total en (l/s)</b>	143.9

**Tabla 6.9. Cálculo de caudal (m3/s)**

Fuente: Araya, 2023

A continuación, se muestran los resultados de la segunda medición, la cual se realizó de forma simultánea a la prueba con el método de flotador código 22023.

<b>Velocidades promedio de las secciones</b>			
<b>Sección</b>	<b>x 0.25 en m/s</b>	<b>x 0.75 en m/s</b>	<b>Promedio</b>
B1	0.195	0.262	0.229
B2	0.205	0.205	0.205
B3	0.21	0.212	0.211
B4	0.194	0.221	0.208
B5	0.207	0.302	0.255

**Tabla 6.10. Cálculo de velocidad promedio en las secciones**

Fuente: Araya, 2023

<b>Secciones</b>	<b>Profundidades</b>		<b>Anchos de sección</b>		<b>Q (m3/s)</b>
	<b>cm</b>	<b>m</b>	<b>cm</b>	<b>m</b>	
B1	25.6	0.26	60	0.60	0.035
B2	24	0.24	120	1.20	0.030
B3	27.2	0.27	180	1.80	0.034
B4	32	0.32	240	2.40	0.040
B5	26.4	0.26	300	3.00	0.030
				<b>Total</b>	0.169
				<b>Total en (l/s)</b>	169.1

**Tabla 6.11. Cálculo de caudal (m3/s)**

Fuente: Araya, 2023

A continuación, se muestran los resultados de la tercera medición, la cual se realizó de forma simultánea a la prueba con el método de flotador código 22023.

<b>Velocidades promedio de las secciones</b>			
<b>Sección</b>	<b>x 0.25 en m/s</b>	<b>x 0.75 en m/s</b>	<b>Promedio</b>
B1	0.209	0.229	0.219
B2	0.208	0.229	0.2185
B3	0.204	0.214	0.209
B4	0.229	0.198	0.2135

**Tabla 6.12. Cálculo de velocidad promedio en las secciones**

Fuente: Araya, 2023

<b>Secciones</b>	<b>Profundidades</b>		<b>Anchos de sección</b>		<b>Q (m3/s)</b>
	<b>cm</b>	<b>m</b>	<b>cm</b>	<b>m</b>	
B1	31.2	0.31	60	0.60	0.041
B2	31.2	0.31	120	1.20	0.041
B3	26.4	0.26	180	1.80	0.033
B4	26.4	0.26	240	2.40	0.034
				<b>Total</b>	0.149
				<b>Total en (l/s)</b>	148.8

**Tabla 6.13. Cálculo de caudal (m3/s)**

Fuente: Araya, 2023

Una vez realizados los cálculos tanto para los caudales con método de correntómetro como también por método de flotadores se calculó el porcentaje de diferencias en cada una de las mediciones para conocer cuánto se aleja el método simplificado de los datos obtenidos con el método convencional.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

<b>Código de la prueba</b>	<b>Correntómetro (l/s)</b>	<b>Flotador (l/s)</b>	<b>% de diferencia</b>
12023	143.9	170.9	19
22023	169.1	235.9	39
32023	148.8	174.0	17

**Tabla 6.14. Cálculo de porcentaje de diferencia entre los caudales calculados con ambos métodos.**

Fuente: Araya, 2023

#### IV) Simplificación y validación del Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers (BMWP-CR).

A continuación, se presenta la simplificación y validación del Índice (BMWP-CR).

Este índice es un indicador biológico utilizado para evaluar la calidad del agua en ríos y arroyos en Costa Rica mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos. Este índice es una adaptación del índice BMWP original, que utiliza la comunidad de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua.

Hoy las especies de macroinvertebrados se asignan a diferentes grupos de sensibilidad según su tolerancia a la contaminación y luego se asigna un valor a cada grupo basado en su sensibilidad. El valor final del índice se obtiene sumando los valores asignados a cada grupo. En el caso del BMWP-CR se utilizan especies acuáticas comunes en Costa Rica y se han adaptado los valores de sensibilidad a las especies locales.

Además, el índice se ha modificado para incluir una corrección de referencia lo que permite evaluar la calidad del agua en relación con el estándar local (DIGECA, 2007).

Los materiales que se deben utilizar son coladores de cocina (1), vasos de recolección (2), kits de disección (3), una tapa pequeña de color blanco (4), lupa (5), botas (6), alcohol al 70% (7), laminas de Bioindicadores de calidad del agua (8).



**Figura 6.22. Materiales a utilizar en la recolección y análisis de muestras.**

**Fuente:** Google, 2023

Si no se cuenta con vasos de recolección como los de la imagen se pueden utilizar otro tipo de recipiente pequeño que tenga tapa.

Si no se cuenta con un kit de disección se pueden utilizar tachuelas o palillos de dientes.

La tapa a utilizar puede ser cualquier tapa pero que sea de color blanco.

El alcohol es recomendable que sea de 70%

Las condiciones de seguridad a la hora de realizar la recolección de macroinvertebrados deben ser que antes de realizar la recolección de macroinvertebrados se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes. Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias). En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio. Todos los que ingresen al río deberán utilizar botas. Una o dos personas le asistirán en todo momento. En caso de crecida repentina, se procederá con el siguiente protocolo de evacuación.

Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.

- La primera persona del equipo de recolección en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- El responsable constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- Toda persona presente colaborará de inmediato en la extracción segura de la persona que esté haciendo recolección de macroinvertebrados si este se encuentra en el agua.
- Se distribuirán labores de recolección de instrumentos y equipos afín de no extraviar materiales.
- Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.

- Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o recolección posterior en las siguientes 24 horas.

Ahora bien, es importante tener presente las técnicas de recolección para el posterior análisis de los macroinvertebrados. Por ello primero para los estudios que son cualitativos que son el caso de interés se pueden utilizar redes manuales diversas e incluso coladores de cocina (Como se observa en la figura X). Además, es posible usar varios tipos de redes o recolectar los organismos directamente del sustrato mediante el uso de pinzas que están en los kits de disección. En áreas con flujo de agua, los muestreos se pueden hacer colocando el colador corriente abajo y moviendo el sustrato con las manos o con los pies para dislocar los macroinvertebrados y atraparlos con el colador. En áreas sin flujo, el colador se empuja dentro del sustrato y se recolecta material del fondo. Los macroinvertebrados se pueden buscar entre el material acumulado. También se pueden colocar en una bandeja de color claro, blanco preferiblemente, con agua. Los macroinvertebrados tienden a moverse en la bandeja y son más fáciles de observar y recolectar para poder echarlos en los vasos de muestras (Revista de Biología Tropical, 2010).



**Figura 6.23. Colador de cocina como instrumento de recolecta.**

**Fuente:** Revista de Biología Tropical, 2010

Como resumen del proceso de recolección sería tener presente lo siguiente.

Recolectamos hojarascas en el fondo de las orillas del río o del fondo del centro del río o quebrada con el colador de cocina. Luego con ayuda de las pinzas vamos a agarrar los macroinvertebrados y luego los echamos en los vasos de recolección los cuales deben contener alcohol.

Una vez recolectados todos los macroinvertebrados que observemos moverse en las hojarascas, procedemos a llevarnos las muestras a un lugar seguro y tranquilo donde podamos realizar el análisis de cada uno de ellos.

Además, es importante tener presente que se deben elegir mínimo 3 puntos donde recolectar las muestras en el río o quebrada, en cada uno de estos puntos se debe recolectar en el colador la mayor cantidad de hojarascas posibles y una vez que ya no observemos más movimiento en lo que recolectamos se desecha y se recolecta una nueva muestra. Debemos como mínimo recolectar 3 veces en cada punto que elegimos.

Una vez que se haya realizado la recolección se hace la clasificación de Macroinvertebrados con apoyo de las láminas de Bioindicadores de calidad de agua.

Por ello una vez que estemos en el lugar de observación, procedemos a realizar lo siguiente.

Con ayuda de las pinzas o herramientas de disección vamos a colocar el macroinvertebrado en un fondo blanco, como por ejemplo una tapa pequeña.

Vamos a observar detenidamente con una lupa las diferentes características del macroinvertebrado por ejemplo, su forma, cantidad de patas, si tiene o no tiene antenas, fijarse en los colores, en el tamaño de sus ojos, entre cualquier otra característica que se logre identificar.

Una vez realizada la observación se hace una búsqueda y comparación con las macroinvertebrados de la lamina impresa llamada “Bioindicadores de la calidad del agua Cuenca del Río Tempisque”, esto para poder identificar cual es el nombre de la familia del macroinvertebrado que estamos observando.

Una vez identificado procede a apuntar en la hoja de registro de macroinvertebrados su nombre, la letra correspondiente y el puntaje, para su posterior conteo y sumatoria total.



**Figura 6.24. Colador de cocina como instrumento de recolecta.**  
**Fuente:** Revista de Biología Tropical, 2010

Finalmente, hacemos la clasificación del nivel de calidad de agua. Para obtener el resultado de nivel de calidad de agua tenemos que realizar el conteo y sumatoria total obtenidos anteriormente, esto con ayuda de la hoja de registro de macroinvertebrados. Una vez obtenido el puntaje total se procede a utilizar la siguiente tabla para conocer la calidad de agua de nuestro río o quebrada.

<b>NIVEL DE CALIDAD</b>	<b>BMWP'</b>	<b>Color Representativo</b>
Aguas de calidad excelente.	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.	101- 120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrófia, contaminación moderada.	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Rojo

**Tabla 6.15. Clasificación de la calidad del agua en función del Puntaje Total Obtenido.**  
**Fuente:** DIGECA, 2007.

#### V) Simplificación y validación del Índice RQI.

Este es un método se utiliza para conocer el estado de conservación de las riberas fluviales e identificar los tramos mejor conservados o más deteriorados, los cuales pueden ser posteriormente relacionados a las presiones e impactos existentes. Utilizar este método también facilita el diagnostico de los principales problemas de ribera mediante el reconocimiento explícito de los distintos efectos producidos en su estructura o funcionamiento, contribuyendo a la construcción de estrategias de restauración y conservación.

Este método sobresale por sobre otros debido a que toma en consideración los procesos y dinámicas de los ríos por medio de la evaluación de 7 atributos (figura 6.25) diferentes y la determinación de qué tipo de valle corresponde al área de estudio (Figura 6.26). Los atributos por evaluar se dividen en dos grupos: estructura de la ribera y funcionamiento de la ribera.



**Figura 6.25. En la izquierda tenemos los atributos relacionados a la estructura de la ribera y a la derecha se encuentra los atributos en relación al funcionamiento de la ribera.**

**Fuente:** Gonzales del Tango, García del Jalón, Lara y Garilleti, 2006

Los materiales que se deben utilizar son, lapicero, calculadora básica y una copia de las tablas incluidas dentro del protocolo. Es importante destacar que no es necesario bajar hasta ubicarse cerca de la orilla del río, si no que se necesita estar en una posición donde se pueda ver adecuadamente todos los atributos de la ribera.

Ahora se hace la correcta selección de la sección a evaluar. El índice RQI debe de aplicarse a escala de tramo o segmento fluvial, con una longitud de río en la que se mantengan unas condiciones homogéneas de los 7 atributos considerados. El tramo seleccionado debe de ser lo suficientemente largo por lo que se debe de seleccionar una longitud entre los 100 y 500 metros.

Las condiciones de seguridad a la hora de realizar la medición es que en cada observación se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes. Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias). En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio. Para la aplicación del índice RQI no es necesario que ninguna de las personas participe entren al río, pero es mejor siempre aplicar precaución al estar ubicados cerca del caudal. En caso de crecida repentina, se procederá con el siguiente protocolo de evacuación.

- Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.
- La primera persona del equipo de muestreo en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- El responsable constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.
- Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o aforo posterior en las siguientes 24 horas.

Ahora se realiza el procedimiento para la aplicación del índice RQI simplificado. Para ello primero se debe seleccionar el tramo o segmento fluvial y el tipo de valle.

Una vez seleccionada la longitud del tramo a evaluar es necesario anotarla y tomar una foto de la zona en donde se estará realizando la evaluación de la ribera. Posteriormente es necesario determinar el tipo de valle en que nos encontramos ubicados, la selección del valle va a ser realizada con ayuda de la figura 6.27, dentro de la cual se describen los tipos de valles y sus características morfológicas y sedimentarias correspondientes.

Cuando se refiere a la selección del tipo de valle no se refiere a un valle en su forma literal, sino que, es una forma para clasificar el lugar donde se realiza la medición de los atributos de la zona ribereña. Por ejemplo, el río Liberia, en la zona alta es considerado como tipo de Valle I debido a su morfología y sedimentos encontrados en ribera.



**Figura 6.26. Valle I: Río Liberia**  
**Fuente:** Golcher Benavides, 2016

La selección del valle es importante debido a que se usa para evaluar los atributos de la zona ribereña más objetivamente al tomar en consideración la geografía de la zona.

Tipo de valle		Morfología		Sedimentos
Valle I	Valle I - A	Situado en tramos altos, de cabecera o de montaña. En este tipo normalmente se observan controles rocosos y cubiertas con vegetación.	Valle estrecho en forma de V, de orgien fluvial, con inclinación de las laderas vertientes igual o superior a 45°, generalmente son cauces de pequeño tamaño y cuentan con una sinuosidad alta ligada a la del valle	Los materiales encontrados en las orillas del río provienen de las laderas próximas, con poca redistribución fluvial, formando cascadas, escalones o rápidos continuos y orillas estables.
	Valle I - C		Valle estrecho y confinado en forma de U, formando cañones o cortados rocosos con fuerte inclinación y altura. Generalmente se observa en cauces pequeños o de mediano tamaño, su sinuosidad puede ser elevada o recta.	Los sedimentos que se encuentran en las orillas del cauce pueden ser provenientes de las laderas próximas o de zonas aguas arriba. Dentro del cauce se observan rápidos continuos o secuencia de rápidos y remansos y orillas generalmente estables.
Valle II		Relativamente abierto con inclinación en las laderas vertientes inferior a 45°, frecuentemente vistos en los tramos altos y medios de los cauces que discurren por terrenos de sierra y montañas bajas, o en tramos medios de ríos montañosos, donde todavía queda sin inundar la llanura de inundación del cauce principal.		Materiales del lecho del río de origen mixto (coluvial y aluvial), en función de la estabilidad de las orillas, con evidencia de redistribución fluvial y formación de rápidos y remansos.
Valle III		Muy abierto y de considerable anchura, con llanura de inundación bien definida y confinada por terrazas fluviales. Se localiza con mayor frecuencia en los tramos medios y bajos de los ríos de mayor tamaño, donde los cauces ya no se ven afectados directamente por la hidrología de las laderas vertientes, al existir un espacio central con dimensiones suficientes para la redistribución de los sedimentos y la creación de meandros ligados a los procesos fluviales de erosión y sedimentación		Materiales del lecho del río transportados y redistribuidos por la corriente y sinuosidad ligada a procesos fluviales.
Valle IV		Valle en relieve plano. Cauce poco encajado en el valle y llanura de inundación no confinada, discurrendo sobre antiguos depósitos sedimentarios de origen fluvial o lacustre, sobre los que a menudo se forman humedales, turberas o "tablas" por desbordamiento frecuente de los cauces y elevación de los niveles freáticos		En estos tipos de valles no se pueden distinguir sedimentos particulares al encontrarse sobre antiguos depósitos sedimentarios

**Figura 6.27. Selección del tipo de valle según el Índice RQI.**

*Fuente:* Araya, 2023

Seguidamente se debe realizar la evaluación de los atributos riparios.

Cada atributo ripario se evalúa de forma independiente según las tablas adjuntas, en cada tabla es necesario marcar la valoración que se le otorga (la valoración corresponde a un número del 1 al 12) a cada atributo debido.

Todas las tablas de los atributos cuentan con una columna para estado óptimo, estado bueno, estado regular y estado malo; al final de cada columna se encuentran tres o dos casillas con un valor diferentes para cada una (figura 6.28), estas son usadas para evaluar el atributo ripario dentro del "estado" seleccionado. Se selecciona el valor que se cree mejor cumple con el estado del atributo en la ribera.

	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.28. Ejemplo de cómo se observan las numeraciones al final de las tablas de atributos**  
Fuente: Araya, 2023

Ahora se inicia con la evaluación de los atributos de la rivera para ello cada cuadro contiene la información necesaria para puntuar el estado. Este va desde la figura 6.29 hasta la figura 6.35.

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Más del 75 % de la longitud del espacio ripario contiene vegetación arbórea o arbustiva asociada al río, formando un corredor denso			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida en grupos que cubren entre el 50 y el 75 % de la longitud del espacio ripario, o cubre más del 75 % de la longitud del espacio ripario, formando un corredor aclarado			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río está reducida a pequeños grupos que suponen un recubrimiento entre el 25 y el 50 % de la longitud del río			La vegetación arbórea y arbustiva se refiere a pies aislados o pequeñas agrupaciones de 1 a 3 individuos, en una ribera muy aclarada con menos del 25 % de cobertura de vegetación leñosa; o no existe, permaneciendo solo las comunidades de herbáceas		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.29. Continuidad longitudinal de la vegetación**  
Fuente: Araya, 2023

Estado	Óptimo			Bueno			Regular			Malo		
Valle I:	mayor a 5 m o una hilera con vegetación densa (cobertura superior al 75 %) asociada al río			Al menos una hilera con vegetación abierta (cobertura entre el 75 y el 50 %), asociada al río			Al menos una hilera con vegetación dispersa (cobertura inferior al 50 %) asociada al río			Sin hilera de vegetación asociada al río		
Valle II:	mayor a 15 m con vegetación asociada al río y cobertura superior al 50 %; o una dimensión inferior y vegetación asociada al río conectando con formaciones de vegetación poco afectadas por actividades externas			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura superior al 50 %, o más de 10 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %			menos de 5 m con vegetación asociada al río		
Valle III, IV:	mayor a 50 m ó una dimensión igual o mayor que 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río densa (cobertura mayor al 50 %)			25-50 m, o una dimensión entre 1 y 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río; o la opción anterior de mayores dimensiones, con vegetación aclarada (cobertura inferior al 50 %)			10-25 m, o una dimensión entre 1 y 0,5 veces la anchura del cauce activo en ríos más pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río			menos de 10 m en ríos grandes, o menos 5 m en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río		
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.30. Dimensiones de anchura en el espacio ripario con vegetación asociada al río.**  
Fuente: Araya, 2023

	Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
	<b>En la orilla</b>											
	Bosques de galería cerrados o sotos arbustivos muy densos > 2,5 m de altura, sin especies alóctonas, con sotobosque formado por varias especies de arbustos o dominado por herbáceas nemorales, con escasas zarzas (< 30%). O vegetación climatófila en estado natural o muy poco intervenida.			Bosques de galería o sotos arbustivos ± densos y > 2'5 m de altura, con abundancia de zarzas (> 30%), presencia moderada de especies alóctonas (pocos individuos aislados), y/o dominancia de herbáceas nitrófilas o con estratos subarbóreos pobres (estrato herbáceo en pequeñas manchas, con arbustos ocasionales). O vegetación climatófila levemente modificada por actuaciones antrópicas.			Formaciones arbóreas o arbustivas abiertas o < 2'5 m, con abundancia de zarzas (> 30%) y/o de especies introducidas (numerosos individuos de una o varias especies) y/o dominancia de herbáceas nitrófilas. O vegetación climatófila bastante modificada por actuaciones antrópicas			Vegetación herbácea dominante o zarzales, a lo sumo con algunos árboles y/o arbustos dispersos. Alineaciones de chopos plantados o de árboles introducidos, cañaverales alóctonos.		
Valle I	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Valle II, III y IV	8	7		6	5		4	3		2	1	
	<b>En la orilla</b>											
	Bosque natural denso que orla más del 75% de la longitud de la galería			Bosque ± denso o matorrales altos, que orlan más del 30% de la longitud de la galería			Árboles o arbustos frecuentes pero dispersos o en pequeños grupos			Vegetación herbácea dominante o con algunos árboles o arbustos dispersos o en pequeños grupos		
Valle II, III y IV	4			3			2			1		

Figura 6.31. Estructura y composición de la vegetación riparia.

Fuente: Araya, 2023

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Existen ejemplares de jóvenes, adultos y maduros de las principales especies arbóreas y arbustivas, y los espacios abiertos, bancos de gravas y arenas de las orillas están colonizados por plántulas de edades inferiores a 2 años.*			Existen ejemplares de diferentes edades (jóvenes, adultos y maduros) de las principales especies leñosas, y en los espacios abiertos se observan ejemplares más jóvenes, al menos de los arbustos. Regeneración natural levemente amenazada por el pastoreo, actividades agrícolas o forestales, regulación de caudales o incisión ligera del canal fluvial.			Se observan bosquetes de pies adultos y maduros, con escasa representación de los más jóvenes y ausencia de renuevos. Regeneración natural moderadamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, incendios periódicos, actividades recreativas, etc., o por regulación de caudales o incisión moderada del canal fluvial.			Solo se observan pies maduros o adultos, con muy escasa o nula presencia de los elementos jóvenes. Regeneración natural severamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, quemadas periódicas, compactación del suelo, o por incisión severa, o por obras de canalización. Abundancia de pies arbóreos secos.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Figura 6.31. Regeneración natural de la vegetación riparia.

Fuente: Araya, 2023

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-5 años) sobre un perfil de orilla llano o en condiciones naturales. No existe ninguna restricción al desbordamiento de las aguas.			Orillas algo sobreelevadas respecto al nivel del lecho. Las riberas se inundan con una periodicidad menor, entre 5 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debida a la regulación de los caudales, a pequeñas elevaciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o a una incisión del cauce incipiente.			Orillas bastante sobreelevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales.			Orillas muy sobreelevadas respecto al lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructuras de canalización intensa o por incisión del cauce severa.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.32. Condición de las orillas.**

*Fuente:* Araya, 2023

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-5 años) sobre un perfil de orilla llano o en condiciones naturales. No existe ninguna restricción al desbordamiento de las aguas.			Orillas algo sobreelevadas respecto al nivel del lecho. Las riberas se inundan con una periodicidad menor, entre 5 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debida a la regulación de los caudales, a pequeñas elevaciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o a una incisión del cauce incipiente.			Orillas bastante sobreelevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales.			Orillas muy sobreelevadas respecto al lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructuras de canalización intensa o por incisión del cauce severa.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.33. Conectividad transversal de la ribera con el cauce.**

*Fuente:* Araya, 2023

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
El suelo de las riberas no presenta síntomas de compactación ni sellado (impermeabilización), y se mantienen unas buenas condiciones de infiltración y permeabilidad en su perfil. Ausencia de excavaciones y rellenos. Relieve de las riberas en estado natural.			En las riberas se observan pequeños senderos o espacios compactados por estancia o paso de ganado, vehículos, actividades recreativas, etc. poco intensos, sin actuaciones de sellado, y no existen síntomas de erosión superficial o encharcamientos. Suelos de las riberas laboreados para cultivos agrícolas o forestales. Excavaciones y rellenos ausentes o muy poco intensas. El relieve de las riberas presenta un grado de alteración ligero.			Las riberas presentan caminos o espacios continuos muy compactados o sellados que ocupan más del 20 % de su superficie, que dificultan la infiltración y regeneración de la vegetación natural. O bien, el perfil del suelo ha sido alterado porque se han introducido materiales alóctonos (escombros, residuos sólidos, etc.). O el relieve de las riberas presenta un grado de alteración moderado por extracciones o por depósito de tierras procedentes de la llanura de inundación (motas de gravas).			Los suelos de las riberas están compactados o sellados en más del 20 % de su superficie, comprometiendo severamente la infiltración de las aguas. O el perfil del suelo ha sido alterado severamente en su composición granulométrica, o son abundantes los materiales alóctonos o el depósito de tierras ajenas a la llanura de inundación. O bien las extracciones de arena o los movimientos de tierras han modificado severamente el relieve natural de la ribera.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Figura 6.34. Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario.**

*Fuente:* Araya, 2023

Finalmente se hace la valoración del Índice RQI. Para la valoración final del índice sumamos los valores obtenidos en cada uno de los 7 atributos evaluados, el total obtenido lo contrarrestamos con la tabla 8 que nos indica que significa la puntuación obtenida.

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.

**Figura 6.35. Valoración del Índice RQI y calidad de las riberas según las condiciones ecológicas de la zona, se incluyen gestiones recomendadas en cada caso.**

*Fuente:* Araya, 2023

## 6.2.4 Capacitación a los OCAs

El día 6/11/2023 se obtuvieron los resultados de esta fase, se realizó la capacitación a los OCAs de la Región Chorotega en la visita realizada al Colegio Técnico Profesional de 27 de abril en Santa Cruz Guanacaste.

Por ello, a continuación, se muestran las fotografías de la capacitación realizada y algunos de los puntos visitados con personas representantes de cada observatorio, profesores y estudiantes del centro educativo.



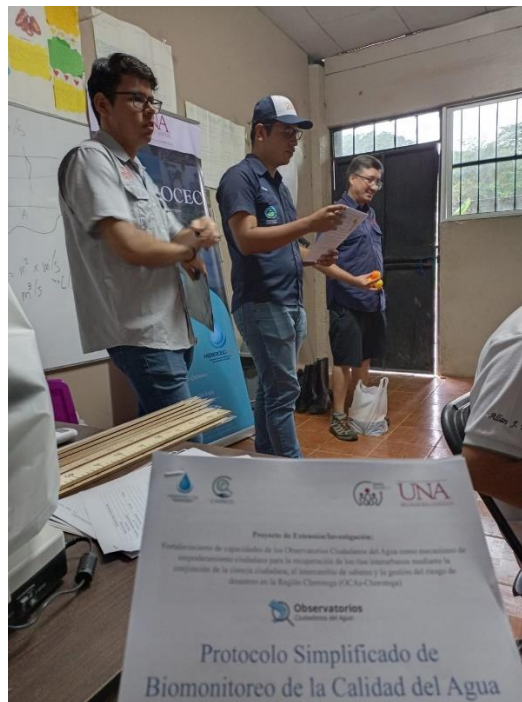
**Figura 6.36. Presentación de inicio ante las personas presentes en la capacitación**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.37. Conformación de grupos para el desarrollo de la capacitación**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.38. Explicación de protocolos simplificados**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.39. Revisión de los protocolos ilustrativos con los participantes.**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.40. Espacio de dudas o consultas sobre lo explicado en los protocolos antes del trabajo en campo.**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.41. Llegada al sitio de aplicación de los protocolos**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.42. Aplicación de protocolos de parte de los asistentes**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.43. Explicación del método simplificado para estimación de caudal y de las herramientas utilizadas en el método convencional**  
*Fuente:* Araya, 2023



**Figura 6.44. Regreso al aula para analizar los resultados obtenidos en campo.**  
*Fuente:* Araya, 2023

### 6.3 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los análisis de resultados de las cuatro fases metodológicas aplicadas.

#### 6.3.1 Análisis de resultados de la primera fase metodológica llamada “Recopilación de información general”

Basado en los resultados obtenidos de la recopilación de información general se realizó el análisis que se muestra a continuación.

- ❖ Análisis del apartado I llamado “Resultados obtenidos de la descripción general de la zona de estudio”.

Cabe destacar que la descripción general de la zona de estudio en este proyecto de investigación fue esencial para comprender el contexto y las características del entorno en el que se lleva a cabo el estudio. Hacer estas descripciones proporciona información valiosa que puede influir en la toma de decisiones de las actividades a realizar. Además, el respaldo de referencias confiables fortalece la credibilidad de la descripción y proporciona una base sólida para el proyecto de investigación (SEMAR, s.f)

- ❖ Análisis del apartado II llamado “Resultados obtenidos de la recopilación de información realizada para cada uno de estos OCAs”

Fue importante la recopilación de información detallada en estas áreas territoriales específicas por varias razones, primero para una toma de decisiones informadas, ya que la recopilación de información detallada proporciona datos y conocimientos necesarios para tomar decisiones informadas en el ámbito de planificación del proyecto. Como, por ejemplo, identificar que era necesario hacer giras de reconocimiento de terreno para establecer los puntos en donde llevar a cabo las capacitaciones.

Además, ayudo a la identificación de necesidades, al recopilar información más específica, se identificó que las subcuencas en donde se encuentran los OCAs son de gran extensión territorial que estos observatorios no cuentan con la capacidad de poder abarcar un monitoreo en la cuenca donde se encuentran, esto permitió ampliar el panorama para poder más adelante buscar una alternativa en la elección de los puntos para realizar los protocolos que se recomienda que sean mínimo 3 puntos en un mismo río.

Se puede destacar que el realizar esta recopilación más específica mejoro la planificación y desarrollo del proyecto. Esto porque permitió comprender mejor las características y recursos de dichas áreas.

Otro aspecto importante es que debido a dicha recopilación de información permitió la identificación de oportunidades. En este caso se pudo identificar que existen poblaciones importantes en las cercanías de los ríos en donde se realizaran los monitoreos, esto es una gran oportunidad de poder acercarse a la comunidad a este tipo de iniciativas, los OCAs son organizaciones que realizan actividades sociales y ambientales de concientización y que ahora vayan a contar con herramientas de monitoreo, puede incentivar a las personas a acercarse y participar en dichas labores, esto se identificó como una gran oportunidad de crecimiento para los OCAs de la Región Chorotega.

En resumen, del apartado II, la recopilación de información detallada en áreas territoriales específicas fue esencial para la toma de decisiones informadas, la identificación de necesidades, la mejora de la planificación y desarrollo del proyecto y la identificación de oportunidades.

- ❖ Análisis del apartado III llamado “Resultados obtenidos de la investigación de iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países”

Cabe destacar que se pudo conocer diferentes iniciativas en diferentes países en relación al tema de investigación porque permitió obtener una visión más amplia y completa de las soluciones y enfoques que se están implementando en diferentes contextos. Además, al conocer diferentes iniciativas en diferentes países, se logró identificar el nivel de participación comunitaria que tienen iniciativas de tipo ambiental que contribuyen con las zonas cercanas a estas poblaciones involucradas. Esto permitió aprovechar el conocimiento y la experiencia acumulada en otros lugares para poder tener claros los antecedentes de participación. Además, fue importante tener en cuenta que los desafíos y las necesidades pueden variar de un país a otro, incluso en temas similares.

En resumen, conocer diferentes iniciativas en diferentes países brinda la oportunidad de aprender de las experiencias de otros, identificar buenas prácticas y esto ayuda a enriquecer el proyecto de investigación y aumentar nuestras posibilidades de éxito.

❖ Análisis del apartado IV llamado “Resultados obtenidos de la recopilación de información de conceptos clave”

Cabe resaltar que fue importante conocer los conceptos clave en relación al tema del proyecto de investigación por varias razones que se describirán a continuación. La información mostrada está basada en “Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa guía didáctica” (Monje, 2011).

Claridad y comprensión. Al conocer los conceptos clave relacionados con el tema de investigación, se pudo tener una comprensión clara de los aspectos fundamentales y las ideas principales que se relacionan con el proyecto. Esto permite tener una visión más clara de lo que queremos investigar.

Contextualización. Los conceptos clave permitieron situar el proyecto dentro del contexto más amplio de la investigación existente en el área. Al conocer los conceptos clave, se pudo identificar las teorías, los enfoques y los estudios previos relevantes que se han realizado sobre nuestro tema. Esto ayuda a comprender mejor el estado actual del conocimiento en el área y poder identificar posibles lagunas o áreas de investigación que aún no han sido exploradas.

Fundamentación teórica. Los conceptos clave nos proporcionan una base teórica sólida para la investigación. Al conocer los conceptos clave, se puede fundamentar los argumentos en teorías y conceptos establecidos en el campo. Esto ayuda a construir una base sólida y asegurar que la investigación esté respaldada por la literatura existente.

Comunicación efectiva. Al conocer los conceptos clave, contribuye a que la comunicación sea de manera más efectiva con otros participantes y expertos en el campo. Podemos utilizar un lenguaje común y preciso al discutir nuestro proyecto y al presentar nuestros hallazgos. Esto facilita la colaboración y el intercambio de ideas, lo que puede enriquecer el proyecto y ampliar el conocimiento.

Estos fueron los aportes que se pudieron identificar de los conceptos claves y su importancia.

❖ Análisis del apartado V llamado “Resultados obtenidos de la recopilación de información sobre la teoría de protocolos estándar a simplificar”

Lo que se logró identificar fueron una serie de protocolos estándar de monitoreo. Esto para poder conocer más a detalle cada uno e ir seleccionando cuáles eran los protocolos que se podían adaptar o simplificar para poder aplicarlos con cada OCA.

En este caso de todos los protocolos investigados los que fueron elegidos para una futura simplificación fueron, la determinación de caudal en cuerpo lótico mediante correntómetro de campo, Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers (BMWP-CR), y el Índice RQI (Riparian Quality Index). Se decidió simplificar y aplicar estos tres debido a que son protocolos que abarcan la parte de cantidad de agua que contienen los ríos, la parte de calidad con

bioindicadores y finalmente otro elemento importante el cual es conocer el estado de las áreas ribereñas de estos cuerpos de agua. Esto hace que a los OCAs les quede una herramienta bastante robusta como punto de partida en el monitoreo de los ríos que atraviesan sus comunidades para tener un mejor panorama de cómo se encuentra el estado general de sus ríos.

Aquí termina el análisis de resultados de la primera fase metodológica, ahora se presenta el análisis de resultados de la segunda fase.

### **6.3.2 Análisis de resultados de la segunda fase metodológica llamada “Caracterización hidromorfológica”**

Como se puede observar en la sección 6.2.2, fue necesario realizar visitas de campo para la caracterización hidromorfológica, esto con colaboración de los OCAs, dicha visita fue para hacer un reconocimiento de campo de los sitios en donde cuentan con puntos de muestreo o en donde ellos consideran que son buenos lugares para realizar los diferentes monitoreos en base a los protocolos que se aplicarían en estos sitios.

- ❖ Análisis del apartado I llamado “Visita realizada al OCA Río Liberia el día 22/06/2023 y cálculo de parámetros hidromorfológicos.”

La primera gira de reconocimiento se realizó en la Subcuenca del Río Liberia (ver figuras 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4) en la gira se contó con la presencia de integrantes del OCA Río Liberia, así como también con compañeros de la Universidad Nacional específicamente de la Escuela de Planificación y Promoción Social (EPPS), así como de estudiantes asistentes de dicha Escuela.

Este acompañamiento tanto de los integrantes del OCA como de EPPS fue fundamental para identificar la importancia de estos puntos de monitoreo, los cuales permiten conocer como la interacción del ser humano con el entorno natural de los ríos y como se generan diferentes presiones ambientales a lo largo de la subcuenca del río Liberia.

De la figura 6.1 ala 6.3 específicamente las cuales fueron tomadas en la parte alta de la cuenca, aquí lo que se logró determinar es que un punto de monitoreo en la parte alta de una cuenca, subcuenca o microcuenca permite saber el estado más natural y más sano en el que se encuentra un cuerpo de agua, esto porque normalmente son las partes menos intervenidas por los asentamientos y desarrollos humanos. Este es precisamente el caso de la subcuenca del Río Liberia, el cual en su parte alta no está siendo afectada directamente con este tipo de crecimiento urbanístico como si lo es la parte media de la cuenca.

Luego la figura 6.4 y 6.5 fueron tomadas en la parte media de la cuenca, aquí lo que se logró determinar al igual que en el punto anterior es que tener un punto de monitoreo en la parte media de la subcuenca es muy importante para conocer el estado del río una vez que ya ha sido intervenido, por ejemplo en la figura 6.4 esta antes de la toma de agua de la planta potabilizadora del AyA y en la 6.5 está en una zona donde el río ya ha tenido que haber sufrido por la contaminación de los barrios aledaños y colindantes a los márgenes, de hecho se puede notar como hacen la descarga directa de las aguas residuales en el río. Esto lo que permite es conocer como la cantidad y calidad del agua se ve perjudicada, así como también el estado de las áreas ribereñas colindantes con toda el área urbanizada.

Ahora bien, la figura 6.6 fue tomada en la parte baja de la subcuenca, aquí lo que se logró determinar fue que tener un punto de monitoreo en la parte baja de la cuenca es importante para conocer el estado del río una vez haya recorrido por lo largo de toda la subcuenca, esto permite saber si la cantidad y calidad del agua, así como el estado de las áreas ribereñas mejora o presenta un estado de recuperación ante las presiones aplicadas anteriormente después de pasar por la parte media.

Una vez realizada la gira de reconocimiento en diferentes puntos de la subcuenca del Río Liberia, se procedió a realizar cálculos hidromorfológicos como complemento para comprender el entorno físico natural de la subcuenca, en los cuales se calculó el área, perímetro, factor de forma, elevación máxima,

elevación mínima, elevación media de la cuenca, longitud total de ríos, índice de compacidad, longitud del cauce principal, pendiente media del río y densidad de drenaje.

Como se puede observar en la tabla 6.1 están los resultados con sus respectivas unidades. Haciendo un análisis de esto entre los parámetros calculados para la subcuenca, se obtuvo que el factor de forma es de 0,04 que según Delgadillo et al. (s.f) es una cuenca muy alargada (Anexo 2). Cuando se cuenta con un factor de forma bajo, se está menos sujeto a inundaciones que una cuenca de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas (Jardí, 1985).

En lo correspondiente para el índice de compacidad, se obtuvo un valor de 2,62. Según Consorcio Pomca Quindío (2018), estos valores están entre un rango que clasifica las cuencas como Forma Oval-Oblonga a rectangular-Oblonga (Anexo 3). Este parámetro se relaciona con el efecto de la forma de la cuenca y con el patrón de la escorrentía, este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca. Para cuencas que son muy alargadas como en este caso se espera que el índice de compacidad sea mayor que 1, esto quiere decir que los resultados obtenidos concuerdan según la forma y tamaño de la cuenca.

Otro parámetro que es importante analizar es la densidad de drenaje, en este caso se obtuvo un valor de 1,6, este sería un valor clasificado con una densidad de drenaje moderado (Anexo 4). Según Camino et al (2018), este parámetro cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico, además permite conocer su complejidad, hablando del cálculo directamente es la relación existente entre la longitud total de los cauces y el área total de la cuenca, se conoce que, a mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por eso puede ser un importante indicador de peligrosidad. En este caso en específico al tener una densidad de drenaje moderado colabora a tener una buena respuesta ante las crecidas por fuertes precipitaciones.

Se puede mencionar un último parámetro en relación con el relieve del área de estudio, este parámetro es la pendiente media del río, que en el caso de la subcuenca se obtuvo un valor de 2,72%, se cuenta con un tipo de relieve plano (Anexo 5). La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. Para este caso en específico debido a que se clasificó como plana no sufre de fuertes afectaciones por sedimentación o problemas de erosión (Consorcio Pomca Quindío, 2018).

#### ❖ Análisis del apartado II llamado “Visita realizada al OCA Quebrada La Cabra el día 17/08/2023.”

Se realizó una gira de reconocimiento con el OCA Quebrada La Cabra en la microcuenca de la Quebrada La Cabra (ver figuras 6.7, 6.8, 6.9 y 6.10)

En la gira se contó con la presencia de integrantes del OCA, así como también con compañeros de la Universidad Nacional específicamente de la Escuela de Planificación y Promoción Social (EPPS), así como de estudiantes asistentes de dicha Escuela.

Como se mencionó anteriormente en el análisis de la visita realizada a la subcuenca del Río Liberia este acompañamiento tanto de los integrantes del OCA como de EPPS fue fundamental para identificar la importancia de los puntos de monitoreo, los cuales permiten conocer como la interacción del ser humano con el entorno natural de los ríos y como se generan diferentes presiones ambientales a lo largo de la microcuenca.

En este caso en específico en las figuras 6.7 y 6.8 se visitó un sector de la parte media-baja, la cual se consideró un punto importante de monitoreo para conocer el estado de la cantidad y calidad de agua después de las presiones humanas sobre el cauce, a su vez en la figura 6.9 se visitó la parte media de la microcuenca, punto donde se tienen presiones de la zona urbanizada y se identificó como otro punto para monitoreo para

conocer como afectas las presiones de las actividades humanas en el cauce y finalmente en la figura 6.10 se visitó la parte donde nace la quebrada, un punto sumamente importante para conocer el estado de la cantidad y calidad del agua y sus áreas ribereñas antes de verse afectadas por las presiones de las actividades humanas.

- ❖ Análisis del apartado III llamado “Visita realizada al OCA Río Potrero el día 18/08/2023 y cálculo de parámetros hidromorfológicos.”

Se realizó una gira de reconocimiento con el OCA Río Potrero en la subcuenca del río potrero (ver figuras 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16)

En la gira se contó con la presencia de integrantes del OCA Río Potrero, así como también con compañeros de la Universidad Nacional específicamente de la Escuela de Planificación y Promoción Social (EPPS), así como de estudiantes asistentes de dicha Escuela.

Como se mencionó anteriormente en el análisis de la visita realizada a la subcuenca del Río Liberia este acompañamiento tanto de los integrantes del OCA como de EPPS fue fundamental para identificar la importancia de los puntos de monitoreo, los cuales permiten conocer como la interacción del ser humano con el entorno natural de los ríos y como se generan diferentes presiones ambientales a lo largo de la subcuenca del Río Potrero.

En este caso en específico se visitó un sector en el cual se extrae agua del río para potabilizarlo y usarlo en consumo humano, solo a que diferencia del caso de Liberia esta extracción la tienen en la parte baja de la subcuenca. Luego de donde se encuentra el área urbanizada. Por ello es un punto importante de monitoreo para saber cómo está la cantidad y calidad del agua, además del estado de las áreas ribereñas.

En las figuras 6.11 y 6.12 se puede observar el acceso a este punto y la captación. Una vez en el sitio se pudo observar que era un área apta para realizar los monitoreos por el tipo de terreno, el cual no tenía pendientes pronunciadas y era de fácil acceso. Además, en las figuras 6.15 y 6.16 se puede observar los márgenes del río y su cauce y mantiene secciones aptas para aplicar los protocolos de monitoreo.

En la visita realizada a este OCA no se visitó ni la parte media ni la parte alta, debido a que son puntos de monitoreo ya definidos anteriormente según el conversatorio que se tuvo con los integrantes del OCA como se puede observar en las figuras 6.13 y 6.14, en donde evidentemente su importancia sigue siendo la misma que en el caso del río Liberia el cual es poder conocer el estado de la parte alta donde hay menos intervención humana, luego en la parte media donde se centra la mayor presión por las actividades de urbanización y finalmente la parte baja para ver el estado de las aguas y de las áreas ribereñas una vez el río haya atravesado toda la subcuenca. En estos sectores el OCA ha realizado labores de monitoreo en conjunto con el AyA y Dirección de Aguas. Lo que indica que son puntos accesibles.

Una vez determinado esto se realizó de igual forma el cálculo de parámetros hidromorfológicos como complemento para comprender el entorno físico natural de la subcuenca, en los cuales se calculó el área, perímetro, factor de forma, elevación máxima, elevación mínima, elevación media de la cuenca, longitud total de ríos, índice de compacidad, longitud del cauce principal, pendiente media del río y densidad de drenaje.

Como se puede observar en la tabla 6.2 están los resultados con sus respectivas unidades. Haciendo un análisis de esto entre los parámetros calculados para la subcuenca, se obtuvo que el factor de forma es de 0,23 que según Delgadillo et al. (s.f) es una cuenca alargada (Anexo 2). Cuando se cuenta con un factor de forma bajo, se está menos sujeto a inundaciones como lo es en este caso a diferencia de una cuenca de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas (Jardí, 1985).

En lo correspondiente para el índice de compacidad, se obtuvo un valor de 1,27. Según Consorcio Pomca Quindío (2018), estos valores están entre un rango que clasifica las cuencas como Forma Oval-Oblonga

(Anexo 3). Este parámetro se relaciona con el efecto de la forma de la cuenca y con el patrón de la escorrentía, este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca. Para cuencas que son alargadas como en este caso se espera que el índice de compacidad sea mayor que 1, esto quiere decir que los resultados obtenidos concuerdan según la forma y tamaño de la cuenca.

Otro parámetro que es importante analizar es la densidad de drenaje, en este caso se obtuvo un valor de 1,45, este sería un valor clasificado con una densidad de drenaje moderado (Anexo 4). Según Camino et al (2018), este parámetro cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico, además permite conocer su complejidad, hablando del cálculo directamente es la relación existente entre la longitud total de los cauces y el área total de la cuenca, se conoce que, a mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por eso puede ser un importante indicador de peligrosidad. En este caso en específico al tener una densidad de drenaje moderado colabora a tener una buena respuesta ante las crecidas por fuertes precipitaciones.

Se puede mencionar un último parámetro en relación con el relieve del área de estudio, este parámetro es la pendiente media del río, que en el caso de la subcuenca se obtuvo un valor de 3,88%, se cuenta con un tipo de relieve suave (Anexo 5). La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. Para este caso en específico debido a que se clasificó como una pendiente suave no sufre de fuertes afectaciones por sedimentación o problemas de erosión a lo largo de área (Consortio Pomca Quindío, 2018).

❖ Análisis del apartado IV llamado “Cálculo de parámetros hidromorfológicos a la subcuenca del Río Nandamojo.”

En el caso del OCA del Río Nandamojo no se realizó gira de reconocimiento, esto debido a que fue un Observatorio que se incorporó al proyecto en instancias finales, por ende, solo se realizaron los cálculos de los parámetros hidromorfológicos. Aun así, la parte de reconocimiento de campo para efectos de este OCA ellos lo han realizado anteriormente con ayuda del Guanacaste Water Center, la cual es una organización que vela por la recuperación ambiental en una zona cercana al Río Nandamojo y también con experiencia desarrollando diferentes actividades de restauración de la mano de expertos en el tema.

Ahora bien, cómo se puede observar en la tabla 6.3 están los resultados con sus respectivas unidades. Haciendo un análisis de esto entre los parámetros calculados para la subcuenca, se obtuvo que el factor de forma es de 0,20 que según Delgadillo et al (s.f) es una cuenca muy alargada (Anexo 2). Cuando se cuenta con un factor de forma bajo, se está menos sujeto a inundaciones como lo es en este caso a diferencia de una cuenca de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas (Jardí, 1985).

En lo correspondiente para el índice de compacidad, se obtuvo un valor de 1,38. Según Consortio Pomca Quindío (2018), estos valores están entre un rango que clasifica las cuencas como Forma Oval-Oblonga (Anexo 3). Este parámetro se relaciona con el efecto de la forma de la cuenca y con el patrón de la escorrentía, este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca. Para cuencas que son alargadas como en este caso se espera que el índice de compacidad sea mayor que 1, esto quiere decir que los resultados obtenidos concuerdan según la forma y tamaño de la cuenca.

Otro parámetro que es importante analizar es la densidad de drenaje, en este caso se obtuvo un valor de 1,48, este sería un valor clasificado con una densidad de drenaje moderado (Anexo 4). Según Camino et al

(2018), este parámetro cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico, además permite conocer su complejidad, hablando del cálculo directamente es la relación existente entre la longitud total de los cauces y el área total de la cuenca, se conoce que, a mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por eso puede ser un importante indicador de peligrosidad. En este caso en específico al tener una densidad de drenaje moderado colabora a tener una buena respuesta ante las crecidas por fuertes precipitaciones.

Se puede mencionar un último parámetro en relación con el relieve del área de estudio, este parámetro es la pendiente media del río, que en el caso de la subcuenca se obtuvo un valor de 2,60%, se cuenta con un tipo de relieve plano (Anexo 5). La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. Para este caso en específico debido a que se clasificó como una pendiente suave no sufre de fuertes afectaciones por sedimentación o problemas de erosión a lo largo de área (Consorcio Pomca Quindío, 2018).

### **6.3.3 Análisis de resultados de la tercera fase metodológica llamada “Aplicación y validación de protocolos simplificados de monitoreo de cuerpos de agua superficial”**

- ❖ Análisis del apartado I llamado “Protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.”

Se puede mencionar que el protocolo se logró simplificar, esto debido a que cuenta con una serie de pasos que son sencillos de realizar esto si contamos con los materiales necesarios, por ello de igual forma los materiales que se utilizan para la aplicación de dicho protocolo son fáciles de conseguir y asequibles económicamente. Lo cual permite que los OCAs puedan tener estos materiales para sus monitoreos de caudal.

Este protocolo cuenta con la característica de que se generó pensando en que fuera como una guía rápida y entendible para personas que no tuvieran previo conocimiento sobre protocolos de monitoreo de cuerpos de agua superficial. Por ello además del protocolo presentado en el apartado I también se realizó una versión más ilustrativa (Ver anexo 5). Esta versión es la guía que se les presentara a los OCAs en la fase de capacitación, lo que hace que sea más llamativa e interactiva con las personas.

- ❖ Análisis del apartado II llamado “Aplicación y validación del protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.” Y del apartado III llamado “Determinación de caudal en cuerpo lótico mediante correntómetro de campo”.

Cabe destacar que la prueba se realizó con un total de 6 personas, esto porque se realizó la aplicación del protocolo simplificado como a su vez la medición de caudal con el método convencional utilizando correntómetro. Esto para poder posteriormente validar los datos obtenidos en campo y hacer una comparación entre los resultados obtenidos con cada uno.

Como se puede observar en las figuras 6.15 y 6.16, una vez llegado al sitio se empezó a realizar los procedimientos mencionados en el protocolo paso a paso, lo que permitió obtener los diferentes parámetros en poco tiempo como se puede observar en la tabla 6.6 en la cual la primera prueba empezó a las 9:35 a.m. y la última prueba finalizó a las 10:15 a.m. En total se realizaron 3 pruebas con cada protocolo.

Basado en la tabla 6.5 lo que podemos analizar es que las profundidades en cada medición, aunque varían se mantienen en valores muy similares y que a la hora de calcular el promedio no representa cambios significativos entre una y la otra.

Basado en la tabla 6.7 para cada prueba se hizo un mínimo de 3 lanzamientos para poder analizar la estabilidad de los datos en el tiempo, se puede observar como la medición del tiempo promedio en cada uno de estos varia en un máximo de 1,92 segundos, esto quiere decir que la medición del tiempo promedio para los flotadores fue estable en las tres pruebas realizadas. Además, si se observan los 9 datos apuntados de los segundos que dura cada lanzamiento podemos notar que las velocidades en cada uno de ellos igual son constantes y varían muy poco como para afectar el tiempo promedio.

Basado en la tabla 6.8 se puede observar que a la hora de calcular los caudales con todos los datos obtenidos anteriormente para la primera prueba realizada se obtuvo un valor de  $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ , para la segunda se obtuvo un valor de  $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$  y para la tercera prueba se obtuvo un valor de  $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Basado en las tablas 6.9, 6.11 y 6.13 las cuales corresponden al cálculo de la velocidad promedio con el método de correntómetro se puede notar como se mantuvieron estables las velocidades para posteriormente obtener el cálculo del caudal.

Basado en la tabla 6.10, 6.12 y 6.14 se puede observar que a la hora de calcular los caudales con todos los datos obtenidos anteriormente para la primera prueba realizada se obtuvo un valor de  $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ , para la segunda se obtuvo un valor de  $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$  y para la tercera prueba se obtuvo un valor de  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Como se puede ver el dato que sube repentinamente en los dos casos es el valor de la segunda prueba. Esto permitió analizar dos cosas, primero que el aumento de este caudal en la segunda prueba muy posiblemente fuera porque por unos minutos la cantidad de agua que estaba pasando proviniera de una pequeña lluvia en algún sector del río. Esto se deduce debido a que en la tercera medición retoma un valor muy similar a la primera medición en los dos casos. Y lo segundo que permitió analizar es que a través del método del flotador es un método que es efectivo para notar estos cambios en el aumento o disminución del caudal, lo cual valida su utilización para conocer hasta cierto punto cuanta cantidad de agua está pasando por la sección transversal.

Finalmente, en la tabla 6.15 se calculó la diferencia en porcentaje entre cada una de las pruebas como método de comparación, esto lo que permitió fue saber cuánto porcentaje se alejaba el método simplificado del método convencional. En este caso en la primera prueba se obtuvo un 19%, en la segunda un 39% y en la tercera bajo nuevamente y fue de un 17%.

Pero como en este caso los protocolos los protocolos serán utilizados para tener una noción y un acercamiento a la condición y al estado del río, se justifica su uso para efectos de tener un panorama en cada OCA sobre la condición del nivel de caudal del río que está monitoreando.

❖ Análisis del apartado IV llamado “Simplificación y validación del Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica”

Cabe mencionar que la simplificación que se realizó a dicho protocolo fue cambiar algunos los materiales que originalmente se utilizarían, esto debido a que el procedimiento se podía mantener, esto por su sencillez de aplicación. En este caso los materiales que fueron cambiados son las cajas de Petri las cuales se utilizaran tapas de plástico de cualquier recipiente que ya no esté en uso que sea de color blanco, la lupa en vez del estereoscopio para poder observar los macroinvertebrados con aumento y el kit de disección se mantiene pero se hace la aclaración de que se pueden utilizar palillos de dientes, tachuelas, alfileres o algún objeto fino que permita manipular el macroinvertebrado sin afectar su estructura física. El hecho de que lo único que se haya cambiado sean algunos materiales de este protocolo para su simplificación y aplicación de parte de los OCAs, permite que los resultados obtenidos mantengan un nivel de precisión lo suficientemente aceptables para conocer el estado de la calidad del agua en los ríos. Además del protocolo presentado en el apartado I también se realizó una versión más ilustrativa (Ver anexo 6).

❖ Análisis del apartado V llamado “Simplificación y validación del Índice RQI.

Cabe destacar que la simplificación que se le realizó a este protocolo fue resumirlo de tal manera que fuera entendible para los OCAs, en donde se utilizaron cuadros con las descripciones y diferentes puntajes que se deben ir asignando en cada uno de los procesos en donde se indican los diferentes estados de las áreas ribereñas en una escala del 1 al 12, esto hace que la aplicación se resume a poder identificar en campo con ayuda de las fichas e ir seleccionando el puntaje que le asignan a cada uno de estos elementos.

### **6.3.3 Análisis de resultados de la cuarta fase metodológica llamada “Capacitación a los OCAs”**

La construcción de capacidades técnicas mediante la capacitación y aplicación de protocolos simplificados de monitoreo del recurso hídrico fluvial en los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega es una estrategia importante para la recuperación ambiental de los ríos. El transmitir este conocimiento técnico es fundamental para comprender y abordar los desafíos relacionados con la calidad del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Además, la obtención de estos resultados tiene varias implicaciones significativas. Por ejemplo, la identificación de problemas y amenazas. El monitoreo del recurso hídrico permite identificar problemas y amenazas que afectan la calidad del agua de los ríos. Esto incluye la detección de contaminantes, la evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos y la identificación de fuentes de contaminación.

Otro aspecto relevante es la toma de decisiones informadas. Los resultados obtenidos a través del monitoreo del recurso hídrico proporcionan información crucial para la toma de decisiones informadas en la gestión del agua. Estos datos permiten evaluar la eficacia de las medidas de protección ambiental e identificar áreas prioritarias para la restauración.

Algo muy importante es la participación ciudadana. Los Observatorios Ciudadanos del Agua involucran a la comunidad en la recolección de datos y monitoreo del recurso hídrico. Esto promueve la participación ciudadana en la gestión del agua y fomenta la conciencia ambiental. Además, la participación ciudadana fortalece la capacidad de respuesta y la resiliencia de las comunidades locales frente a los desafíos ambientales.

Por otro lado, se tiene la promoción de la recuperación ambiental. La construcción de capacidades técnicas y la obtención de resultados confiables son fundamentales para la implementación de estrategias de recuperación ambiental de los ríos. Estos resultados permiten evaluar el progreso de las acciones de restauración y adaptar las estrategias según sea necesario. Además, el análisis de resultados del monitoreo del recurso hídrico fluvial puede ayudar a generar conciencia pública sobre la importancia de la conservación del agua y promover la participación ciudadana en la protección de los ríos. Al compartir los resultados con la comunidad, se fomenta la responsabilidad compartida y se promueven acciones individuales y colectivas para la protección del recurso hídrico.

En resumen, la obtención de resultados a través de la capacitación y aplicación de protocolos simplificados de monitoreo del recurso hídrico fluvial en los Observatorios Ciudadanos del Agua de la Región Chorotega es esencial para comprender y abordar los desafíos relacionados con la calidad del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos. Estos resultados permiten identificar problemas, tomar decisiones informadas, promover la participación ciudadana y promover la recuperación ambiental de los ríos.

## 6.4 Discusión de hallazgos

- ❖ Identificación de protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico.

Basado en recopilación de información realizada se pudo encontrar que existe un método sencillo para estimación de caudal sin la necesidad de equipo especializado, el cual es uno de los protocolos que requerían una mayor simplificación para poder ejecutarlo en los Observatorios. Se necesitan materiales de bajo costo que permiten saber el caudal que pasa en una sección transversal del río o quebrada y para efectos de aplicarlo con los OCAs es un método práctico. Dicho método se llama protocolo simplificado para estimación de caudal en cuerpo lótico mediante el método de flotadores.

- ❖ Identificación de iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países como antecedente de participación ciudadana

Basado en la recopilación de información realizada en el capítulo 2 llamado “Contexto del proyecto” se lograron identificar iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países, los cuales han tenido un apoyo de las diferentes comunidades, se determinó que existe una buena participación de las comunidades en iniciativas de recuperación ambiental de los ríos. Esto es un hallazgo importante porque se ha demostrado o existen antecedentes de que las personas se involucran en proyectos que se relacionan con la recuperación ambiental de los ríos, más aún cuando dichas iniciativas se implementan en zonas cercanas a las zonas donde viven estas comunidades, que en este caso es uno de los componentes al momento de aplicar estos protocolos en los Observatorios, contar con la participación de personas de la comunidad.

- ❖ Muestras de interés por los OCAs de la Región Chorotega hacia el proyecto

Después de interactuar con los diferentes OCAs se observa una gran anuencia de participar en las actividades de capacitación lo que facilita la ejecución de la iniciativa. Esto es un gran hallazgo debido a que cuando las personas se sienten involucradas y valoradas en un proyecto de investigación, es más probable que estén comprometidas y motivadas para contribuir de manera significativa. Esto puede llevar a cabo un mayor esfuerzo, dedicación y calidad en el trabajo realizado. Además, la participación activa de diferentes grupos de personas en un proyecto de investigación puede ayudar a garantizar una mejor representatividad de la población objetivo.

- ❖ Estabilidad en la medición de velocidades a través del método de flotador para el cálculo de caudal.

Al momento de analizar los datos de las velocidades obtenidas en las pruebas realizadas con el método simplificado se identificó que las velocidades fueron estables en las tres mediciones, esto quiere decir que no fueron alteradas por efectos externos que pueden provocar un desfase en los datos que estamos obteniendo y que el valor que obtengamos no sea muy preciso, pero en este caso mediante las tres pruebas realizadas se pudo determinar que es un método que bajo ciertas condiciones y recomendaciones es estable para el cálculo de caudal.

- ❖ Descartar la comparación estadística por la naturaleza del trabajo

Cuando se realizaron los análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del protocolo a través del método de flotador se descartó la comparación estadística, esto debido a que para efectos de los OCAs los protocolos deben servir para generar un panorama general del estado o condición de la cantidad y calidad del agua, así como de sus áreas ribereñas, así que no es relevante conocer el nivel de significancia entre un método y el otro. Aun así, se realizó el cálculo de los porcentajes de diferencia para conocer cuánto varía un dato en relación al otro.

❖ Simplificación del índice BMWP-CR y del índice RQI

Al momento de simplificar estos dos protocolos se identificó que no era necesario modificar los procesos originales si no que lo que se debía hacer era cambiar algunos materiales de trabajo para poder desarrollar los monitoreos, esto porque los procesos para llevar a cabo el protocolo son sencillos, lo que no era fácil y asequible de conseguir eran algunos materiales que se debieron cambiar para su aplicación en los OCAs.

❖ Asistencia a la convocatoria para la capacitación

Durante la capacitación del proyecto, fue una grata sorpresa el presenciar una asistencia y participación excepcional por parte de los convocados, en este caso fueron 20 asistentes. No se esperaba una respuesta así de positiva y entusiasta para la actividad propuesta. Fue evidente que todos los asistentes estaban comprometidos y dispuestos a participar de manera significativa. Esta buena participación demostró el compromiso y la motivación para lograr los objetivos de la capacitación el cual era poder construir capacidades técnicas sobre el monitoreo del recurso hídrico fluvial. Fue un hallazgo gratificante y tal participación permitió que las actividades se desarrollaran de buena manera.

❖ Liderazgo por parte de los más jóvenes presentes en la capacitación

Luego de la capacitación teórica se llevó a cabo un trabajo de campo en el cual se contó con la valiosa participación de jóvenes, quienes se encuentran en nivel de secundaria. Estos estudiantes desempeñaron un papel fundamental al guiarnos hacia los puntos de la quebrada, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la capacitación teórica previa. Su entusiasmo y conocimiento sobre el entorno natural de su territorio fueron clave para el éxito de las actividades en el campo.

## 6.5. Discusión de objetivos

En este apartado se describe el nivel de cumplimiento de cada uno de los objetivos, desde los específicos hasta el objetivo general.

Con respecto al objetivo específico 1 se puede considerar que se cumplió en su totalidad, dado que la caracterización hidromorfológica está distribuida en los mapas que se encuentran en la sección 2.3 en donde se detallan las áreas de incidencia de cada OCA, además de que se observa a detalle la delimitación realizada en cada caso. Así como también se cuenta con evidencia de las visitas de campo realizadas a los OCAs las cuales se pueden observar en la sección 6.2.2 en donde se visitaron puntos estratégicos, lo cual era necesario para completar la caracterización y finalmente se cuenta con las tablas de la sección 6.2.2, en donde se calcularon los parámetros hidromorfológicos de las áreas de estudio. Esto permitió así describir a detalle las características de cada subcuenca y microcuenca y dar por terminada la caracterización hidromorfológica con éxito.

Con respecto al objetivo específico 2 se puede considerar que se cumplió en su totalidad, esto porque los protocolos si se simplificaron y en el caso del protocolo de medición de caudal por flotadores el cual tuvo cambios en los procesos de medición en comparación al método por correntómetro si aplico en campo, y posteriormente se analizaron los datos en relación con el método por correntómetro, además el protocolo del índice BMWP-CR y el índice RQI se simplificaron satisfactoriamente, de tal manera que se respetaron los procesos establecidos, esto causo que no fuera necesario su aplicación en campo hasta el momento de la capacitación.

Con respecto al objetivo específico 3 se puede considerar que se cumplió de manera parcial. Esto porque la validación realizada no fue mediante la comparación estadística de los datos obtenidos en campo a la hora

de aplicar el protocolo de medición de caudal. Esto fue debido a que para efectos de los OCAs los protocolos deben servir para generar un panorama general del estado o condición de la cantidad y calidad del agua, así como de sus áreas ribereñas, así que no es relevante conocer el nivel de significancia entre un método y el otro. Se llegó a esta deducción a través de la consulta a un experto en estadística e hidrología, el Lic. German Matamoros, que gracias a su experiencia en este campo se recomendó descartar la comparación estadística. También mediante la revisión bibliográfica se descubrió que los valores de significancia permitidos en estadística tienen que estar basados en una base de datos robusta, lo cual en este caso no se cuenta con tantos datos para generar dicha comparación.

Con respecto al objetivo específico 4 se puede considerar que se cumplió de manera parcial. Esto porque la capacitación si se realizó con la presencia de los OCAs de la Región Chorotega a excepción del OCA Quebrada la Cabra que por motivos ajenos al proyecto no lograron darle continuidad al proceso para poder recibir la capacitación. Aun así, se contó con la presencia de representantes de los otros 3 OCAs que estuvieron anuentes a participar de manera activa en la capacitación realizada.

Una vez analizado el nivel de cumplimiento de los objetivos específicos se puede mencionar que el objetivo general el cual era “Construir capacidades técnicas para el monitoreo del recurso hídrico fluvial en tres OCAs de la Región Chorotega, mediante la capacitación y aplicación de protocolos simplificados, como estrategia de recuperación ambiental de los ríos.” Se cumplió de manera satisfactoria debido a que mediante la capacitación realizada se logró construir capacidades técnicas en los asistentes para poder aplicar los protocolos, lo cual se evidencia en las figuras de la sección 6.2.4. En donde ellos mismos están aplicando los protocolos en campo para su posterior análisis. Además, esto da pie a que utilicen los monitoreos como estrategia de recuperación ambiental de los ríos utilizando la información obtenida para la toma de decisiones y en parte trabajar la concientización a través de la información de cada cauce analizado.

## **6.6. Discusión de métodos aplicados**

Con respecto a la primera fase metodológica llamada Recopilación de información general, se puede considerar que se cumplió en su totalidad. La evidencia de dicha fase se encuentra en el capítulo 2 y 3. En donde se abarcaron aspectos como la descripción general de la zona de estudio, descripción de los Observatorios Ciudadanos del Agua en estudio dentro de la Región Chorotega, iniciativas de recuperación ambiental de los ríos en diferentes países, conceptos clave y teoría de protocolos estándar a simplificar o adaptar. Todo esto como resultado de la recopilación de información.

Con respecto a la segunda fase metodológica se puede considerar que se cumplió en su totalidad. La evidencia de dicha fase se encuentra parte en el capítulo 2 y parte en el capítulo 6, en los cuales con la utilización y uso del software Qgis y la recopilación de información permitió obtener los resultados esperados en esta fase, además de la evidencia de realizar visitas de campo en áreas seleccionadas estratégicamente. Esto permitió abarcar otro aspecto fundamental de esta fase para conocer más a detalle las zonas de trabajo de los OCAs y para llevar a cabo las capacitaciones sobre monitoreo de cuerpos de agua superficial. Además, para poder llevar a cabo dicha caracterización hidromorfológica se obtuvieron parámetros hidromorfológicos de las subcuencas y microcuencas en las cuales los Observatorios Ciudadanos del Agua tienen incidencia en relación al monitoreo de cuerpos de agua superficial. Dando así por terminada la fase 2.

Con respecto a la tercera fase metodológica se puede considerar que se cumplió de manera parcial. La evidencia de ello se puede encontrar en la sección 6.2.3. Aquí se puede observar cómo se llevó a cabo la aplicación y simplificación de los protocolos. Aun así, un componente de esta fase era que una vez fueran aplicados los protocolos en los puntos seleccionados y a su vez obtenidos el resultado de campo se procedería a realizar la validación de dichos protocolos. En el caso del protocolo de medición de caudal no

se llevó a cabo, por ende, esta fase metodológica no se logró completar del todo. Aun así, las razones por las cuales no se completó se detallan en la discusión de objetivos.

Con respecto a la cuarta fase metodológica se puede considerar que se cumplió en su totalidad. La evidencia de dicha fase se encuentra en el capítulo 6.2.4. Aquí se puede observar cómo se llevó a cabo la capacitación de manera participativa con los asistentes, cada participante tuvo la oportunidad de hacer las consultas necesarias para poder entender los protocolos simplificados con la ayuda de las guías ilustrativas facilitadas en conjunto con los materiales que se requerían para el trabajo de campo. Mediante el cumplimiento de esta fase metodológica se logró la construcción de capacidades técnicas en relación al monitoreo de cuerpos de agua superficial, en donde se incluyó poder calcular el caudal, analizar la calidad del agua y además la calidad de las áreas ribereñas.

## **Capítulo 7 – Conclusiones y recomendaciones**

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones, esto con la meta de poder cumplir los objetivos planteados.

## 7.1 Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones generales, conclusiones por hallazgos y conclusiones por categorías

### 7.1.1 Conclusiones Generales

- ❖ Se logró realizar la caracterización hidromorfológica con ayuda de representantes de los OCAs en las visitas de reconocimiento realizadas en campo, así como también de la utilización del software Qgis para la obtención de parámetros físicos de las subcuencas.
- ❖ Se aplicaron los protocolos simplificados de monitoreo de cuerpo de agua superficial tanto en su fase de simplificación como en la fase de capacitación a los OCAs, esto mediante un enfoque de ciencia ciudadana.
- ❖ Se validó el uso de los protocolos en el caso del “Protocolo simplificado para estimación de caudal en ríos y quebradas” mediante pruebas de campo y obtención de resultados y en el caso del índice BMWP-CR y del índice RQI mediante el cambio de materiales para su fácil aplicación en campo.
- ❖ Se logró capacitar a los integrantes de los OCAs utilizando los protocolos simplificados, los cuales se aplicaron en campo para su posterior análisis e interpretación.

### 7.1.2 Conclusiones por hallazgos

- ❖ Se simplificó un método de medición de caudal el cual se le dio como nombre “Protocolo simplificado para estimación de caudal en ríos y quebradas”, este se basó en métodos existentes los cuales en este caso dicha simplificación se requirió para poder aplicarlo sin necesidad de equipo especializado en los OCAs de la Región Chorotega.
- ❖ Se identificó apoyo de diferentes comunidades en diversos países en iniciativas de recuperación ambiental de los ríos, en este caso fue importante tener estos antecedentes de participación ciudadana para conocer la respuesta de las personas ante este tipo de proyectos y finalmente alcanzar los objetivos planteados que en el caso de este proyecto también se desarrolló en parte como estrategia de recuperación ambiental.
- ❖ Se identificó anuencia de participar de parte de los OCAs de la Región Chorotega en el proyecto, lo cual fue una respuesta alentadora porque esto facilitó la coordinación y el desarrollo de las actividades propuestas para las diferentes fases metodológicas las cuales no se habrían podido abarcar sin el involucramiento de la población objetivo.
- ❖ Se determinó que en la aplicación del “Protocolo simplificado para estimación de caudal en ríos y quebradas” las velocidades obtenidas en las 3 pruebas realizadas fueron estables, esto quiere decir que es un método que si se aplica bajo ciertas condiciones y recomendaciones las mediciones son estables para su posterior uso en el cálculo de caudal.
- ❖ Se descartó la comparación estadística en el desarrollo de la tercera fase metodológica del proyecto, esto debido a que para efectos de los OCAs los protocolos deben servir para generar un panorama general del estado o condición de la cantidad y calidad del agua, así como de sus áreas ribereñas, por esto fue relevante conocer el nivel de significancia entre un método y el otro utilizando métodos estadísticos.
- ❖ Se identificó que no era necesario modificar el índice BMWP-CR y del índice RQI, esto porque los procesos para aplicar los protocolo son sencillos, en este caso solo se requirió cambiar algunos materiales de trabajo por unos que fueran fáciles de conseguir y asequibles para los OCAs.
- ❖ La asistencia en capacitaciones de monitoreo del recurso hídrico fluvial es de suma importancia como estrategia de recuperación de los ríos. Estas capacitaciones proporcionan a los participantes los

conocimientos y habilidades necesarios para evaluar y supervisar la calidad del agua en los ríos. Además, fomentar una mayor conciencia sobre la importancia de conservar y proteger estos recursos naturales.

❖ Es de suma importancia involucrar a los jóvenes en proyectos ambientales, ya que no solo demuestran un gran interés en aprender, sino que también tienen la capacidad de convertirse en líderes y agentes de cambio en la conservación de nuestro entorno natural. Su participación activa y su conocimiento contribuyen significativamente a la construcción de un futuro sostenible.

### **7.1.3 Conclusiones por categorías**

#### **I) Caracterización hidromorfológica**

❖ Las visitas de reconocimiento de campo en compañía de representantes de los OCAs fueron esenciales para fortalecer las relaciones sociales y afianzar más la participación de las personas en fases posteriores, esto debido a la preocupación mostrada en común y finalidad de utilizar el proyecto como estrategia de recuperación de los ríos de las áreas de incidencia de los OCAs.

❖ El uso del software Qgis para el cálculo de parámetros hidromorfológicos facilitó la obtención de resultados clave para entender mejor el entorno físico presente en las subcuencas en donde se encuentran los OCAs, lo cual fue necesario para complementar las visitas realizadas en campo y poder utilizar los datos en la toma de decisiones sobre la escogencia de los puntos de monitoreo de calidad y cantidad de agua, así como del estado de las áreas ribereñas.

#### **II) Aplicación y validación de protocolos**

❖ Se realizó una versión más ilustrativa del “Protocolo simplificado para estimación de caudal en ríos y quebradas” de la mostrada en la sección de resultados, la cual encuentra en anexo 5, esto como una herramienta didáctica para la fase posterior de capacitación.

❖ Debido a que en el Protocolo del índice BMWP-CR y del índice RQI no se cambiaron los procesos para su aplicación, sino que solo se cambiaron algunos materiales esto permitió mantener la precisión de los datos que se van a obtener en los monitoreos en las zonas de incidencia de los OCAs.

#### **III) Capacitación a los OCAs**

❖ Se contó con la participación de más de 20 personas en la capacitación realizada en la comunidad de 27 de abril ubicada en Guanacaste Costa Rica, lo cual permitió identificar una buena respuesta de la actividad, esto es una base importante para que la aplicación de los monitoreos se ponga en marcha en las diferentes áreas de incidencia de los OCAs.

❖ Después de realizar la capacitación se determinó que los protocolos simplificados y enseñados son una herramienta útil y fundamental para la construcción de capacidades técnicas en los OCAs de la Región Chorotega, esto debido a que pudieron ser aplicados en campo y una vez obtenidos los resultados pudieron ser analizados por los mismos participantes.

## **7.2 Recomendaciones**

A continuación, se presentan las recomendaciones generales, recomendaciones por hallazgos y recomendaciones por categorías

### **7.2.1 Recomendaciones Generales**

❖ Cuando se realice una caracterización hidromorfológica asegurarse previamente de recopilar todos los datos necesarios, como mapas topográficos, datos hidrológicos y cualquier otra información relevante. Además, evaluar qué serie de parámetros se van a calcular en la unidad hidromorfológica que estamos trabajando, esto para ayudar a comprender mejor el entorno adecuándolo a las necesidades de cada proyecto.

❖ A la hora de desarrollar una actividad con enfoque de ciencia ciudadana se recomienda identificar elegir un tema relevante y de interés para las personas. Hay que asegurarse de que sea algo en lo que puedan participar activamente y que les apasione. Además, se recomienda establecer canales de comunicación abiertos y transparentes para que las personas puedan compartir sus opiniones y sugerencias. Otro aspecto es fomentar la participación diseñando actividades interactivas y atractivas que permitan a las personas contribuir de manera significativa, esto puede ser a través de la recolección de datos. Y en este aspecto una última recomendación es proporcionar la información necesaria y las herramientas adecuadas para que las personas puedan participar de manera efectiva y se puedan involucrar en el proyecto que queremos desarrollar.

❖ Se recomienda analizar a fondo el alcance de validación que tendrá el método que estamos simplificando, adecuando esto a la finalidad de aplicación de estos y tener claro para que sean utilizados los datos obtenidos, esto permitirá determinar hasta qué grado se hará dicha validación.

❖ Se recomienda analizar la población meta de la capacitación, esto para planificar y adecuar de la mejor manera lo que se espera desarrollar, esto para aprovechar la atención de las personas y que se pueda ejecutar de manera dinámica, debido a que el alcance del proyecto solo permite una capacitación, es importante que les quede lo más claro posible como se realizan los protocolos.

❖ Se recomienda generar una herramienta de registro de datos en línea y personalizada, que sea sencilla de utilizar para los OCAs, dicha herramienta permitiría tener una base de información actualizada y podrá hacer más robusta la capacidad técnica que posean los OCAs en relación a los monitoreos del recurso hídrico fluvial.

### **7.2.3 Recomendaciones por hallazgos**

❖ Cuando se requiera simplificar un método de medición de caudal, se recomienda hacer una búsqueda de métodos sencillos existentes, esto para facilitar su adaptación a nuestra zona de interés y que no sea necesario el uso de equipos especializados o sofisticados que solo se pueden conseguir con un capital de dinero significativo e inaccesible para organizaciones comunitarias voluntarias.

❖ Se recomienda realizar una búsqueda de antecedentes de participación ciudadana en proyectos de este tipo, esto es importante si deseamos obtener ese tipo de apoyo en nuestro propio proyecto. Al investigar y analizar los proyectos anteriores que han involucrado a la ciudadanía, podemos aprender lecciones valiosas y aplicarlas a nuestro propio enfoque. Esto nos permite comprender qué estrategias funcionaron bien y cuáles no, y nos brinda la oportunidad de mejorar y optimizar nuestro proyecto para obtener un mayor apoyo de la comunidad.

❖ Una recomendación para mantener el interés activo cuando haya buena disposición de participación por parte de la población objetivo de nuestro proyecto es utilizar estrategias de participación y comunicaciones efectivas. Como, por ejemplo, involucrarlos en la toma de decisiones, esto permite que participen activamente con el proyecto. Esto puede incluir la planificación de actividades, la elección de temas o la asignación de responsabilidades. Esto les dará un sentido de propiedad y motivación para mantener el interés en el proyecto. También reconocer y recompensar la participación, el reconocer y recompensar el esfuerzo y la contribución de la población objetivo en el proyecto se puede hacer a través de certificados, premios, reconocimiento público o incluso oportunidades de liderazgo en el proyecto. Esto ayudará a mantener su interés y motivación a largo plazo.

❖ Cuando se realicen mediciones en campo se recomienda una preparación adecuada de materiales, antes de salir al campo, debemos asegurarnos de tener todo el equipo necesario y de que esté en buen estado de funcionamiento. Esto lo que permite es asegurarnos de que los datos obtenidos puedan tener precisión. Por ello a su vez debemos asegurarnos de seguir los procedimientos adecuados para tomar mediciones precisas y si es posible, tomar múltiples mediciones para obtener un promedio y reducir errores.

❖ Se recomienda identificar el alcance de los datos a obtener porque esto ayuda a establecer las limitaciones y restricciones de nuestro proyecto. Al comprender las limitaciones de los datos obtenidos en campo, podemos evitar hacer generalizaciones incorrectas o interpretaciones erróneas de los resultados.

❖ Se recomienda que cuando encontremos métodos sencillos de utilizar con nuestra población meta pero que los materiales a utilizar son de alto costo se realice una investigación de que materiales alternativos podríamos usar para su aplicación, esto para mantener la precisión en los datos, pero con materiales asequibles para las personas.

❖ Debido a la buena participación obtenida en la capacitación se recomienda organizar talleres, seminarios o más capacitación para fortalecer lo visto y aprendido, que se enfoquen en la capacitación en monitoreo del recurso hídrico fluvial. Buscando brindar conocimientos teóricos y prácticos sobre los métodos de monitoreo y evaluación de la calidad del agua, así como también sobre la identificación de posibles problemas y soluciones para la conservación de los ríos. Además, sería beneficioso invitar a más expertos en el tema para que compartan sus experiencias y conocimientos con los participantes. De esta manera, se fomentará una mayor conciencia sobre la importancia de proteger y conservar los recursos hídricos fluviales, creando así una comunidad más comprometida con la preservación de estos recursos naturales.

❖ Debido al liderazgo mostrado por los participantes más jóvenes que asistieron a la capacitación se recomienda establecer programas educativos y de conciencia ambiental en escuelas, colegios y comunidades. Esto puede incluir capacitaciones como la realizada, talleres, charlas y actividades interactivas que fomenten la comprensión de los problemas ambientales y la importancia de la conservación. Además, se pueden crear oportunidades de voluntariado y prácticas en organizaciones ambientales locales, para que los jóvenes puedan poner en práctica lo que han aprendido y adquirir experiencia directa en la conservación de nuestro entorno natural. También es importante utilizar la tecnología y las redes sociales para llegar a los jóvenes de manera efectiva, utilizando plataformas digitales para difundir información y promover la participación activa en proyectos ambientales. Los jóvenes son el futuro y su participación activa en la conservación del medio ambiente es fundamental para construir un futuro sostenible.

### **7.1.3 Recomendaciones por categorías**

#### **I) Sobre la caracterización hidromorfológica**

❖ Cuando se realicen visitas de reconocimiento hacerlas preferiblemente en compañía de personas de la comunidad que conozcan la zona, esto para ahorrar tiempo y logística en traslados para identificar los puntos de monitoreo.

❖ Se recomienda el uso del software Qgis para el cálculo de parámetros hidromorfológicos, esto porque permite obtener resultados más precisos y confiables en los proyectos. Al utilizar este tipo de herramientas podemos realizar cálculos y análisis de datos de manera más eficiente y exacta, lo que nos ayuda a tomar decisiones informadas y obtener resultados óptimos.

#### **II) Sobre la aplicación y validación de protocolos**

❖ Se recomienda utilizar herramientas ilustrativas debido a que proporcionan información de manera visual y fácil de entender, lo que ayuda al público objetivo a comprender mejor el proyecto y sus objetivos. Además, las ilustraciones y gráficos en las guías pueden ayudar al público objetivo a similar y retener la información de manera más efectiva. Esto es especialmente útil cuando se trata de conceptos complejos o técnicos. También las guías ilustrativas pueden ser una herramienta efectiva para involucrar al público objetivo en el proyecto, ya que les permite visualizar cómo pueden beneficiarse y participar en él. Otro aspecto es que las imágenes y los gráficos pueden ayudar al público objetivo a recordar la información presentada en las guías de manera más efectiva, lo que aumenta la posibilidad de que la utilicen como referencia en el futuro.

❖ Aunque se encuentren protocolos o índices que sean sencillos de aplicar igual se recomienda generar las guías ilustrativas para que las personas que vayan a recibir la capacitación tengan acceso a los beneficios mencionados anteriormente sobre este tipo de herramientas.

### III) Sobre la capacitación a los OCAs

❖ Se recomienda levantar una lista de asistencia a las capacitaciones o capacitación que se vaya a realizar, esto para poder llevar el control de participación o analizar la respuesta de las personas a la actividad, además de poder tener el respaldo o evidencia para el proyecto que se llevó a cabo.

❖ Se recomienda aplicar un cuestionario de evaluación de capacitación, la cual contenga preguntas que permitan una retroalimentación para futuras ocasiones y tener la perspectiva que se llevaron los participantes. Esto a su vez permite conocer el efecto y nivel de satisfacción de la población meta en el desarrollo de la actividad.

#### 7.1.4 Recomendaciones para la sostenibilidad de los OCAs

❖ Promover la conciencia: Realizar campañas de sensibilización y educación sobre la importancia de la participación ciudadana en la vigilancia y protección del agua. Esto puede incluir charlas, talleres y eventos comunitarios para informar a las personas sobre la importancia de los observatorios y cómo pueden contribuir.

❖ Facilitar la participación: Proporcionar información clara y accesible sobre cómo unirse a los observatorios y participar en sus actividades. Esto puede incluir la creación de un sitio web o una plataforma en línea donde los voluntarios puedan registrarse, obtener información actualizada y comunicarse con otros miembros.

❖ Capacitación y formación: Ofrecer programas de capacitación y formación para los voluntarios, para que puedan adquirir las habilidades necesarias en monitoreo del agua, análisis de datos y comunicación efectiva. Esto ayudará a los voluntarios a sentirse más seguros y preparados para participar de manera activa en los observatorios.

❖ Reconocimiento y recompensas: Reconocer y recompensar el esfuerzo y la dedicación de los voluntarios. Esto puede incluir certificados de reconocimiento, eventos de agradecimiento y oportunidades de crecimiento personal y profesional.

❖ Colaboración con otras organizaciones: Establecer alianzas con otras organizaciones locales, como escuelas, universidades o grupos comunitarios, para aumentar la visibilidad de los observatorios y fomentar la participación de más voluntarios.

❖ Comunicación efectiva: Mantener una comunicación regular y transparente con los voluntarios, proporcionando actualizaciones sobre los avances, resultados y próximas actividades de los observatorios. Esto ayudará a mantener el interés y la participación de los voluntarios a largo plazo.

## Bibliografía

Abellán, A 2016, Los impactos de la urbanización en el ciclo del agua, acceso en 26 de mayo del 2023, <<https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/impactos-urbanizacion-ciclo-agua>>

Ambientico 2023, La construcción colaborativa de conocimiento: el caso de la Red Continental Americana de Monitoreo Comunitario del Agua (Red CAMCPA), acceso en 27 de junio del 2023 <<https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/la-construccion-colaborativa-de-conocimiento-el-caso-de-la-red-continental-americana-de-monitoreo-comunitario-del-agua-red-camcpa/>>

Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica 2023A, Para que nuestros ríos lleguen sanos al mar, acceso en 12 de mayo del 2023 <<https://www.riosycuencas.com/inicio>>

Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica 2023B, Observatorios Ciudadanos del Agua, acceso en 26 de mayo del 2023, <<https://static1.squarespace.com/static/5ede6f5665eb9856c72471b2/t/5f3d6f5a5ea00958462e6434/1597861723722/La+Alianza+-+Observatorios+Ciudadanos+del+Agua.pdf>>

AyA 2017, Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, acceso en 11 de junio del 2023, <<https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>>

Arias 2021, Investigación cualitativa, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cualitativa.html>>

Asana 2021, Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos, acceso en 19 de junio del 2023, <<https://asana.com/es/resources/critical-path-method>>

Araya et al., 2017, Riparian Forest Quality Index Modification: Inclusion of the Social Component in the Assessment of the Riparian Quality of the Burío-Quebrada Seca River Micro-Watershed, acceso en 27 de Junio del 2023, <<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/9043>>

Barreto, P, s.f, INSTRUCTIVO DE MEDICIÓN DE CAUDAL. FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”, <[https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO\\_DE\\_MEDICI%C3%93N\\_DE\\_CAUDAL.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_CAUDAL.pdf)>

Camino, M. Bó, M. Cionchi, J. Del Río, Julio. López, A. De Marco y Silvia G, 2018, Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. vol. 27. Pag 6-8, <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>>

Carrillo et al., 2012, Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005-2010, acceso en 27 de junio 2023, <<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7468/variacion%20del%20oxigeno.pdf?sequence=1>>

CEPAL, 2002, La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar, acceso en 26 de mayo del 2023, <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras->



Escobar 2002, La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar acceso en 12 de mayo del 2023 <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>>

Evans et al 2014, How to the Write a Better Thesis. Third Edition. Springer International: Switzerland.

EARTH, 2010, Bioindicadores de la calidad del agua Cuenca Río Tempisque. Facilitado por el Dr. Christian Golcher Benavides.

González, 2013, Nitrógeno amoniaco, importancia de su determinación, acceso en 27 de junio del 2023, <<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/mente-y-materia/article/download/334/pdf/>>

González et al., 2006, Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua, acceso en 27 de junio del 2023, <[https://www.researchgate.net/publication/259181644\\_Indice\\_RQI\\_para\\_la\\_valoracion\\_de\\_las\\_riberas\\_fluviales\\_en\\_el\\_contexto\\_de\\_la\\_Directiva\\_Marco\\_de\\_Agua](https://www.researchgate.net/publication/259181644_Indice_RQI_para_la_valoracion_de_las_riberas_fluviales_en_el_contexto_de_la_Directiva_Marco_de_Agua)>

Golcher et al 2023, 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), Documento facilitado personalmente por Golcher et al.

Gobierno de Chile 2022, Recogen propuestas de red de tratamiento y recuperación de Los Ríos para iniciativa de post tratamiento de SENDA, acceso en 22 de mayo del 2023, <<https://www.senda.gob.cl/recogen-propuestas-de-red-de-tratamiento-y-recuperacion-de-los-rios-para-iniciativa-de-post-tratamiento-de-senda%EF%BF%BC/>>

Gobierno de la Ciudad de México 2022, Recuperación de ríos, barrancas y cuerpos de agua de la Ciudad de México, acceso en 22 de mayo del 2023, <<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Cuadernillos-Ambientales/3-RIOS.pdf>>

HANNA Instruments, 2023, ¿Qué es el pH?, acceso en 27 de junio del 2023, <<https://www.hannacolombia.com/blog/post/447/que-es-el-ph>>

Hidrocec, 2023, Procedimiento técnico para la Determinación de caudal en cuerpo lótico mediante caudalímetro de campo. Facilitado por el Dr. Christian Golcher Benavides.

IDEAM 2013, Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua, acceso en 26 de mayo del 2023, < <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-42.-Lineamientos-Conceptuales-y-Metodologicos-para-las-Evaluacion-Regional-del-Agua-2013.pdf>>

INDUANALISIS, 2019, DBO y DQO, acceso en 27 de junio del 2023, <[https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31)>

INDER 2016, Caracterización, acceso en 19 de noviembre del 2023, < <chrome-extension://efaidnbmninnkpcjpcglclefindmkaj/https://www.inder.go.cr/santacruz-carrillo/Caracterizacion-territorio-SantaCruz-Carrillo.pdf>>

IMN 2008, Cambio Climático. Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica.”, acceso en 26 de junio del 2023, <[http://users.clas.ufl.edu/prwaylen/geo3280articles/el\\_clima\\_variabilidad\\_y\\_cambio\\_climatico\\_en\\_cr\\_version\\_final.pdf](http://users.clas.ufl.edu/prwaylen/geo3280articles/el_clima_variabilidad_y_cambio_climatico_en_cr_version_final.pdf)>

IMN 2023, Clima de Costa Rica y Variabilidad Climática 2023, acceso en mayo del 2023, <<https://www.imn.ac.cr/clima-en-costa-rica>>

INEC 2021, Anuario Estadístico 2020 – 2021, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://admin.inec.cr/sites/default/files/2022-10/reanuario2020-2021.pdf>>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2018, Protocolo de Monitoreo Hidrológico en Páramos, acceso en 26 de mayo del 2023, <<http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34981/17-14-331-123PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Jardí, M., 1985, Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. Revista de Geografía. Volumen XXI, pp. 41-68 <<https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/download/45789/56812/0>>

Jiménez, J. & Gonzales, E. 2001, La cuenca del Río Tempisque. Perspectivas para un manejo integrado, acceso en 26 de junio del 2023 <<https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/623/documents/CR540mgt.pdf?language=es>>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2018, Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales Bogotá, D.C. 2018, acceso en 13 de mayo del 2023, <[https://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADA\\_modelaci%C3%B3n\\_Final\\_%20aguasuperficialcontinental.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADA_modelaci%C3%B3n_Final_%20aguasuperficialcontinental.pdf)>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015, Protocolo de Caracterización Hidromorfológica de masas de agua de la Categoría Ríos, acceso en 26 de mayo del 2023, <[https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2021-2027/EPTI/Referencias%20Bibliograficas/MAGRAMA,2015\\_protocolocaracterizacionhmf.pdf](https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2021-2027/EPTI/Referencias%20Bibliograficas/MAGRAMA,2015_protocolocaracterizacionhmf.pdf)>

Ministerio de Educación y Ciencia 2007, Guía Técnica de aplicación del RD 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, acceso en 26 mayo del 2023, <[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/suelos-contaminados/guia\\_tecnica\\_contaminantes\\_suelo\\_declaracion\\_suelos\\_tcm30-185726.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/suelos-contaminados/guia_tecnica_contaminantes_suelo_declaracion_suelos_tcm30-185726.pdf)>

Ministerio de Medio Ambiente 2000, Libro blanco del agua en España, acceso en 12 de mayo del 2023, <<https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico 20221, Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2022-2030, acceso en 22 de mayo del 2023, <[https://www.miteco.gob.es/images/es/borrador-enrr\\_tcm30-547863.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/borrador-enrr_tcm30-547863.pdf)>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico 20222, Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2022-2030, acceso en 26 de mayo del 2023, <[https://www.miteco.gob.es/images/es/borrador-enrr\\_tcm30-547863.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/borrador-enrr_tcm30-547863.pdf)>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016, La ciencia ciudadana, una gran aliada de la biodiversidad, acceso en 27 de junio del 2023, <<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpetainformativa-del-ceneam/novedades/ciencia-ciudadana-biodiversidad.aspx>>

Ministerio de Agricultura y Riego 2013, Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Ganadería 2020, Programación Región de Desarrollo Chorotega 2020, acceso en 26 de junio del 2023, <<http://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/Caracterizacion-REGION-DE-DESARROLLO-CHOROTEGA.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Ganadería s.f, CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA AGENCIA DE EXTENSIÓN AGROPECUARIA, acceso en 19 de noviembre, < <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/CARACTERIZACION-AEA-SANTA-CRUZ.pdf>>

Monje, C., 2011, Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa guía didáctica, <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>>

Municipalidad de Liberia 2017, Cantón de Liberia, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://www.muniliberia.go.cr/muni/std/92/canton-de-liberia>>

Municipalidad de Nicoya 2017, Historia del Cantón, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://www.nicoya.go.cr/std/154/historia-del-canton>>

Municipalidad de Tilarán 2015, Historia de Tilarán, acceso en 18 de junio del 2023, <<https://www.tilaran.go.cr/historia/historia.php>>

MINAE 2007, Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=83250&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=83250&strTipM=TC)>

Monje 2011, Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa guía didáctica, acceso en 19 de junio del 2023, < <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>>

MacNeil 2022, Cómo crear y cumplir con el presupuesto de un proyecto, acceso en 19 de junio del 2023, <<https://asana.com/es/resources/project-budget>>

Núñez, J. 2009, Al rescate del río Liberia, acceso en 26 de junio del 2023, <[http://www.campus.una.ac.cr/ediciones/2009/abril/2009abril\\_pag09.html#:~:text=El%20r%C3%ADo%20Liberia%20es%20una,que%20equivale%20a%20201.91%20km2.>](http://www.campus.una.ac.cr/ediciones/2009/abril/2009abril_pag09.html#:~:text=El%20r%C3%ADo%20Liberia%20es%20una,que%20equivale%20a%20201.91%20km2.>)

Luna et al 2014, Metodología de revisión de literatura para la gestión científica y de la información, a través de su estructuración y sistematización, acceso en 18 de junio del 2023, < [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532014000200021](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000200021)>

ONU 2023, Observatorios Ciudadanos del Agua, acceso en 12 de mayo del 2023, <<https://sdgs.un.org/partnerships/observatorios-ciudadanos-del-agua>>

ONU 2019, Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua, acceso en 26 de mayo del 2023, <[https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/12/UN-Water\\_PolicyBrief\\_Water\\_Climate-Change\\_ES.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/12/UN-Water_PolicyBrief_Water_Climate-Change_ES.pdf)>

Ortega 2023, Procesamiento de datos de investigación: ¿Cómo realizarlo?, acceso en 19 de junio del 2023, <<https://www.questionpro.com/blog/es/procesamiento-de-datos-de-investigacion/>>

Orjuela et al., 2002, Guía del Estudio de Mercado para Evaluación de Proyectos, acceso en 27 de junio del 2023, <[https://www.eenbasque.net/guia\\_transferencia\\_resultados/files/Univ.Chile\\_Tesis\\_Guia\\_del\\_Estudio\\_de\\_Mercado\\_para\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_Proyectos.pdf](https://www.eenbasque.net/guia_transferencia_resultados/files/Univ.Chile_Tesis_Guia_del_Estudio_de_Mercado_para_la_Evaluacion_de_Proyectos.pdf)>

Revista de Biología Tropical, 2010, Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I, acceso en 27 de junio del 2023, <<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/issue/view/1938>>

Sapag 2014, Preparación y Evaluación de Proyectos, acceso en 11 de junio del 2023, <<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1243/1/Sapag-proyectos%206ta%20edici%C3%B3n.pdf>>

SCIJ 1942, Ley de Aguas N° 276, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11950&nValor3=91553&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11950&nValor3=91553&strTipM=TC)>

SCIJ 1949, Ley de Construcciones, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=36307](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=36307)>

SCIJ 1953, Ley General de Agua Potable, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6825&nValor3=7296&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6825&nValor3=7296&strTipM=TC)>

SCIJ 1961, Ley Constitutiva Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=37097](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=37097)>

SCIJ 1973, Ley General de Salud N° 5395, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&strTipM=TC)>

SCIJ 1992, Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=12648&nValor3=92418&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=12648&nValor3=92418&strTipM=TC)>

SCIJ 1995, Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=27738](http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=27738)>

SCIJ 1998, Uso, Manejo y Conservación de Suelos, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=26421](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=26421)>

SCIJ 2002, Reglamento Sectorial para la Regulación de los Servicios de Acueducto y Alcantarillado Sanitario, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48438&nValor3=51603&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48438&nValor3=51603&strTipM=TC)>

SCIJ 2008, Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos N° 34431, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=62896](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=62896)>

SCIJ 2015, Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80047](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80047)>

SCIJ 2018, Reforma Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 41499-S, acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88074&nValor3=114926&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88074&nValor3=114926&strTipM=TC)>

SCIJ 2017, Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (Edición 2017), acceso en 11 de junio del 2023, <[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83561&nValor3=107558&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83561&nValor3=107558&strTipM=TC)>

SEMAR, s.f, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, <[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA\\_DE\\_INVESTIGACION.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION.pdf)>

SETENA 2018, Resolución N° 1462-2018-SETENA, acceso en 11 de junio del 2023, <<https://www.setena.go.cr/Downloads/documentos/Normativa/RES-1462-2018.pdf>>

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, 2000, ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA007-1980), acceso en 27 de junio del 2023, <<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/NMX-AA-007-SCFI-2000.pdf>>

Solís et al., 2018, La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica, acceso en 27 de junio del 2023, <<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>>

TecnoTanques, 2016, ¿Qué es el oxígeno disuelto?, acceso en 27 de junio del 2023 <<https://tecnotanques.com/oxigeno-disuelto-2/>>

USGS 2010, Discharge Measurements at Gaging Stations, acceso en 28 de Mayo del 2023, <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/tm3A8>>

Universidad Veracruzana s.f, Manual operativo para la utilización del sistema de información geográfica Quantum GIS 1.8, acceso en 19 de noviembre del 2023, <<https://www.uv.mx/cuo/files/2013/05/Manual-QGISCUOM.pdf>>

Zamora et al. 2003, Vulcano - Estratigrafía Asociada al Campo de Domos de Cañas Dulces, Guanacaste, Costa Rica. Revista geológica de América Central. 30: 41-58, 2004, acceso en 26 de junio del 2023, <<file:///C:/Users/Emmanuel%20Araya/Downloads/7253-Texto%20del%20art%C3%ADculo-9903-1-10-20130131.pdf>>

## Anexos

### Anexo 1. Desglose de costos directos

Costos directos					
Descripción	€Precio	Unidad	Cantidad	Precio total	Observaciones
Aforos	€80000	Unidad	4	€320 000	Costo asumido por HIDROCEC
Computadora	€450 000	Unidad	1	€450 000	Costo asumido por el desarrollador del proyecto
Teléfono celular	€500 000	Unidad	1	€500 000	Costo asumido por el desarrollador del proyecto
Tablet	€345 990	Unidad	1	€345 990	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
Cinta métrica	€31 950	Unidad	1	€31 950	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
Botas de hule	€14 995	Unidad	1	€14 995	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
Caudalímetro	€915 000	Unidad	1	€915 000	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
Pantalón de vadeo	€55 000	Unidad	1	€55 000	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
Multiparámetros	€1 760 766	Unidad	1	€1 760 766	Costo asumido por el HIDROCEC-UNA
			Subtotal	€4 392 711	

Fuente: Araya, 2023.

### Anexo 2. Desglose de costos indirectos

Costos indirectos					
Descripción	€Precio	Unidad	Cantidad	Precio total	Observaciones
Giras de campo	€30 000	Global	6	€180 000	Costo asumido FOCAES
Qgis	€0	Unidad	1	€0	Software de uso libre
Plan de internet	€25 000	Unidad	1	€25 000	Costo asumido por el desarrollador del proyecto
			Subtotal	€205 000	

Fuente: Araya, 2023.

### Anexo 3. Desglose de otros gastos.

Otros gastos					
Descripción	€Precio	Unidad	Cantidad	Precio total	Observaciones
Honorarios profesionales	€3917,68(basado en el valor de la hora con salario de bachiller universitario)	Hora	600	€2 350 608	Costo asumido por el desarrollador del proyecto
Imprevistos	€200 000	-	-	€200 000	Costo asumido por FOCAES
Compra de materiales para el desarrollo de las actividades con los Observatorios	€300 000	-	-	€300 000	Costo asumido por HIDROCEC y por FOCAES
			Subtotal	€2 351 108	

Fuente: Araya, 2023.

**Anexo 4.** Parámetros Morfológicos calculados para las subcuencas.

<b>Elemento</b>	<b>Formula</b>
Área (km <sup>2</sup> )	Se calculó mediante el programa Qgis con la herramienta “calculadora de campos”
Perímetro (km)	Se calculó mediante el programa Qgis con la herramienta “calculadora de campos”
Factor de forma	$F = \frac{A}{L^2}$
Elevación máxima (m.s.n.m)	Se determinó a través de un MED en el programa Qgis
Elevación mínima (m.s.n.m)	Se determinó a través de un MED en el programa Qgis
Elevación media de la cuenca (m.s.n.m)	Se determinó a través de un MED en el programa Qgis
Longitud total de ríos (km)	Se determinó mediante el programa de Qgis
Índice de compacidad	$Ic = 0,282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$
Longitud del cauce principal	Se determinó mediante el programa de Qgis
Pendiente media del río	$Ir = \frac{HM - Hm}{1000 * Lr(\text{cauce principal})}$
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	$Dd = \frac{\sum Ls}{A} \left( \frac{Km}{Km^2} \right)$

Fuente: Araya, 2023.

**Anexo 5.** Tabla utilizada para clasificar la forma de las subcuencas.

Cuadro 1. Valores interpretativos del factor forma.

<b>Valores Aproximados</b>	<b>Forma de la Cuenca</b>
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.300	Alargada
0.300 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy Ensanchada
> 1.200	Rodeando el Desagüe

Fuente: Araya, 2023.

**Anexo 6.** Tabla utilizada para clasificar el índice de compacidad de las subcuencas.

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval – redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval – oblonga
Kc3	> 1,5	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Araya, 2023.

**Anexo 7.** Tabla utilizada para clasificar la densidad de drenaje de las subcuencas.

Clasificación de la red de drenaje de las cuencas.			
Clasificación de la red de drenaje			
Rangos (km/km <sup>2</sup> )	Clases	Rangos (km/km <sup>2</sup> )	Clases
Fuentes Junco (2004)		Delgadillo y Páez (2008)	
0,1-1,8	Baja	<1	Baja
1,9-3,6	Moderada	1-2	Moderada
3,7-5,6	Alta	2-3	Alta
		>3	Muy alta

Fuente: Araya, 2023.

**Anexo 8.** Tabla utilizada para clasificar la pendiente media del cauce principal.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: Araya, 2023.

## Anexo 9. Protocolo simplificado para la estimación de caudal en ríos y quebradas



### Proyecto de Extensión/Investigación:

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)



# Protocolo simplificado para estimación de caudal en ríos y quebradas

### Proyecto Final de Graduación asociado:

Construcción de capacidades técnicas de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica.

**Ing. Emmanuel Araya Martínez**

**Supervisado por Dr. Christian Golcher Benavides**



### Introducción

Este es un método que se utiliza para medir la velocidad del agua, una de las variables o dato necesario para el cálculo de caudal. El método consiste en utilizar instrumentos flotantes que se colocan en el agua y se dejan fluir con la corriente. Al medir el tiempo que tarda el flotador u objeto flotante en recorrer una distancia determinada, se puede calcular la velocidad del caudal.

Es importante destacar que el método de flotadores no proporciona una medición directa del caudal, sino que se utiliza para estimar la velocidad del agua en un punto específico. Para determinar el caudal, se requiere combinar esta medición de velocidad con la sección transversal del flujo de agua en ese punto.

Este método es utilizado en diferentes aplicaciones, como la medición de caudales en canales de riego, pequeños ríos y corrientes de agua. También se utiliza en estudios hidrológicos y en la estimación de la velocidad superficial del flujo de agua.

***Este método se utiliza cuando no se cuenta con equipos de medición de caudal especializado,*** como lo es por ejemplo, el correntómetro. En este caso se necesitan materiales sencillos de bajo costo que permite saber el caudal que pasa en una sección transversal del río o quebrada.

#### Materiales que se deben utilizar

Cronometro (1), cinta métrica (2), una cuerda (3), una regla graduada (4), botas (5), flotadores (Boyas de pesca o algún objeto flotante con forma circular.) (6), estacas, (7) y ficha de campo.



**Figura 1.** Materiales por utilizar en la medición.

**Fuente:** Google, (2023).

**Nota:** La cinta métrica debe ser de 50m como la que se observa en la imagen. Además la cuerda debe ser de mínimo 25 metros y lo suficientemente resistente para amarrarla de una orilla del río a la otra.

### Condiciones de seguridad a la hora de realizar la medición

En cada observación se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes. Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias). En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio.

Todos los que ingresen al río deberán utilizar botas. Una o dos personas le asistirán en todo momento.

Si el lugar donde vamos a realizar la medición tiene más de un metro de profundidad se busca un lugar menos profundo.

**En caso de crecida repentina**, se procederá con el siguiente protocolo de evacuación:

- 1) Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.
- 2) La primera persona del equipo de muestreo en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- 3) La persona líder del equipo constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- 4) Toda persona presente colaborará de inmediato en la extracción segura del operador de los equipos si este se encuentra en el agua.
- 5) Se distribuirán labores de recolección de instrumentos y equipos afin de no extraviar materiales de muestreo.
- 6) Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.
- 7) Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o aforo posterior en las siguientes 24 horas.



*Fuente:* Google, (2023).

### Selección de la sección transversal

#### (sección que atraviesa el río de una orilla a la otra en línea recta)

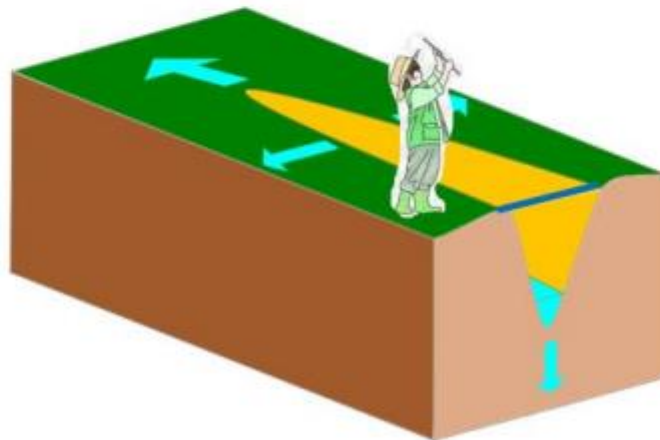
Una sección transversal se puede describir como aquel punto del río que elegimos de lado a lado, en donde vamos a poder medir tanto su ancho en línea recta así como también las diferentes profundidades que nos encontramos en esa línea de lado a lado que elegimos.

Una correcta selección de la sección transversal permite que la persona encargada de realizar las mediciones pueda ingresar al cuerpo de agua, de manera segura y protegiendo su integridad física.

Para ubicar una buena sección de medición se deben tener en cuenta algunas consideraciones, por ejemplo, cambios de relieve o de la superficie en el punto a elegir, que el punto de aforo (medición de caudal) coincida con el punto de monitoreo de calidad de agua o que el flujo de agua sea lo más uniforme posible (que no se hagan remolinos o que el agua no este estancada).

Es muy importante observar el entorno, dado que, debido a dichas situaciones se pueden presentar modificaciones constantes en la sección transversal que se elija, entre ellas acumulación de sedimentos y residuos que ocasionan una alteración tanto en el volumen como en la velocidad del caudal.

Por estas razones lo más recomendable es elegir un tramo que sea recto y homogéneo, esto quiere decir que sea una sección que no presente muchas variaciones de relieve. También que la sección sea de flujo uniforme, esto quiere decir que la corriente sea constante y que a la hora de realizar la medición el flotador no se vea obstaculizado por corrientes irregulares.



*Figura 2.* Ilustración de un corte transversal en un río o quebrada

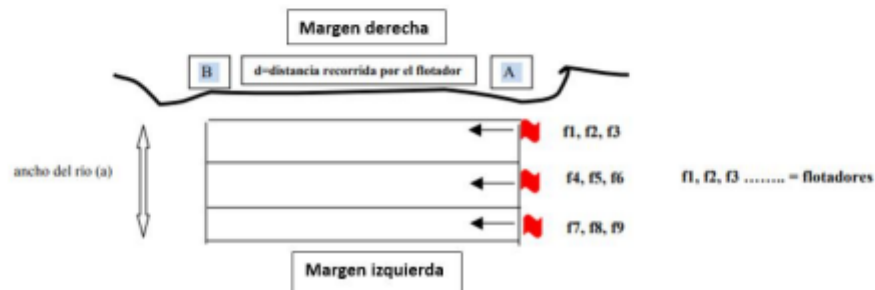
*Fuente:* Google, (2023).

## Procedimiento para la estimación del caudal

### Paso 1. Medir todos los parámetros en campo

Basado en la selección de la sección transversal, la idea es escoger un tramo recto en donde el agua fluya naturalmente y que la sección sea de flujo uniforme, esto quiere decir que el flujo sea constante y que a la hora de realizar la medición el flotador no se vea obstaculizado por flujos irregulares.

- ❖ Primero se debe medir el ancho del río en metros, en la sección donde estaremos deteniendo los flotadores. (Cabe destacar que esta medición se hace de orilla a orilla en la cual lo que se mediría es lo que abarca el agua superficial solamente).
- ❖ Segundo se requiere medir la profundidad para ello con una regla de un metro vamos a medir a lo ancho de la sección transversal la profundidad a cada metro de distancia, esto para obtener un valor más exacto. Si la sección es muy pequeña podemos realizar la medición de la profundidad cada medio metro.
- ❖ Tercero se debe medir la distancia que recorrerán los flotadores desde el punto de lanzamiento hasta el punto donde se detienen los flotadores. Se recomienda que dicho tramo sea mínimo de 10 metros, esto para poder tener suficiente área para la medición de la velocidad del flotador sobre la superficie del agua, y tener un máximo de 30 metros (esto va a depender de las condiciones de nuestro entorno a la hora de la medición). Además, de manera visual se debe dividir el ancho del río en tres secciones aproximadas.
- ❖ Seguidamente debemos tener a mano un cronometro y las hojas de trabajo específica para medición del tiempo de cada uno de los lanzamientos. Se deben realizar tres lanzamientos en cada sección, en el margen izquierdo, en el central y en el margen derecho. (Los lanzamientos se deben realizar de manera consecutiva, al momento de lanzar el primer flotador una vez que llegue al punto final y se apunten los datos de cuantos segundos duro se debe lanzar el segundo y así sucesivamente, esto para que la medición sea lo más precisa posible. Los lanzamientos se deben realizar mínimo 2 metros antes del punto A, esto para que el flotador alcance la velocidad superficial y además se establezca su trayectoria).



**Figura 3.** Ilustración de mediciones por realizar  
**Fuente:** Chamorro, (2011).

**Paso 2. Determinación de caudal (m<sup>3</sup>/s).**

Primero vamos a calcular el **área en m<sup>2</sup>** de la sección que estamos utilizando para la medición.

Formula a utilizar:

$$A = hp \times a$$

En este caso **A** representa el área de la sección en la que estamos realizando la medición.

El **hp** representa la profundidad promedio en (**m**).

Y finalmente **a** representa el ancho del río en (**m**)

**Cálculo de la profundidad media**

Luego de obtener todas las profundidades calculamos el promedio

Por ejemplo:

$$hp = \frac{h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + h6}{6}$$

**Nota:** La cantidad de valores que colocamos arriba de la división va a depender de cuantas profundidades medimos en la sección transversal y el número de abajo es la cantidad de números que sumamos en la parte de arriba.

**Ahora debemos calcular el tiempo promedio en segundos.**

Una vez realizados todos los lanzamientos y apuntado todos los datos en las hojas de registro se procede a calcular el tiempo promedio. El cual se calcula sumando el tiempo que duro cada flotador desde el Punto A hasta el Punto B dividido entre la cantidad de lanzamientos, que en este caso serían 9.

La fórmula del tiempo promedio seria:

$$\frac{tf1 + tf2 + tf3 + tf4 + tf5 + tf6 + tf7 + tf8 + tf9}{9}$$

Nota: Es importante observar la intensidad del viento a la hora de la medición, esto debido a que dicho factor podría alterar la medición, se debe realizar con el viento lo más calmado posible y así evitaremos que los flotadores cambien de margen o de sector en cada lanzamiento.

### Cálculo de la velocidad en metros sobre segundo: V (m/s)

Formula de la velocidad:

$$V = \frac{d(m)}{t(s)}$$

En este caso la **d** representa la distancia del punto A al punto B que recorre cada flotador.

Y la **t** representa el tiempo promedio calculado anteriormente.

Ahora se calcula la velocidad media (Vm):

El producto obtenido de esta fórmula es el valor corregido para la velocidad superficial calculada en el paso anterior.

La fórmula sería:

$$Vm = Vs * 0,80$$

Se multiplica por este coeficiente debido a que es uno de los valores utilizados para velocidad superficial de referencia encontrado en diferentes manuales de medición de caudal a través de este método como coeficiente de corrección para la velocidad. Además, este coeficiente de 0,80 se utiliza porque la velocidad superficial tiende a sobreestimar el caudal.

Finalmente calculamos el caudal en (m³/s):

Formula:

$$Q = \frac{A(m^2)}{Vm(\frac{m}{s})}$$

$$Q = \text{Valor obtenido de la división} \frac{m^3}{s}$$

**Donde:**

En este caso **A** representa el valor de área calculado anteriormente.

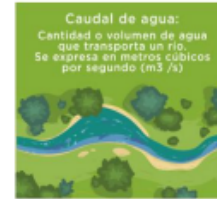
**Vm** representa la velocidad media calculada anteriormente.

**¡Felicitaciones ya eres todo un profesional!**

**Ahora recuerda, lo mejor que se puede compartir es el conocimiento, no desaproveches esa oportunidad.**



Fuente: pngtree, (2023).



Fuente: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2021).

### **Referencias**

- Barreto, P. (s.f). INSTRUCTIVO DE MEDICIÓN DE CAUDAL. FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO". [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO\\_DE\\_MEDICI%C3%93N\\_DE\\_CAUDAL.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_CAUDAL.pdf)
- Chamorro, G. (2011). GUÍA DE HIDROMETRÍA. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE FLOTADORES. [https://www.academia.edu/33250471/DIRECCION\\_REGIONAL\\_DE\\_LIMA\\_GU%C3%8DA\\_DE\\_HIDROMETR%C3%8DA\\_ESTIMACI%C3%93N\\_DEL\\_CAUDAL\\_POR\\_EL\\_M%C3%89TODO\\_DE\\_FLOTADORES](https://www.academia.edu/33250471/DIRECCION_REGIONAL_DE_LIMA_GU%C3%8DA_DE_HIDROMETR%C3%8DA_ESTIMACI%C3%93N_DEL_CAUDAL_POR_EL_M%C3%89TODO_DE_FLOTADORES)
- Hidrocec. (2023). Procedimiento técnico para la Determinación de caudal en cuerpo lótico mediante caudalímetro de campo. Facilitado por el Dr. Christian Golcher Benavides.
- Fondo para la Comunicación y Educación ambiental, AC. (2021). Caudal de agua (Ilustración). <https://agua.org.mx/biblioteca/caudal-de-agua-ilustracion/>
- Pngtree. (2023). Ilustración De Dibujos Animados De Gota De Agua En La Carrera. [https://es.pngtree.com/freepng/cartoon-illustration-of-water-drop-on-the-run\\_8371133.html](https://es.pngtree.com/freepng/cartoon-illustration-of-water-drop-on-the-run_8371133.html)

**Anexo 10.** Protocolo simplificado de Biomonitorio de la Calidad del Agua en Ríos y Quebradas



**Proyecto de Extensión/Investigación:**

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)



# Protocolo Simplificado de Biomonitorio de la Calidad del Agua en Ríos y Quebradas

**Proyecto Final de Graduación asociado:**

Construcción de capacidades técnicas de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica.

**Ing. Emmanuel Araya Martínez**

**Supervisado por Dr. Christian Golcher Benavides**



## Introducción

Este índice es un indicador biológico utilizado para evaluar la calidad del agua en ríos y arroyos en Costa Rica mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos. Este índice es una adaptación del índice BMWP original, que utiliza la comunidad de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua.

Hoy las especies de macroinvertebrados se asignan a diferentes grupos de sensibilidad según su tolerancia a la contaminación y luego se asigna un valor a cada grupo basado en su sensibilidad. El valor final del índice se obtiene sumando los valores asignados a cada grupo. En el caso del BMWP-CR se utilizan especies acuáticas comunes en Costa Rica y se han adaptado los valores de sensibilidad a las especies locales. Además el índice se ha modificado para incluir una corrección de referencia lo que permite evaluar la calidad del agua en relación con el estándar local (DIGECA, 2007).

### ¿Qué son los macroinvertebrados bentónicos?

Los organismos bentónicos son aquellos que se asocian a cualquier fondo acuático. La palabra bentos, usada también como sustantivo, viene del griego bentos que significa profundidad.

En ecología se llama bentos a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos.

Entonces los macroinvertebrados bentónicos se definen como aquellos invertebrados que se pueden ver a simple vista o bien que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125 $\mu$ m (125 micrómetros), que además, son organismos acuáticos que viven en el fondo de los cuerpos de agua, como ríos, lagos y estuarios. Son una parte importante de los ecosistemas acuáticos y desempeñan diversos roles en el ciclo de nutrientes y en la cadena alimentaria.

Aun así, esta distinción es relativa y en ocasiones arbitraria, por lo que se puede ser un poco más preciso definiendo los macroinvertebrados con base en la taxonomía.

Este grupo tiene representantes en muchos filos de animales, entre ellos: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha. Sin embargo, hay que aclarar que varios miembros de estos filos son microscópicos por lo que se les considera parte de la meiofauna (microcrustáceos y micromoluscos, muchos anélidos y nemátodos, entre otros).



Figura 1. Ejemplos de macroinvertebrados

Fuente: Hanson et al. (2010)

### Materiales que se deben utilizar

Coladores de cocina (1), vasos de recolección (2), kits de disección (3), una tapa pequeña de color blanco (4), lupa (5), botas (6), alcohol al 70% (7), laminas de Bioindicadores de calidad del agua (8).



Figura 2. Materiales a utilizar en la recolección y análisis de muestras.

Fuente: Google, (2023).

#### Nota:

Si no se cuenta con vasos de recolección como los de la imagen se pueden utilizar otro tipo de recipiente pequeño que tenga tapa.

Si no se cuenta con un kit de disección se pueden utilizar tachuelas o palillos de dientes.

La tapa a utilizar puede ser cualquier tapa pero que sea de color blanco.

El alcohol es recomendable que sea al 70%

### Condiciones de seguridad a la hora de realizar la recolección de macroinvertebrados

Antes de realizar la recolección de macroinvertebrados se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes.

Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias).

En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio.

Todos los que ingresen al río deberán utilizar botas. Una o dos personas le asistirán en todo momento.



**Figura 3.** Ilustración de precaución

**Fuente:** Google (2023)

**En caso de crecida repentina,** se procederá con el siguiente protocolo de evacuación:

- 1) Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.
- 2) La primera persona del equipo de recolección en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- 3) El responsable constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- 4) Toda persona presente colaborará de inmediato en la extracción segura de la persona que este haciendo recolección de macroinvertebrados si este se encuentra en el agua.
- 5) Se distribuirán labores de recolección de instrumentos y equipos afín de no extraviar materiales.
- 6) Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.
- 7) Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o recolección posterior en las siguientes 24 horas.

**A continuación se describirán los pasos para la recolección y análisis de los macroinvertebrados**

**Paso 1. Técnica de Recolección de Macroinvertebrados**

Para los estudios que son cualitativos que son el caso de interés se pueden utilizar redes manuales diversas e incluso coladores de cocina (Como se observa en la figura 4). Además, es posible usar varios tipos de redes o recolectar los organismos directamente del sustrato mediante el uso de pinzas que están en los kits de disección. En áreas con flujo de agua, los muestreos se pueden hacer colocando el colador corriente abajo y moviendo el sustrato con las manos o con los pies para dislocar los macroinvertebrados y atraparlos con el colador. En áreas sin flujo, el colador se empuja dentro del sustrato y se recolecta material del fondo. Los macroinvertebrados se pueden buscar entre el material acumulado. También se pueden colocar en una bandeja de color claro, blanco preferiblemente, con agua. Los macroinvertebrados tienden a moverse en la bandeja y son más fáciles de observar y recolectar para poder echarlos en los vasos de muestras (Revista de Biología Tropical, 2010).



**Figura 4.** Colador de cocina como instrumento de recolecta.

**Fuente:** Revista de Biología Tropical. (2010)

**Resumen del paso 1:**

- ❖ Recolectamos hojarasca en el fondo de las orillas del río o del fondo del centro del río o quebrada con el colador de cocina.
- ❖ Con ayuda de las pinzas vamos a agarrar los macroinvertebrados y luego los echamos en los vasos de recolección los cuales deben contener alcohol.
- ❖ Una vez recolectados todos los macroinvertebrados que observemos moverse en las hojarasca, procedemos a llevarnos las muestras a un lugar seguro y tranquilo donde podamos realizar el análisis de cada uno de ellos.

**Nota:**

Se deben elegir mínimo 3 puntos donde recolectar las muestras en el río o quebrada, en cada uno de estos puntos se debe recolectar en el colador la mayor cantidad de hojarasca posibles y una vez que ya no observemos más movimiento en lo que recolectamos se desecha y se recolecta una nueva muestra. Debemos como mínimo recolectar 3 veces en cada punto que elegimos.

**Paso 2. Clasificación de Macroinvertebrados con apoyo de las laminas de Bioindicadores de calidad de agua**

Una vez estemos en el lugar de observación:

- ❖ Con ayuda de las pinzas o herramientas de disección vamos a colocar el macroinvertebrado en un fondo blanco, como por ejemplo una tapa pequeña.
- ❖ Vamos a observar detenidamente con una lupa las diferentes características del macroinvertebrado por ejemplo, su forma, cantidad de patas, si tiene o no tiene antenas, fijarse en los colores, en el tamaño de sus ojos, entre cualquier otra característica que se logre identificar.
- ❖ Una vez realizada la observación se hace una búsqueda y comparación con las macroinvertebrados de la lamina impresa llamada “Bioindicadores de la calidad del agua Cuenca del Río Tempisque”, esto para poder identificar cual es el nombre de la familia del macroinvertebrado que estamos observando.
- ❖ Una vez identificado procede a apuntar en la hoja de registro de macroinvertebrados su nombre, la letra correspondiente y el puntaje, para su posterior conteo y sumatoria total.



Figura 5. Imagen de una de las laminas de observación y comparación de macroinvertebrados.  
Fuente: EARTH, (2010)

**Paso 3. Clasificación del nivel de calidad de agua**

Para obtener el resultado de nivel de calidad de agua tenemos que realizar el conteo y sumatoria total obtenidos anteriormente, esto con ayuda de la hoja de registro de macroinvertebrados. Una vez obtenido el puntaje total se procede a utilizar la siguiente tabla para conocer la calidad de agua de nuestro río o quebrada.

NIVEL DE CALIDAD	BMWP'	Color Representativo
Aguas de calidad excelente.	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.	101- 120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrófia, contaminación moderada.	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Rojo

Tabla de Clasificación de la calidad del agua en función del del Puntaje Total Obtenido.  
Fuente: DIGECA, 2007.

**Ahora recuerda, si sirves a la naturaleza ella te servirá a ti.**

## Referencias


DIGECA. (2007). DIGECA, 2007, Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, acceso en 27 de Junio del 2023. [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/de-33903reglamento\\_evaluacion\\_clasificacion\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/de-33903reglamento_evaluacion_clasificacion_cuerpos_de_agua_0.pdf)

EARTH. (2010). Bioindicadores de la calidad del agua Cuenca Río Tempisque. Facilitado por el Dr. Christian Golcher Benavides.

Hanson et al. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800001](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001)


Revista de Biología Tropical. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/20080>

## Anexo 11. Protocolo simplificado para conocer el Estado de las Áreas Ribereñas de Ríos y Quebradas.



**Proyecto de Extensión/Investigación:**

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)




**Protocolo Simplificado para Conocer  
el Estado de las Área Ribereñas de  
los Ríos y Quebradas**

**Proyecto Final de Graduación asociado:**

Construcción de capacidades técnicas de Observatorios Ciudadanos del Agua (OCAs) como estrategia de recuperación ambiental en tramos seleccionados en ríos de la Región Chorotega, Costa Rica.

**Ing. Emmanuel Araya Martínez**  
**Supervisado por Dr. Christian Golcher Benavides**



### Introducción

Este es un método se utiliza para conocer el estado de conservación de las riberas fluviales e identificar los tramos mejor conservados o más deteriorados, los cuales pueden ser posteriormente relacionados a las presiones e impactos existentes. Utilizar este método también facilita el diagnóstico de los principales problemas de ribera mediante el reconocimiento explícito de los distintos efectos producidos en su estructura o funcionamiento, contribuyendo a la construcción de estrategias de restauración y conservación.

Este método sobresale por sobre otros debido a que toma en consideración los procesos y dinámicas de los ríos por medio de la evaluación de 7 atributos (figura 1) diferentes y la determinación de que tipo de valle corresponde al área de estudio (tabla 1). Los atributos a evaluar se dividen en dos grupos: estructura de la ribera y funcionamiento de la ribera.



**Figura 1.** En la izquierda tenemos los atributos relacionados a la estructura de la ribera y a la derecha se encuentra los atributos en relación al funcionamiento de la ribera.

**Fuente:** Gonzales del Tango, García del Jalón, Lara y Garilleti (2006).

### Materiales que se deben utilizar

Para el desarrollo de este índice es necesario contar con: (1) Lapicero y (1) calculadora; y una copia de las tablas incluidas dentro de este documento. Es importante notar que **no** es necesario bajar hasta ubicarse cerca de la orilla del río, si no que se necesita estar en una posición donde se pueda ver adecuadamente todos los atributos de la ribera.

### Correcta selección de la sección a evaluar

El índice RQI debe de aplicarse a escala de tramo o segmento fluvial, con una longitud de río en la que se mantengan unas condiciones homogéneas de los 7 atributos considerados. El tramo seleccionado debe de ser lo suficientemente largo por lo que se debe de seleccionar una longitud entre los 100 y 500 metros.

### Condiciones de seguridad a la hora de realizar la medición

En cada observación se verificarán las condiciones hidrometeorológicas predominantes. Se constatará que no existan alertas en el sistema nacional de alertas (disponible en sitios oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias). En caso de que presente alerta verde, se valorarán las condiciones, con lluvia se cancela el ejercicio. Con cualquier otra alerta, se cancela el ejercicio.

Para la aplicación del índice RQI no es necesario que ninguna de las personas participe entre el río pero es mejor siempre aplicar precaución al estar ubicados cerca del caudal.



Fuente: Google (2023)

**En caso de crecida repentina**, se procederá con el siguiente protocolo de evacuación:

- 1) Al llegar al lugar, se debe identificar una ruta de evacuación, el responsable indicará la(s) ruta(s) de evacuación.
- 2) La primera persona del equipo de muestreo en notar una subida repentina de nivel de agua comunicará la situación al responsable.
- 3) El responsable constatará la situación y anunciará la evacuación si corresponde.
- 6) Se evacuará el sitio, lo más pronto posible empleando la(s) ruta(s) más cercana(s) identificadas.
- 7) Se cancelará todo esfuerzo de muestreo y/o aforo posterior en las siguientes 24 horas.

### Procedimiento para la aplicación del índice RQI simplificado

#### Paso 1. Seleccionar el tramo o segmento fluvial y el tipo de valle.

Una vez seleccionada la longitud del tramo a evaluar es necesario anotarla y tomar una foto de la zona en donde se estará realizando la evaluación de la ribera. Posteriormente es necesario determinar el tipo de valle en que nos encontramos ubicados, la selección del valle va a ser realizada con ayuda de la tabla 1, dentro de la cual se describen los tipos de valles y sus características morfológicas y sedimentarias correspondientes.

Cuando se refiere a la selección del tipo de valle no se refiere a un valle en su forma literal, si no que, es una forma para clasificar el lugar donde se realiza la medición de los atributos de la zona ribereña. Por ejemplo el río Liberia, en la zona alta es considerado como tipo de Valle I debido a su morfología y sedimentos encontrados en ribera.



Figura 2. Valle I: Río Liberia

Fuente: Golcher Benavides (2016).

La selección del valle es importante debido a que se usa para evaluar los atributos de la zona ribereña más objetivamente al tomar en consideración la geografía de la zona.

**Tabla 1.** Selección del tipo de valle según el Índice RQI.

Tipo de valle		Morfología		Sedimentos
Valle I	Valle I - A	Situado en tramos altos, de cabecera o de montaña. En este tipo normalmente se observan controles rocosos y cubiertas con vegetación.	Valle estrecho en forma de V, de origen fluvial, con inclinación de las laderas vertientes igual o superior a 45°, generalmente son cauces de pequeño tamaño y cuentan con una sinuosidad alta ligada a la del valle	Los materiales encontrados en las orillas del río provienen de las laderas próximas, con poca redistribución fluvial, formando cascadas, escalones o rápidos continuos y orillas estables.
	Valle I - C		Valle estrecho y confinado en forma de U, formando cañones o cortados rocosos con fuerte inclinación y altura. Generalmente se observa en cauces pequeños o de mediano tamaño, su sinuosidad puede ser elevada o recta.	Los sedimentos que se encuentran en las orillas del cauce pueden ser provenientes de las laderas próximas o de zonas aguas arriba. Dentro del cauce se observan rápidos continuos o secuencia de rápidos y remansos y orillas generalmente estables.
Valle II		Relativamente abierto con inclinación en las laderas vertientes inferior a 45°, frecuentemente vistos en los tramos altos y medios de los cauces que discurren por terrenos de sierra y montañas bajas, o en tramos medios de ríos montañosos, donde todavía queda sin inundar la llanura de inundación del cauce principal.		Materiales del lecho del río de origen mixto (coluvial y aluvial), en función de la estabilidad de las orillas, con evidencia de redistribución fluvial y formación de rápidos y remansos.
Valle III		Muy abierto y de considerable anchura, con llanura de inundación bien definida y confinada por terrazas fluviales. Se localiza con mayor frecuencia en los tramos medios y bajos de los ríos de mayor tamaño, donde los cauces ya no se ven afectados directamente por la hidrología de las laderas vertientes, al existir un espacio central con dimensiones suficientes para la redistribución de los sedimentos y la creación de meandros ligados a los procesos fluviales de erosión y sedimentación		Materiales del lecho del río transportados y redistribuidos por la corriente y sinuosidad ligada a procesos fluviales.
Valle IV		Valle en relieve plano. Cauce poco encajado en el valle y llanura de inundación no confinada, discurrendo sobre antiguos depósitos sedimentarios de origen fluvial o lacustre, sobre los que a menudo se forman humedales, turberas o "tablas" por desbordamiento frecuente de los cauces y elevación de los niveles freáticos		En estos tipos de valles no se pueden distinguir sedimentos particulares al encontrarse sobre antiguos depósitos sedimentarios

**Paso 2. Evaluación de los atributos riparios**

Cada atributo ripario se evalúa de forma independiente según las tablas adjuntas, en cada tabla es necesario marcar la valoración que se le otorga (la valoración corresponde a un número del 1 al 12) a cada atributo debido.

Todas las tablas de los atributos cuentan con una columna para estado óptimo, estado bueno, estado regular y estado malo; al final de cada columna se encuentran tres o dos casillas con un valor diferentes para cada una (figura 3), estas son usadas para evaluar el atributo ripario dentro del “estado” seleccionado. Se selecciona el valor que se cree mejor cumple con el estado del atributo en la ribera.

	6	5	4	3	2
					1

**Figura 3.** Ejemplo de cómo se observan las numeraciones al final de las tablas de atributos

**Fuente:** Inés Badilla (2023).

Iniciamos con la evaluación de los atributos de la ribera.

**Tabla 2.** Continuidad longitudinal de la vegetación

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Más del 75 % de la longitud del espacio ripario contiene vegetación arbórea o arbustiva asociada al río, formando un corredor denso			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida en grupos que cubren entre el 50 y el 75 % de la longitud del espacio ripario, o cubre más del 75 % de la longitud del espacio ripario, formando un corredor adarado			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río está reducida a pequeños grupos que suponen un recubrimiento entre el 25 y el 50 % de la longitud del río			La vegetación arbórea y arbustiva se refiere a pies aislados o pequeñas agrupaciones de 1 a 3 individuos, en una ribera muy adarada con menos del 25 % de cobertura de vegetación leñosa; o no existe, permaneciendo solo las comunidades de herbáceas		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 3.** Dimensiones de anchura en el espacio ripario con vegetación asociada al río.

Estado	Óptimo			Bueno			Regular			Malo		
Valle I:	mayor a 5 m o una hilera con vegetación densa (cobertura superior al 75 %) asociada al río			Al menos una hilera con vegetación abierta (cobertura entre el 75 y el 50 %), asociada al río			Al menos una hilera con vegetación dispersa (cobertura inferior al 50 %) asociada al río			Sin hilera de vegetación asociada al río		
Valle II:	mayor a 15 m con vegetación asociada al río y cobertura superior al 50 %; o una dimensión inferior y vegetación asociada al río conectando con formaciones de vegetación poco afectadas por actividades externas			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura superior al 50 %, o más de 10 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %			menos de 5 m con vegetación asociada al río		
Valle III, IV:	mayor a 50 m ó una dimensión igual o mayor que 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río densa (cobertura mayor al 50 %)			25-50 m, o una dimensión entre 1 y 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río; o la opción anterior de mayores dimensiones, con vegetación aclarada (cobertura inferior al 50 %)			10-25 m, o una dimensión entre 1 y 0,5 veces la anchura del cauce activo en ríos más pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río			menos de 10 m en ríos grandes, o menos 5 m en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río		
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 4.** Estructura y composición de la vegetación riparia.

	Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
	En la orilla											
	Bosques de galería cerrados o sotos arbustivos muy densos > 2,5 m de altura, sin especies alóctonas, con sotobosque formado por varias especies de arbustos o dominado por herbáceas nemorales, con escasas zarzas (< 30%). O vegetación climatófila en estado natural o muy poco intervenida.			Bosques de galería o sotos arbustivos ± densos y > 2'5 m de altura, con abundancia de zarzas (> 30%), presencia moderada de especies alóctonas (pocos individuos aislados), y/o dominancia de herbáceas nitrófilas o con estratos subarbóreos pobres (estrato herbáceo en pequeñas manchas, con arbustos ocasionales). O vegetación climatófila levemente modificada por actuaciones antrópicas.			Formaciones arbóreas o arbustivas abiertas o < 2'5 m, con abundancia de zarzas (> 30%) y/o de especies introducidas (numerosos individuos de una o varias especies) y/o dominancia de herbáceas nitrófilas. O vegetación climatófila bastante modificada por actuaciones antrópicas			Vegetación herbácea dominante o zarzales, a lo sumo con algunos árboles y/o arbustos dispersos. Alineaciones de chopos plantados o de árboles introducidos, cañaverales alóctonos.		
Valle I	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Valle II, III y IV	8	7		6	5		4	3		2	1	
	En la orilla											
	Bosque natural denso que orla más del 75% de la longitud de la galería			Bosque ± denso o matorrales altos, que orla más del 30% de la longitud de la galería			Árboles o arbustos frecuentes pero dispersos o en pequeños grupos			Vegetación herbácea dominante o con algunos árboles o arbustos dispersos o en pequeños grupos		
Valle II, III y IV	4			3			2			1		

**Tabla 5.** Regeneración natural de la vegetación riparia.

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Existen ejemplares de jóvenes, adultos y maduros de las principales especies arbóreas y arbustivas, y los espacios abiertos, bancos de gravas y arenas de las orillas están colonizados por plantas de edades inferiores a 2 años.			Existen ejemplares de diferentes edades (jóvenes, adultos y maduros) de las principales especies leñosas, y en los espacios abiertos se observan ejemplares más jóvenes, al menos de los arbustos. Regeneración natural levemente amenazada por el pastoreo, actividades agrícolas o forestales, regulación de caudales o incisión ligera del canal fluvial.			Se observan bosquetes de pies adultos y maduros, con escasa representación de los más jóvenes y ausencia de renuevos. Regeneración natural moderadamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, incendios periódicos, actividades recreativas, etc., o por regulación de caudales o incisión moderada del canal fluvial.			Solo se observan pies maduros o adultos, con muy escasa o nula presencia de los elementos jóvenes. Regeneración natural severamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, quemadas periódicas, compactación del suelo, o por incisión severa, o por obras de canalización. Abundancia de arbóreos secos.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 5.1.** Condición de las orillas.

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Más del 50 % del contorno de la lámina de agua en el "caudal dominante" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y más del 50 % del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea, y las orillas no presentan síntomas de inestabilidad inducida por actividades humanas. Línea de orillas irregular y sinuosa, sin síntomas de alteración en ambas márgenes.			Más del 50 % del contorno de la lámina de agua en el "caudal dominante" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y menos del 50% del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve inducida por actividades humanas. Línea de orillas irregular y sinuosa, sin alteraciones al menos en una de las márgenes			Menos del 50 % del contorno de la lámina de agua en "caudal dominante" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y más del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve a moderada, causada por actividades humanas. Orillas rectificadas, muy poco sinuosas, consecuencia de obras de canalización sin estructuras rígidas (dragados, escolleras de poca altura, revestimientos vegetales, etc.)			Menos del 50 % del contorno de la lámina e agua en "caudal dominante" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y menos del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, o las orillas presentan síntomas de erosión moderada a severa originada por actividades humanas. Orillas rectificadas, más o menos rectas, consecuencia de obras de canalización con estructuras rígidas.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 6.** Conectividad transversal de la ribera con el cauce.

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-5 años) sobre un perfil de orilla llano o en condiciones naturales. No existe ninguna restricción al desbordamiento de las aguas.			Orillas algo sobreelevadas respecto al nivel del lecho. Las riberas se inundan con una periodicidad menor, entre 5 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debida a la regulación de los caudales, a pequeñas elevaciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o a una incisión del cauce incipiente.			Orillas bastante sobreelevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales.			Orillas muy sobreelevadas respecto al lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructuras de canalización intensa o por incisión del cauce severa.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 7.** Permeabilidad y grado de alteración del relieve y substrato ripario.

Estado óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
El suelo de las riberas no presenta síntomas de compactación ni sellado (impermeabilización), y se mantienen unas buenas condiciones de infiltración y permeabilidad en su perfil. Ausencia de excavaciones y rellenos. Relieve de las riberas en estado natural.			En las riberas se observan pequeños senderos o espacios compactados por estancia o paso de ganado, vehículos, actividades recreativas, etc. poco intensos, sin actuaciones de sellado, y no existen síntomas de erosión superficial o encharcamientos. Suelos de las riberas laboreados para cultivos agrícolas o forestales. Excavaciones y rellenos ausentes o muy poco intensos. El relieve de las riberas presenta un grado de alteración ligero.			Las riberas presentan caminos o espacios continuos muy compactados o sellados que ocupan más del 20 % de su superficie, que dificultan la infiltración y regeneración de la vegetación natural. O bien, el perfil del suelo ha sido alterado porque se han introducido materiales alóctonos (escombros, residuos sólidos, etc.). O el relieve de las riberas presenta un grado de alteración moderado por extracciones o por depósito de tierras procedentes de la llanura de inundación (motas de gravas).			Los suelos de las riberas están compactados o sellados en más del 20 % de su superficie, comprometiendo severamente la infiltración de las aguas. O el perfil del suelo ha sido alterado severamente en su composición granulométrica, o son abundantes los materiales alóctonos o el depósito de tierras ajenas a la llanura de inundación. O bien las extracciones de arena o los movimientos de tierras han modificado severamente el relieve natural de la ribera.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

### Paso 3. Valoración del Índice ROI

Para la valoración final del índice sumamos los valores obtenidos en cada uno de los 7 atributos evaluados, el total obtenido lo contrarrestamos con la tabla 8 que nos indica que significa la puntuación obtenida.

**Tabla 8.** Valoración del Índice RQI y calidad de las riberas según las condiciones ecológicas de la zona, se incluyen gestiones recomendadas en cada caso.

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.

**¡Felicitaciones ya eres todo un profesional!**  
**Recuerda, los ríos son más que una amenidad, son un tesoro.**

## Anexo 12. Hoja de registro de medición de caudal

Información de registro de medición de caudal			
Nombre de la estación			
Nombre del río			
Persona líder o responsable de la medición			
Alertas de la CNE			
Código de la prueba	Fecha (día/mes/año)	Hora inicial	Hora final

**Tabla #1. Cálculo de la velocidad y el caudal**

Cálculo de caudal en (m <sup>3</sup> /s) y en (l/s)								
Código de la prueba	Cálculo de velocidad (m/s)			Profundidad promedio(m)	Ancho del río	Área(m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
	Distancia recorrida por los flotadores	V superficial	V media(vm)					
	d(m)	V= d/tp	Vm= V*0.80					
				hp	a	A= hp*a	Q= Vm*a	Q m <sup>3</sup> /s *1000

### Recordatorios:

Vamos a apuntar en la tabla anterior primero el **código de la prueba**, para ello podemos utilizar una secuencia de números o cualquier valor que se nos facilite apuntar, dicho código se debe mantener en las siguientes tablas en las primeras filas para que coincidan los datos (esto para cuando realicemos más de una medición solamente), luego apuntamos **el ancho del río** y después debemos apuntar la **profundidad promedio** de la sección transversal para ello utilizaremos la tabla #2 para calcular este valor.

Una vez apuntado esto mediremos **la distancia recorrida por los flotadores**.

Seguidamente sería realizar los lanzamientos de los flotadores 2 metros antes a partir de la distancia de definimos de lanzamiento e ir apuntando los datos de la tabla #3 y calculamos con la formula.

Finalmente procederíamos a calcular las variables faltantes que sería solo aplicar la formula correspondiente a cada uno.

**Tabla #2. Registro de profundidades en la sección transversal seleccionada.**

Código de la prueba	Profundidades medidas en la sección transversal para el cálculo de profundidad promedio en (m)					Promedio(hp)
	Distancia a la cual se realizó la medición de profundidad en metros					
	m	m	m	m	m	

**Recuerda:**

La fórmula para calcular el promedio es la siguiente

$$hp = \frac{h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + \dots}{6 \dots}$$

**Tabla #3 Registro y cálculo de los tiempos promedios por flotador.**

Código de la prueba	Registro del tiempo en segundos para cada flotador desde el punto A hasta el Punto B									Tiempo Promedio (tp)
	Margen derecha			Centro del río			Margen izquierdo			
	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	

**Recuerda:**

La fórmula para calcular el tiempo promedio es la siguiente

$$\frac{tf1 + tf2 + tf3 + tf4 + tf5 + tf6 + tf7 + tf8 + tf9}{9}$$

*Tf* significa tiempo del flotador.

### Anexo 13. Hoja de registro de macroinvertebrados

Hoja de registro de macroinvertebrados encontrados			
Familia	Letra	Puntaje	Presente
Polythoridae	O	9	
Polythoridae Blephariceridae;	D	9	
Athericidae	E	9	
Heptageniidae	P	9	
Perlidae Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae	T	9	
Leptophlebiidae	E	8	
Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae	O	8	
Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae;	T	8	
Glossosomatidae Blaberidae	B	8	
Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae	C	7	
Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae;	O	7	
Platystictidae	T	7	
Philopotamidae Talitridae; Gammaridae	Cr	7	
Libellulidae	O	6	
Corydalidae	M	6	
Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae	T	6	
Euthyplociidae; Isonychidae	D	6	
Pyralidae	L	5	
Hydropsychidae; Helicopsychidae	T	5	
Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae	C	5	
Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarcyidae; Baetidae	E	5	
Crustacea	Cr	5	
Turbellaria	Tr	5	
Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae;	C	4	
Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae; Dixidae; Simulidae; Tipulidae;	D	4	
Dolichopodidae; Empididae			
Muscidae	H	4	
Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae	O	4	
Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae;	E	4	
Notonectidae Calopterygidae; Coenagrionidae Caenidae Hidracarina	Hi	4	
Hydrophilidae	C	3	
Psychodidae	D	3	
Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae;	M	3	
Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae	O	3	
Hirudinea: Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae	A	3	
Asellidae	Cr	3	
Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae	D	2	
Syrphidae	D	1	
Oligochaeta (todas las clases)	A	1	
Nota: D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.	<b>Total</b>		
	<b>Calidad del agua</b>		

### Anexo 14. Lista de asistencia a la capacitación

Lista de asistencia a la Capacitación sobre Protocolos Simplificados de Monitoreo en Cuerpos de Agua Superficial OCAs-Chorotega.

Nombre completo	OCA, institución o comunidad a la que representa	Firma
Alvar Campos De Lomas	Nicoyagua	[Firma]
Haricangel Ríos Baltadano	F. Nicoyagua	[Firma]
Anielka Baltadano Vallejos	CTP 27 de abril	Anielka B.V
Elyni Rodríguez Cisneros	CTP 27 de abril	Elyni R. Cisne
Kevin Antonio Irujo Brucias	CTP 27 de abril	Kevin Irujo
Dairon Briceño Ordóñez	CTP 27 de abril	Dairon B.O
Ye. Kal Yabel Ortiz	CTP 27 de abril	Ye. Kal OM
José Alejandro Álvarez	CTP 27 de abril	José A.A
Kacbelin Anaya Mora	CTP 27 de abril	Kacbelin
Jirena Montero Montero	CTP 27 de abril	Jirena
Gilmar Pizarro Obando	CTP 27 de abril	Gilmar
Wanda Chaverra Vallejos	CTP 27 de abril	[Firma]
Josue Gastón Murillo	CTP 27 de abril	Josue G.M
Selma Cabalceta Vega	CTP 27 de abril	Selma Cabalceta
Isabel Conde Bustos	CTP 27 de abril	Isabel
Inés Badilla González	UNA	[Firma]
Fernando Martínez Martínez	UNA	Fernando M.M
Christina Gálvez Ramírez	HIDROCA	Christina G.R
Cecilia Urbina Briceño	CTP 27 de abril	[Firma]
Mickelle Valbuena Benavente	CTP 27 de abril	Mickelle
Daubia Gutiérrez Álvarez	CTP 27 de abril	[Firma]
Allon Joaquín Esquivel	CTP 27 de abril	Allon J.E

Nombre completo	OCA, institución o comunidad a la que representa	Firma
23 Daniela Rodríguez García	CTP 27 ABRIL	Daniela R.G.