



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

Maestría en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas

**FORTALECIMIENTO DE LAS ORGANIZACIONES LOCALES EN SANTA
BARBARA DE HEREDIA MEDIANTE UN DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO
DEL RÍO SEGUNDO Y POTRERILLOS Y SUS ÁREAS DE PROTECCIÓN**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN SOMETIDO A CONSIDERACIÓN DE LA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN Y LA ESCUELA DE POSGRADO COMO
REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE
MÁSTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

DAVID CASCANTE ROJAS

TURRIALBA, COSTA RICA

2023

Este trabajo de final de graduación ha sido aceptado en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobado por el Comité Examinador del estudiante, como requisito para optar por el grado de

División de Educación

MÁSTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

FIRMANTES:



Laura Benegas Negri

Laura Benegas Negri, Ph.D.

Coasesora Principal del Trabajo de Graduación

Isabel C. Bolaños P.

Isabel C. Bolaños Portilla, Ph.D.

Coasesora Principal del Trabajo de Graduación

Roberto Quiroz Guerra

Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.

Decano de la Escuela de Posgrado

David Cascante Rojas

David Cascante Rojas

Candidato

Escuela de Posgrado

DEDICATORIA

A mi querida y maravillosa familia Rafael, María Belén y Leidy

Agradecimientos

A la **Asociación** de Vecinos de Barrio Betania, por tanta entrega en el proceso.

A la **síndica municipal** Lorena Ledezma por el apoyo e interés en el proyecto.

A las encargadas de la **Unidad de Gestión Ambiental** de la Municipalidad de Santa Bárbara Karen Bermúdez y Susana Lobo, por abrir espacio para el proyecto y el apoyo brindado.

A mis **asesoras** en este trabajo de graduación Isabel Cristina Bolaños y Laura Benegas por todas las enseñanzas en este proceso y sus valiosas recomendaciones.

A mis **padres** Jorge Cascante y Amada Rojas, por apoyarme siempre en todos mis proyectos.

A mi **compañera** de la vida Leidy Rojas, por todo el apoyo y esfuerzo para que esto fuera posible.

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2.1. Antecedentes | 2 |
| 2.2. Justificación | 4 |
| 2.3. Objetivos | 5 |
| 2.3.1. Objetivo general | 5 |
| 2.3.2. Objetivos específicos | 5 |
| 3. Marco referencial | 6 |
| 3.1. Gestión integrada de recurso hídrico | 6 |
| 3.2. Ciencia Ciudadana | 7 |
| 3.3. Aprendizaje por indagación | 8 |
| 3.4. Áreas de Protección | 9 |
| 3.5. Calidad del agua | 9 |
| 4. Metodología | 11 |
| 4.1. Ubicación del área de estudio | 12 |
| 4.3. Abordaje de aspectos de la GIRH con los grupos locales | 15 |
| 4.4. Implementación participativa de herramienta para el muestreo de calidad del agua | 18 |
| 4.5. Caracterización participativa de las Áreas de Protección | 23 |
| 4.6. Priorización de las problemáticas que afectan las AP y la calidad del agua del río Segundo y Potrerillos. | 24 |
| 5. Resultados | 26 |
| 5.1. Abordaje de aspectos de la GIRH con los grupos locales | 26 |
| 5.2. Situación de las Áreas de Protección | 32 |
| 5.3. Resultados de muestreo de calidad de agua | 36 |
| 5.4. Priorización de las problemáticas que afectan las AP y la calidad del agua del río Segundo y Potrerillos | 38 |
| 6. Análisis de la experiencia | 40 |
| 8. Recomendaciones | 43 |
| Referencias | 45 |
| Anexo 1. Módulos para diálogos sobre gestión integrada del recurso hídrico | 50 |
| Anexo 2. Ficha de campo para muestreo de calidad de agua | 58 |
| Anexo 3. Tabla de registro histórico y valoración de resultados del muestreo de calidad de agua. .. | 59 |
| Anexo 4. Matriz para la caracterización participativa de las Áreas de Protección | 60 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua para cuerpos receptores | 10 |
| Tabla 2. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores PSO, DBO y Nitrógeno Amoniacal | 11 |
| Tabla 3. Esquema de valoración de los grupos locales | 16 |
| Tabla 4. Aspectos que corresponden a los principios pedagógicos de la metodología basada en la indagación | 17 |
| Tabla 5. Nombre del punto de muestreo y coordenadas geográficas | 18 |
| Tabla 6. Parámetros para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para clases establecidas por el decreto n°33903-MINAE-S | 19 |
| Tabla 7. Clasificación de los cuerpos de agua según el uso potencial y tratamiento que requiera ... | 21 |
| Tabla 8. Matriz de priorización de problemáticas GUT..... | 25 |
| Tabla 9. Valoración de la Asociación de Vecinos b° Betania en el proyecto..... | 27 |
| Tabla 10. Valoración del Equipo Verde Nueva Esperanza en el proyecto..... | 29 |
| Tabla 11. Promedio de resultados obtenidos en los puntos de muestreo del río Potrerillos | 37 |
| Tabla 12. Promedio de resultados obtenidos en los puntos de muestreo del río Segundo..... | 38 |
| Tabla 13. Priorización de situaciones problemáticas en la microcuenca del río Segundo y Potrerillos | 39 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa del área de estudio: Segmentos del río Segundo y Potrerillos | 13 |
| Figura 2. Tabla colorimétrica del kit de muestreo Earth Force 3.5886..... | 19 |
| Figura 3. Recorrido de campo con Asociación de Vecinos de b° Betania | 26 |
| Figura 4. Muestreo de calidad de agua con Asociación de Vecinos de b° Betania | 29 |
| Figura 5. Encuentro sobre Gestión Integrada de Recurso Hídrico con Asociación de Vecinos de b° Betania | 31 |
| Figura 6. Muestreo de calidad de agua con Equipo Verde Nueva Esperanza | 32 |
| Figura 7. Mapa de cobertura de suelo en el Áreas de Protección del río Potrerillos | 33 |
| Figura 8. Mapa de situaciones identificadas en las Áreas de Protección del río Potrerillos..... | 34 |
| Figura 9. Mapa de cobertura de las Áreas de Protección del río Segundo | 35 |
| Figura 10. Mapa de situaciones identificadas en las Áreas de Protección del río Segundo | 36 |

Abreviaturas

| | |
|-----------------|---|
| AP | Áreas de Protección |
| AYA | Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados |
| CGICRTG | Comisión para la Gestión Integrada del Río Grande de Tárcoles |
| GIRH | Gestión Integrada del Recurso Hídrico |
| INDER | Instituto de Desarrollo Rural |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censo |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación |
| MAG | Ministerio Agricultura y Ganadería |
| MEP | Ministerio de Educación Pública |
| MIDEPLAN | Ministerio de Planificación Nacional |
| MINAE | Ministerio de Ambiente y Energía |
| MS | Ministerio de Salud |
| ONU | Organización de Naciones Unidad |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| SINAC | Sistema Nacional de Áreas de Conservación |

1. Introducción

Desde la década de 1980 hasta la actualidad, el uso del agua ha aumentado un 1% a nivel mundial. Se estima que para el año 2050, este porcentaje de demanda continúe en aumento hasta alcanzar el 30% (Burek et al., 2016). El crecimiento poblacional y las actividades como la ganadería, la agricultura y la industria representan la mayor parte en este aumento de demanda (FAO, 2021). Por otra parte, este crecimiento en la demanda y los efectos del cambio climático se espera afecten de forma más intensa a más de 2.000 millones de personas que viven en países con fuerte escasez de agua (UNESCO, 2019), por ejemplo, regiones como Asia central y meridional, así como África septentrional, registraron un estrés hídrico superior al 70 % (FAO, 2022).

Si bien, en el caso de Costa Rica el índice de estrés hídrico (5,2%) no alcanza niveles preocupantes, resulta importante tomar medidas estratégicas ante varios retos importantes que podrían vulnerar en el futuro, el acceso al agua para sus diferentes usos, en términos de calidad y cantidad FAO (2022). Por ejemplo, tal y como se concluyó en el IV Encuentro Nacional de Biología de la Conservación desarrollado en la Universidad de Costa Rica, situaciones como el mal uso de la tierra, la deforestación, contaminación por sedimentos, basura, plaguicidas, e inclusive carburantes aumentan las cargas de contaminantes y sólidos suspendidos que afectan ecosistemas en las zonas costeras como ríos, lagos, pantanos, incluso manglares y arrecifes (Salas, 2010). Por otro lado, debido al deterioro de las políticas sociales y la vulnerabilización¹ económica y social de una parte de la población, han surgido en las últimas décadas, una gran cantidad de asentamientos informales en las zonas periurbanas, los cuales, suelen construirse en zonas no aptas como, orillas de ríos, laderas con altas pendientes, además carecen de sistemas de alcantarillado sanitario (Mora, 2014), lo cual les

¹ No se utiliza aquí vulnerabilidad dado que alude a algo intrínseco a una persona o a una población y que apunta a condiciones deficitarias. Se utiliza vulnerabilización porque se trata de una concepción más dinámica y menos reduccionista, aquella que en vez de hablar de vulnerabilidad como una condición atribuible al sujeto o al colectivo enfoca el tema más en términos de procesos económicos, sociales, políticos y culturales de vulnerabilización (Ramírez, Arrieta, 2019).

hace más vulnerable a fenómenos naturales y enfermedades, así mismo, se vierten las aguas residuales y residuos sólidos directamente en los cuerpos de agua.

Este escenario pone en mayor evidencia la necesidad de invertir más esfuerzos desde enfoques más integrales y participativos, que abarquen la variedad de temas vinculados a la gestión de recursos hídricos como, la planificación territorial, el desarrollo de tecnologías sostenibles para la producción, acceso a infraestructura para la accesibilidad del agua en cantidad y calidad, tecnologías sostenibles para el saneamiento, así como condiciones necesarias para la gobernanza y la gobernabilidad.

Este trabajo, ha generado un aporte para que gobiernos locales y organizaciones comunitarias logren apropiarse de las herramientas facilitadas en este proceso para fortalecer sus capacidades en la recolección de información y coordinación de esfuerzos, de tal forma que les permita ampliar sus criterios y posibilidades para la toma de decisiones respecto a las microcuencas del río Potrerillos y Segundo en el cantón de Santa Bárbara.

2.1. Antecedentes

Las microcuencas del río Segundo y Potrerillos, territorialmente, abarcan en su mayoría el cantón de Santa Bárbara, en la provincia de Heredia. Estas microcuencas son parte de la cuenca del río Grande de Tárcos. Esta cuenca se ubica en la zona central de Costa Rica y desemboca en la vertiente del Pacífico. Atraviesa las provincias de San José, Alajuela, Cartago y Heredia, la desembocadura se ubica en la provincia de Puntarenas y abarca 22 cantones. La cuenca tiene un área de 2166km², la elevación mínima es de 0msnm, la máxima alcanza los 2944msnm y la elevación media es de 1030 msnm. Esta cuenca, es de gran relevancia en el desarrollo sociohistórico de lo que se denomina actualmente como el “Valle Central” de Costa Rica, alberga aproximadamente un poco más del 50% de la población nacional, además de los principales centros industriales, comercio y servicios, concentra el 80% del sector industrial y comercial nacional, además, se procesa más del 50% de la producción de café. En esta cuenca se encuentran 10 acuíferos que abastecen de agua potable al 98,8% de sus habitantes (Rojas, 2011).

Al concentrar los principales centros urbanos del país, esta cuenca y sus respectivas microcuencas presentan graves problemas de contaminación. A partir de una investigación realizada por Pérez et al (2021) sobre la calidad del agua en la cuenca del río Tárcoles, se identificaron fuentes puntuales de contaminación como, desechos industriales, agrícolas, domésticos, además de índices preocupantes en algunos parámetros, por ejemplo, de Oxígeno Disuelto inferior a los 5mg/L, un promedio de 0,28 mg/L de amonio. Así mismo se identificaron coliformes fecales en un promedio de 27700 NMP/100mL, por lo que se considera como agua no utilizable en ninguna categoría de uso según el “Reglamento de Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales N° 33903-MINAE-S” (MINAE et al, 2007).

Dadas las problemáticas descritas anteriormente, los acuíferos de esta cuenca se consideran con vulnerabilidad media o alta (Rojas, 2011), por este motivo es considerada como una prioridad en la agenda nacional en el tema de saneamiento. Lamentablemente, pese a que se han realizado diferentes esfuerzos a nivel institucional por mejorar la calidad ambiental a nivel de la cuenca, no se han logrado alcanzar los resultados deseados respecto al saneamiento de la cuenca.

En respuesta a un proceso legal impulsado desde la ciudadanía, ante las afectaciones generadas por la contaminación en esta cuenca y la insuficiente respuesta del Estado por resolver la problemática, en el año 2007, la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia de Costa Rica, emite la resolución n° 2007-05894, en la cual, según la Ley Orgánica del Ambiente, reafirma la responsabilidad legal de las municipalidades y otras instituciones estatales de adoptar las medidas necesarias para eliminar de manera integral los focos de contaminación que existen a lo largo de la cuenca del río Grande de Tárcoles, además de velar por el resguardo y recuperación de las Áreas de Protección definidas en la Ley forestal n°7575.

Ante esta situación, en el año 2013, se crea una Comisión de Gestión Integral de la Cuenca Río Grande de Tárcoles, mediante un proyecto de ley, con el objetivo de coordinar las competencias de los entes y actores que la integran para lograr la rehabilitación y el manejo integral de la cuenca (SCIJ, 2013). Esta Comisión se divide en subcomisiones regionales y está integrada por una diversidad de Instituciones Públicas, entre ellas; las

Universidades Estatales, 37 Municipalidades, Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Acueductos y Alcantarillados, la Fiscalía de la Defensoría de los Habitantes y una ONG, todas estas presididas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Además, cabe señalar que aún, no se han incorporado organizaciones locales en los procesos de diálogo, diagnóstico y desarrollo de planes estratégicos, lo cual representa una limitante para la comisión (Wohl, 2022).

Actualmente la subcomisión de Heredia ha acordado con sus municipalidades intervenir en las microcuencas de cada cantón. Como parte del proceso de acción conjunta, se va a iniciar con el levantamiento de información de las Áreas de Protección. En el caso de la Municipalidad de Santa Bárbara, corresponde la intervención en las microcuencas del río Ciruelas, Segundo y Potrerillos. Hasta ahora solo se ha recopilado información sobre las AP del río Ciruelas (Páez, 2020). En el caso del río Segundo, se realizó en el año 2019, un muestreo de calidad de agua y en el río Potrerillos solamente se han realizado campañas de limpieza. Es por esta razón que interesa en este trabajo ampliar la información recopilada hasta ahora sobre las microcuencas del cantón de Santa Bárbara.

2.2. Justificación

Al igual que algunos otros municipios que integran la subcomisión de Heredia, a la municipalidad de Santa Bárbara se le dificulta realizar un monitoreo anual sobre calidad de aguas y las Áreas de Protección de los ríos, que le permita mantener datos actualizados. Por otro lado, no se ha generado aún un vínculo sólido con organizaciones ciudadanas locales para desarrollar acciones conjuntas desde un enfoque de cuenca hidrográfica. Si bien, en la actualidad existen en el cantón de Santa Bárbara algunos grupos comunitarios interesados en mejorar la gestión de las microcuencas y en desarrollar proyectos orientados a recuperar la calidad ambiental de estas, no existe claridad sobre una ruta estratégica a mediano y largo plazo, además carecen de herramientas técnicas y económicas suficientes.

Ante este escenario, con este trabajo se ha implementado un proceso de fortalecimiento de las capacidades de la Asociación de Vecinos de Barrio Betania y el Equipo Verde Nueva Esperanza, facilitando herramientas metodológicas para el monitoreo periódico

de las Áreas de Protección y de la calidad del agua. Por último, se facilitaron los vínculos con la municipalidad, con otras instituciones y organizaciones no gubernamentales para fortalecer el futuro desarrollo de estos grupos comunitarios y la sostenibilidad de sus acciones.

Es importante señalar que el desarrollo de este tipo de proyectos a nivel de las microcuencas, desde un enfoque integral, que abarque el monitoreo de calidad del agua, estado de las Áreas de Protección, involucrando activamente a diferentes actores locales representa un reto para los gobiernos locales, sin embargo, también resulta una oportunidad para generar nuevas experiencias y consolidar avances en la gobernabilidad y gestión integrada de recurso hídrico.

Por último, cabe señalar que este trabajo se vincula a tres de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas (PNUD, 2022). Uno de ellos, el objetivo número 6, sobre “agua limpia y saneamiento”, en tanto se busca reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua. El número 14 sobre “vida submarina” y el interés por mejorar la calidad ambiental de la cuenca, por ende, del océano y los ecosistemas marinos. Por último, el objetivo 15 “vida de ecosistemas terrestres”, considerando de que, con el monitoreo de las AP, se busca la protección y recuperación de una importante área de cobertura boscosa afectada por las actividades humanas.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Fortalecer a las organizaciones locales en la gestión integrada del recurso hídrico, transfiriendo herramientas metodológicas para apoyar la conservación de las Áreas de Protección y calidad del agua de los ríos Segundo y Potrerillos.

2.3.2. Objetivos específicos

- Examinar con los grupos locales aspectos generales sobre la gestión integrada del recurso hídrico.
- Implementar una herramienta de muestreo de calidad del agua con los grupos locales.

- Elaborar una herramienta para caracterizar las Áreas de Protección de las microcuencas con los grupos locales.
- Priorizar los principales problemas que afectan las Áreas de Protección y la calidad del agua de los ríos Segundo y Potrerillos.

3. Marco referencial

3.1. Gestión integrada de recurso hídrico

La Gestión Integral del Recurso Hídrico, se define como un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y demás recursos, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, de manera equitativa y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas (GWP, 2000).

Según Martínez y Villalejo (2018) la gestión integrada del recurso hídrico abarca la integración de la gestión de:

- a) El agua para todos sus usos, con el objetivo de maximizar los beneficios globales y reducir los conflictos entre los usuarios.
- b) Intereses económicos, sociales y ambientales, tanto de los usuarios directos del agua como de la sociedad en su conjunto.
- c) Todos los aspectos del agua (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia) que tengan influencia en sus usos y usuarios.
- e) Las diferentes fases del ciclo hidrológico.
- f) La gestión a nivel de cuencas, acuíferos o sistemas hídricos interconectados.
- g) La demanda de agua con la gestión de la oferta.
- h) El agua y de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados.

3.2. Ciencia Ciudadana

Partiendo de que se trata un proceso de recopilación y análisis de datos, que además busca promover la participación y fortalecer las capacidades organizativas a nivel local en un tema de común interés, como lo es la gestión del agua en las microcuencas, algunos de los planteamientos de la Ciencia Ciudadana resultan pertinentes. Esta es una propuesta metodológica que ha tomado mucho auge en los últimos años, debido a las múltiples posibilidades de compartir información que ofrecen las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para generar redes de transmisión y recepción de información con la capacidad de crear, modificar o fortalecer contenidos que van a orientar procesos sociales a nivel económico, político, cultural y de gestión del conocimiento entre otros (Castells, 2009). Considerando este contexto, se entiende Ciencia Ciudadana como “una forma de democratizar la ciencia, ayudando a las comunidades interesadas a crear datos para influir en las políticas y como una forma de promover procesos de decisión política que involucran el medio ambiente y la salud” (Kullenberg & Kasperowski, 2016).

Con la Ciencia Ciudadana las personas involucradas o interesados, no son únicamente receptores de la información generada a partir de la investigación científica, sino que toman parte activa en la misma, “contribuyen activamente con su esfuerzo intelectual, con el conocimiento de su entorno o aportando sus propias herramientas y recursos en un proyecto” (Prado et al, 2019). De esta forma no sólo se va a lograr ampliar la capacidad de recopilación de la información, sino que, además, con las herramientas brindadas y la experiencia en el proceso, los grupos locales tendrán la capacidad para realizar este tipo de monitoreos de forma autónoma en el futuro.

Un aspecto muy importante sobre el planteamiento de Ciencia Ciudadana es que corresponde en gran medida con la propuesta metodológica de investigación denominada Investigación Acción Participativa (IAP), la cual es definida por Contreras (2002) como:

“Un proceso metodológico que, rompiendo los moldes de la investigación tradicional, conjuga las actividades del conocimiento de la realidad mediante mecanismos de participación de la comunidad, para el mejoramiento de sus condiciones de vida” (p. 10).

Esta es una metodología con una gran trayectoria en diferentes partes del mundo, principalmente en América Latina, en el desarrollo de proyectos de investigación orientados al desarrollo de alternativas a problemáticas sociales mediante la participación y desarrollo de capacidades de actores locales (Montenegro, 2014). En este sentido, este enfoque metodológico ofrece valiosos insumos a este tipo de procesos investigativos que buscan promover transformaciones a nivel comunitario facilitando, la producción colectiva del conocimiento, el análisis colectivo en el ordenamiento y uso de la información, así como identificar las causas de los problemas, y las posibles soluciones (Contreras, 2002).

3.3. Aprendizaje por indagación

Para el abordaje de los temas relacionados a la GIRH con los grupos locales, se van a realizar encuentros donde se van a explorar los diferentes conceptos mediante guías didácticas desarrolladas a partir de la metodología de la indagación. Esta implica que las personas “desarrollan progresivamente ideas y habilidades científicas a través de aprender como investigar y así construyen su conocimiento como su comprensión del mundo que los rodea” (Harlen, 2017). Se eligió esta metodología debido a que corresponde adecuadamente con la propuesta de la Ciencia Ciudadana, Según Charpak et al (2006, citado en MEP, 2017), en la metodología basada en indagación, destacan algunos principios como:

- La interacción de las personas con los atributos que describen la realidad permite acercarse al conocimiento del entorno natural y sociocultural, que es asumido como laboratorio, lo que amplía el escenario del aula.
- Se promueve el desarrollo del pensamiento crítico, dirigido por la reflexión y la argumentación de evidencias.
- El trabajo colaborativo para lograr acuerdos de las mejores explicaciones, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.
- La persona docente es considerada facilitadora e investigadora.
- El estudiantado desarrolla la apropiación progresiva de habilidades y conocimientos propios del quehacer científico (p. 17-18).

3.4. Áreas de Protección

Según la Ley Forestal 7575 del año 1996 (MINAE, 2020), se definen las Áreas de Protección como:

- a) Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
- b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
- c) Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus Instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.
- d) Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes.

Cabe señalar que esta delimitación, no anula los derechos y obligaciones de las personas propietarias de estos terrenos.

Por lo tanto, se considera invasión de las áreas de protección todos aquellos actos:

Cometidos por la persona dueña del terreno o por un tercero, los cuales impliquen colocar cualquier tipo de edificación o material sobre estas áreas (casas, cercas, piedras, desechos, árboles caídos, tierra o cualquier otro material). El delito se configura, se produzcan o no efectos (destrucción de la vegetación, impedimento del libre crecimiento de árboles y vegetación, interrupción de flujos de agua, alteración de su libre curso, contaminación, etc.)¹⁰, configurando así el delito contemplado en el artículo 58 de la Ley Forestal No. 7575 (MINAE, 2020, p. 14).

3.5. Calidad del agua

Son las características químicas, físicas o biológicas del agua requeridas para diferentes usos (ONU, 2014). La calidad del agua se evalúa a partir de una serie de parámetros ligados a directrices que definen su clasificación en relación con índices, comúnmente

definidos jurídicamente en cada país. En los análisis de calidad del agua se utilizan regularmente estándares que se relacionan con la salud de los ecosistemas, la seguridad del contacto humano y el agua potable (Rock, Rivera, 2014).

En este caso, la finalidad del muestreo de calidad del agua no es conocer si cumple con los estándares para el consumo humano, sino si mantiene las características necesarias para la protección de las comunidades acuáticas, según lo define la legislación (MINAE et al, 2007). Sin embargo, esto impactará positivamente en la protección de las fuentes de agua para el consumo humano, debido a que va a ayudar a dimensionar el grado de algunas amenazas para las fuentes locales de agua (Vásquez, 2019), por ende, brindar insumos para la toma de decisiones.

En el caso de la legislación de Costa Rica, se ha validado a partir del “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales” (MINAE et al, 2007) el índice de calidad de agua holandés como oficial. En esta metodología de clasificación, se ha asignado una puntuación (ver tabla 1) a algunos parámetros fisicoquímicos (Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Nitrógeno Amoniacal) para asignarles una clasificación de calidad de agua (ver tabla 2). Sin embargo, en este caso no se va a utilizar este índice para la interpretación de los datos recolectados ya que el kit de muestreo utilizado no cuenta con la prueba de nitrógeno amoniacal.

Tabla 1.

Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Fisico-Química del Agua para cuerpos receptores

| Puntos | Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%) | Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) | Nitrógeno Amoniacal (mg/L) |
|--------|---|--------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 91-100 | <=3 | <0.50 |
| 2 | 71-90 | 3.1-6.0 | 0.50-1.0 |
| 3 | 111-120 | 6.1-9.0 | 1.1- 2.0 |
| 4 | 51-70 121-130 | 9.1-15 | 2.1-5.0 |
| 5 | <=30 y > 130 | >15 | >5.0 |

Nota: (MINAE et al, 2007).

Tabla 2.

Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores PSO, DBO y Nitrógeno Amoniacal

| 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 |

Nota: (MINAE et al, 2007).

4. Metodología

El proyecto se desarrolló desde un enfoque participativo, es decir se involucró a los diferentes grupos en el muestreo de calidad del agua, así como en la caracterización de las AP. De igual forma se coordinaron de forma conjunta las acciones a desarrollar, así como la discusión y análisis de los datos recopilados.

Con la participación de los grupos locales dentro del proyecto se buscó propiciar las condiciones para desarrollar un proceso de ciencia ciudadana, con ello se pretende involucrar a los grupos en el reconocimiento del entorno que habitan mediante instrumentos científicos, además de fortalecer sus capacidades como grupo para la gestión de las microcuencas.

El desarrollo del proyecto se dividió en diferentes etapas; primero se concretó el proceso de acercamiento con los grupos locales con el objetivo de presentar la propuesta e identificar previamente algunas de sus características como grupo, los aspectos que habían trabajado respecto a las microcuencas, su visión estratégica a futuro, etc. Para la selección de los grupos se consideraron algunos criterios, por ejemplo, que se tratara de algún tipo de organización o comité en el cantón de Santa Bárbara que trabajara temas sobre medio ambiente, que tuviera algún interés en participar o haya realizado algún tipo de actividad para mejorar la calidad de las microcuencas seleccionadas.

Posteriormente, se llevó a cabo, mediante conversatorios, el abordaje de los módulos de para explorar con los grupos locales algunos de los principales aspectos sobre la gestión integrada del recurso hídrico (ver anexo 1).

En la siguiente etapa, se procedió con la realización del muestreo de calidad del agua y la caracterización de las AP, implementando las fichas de campo facilitadas para registrar la información (ver anexo 2, 3 y 4) que posteriormente fue sintetizada en gráficos y mapas.

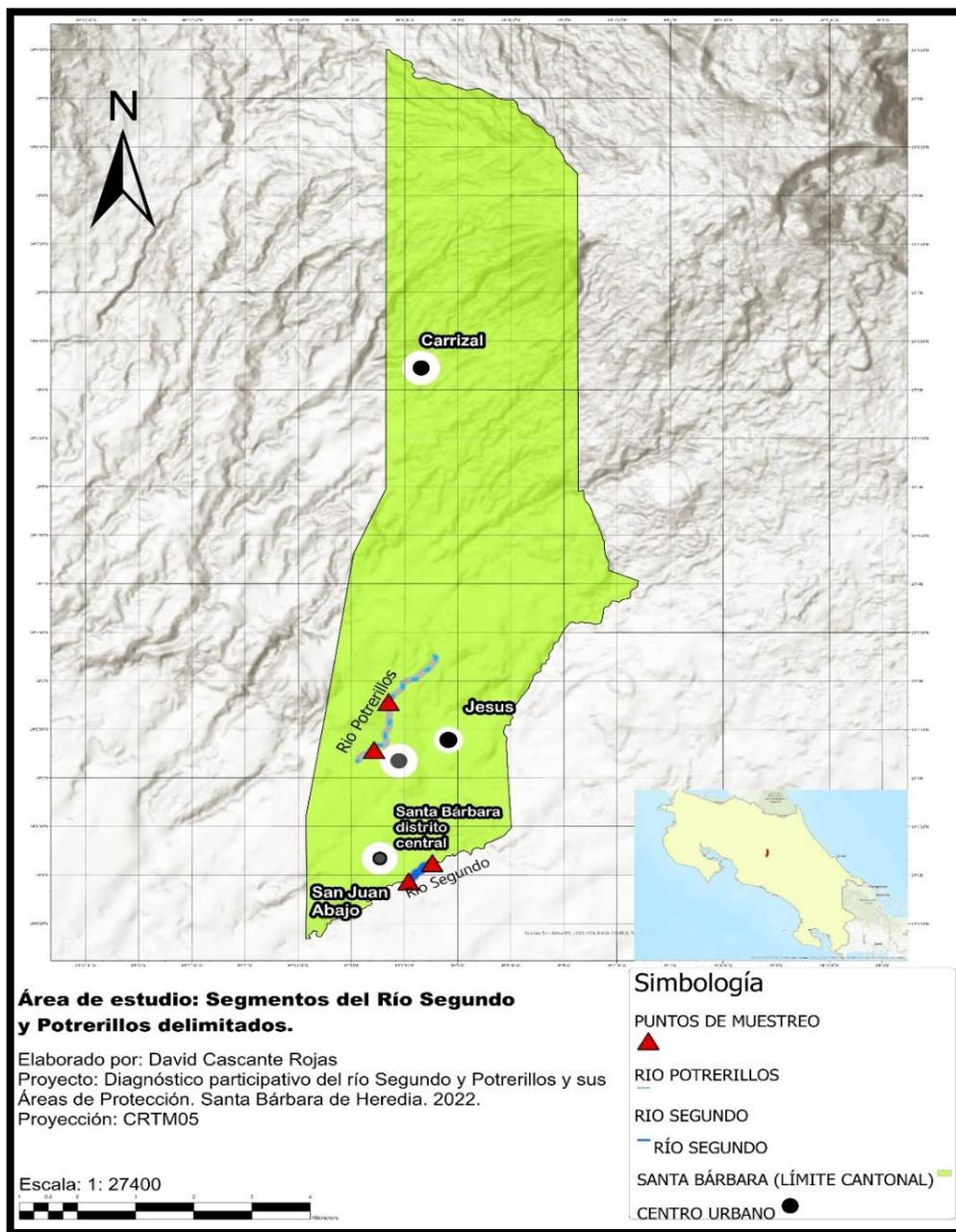
Más adelante, se llevó a cabo, de forma conjunta con los grupos locales y la municipalidad un análisis sobre la información recopilada en los recorridos de campo y en los muestreos de agua. Para interpretar los muestreos de calidad de agua, se utilizó la clasificación “Parámetros para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas por el Decreto N° 33903-MINAE-S” (Tabla 3) y la “Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso potencial, y tratamiento que requiera” (tabla 4).

Por último, se realizó una descripción de los problemas, según el grado de prioridad, que se identificaron afectan en mayor medida a las AP y la calidad del agua, así como las posibles acciones a implementar para abordarlos.

4.1. Ubicación del área de estudio

Tanto el río Segundo como el Potrerillos forman parte de la subcuenca del río Virilla y de la cuenca del Grande de Tárcoles. Las secciones de los ríos delimitadas para realizar el monitoreo de las AP y de calidad de agua se encuentran en el cantón de Santa Bárbara de la provincia de Heredia. En el caso del río Segundo, ubicado al sur del distrito de San Juan, se delimitó una distancia de 581 m aproximadamente, que atraviesa la zona con mayor urbanización alrededor de las AP, además de ser el límite con el cantón de Flores. Por otra parte, en el río Potrerillos, que se encuentra muy cerca del centro del cantón y la zona de mayor densidad urbana, se delimitó una distancia de 1, 15 km, la cual inicia contiguo al residencial Vistas de Santa Bárbara y finaliza en Barrio Betania, en la zona sur de la mancha urbana.

Figura 1.
 Mapa del área de estudio: Segmentos del río Segundo y Potrerillos



Nota: Elaboración propia

4.2. Descripción del área de estudio

El cantón de Santa Bárbara cuenta con un área de 53,2 km², tiene una población de 42778 habitantes (PNUD, 2021), de los cuales el 87,8 % vive en la zona urbana y su densidad

poblacional es de 681 personas por km². En este cantón se encuentra un gran porcentaje de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central (INDER, 2016)

Se estima un total de 10107 viviendas ocupadas, con un promedio de 3,58 habitantes. Del total de viviendas, el 76,4 % se encuentra en buen estado y solo un 2,9 se encuentran en condición de hacinamiento. El 97,4 % de la población tiene acceso a agua potable, el 98,9 % cuenta con servicio sanitario y el 99,8 % dispone del servicio de electricidad (INEC, 2011).

Las principales actividades agropecuarias son los cultivos de hortalizas, café y caña de azúcar y la ganadería (INDER, 2016). De la población ocupada, un 69,6 % trabaja en el sector terciario, un 24,5 en el sector secundario y solo un 5,9 en el primario. Solo un 11,4 % cuentan con algún tipo de aseguramiento. El alfabetismo alcanza el 98,5 %, donde el 90,8 % de la población de 5 a 17 años se encuentran dentro del sistema educativo (INEC, 2011).

Respecto a los poblados que habitan en la cercanía de los segmentos de río seleccionados, se estima que del 10% a menos del 25% de los hogares tienen al menos una carencia según las Necesidades Básicas Insatisfechas definidas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2011).

El cantón de Santa Bárbara no cuenta con un plan regulador para planificar el desarrollo urbano. En su mayoría cuenta con un sistema de alcantarillado para aguas pluviales, que recibe además las aguas residuales de la mayoría de los hogares y comercios, sin contar con un sistema final de tratamiento. En el tema de manejo de residuos sólidos el gobierno local dispone de un servicio de recolección 2 veces a la semana de residuos ordinarios, que transportan al relleno sanitario *Tecnoambiente* en la provincia de Puntarenas. Además, cuenta con centro de acopio para residuos valorizables que se recolectan una vez al mes en cada distrito.

Según indica un diagnóstico realizado por González (2014), situaciones como la falta de planificación urbana, el irrespeto a las Zonas de Protección de los cuerpos de agua subterráneos y superficiales han propiciado focos de contaminación como agroquímicos por actividades agrícolas, actividad ganadera, vertimiento de aguas grises y negras, así como el uso de tanques sépticos.

Respecto a calidad de agua, en el año 2019, el laboratorio *Agrotec* realizó un muestreo en tres puntos del río Segundo a solicitud de la Municipalidad de Santa Bárbara. Los resultados analizados a partir del sistema holandés de clasificación de calidad del agua indicaron que este río es de clase 2, es decir muestra contaminación incipiente. En relación con los parámetros fisicoquímicos complementarios, las 3 muestras se encontraban en la clasificación 1, a diferencia del parámetro de sólidos suspendidos en una de las muestras alcanzó la clase 2. De igual forma, el parámetro sustancias activas al azul de metileno, que se encontraba en la clase 3, lo cual demuestra la presencia de detergentes u otros espumantes, por lo que se puede inferir existe contaminación con aguas grises.

4.3. Abordaje de aspectos de la GIRH con los grupos locales

A través de la municipalidad y personas con liderazgo en las comunidades del cantón, se realizó el acercamiento con los grupos locales interesados en monitorear los ríos. En el caso del río Potrerillos, participaron personas que forman parte de la Asociación de Vecinos de Barrio Betania y en el río Segundo, participó el Equipo Verde del Complejo Educativo Nueva Esperanza. Se realizó un primer encuentro con estos grupos para socializar la propuesta del proyecto, además a modo de diagnóstico, se les consultó de forma grupal (ver tabla 3), algunos aspectos sobre su situación como grupo, por ejemplo, si habían implementado algún tipo de acción para mejorar la calidad ambiental de los ríos, cuáles son sus motivaciones, si mantienen alianzas estratégicas con otras organizaciones o instituciones, además si identifican cuales podrían ser las acciones a realizar en el futuro como grupo para intervenir en los ríos. Con estas interrogantes, se identificaron algunas de las percepciones de los participantes antes de iniciar el proyecto, su situación y las posibilidades de desarrollar actividades o proyectos en las microcuencas. Posteriormente, durante la etapa de valoración conjunta del proceso, se volvió a consultar sobre estos mismos temas, con la intención de identificar el impacto del proyecto en el fortalecimiento de los grupos.

Tabla 3.

Esquema de valoración de los grupos locales

| <i>Grupo</i> | <i>Río Potrerillos ADI La Betania</i> | <i>Río Segundo Comité Ambiental Nueva Esperanza</i> |
|--|---|---|
| <i>Situación actual del grupo</i> | | |
| <i>Acciones previas para con los ríos</i> | | |
| <i>Alianzas con instituciones u organizaciones</i> | | |
| <i>Posibles acciones para realizar a futuro como grupo</i> | | |
| <i>Motivaciones</i> | | |

Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, se realizaron dos conversatorios con los grupos, con el objetivo de explorar de forma conjunta, algunos aspectos relacionados a la gestión integrada del recurso hídrico. Estos conversatorios se realizaron con el objetivo de brindar algunos insumos, previo a los trabajos de muestreo y caracterización, de forma tal que las y los participantes lograran dimensionar de forma más clara el contexto y los alcances del proyecto. Los conversatorios fueron divididos en cuatro módulos para abordar los siguientes temas:

- ¿Qué es una cuenca hidrográfica?
- Cogestión.
- Calidad del agua.
- Importancia de las Áreas de Protección.

Cada uno de estos módulos fue sistematizado en una matriz de planeamiento didáctico (ver anexo 1) a partir de la metodología de la indagación, operacionalizados de la siguiente forma (tabla 4).

Tabla 4.

Aspectos que corresponden a los principios pedagógicos de la metodología basada en la indagación

| Aspectos | Consideraciones para su implementación |
|---|---|
| Focalización del objeto de estudio | <ul style="list-style-type: none"> • Generar interés y curiosidad por parte del estudiantado, a partir de la situación o problema en estudio que propone. • Permitir el planteamiento de preguntas del estudiantado en relación con la situación o problema en estudio. • Brindar el tiempo para que el estudiantado comunique sus ideas iniciales. |
| Exploración | <ul style="list-style-type: none"> • Brindar las instrucciones claras para el desarrollo de las actividades. • Mostrar la secuencia de las actividades por realizar. • Plantear preguntas reflexivas que estimulan la exploración. • Promover la descripción a partir de lo observado. • Promover la formulación de predicciones. • Permitir obtener evidencias acerca del problema, pregunta u objeto en estudio. • Lograr coherencia entre lo planificado y lo desarrollado. • Promover el registro de lo observado. |
| Reflexión | <ul style="list-style-type: none"> • Guiar la comunicación del estudiantado mediante preguntas de carácter reflexivo. • Estimular la argumentación mediante las evidencias obtenidas en las actividades exploratorias. • Guiar mediante preguntas reflexivas las explicaciones y la interpretación de la información encontrada. • Introducir conceptos científicos e incorpora progresivamente el uso de lenguaje científico común. • Permitir al estudiantado la evolución de lo aprendido, mediante la contrastación de las ideas iniciales con los resultados obtenidos en la exploración. • Permitir la interpretación de información científica |
| Aplicación | <ul style="list-style-type: none"> • Permitir al estudiantado poner a prueba lo aprendido en las actividades de exploración, mediante la resolución de un problema nuevo. <p>Promover en el estudiantado la relación de los aprendizajes con otros temas científicos y de su contexto.</p> |

Nota: Calderón, Hernández (2015).

Los temas de los módulos fueron definidos considerando la pertinencia de estos para ampliar la comprensión y las capacidades de los grupos locales en el tema de incidencia en microcuencas, además para su vinculación al trabajo que desarrolla la Comisión de Gestión Integral de la Cuenca Río Grande de Tárcoles y sus subcomisiones.

Como parte del fortalecimiento de los grupos mediante la creación de alianzas estratégicas con otras organizaciones afines a la gestión de microcuencas, en octubre del año 2022 se realizó un encuentro con la ONG Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. En dicho encuentro se brindó información a los grupos locales sobre el trabajo en red de la Alianza con los Observatorios Ciudadanos del Agua, las acciones y estrategias de apoyo para generar impactos positivos en la calidad ambiental de los ríos.

4.4. Implementación participativa de herramienta para el muestreo de calidad del agua

Se realizó un muestreo mensual desde el mes de agosto hasta diciembre del año 2022. Dado que estos meses se encuentran en la época lluviosa, los muestreos se realizaron durante las mañanas. En cada río se definieron dos puntos de muestreo (tabla 5), uno aguas arriba de los centros urbanos y el otro aguas abajo, con el fin de observar el impacto de estos centros sobre la calidad del agua del cauce principal. Para realizar el muestreo de forma participativa, se facilitó de forma gratuita a cada grupo el kit de bajo costo Earth Force 3-5886. Se eligió este kit por su bajo costo y la facilidad para que las personas usuarias lo utilicen y puedan adquirirlo para futuros muestreos. Este es un kit que funciona a partir de reactivos en tabletas, que se mezclan con las muestras de agua y se califican los resultados obtenidos a partir de una escala colorimétrica. Con los reactivos que incluye el kit se pueden realizar 10 muestreos, se utilizarán 5 en cada uno de los puntos. Todas las mediciones fueron realizadas directamente en los puntos de muestreo seleccionados.

Tabla 5.

Nombre del punto de muestreo y coordenadas geográficas

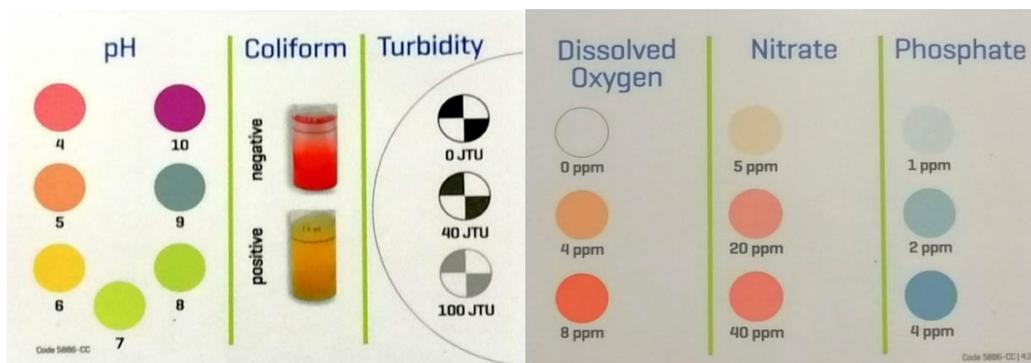
| Nombre del río | Punto | Coordenadas geográficas (crtm05) |
|-----------------------|---|---|
| Potrerillos | A 1(contiguo Residencial Vistas de Santa Bárbara) | E:482347.395m/N:1110905.044m |
| | A2 (Gradas Barrio Betania) | E:482152.509m/ N:1110033.964m |
| Segundo | B1(contiguo a gimnasio Forza) | E:483140.113m /N:1107849.523m |
| | B2 (100 metros suroeste del Depósito San Miguel) | E:482988.338m/N:1107727.606m |

Nota: Elaboración propia

Con la implementación de este kit de bajo costo se midieron parámetros fisicoquímicos como la temperatura, turbidez, fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, potencial de hidrógeno y coliformes.

Figura 2.

Tabla colorimétrica del kit de muestreo Earth Force 3.5886



Nota: EarthForce (2021)

Para realizar la clasificación de los resultados a partir de la metodología definida como oficial en la legislación de Costa Rica se van a considerar los parámetros denominados “complementarios” (ver tabla 6) con su respectiva clasificación de calidad según el uso potencial (ver tabla 7). En este caso, se van a realizar la clasificación únicamente de los parámetros disponibles en el kit de monitoreo que se encuentran presentes en el reglamento del MINAE (turbiedad, PH y nitratos), para posteriormente analizarlos a partir del uso “Fuente para la protección de las comunidades acuáticas” señalado en amarillo en la tabla. Por lo tanto, se realiza la aclaración de que se trata de una adaptación de la metodología oficial de Costa Rica para facilitar la interpretación de los datos a los grupos participantes, es decir, no se corresponde totalmente con el “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales” (MINAE et al, 2007).

Tabla 6.

Parámetros para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para clases establecidas por el decreto n°33903-MINAE-S

| Parámetros complementarios | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
|----------------------------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| Turbiedad (UNT) | <25 | 25 a <100 | 100 a 300 | (1) | (1) |

| Parámetros complementarios | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
|---|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| Temperatura (C°) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) |
| Potencial de Hidrógeno (PH) | 6,5 a 8,5 | 6,5 a 8,5 | 6,0 a 9,0 | 5,5 a 9,5 | 5,5 a 9,5 |
| Nitratos (mg/L) | <5 | 5 a <10 | 10 a <15 | 15 a <20 | >20 |
| Demanda Química de Oxígeno (mg/L) | <20 | 20 a <25 | 25 a <50 | 50 a <100 | 100 a 300 |
| Cloruros (mg/L) | <100 | 100 a 200 | NA | NA | NA |
| Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) | <10 | 10 a <25 | 25 a 100 | 100 a 300 | <300 |
| Sólidos Disueltos (mg/L) | <250 | 250 a <500 | 500 a 1000 | >1 000 | >1 000 |
| Grasas y Aceites (mg/L) | ND | ND | ND | ND | 15 a 25 |
| Sustancias activas al azul de metileno (mg/L) | ND | ND | ND a 1 | 1 a 2 | 2 a 5 |
| Arsénico (mg/L) | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 a 0,05 | > 0,05 | >0,05 |
| Boro (mg/L) | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 1 |
| Cadmio (mg/L) | <0,005 | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| Cianuro (mg/L) | <0,1 | 0,1 a <0,2 | 0,2 | >0,2 | >0,2 |
| Cobre (mg/L) | <0,5 | 0,5 a <1 | 1,0 a 1,5 | 1,5 a 2,0 | 2,0 a 2,5 |
| Cromo total (mg/L) | <0,05 | 0,05 | 0,20 | 0,50 | >0,5 |
| Magnesio (mg/L) | <30 | 30 a 50 | > 50 | > 50 | > 50 |
| Mercurio (mg/L) | <0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,005 |
| Níquel (mg/L) | <0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Plomo (mg/L) | <0,03 | 0,03 a <0,05 | 0,05 a <0,10 | 0,10 a <0,20 | 0,20 |

| Parámetros complementarios | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
|---|---------|----------------|----------------|----------------|---------|
| Selenio (mg/L) | <0,005 | 0,005 a <0,010 | 0,010 a <0,020 | 0,020 a <0,050 | 0,050 |
| Sulfatos (mg/L) | <150 | 150 a 250 | >250 | >250 | >250 |
| Parámetros orgánicos | | | | | |
| Sumatoria de compuestos organoclorados (mg/L) | ND | ND | ND | 0,01 | 0,01 |
| Sumatoria de compuestos organofosforados (mg/L) | ND | ND | ND | 0,01 | 0,01 |
| Biológicos | | | | | |
| Coliformes fecales (NMP/100ml) | <20 | 20 a 1000 | 1000 a 2000 | 2000 a 5000 | >5000 |

*Nota: NA= No Aplicable. ND= No Detectable por el método utilizado. (1)= Natural o que no afecte el uso indicado. (MINAE et al, 2007). *Los parámetros señalados con amarillo son los únicos que mide el kit de bajo costo que se va a utilizar, por lo tanto, la clasificación se realizará únicamente a partir de estos 3.*

Tabla 7.

Clasificación de los cuerpos de agua según el uso potencial y tratamiento que requiera

| Usos | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
|---|----------------|------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Abastecimiento de agua para uso y consumo humano | Utilizable | Con tratamiento convencional | Con tratamiento avanzado | No utilizable | No utilizable |
| Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano. | Utilizable | Con tratamiento convencional | Con tratamiento avanzado | No utilizable | No utilizable |

| Usos | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
|---|---------------|------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias. | Utilizable | Sin limitaciones | Sin limitaciones | Con limitaciones | No utilizable |
| Actividades recreativas de contacto primario. | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Acuicultura. | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas. | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Fuente para la protección de las comunidades acuáticas. | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Generación hidroeléctrica. | Utilizable | Utilizable | Utilizable | Utilizable con limitaciones | Utilizable con limitaciones |
| Navegación. | No utilizable | No utilizable | Utilizable | Utilizable | Utilizable |
| Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras. | Utilizable | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara. | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |

*Los parámetros resaltados en amarillos son los únicos que se disponen en el kit de monitoreo utilizado.

Nota: (MINAE et al, 2007).

*El uso resaltado en amarillo corresponde al uso potencial que interesa identificar en este proyecto.

Antes de realizar el muestreo se explicaron las instrucciones de uso a las personas participantes, además de las medidas de seguridad para recolectar las muestras. Se aportó a cada grupo una ficha de campo para registrar los resultados identificados (ver anexo 2). De igual forma se les facilitó de forma física y digital una tabla de valoración de los resultados,

para generar un registro histórico y una lectura de los datos recopilados tal y como se indicó anteriormente.

4.5. Caracterización participativa de las Áreas de Protección

Para realizar el diagnóstico se seleccionaron las secciones de la microcuenca considerando los criterios establecidos por la subcomisión para la Gestión Integrada de la Cuenca del Río Tárcoles Heredia (MINAE et al, 2019):

- Cuerpos de agua con aparente invasión.
- Cuerpos de agua con aparente contaminación.
- Densidad poblacional y actividades económicas en la zona.
- Conectividad, es decir continuidad de los cuerpos de agua en los diferentes cantones.
- Tomar consideración los cuerpos que son incluidos en el programa de monitoreo.

Para la delimitación las AP se utilizó la herramienta buffer del software ArcGIS para trazar 10 metros a cada lado de los ríos, debido a que se trata de una zona urbana según la clasificación del INEC (2016).

Una vez definidas las AP, se clasificaron mediante el software QGIS en las imágenes satelitales la cobertura del suelo de las AP, para luego realizar el reconocimiento de estas en un recorrido de campo en conjunto con los grupos locales.

Posteriormente se realizó un recorrido de campo, donde se tomaron los puntos con la aplicación para móvil Mobile Topographer, para georreferenciar las situaciones de las AP identificadas, las cuales serán registradas en una matriz de caracterización (ver anexo 4) donde se especificarán las coordenadas y fotografías para identificar los siguientes aspectos:

- **Cobertura del suelo:** se califica la cobertura en cobertura forestal, zona urbana, áreas verdes y recreativas, cultivo permanente, pastos, regeneración natural.
- **Invasión de las Áreas de Protección:** cualquier tipo de edificación o material sobre estas áreas (casas, cercas, piedras, desechos, árboles caídos, tierra o cualquier otro material).

- **Vertimientos de aguas:** cualquier tipo de desfogue de aguas negras o grises que sean depositadas directamente en el cuerpo de agua sin ningún tipo de tratamiento previo.
- **Potencial de reforestación:** áreas sin o con poca cobertura forestal que presenten las condiciones de suelo necesarias para reforestar.
- **Acumulación de residuos sólidos:** disposición ilegal de cualquier tipo de residuo o desecho en un punto específico.

En la matriz para la caracterización de las AP, la variable de cobertura del suelo fue definida a partir de algunos aspectos integrados en la “Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040” (MINAE, 2020). Otras de las variables consideradas para esta matriz fueron planteadas por Páez (2020) en un levantamiento del AP del río Ciruelas, en el Cantón de Santa Bárbara.

En el caso del río Potrerillos, el recorrido de campo se realizó en conjunto con las personas del grupo local, quienes participaron en la toma de puntos con la aplicación GPS y con el registro de las situaciones identificadas. En el río Segundo el grupo local no participó en esta tarea ya que, al tratarse de un centro educativo, se dificulta realizar este tipo de actividades que implican cierto grado de riesgo para los estudiantes.

Finalmente se integraron los puntos levantados en el recorrido de campo con el shape de delimitaciones de propiedad realizadas por el catastro municipal y se obtuvo así un mapa con la caracterización de las AP.

4.6. Priorización de las problemáticas que afectan las AP y la calidad del agua del río Segundo y Potrerillos.

Una vez obtenidos los resultados tanto del muestreo de calidad de aguas y de la caracterización de las AP, se realizó un encuentro con cada uno de los grupos, donde se analizaron de forma conjunta y se expusieron los diferentes puntos de vista acerca de los resultados, así como de los posibles factores que pueden estar influyendo en estos. Al finalizar se les consultará sobre cuales son en orden de prioridad los principales problemas identificados, sus posibles causales, así como las acciones estratégicas que podría plantear el grupo a corto, mediano y largo plazo para revertirlos.

Esta etapa de priorización se desarrolló a partir la matriz GUT. Con esta herramienta, se calificó la gravedad, la urgencia y la tendencia en una escala numérica de 1 a 5. Según Camargo (2018), cada uno de estos factores se pueden entender de la siguiente forma:

- **Gravedad:** el grado en que un problema afecta, entre más difícil de resolver mayor será el grado.
- **Urgencia:** prontitud con que debe ser atendido el problema, entre más tiempo requiera mayor será el grado.
- **Tendencia:** la propensión del problema a aumentar, en tanto más perjudica a otros factores mayor será el nivel.

Tabla 8.

Matriz de priorización de problemáticas GUT

| Problemática | Gravedad (Sin gravedad: 1, Poco grave: 2, Grave: 3, Muy grave: 4, Extremadamente grave: 5) | Urgencia (No hay prisa: 1, Puede esperar: 2, Lo más pronto posible: 3, Con alguna urgencia: 4, Es necesaria una acción inmediata: 5) | Tendencia (No va a empeorar: 1, Va a empeorar a largo plazo: 2, Va a empeorar a mediano plazo: 3, Va a empeorar a corto plazo: 4, Agravamiento inmediato: 5) | Prioridad (GxUxT) |
|---------------------|--|--|--|-----------------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

Nota: Camargo (2018)

Por último, se estableció el nivel de prioridad a partir de la multiplicación de los tres factores (gravedad, urgencia, tendencia), obteniendo así un valor para clasificar de mayor a menor.

5. Resultados

5.1. Abordaje de aspectos de la GIRH con los grupos locales

Se diseñaron e implementaron los 4 módulos sobre gestión integrada de recurso hídrico en 2 sesiones con cada grupo.

También se proporcionó la herramienta para la caracterización de las AP para facilitar a los grupos locales el levantamiento de información y se llevaron a cabo dos visitas de campo en los trayectos de los ríos seleccionados.

Figura 3.

Recorrido de campo con Asociación de Vecinos de Barrio Betania (19/11/2022)



Se concluyó con la propuesta de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica que ambos grupos (Asociación de Vecinos de Barrio Betania y Equipo Verde Nueva Esperanza) conformarán a futuro un Observatorio Ciudadano del Agua para el río Segundo y Potrerillos respectivamente. Como parte de este proceso van a inscribir la sección del río seleccionada en este proyecto en el programa de Bandera Azul Ecológica, en la categoría de microcuencas.

Respecto al impacto de la experiencia en los grupos, se identificaron algunos aspectos a partir de la valoración realizada al inicio y al finalizar el proceso. En la tabla 9 y 10 se muestran algunos de los resultados. En el caso de ambos grupos, les pareció llamativa la dinámica de recopilar este tipo de información por su cuenta, anteriormente no habían implementado acciones respecto a los ríos, excepto el grupo vecinal de Barrio Betania, que había participado en campañas de recolección de residuos sólidos. Este mismo grupo al

finalizar el proyecto, reconoce que las problemáticas identificadas en la microcuenca son muy complejas y que para asumir necesitan la participación de otros actores del cantón. Los acuerdos de cooperación con la municipalidad para continuar con los muestreos de calidad de agua y la posible incorporación a la Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica como observatorio ciudadano del agua, son factores que les motiva y les permite identificar a corto y mediano plazo horizontes de posibilidad para seguir como grupo.

Tabla 9.
Valoración de la Asociación de Vecinos Barrio Betania en el proyecto

| Grupo: | | |
|---|---|--|
| Asociación de vecinos Barrio Betania (Río Potrerillos) | Al inicio del proyecto | Al finalizar el proyecto |
| <i>Situación actual del grupo</i> | <ul style="list-style-type: none"> No existe hasta ahora un grupo definido como tal que trabaje temas sobre las microcuencas o ríos. | <ul style="list-style-type: none"> Se reconoce la importancia y la responsabilidad como comité vecinal de participar en mejorar la situación de los ríos. Consideran que deben aliarse con otros grupos locales para tener la capacidad de seguir trabajando con el río. |
| <i>Acciones previas para con los ríos</i> | <ul style="list-style-type: none"> Han participado en campañas de recolección de residuos sólidos en el río. | <ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de calidad de agua. Caracterización de las Áreas de Protección. |
| <i>Alianzas con instituciones u organizaciones</i> | <ul style="list-style-type: none"> Existe coordinación con la municipalidad para las campañas de limpieza. | <ul style="list-style-type: none"> Se coordinó con la municipalidad la realización de nuevos |

Grupo:

**Asociación de vecinos
Barrio Betania (Río
Potrerillos)**

Al inicio del proyecto

Al finalizar el proyecto

| | | |
|---|---|--|
| <p><i>Posibles acciones para realizar a futuro como grupo</i></p> | <ul style="list-style-type: none">• Conocer el grado de contaminación del río.• Intervenir el problema de aguas residuales sin tratar depositadas en los ríos. | <p>muestreos y monitoreos de las AP.</p> <ul style="list-style-type: none">• Muestreos de calidad de agua en la época seca.• Conformación del Observatorio Ciudadano del Agua con la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica.• Inscribir el río en el Programa Bandera Azul Ecológica. |
| <p><i>Motivaciones</i></p> | <ul style="list-style-type: none">• Memorias sobre el río de hace varias décadas y sus beneficios para la comunidad como espacio público de recreación y de abastecimiento de agua, que podrían aprovecharse en la actualidad si se revierten las fuentes de contaminación. | <ul style="list-style-type: none">• Nuevas herramientas de monitoreo.• Tener mayor conocimiento sobre calidad de agua.• Las nuevas posibilidades de apoyo con la municipalidad y la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. |

Figura 4.

Muestreo de calidad de agua con Asociación de Vecinos de Barrio Betania (07/09/2022)



Respecto al Equipo Verde Nueva Esperanza, la experiencia resultó novedosa y de gran importancia para incorporar en su propuesta educativa, por lo tanto, una motivación para darle continuidad. Como experiencia el monitoreo de calidad de agua y la posibilidad de generar información para incidir en la toma de decisiones despertó un gran interés en los estudiantes. Otro aspecto que resultó importante para este grupo fueron los acuerdos con la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica y la municipalidad de Santa Bárbara, esto permitió ampliar su agenda a futuro respecto a las actividades a realizar en la microcuenca.

Tabla 10.

Valoración del Equipo Verde Nueva Esperanza en el proyecto

Grupo:

*Equipo Verde Nueva Esperanza
(río Segundo)*

Al iniciar el proyecto

Al finalizar el proyecto

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>Situación actual del grupo</i> | <ul style="list-style-type: none">• Es un comité ambiental (equipo verde) que se encargar de orientar los procesos de educación ambiental en el centro educativo. | <ul style="list-style-type: none">• Continúa como comité dentro del centro educativo. Hay una agenda a futuro con diferentes actividades respecto a la gestión de la microcuenca. |
|-----------------------------------|---|---|

Grupo:

**Equipo Verde Nueva Esperanza
(río Segundo)**

Al iniciar el proyecto

Al finalizar el proyecto

| | | |
|--|--|---|
| <i>Acciones previas para con los ríos</i> | <ul style="list-style-type: none"> No han realizado ningún tipo de acción para con el río. | <ul style="list-style-type: none"> Monitoreos de calidad de agua. Monitoreo de las Áreas de Protección. |
| <i>Alianzas con instituciones u organizaciones</i> | <ul style="list-style-type: none"> No cuenta con alianzas institucionales. | <ul style="list-style-type: none"> Acuerdo con la Municipalidad de Santa Bárbara sobre seguimiento de muestreos de calidad de agua y de campañas de recolección de residuos valorizables. |
| <i>Posibles acciones para realizar a futuro como grupo</i> | <ul style="list-style-type: none"> Charlas a estudiantes sobre protección de recurso hídrico. | <ul style="list-style-type: none"> Constituir un Observatorio Ciudadano del agua. Inscribir el segmento del río Segundo analizado en el programa de bandera azul en la categoría de microcuencas Programas de reciclaje con la comunidad de San Juan. Festival de esferas de barro en el río Segundo con microorganismos para la biorremediación. Actividades de Educación Ambiental |

Grupo:

**Equipo Verde Nueva Esperanza
(río Segundo)**

Al iniciar el proyecto

Al finalizar el proyecto

| | | |
|----------------------------|--|---|
| <p><i>Motivaciones</i></p> | <p>con otros centros educativos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Sumar resultados para el galardón de Bandera Azul Ecológica.• Involucrarse en un tema de interés para la comunidad.• Dar seguimiento al proceso para aprovecharlo para la educación ambiental de otros estudiantes. | <ul style="list-style-type: none">• Ser una institución pionera en la protección de ríos y quebradas.• Ampliar los conocimientos de las y los estudiantes que participan en el equipo verde.• Incentivar a otros centros educativos a replicar sus experiencias en Educación Ambiental. |
|----------------------------|--|---|

Nota: Elaboración propia

Figura 5.

Encuentro sobre Gestión Integrada de Recurso Hídrico con Asociación de Vecinos de Barrio Betania (25/01/2023)



Figura 6.

Muestreo de calidad de agua con Equipo Verde Nueva Esperanza (07/10/2022)

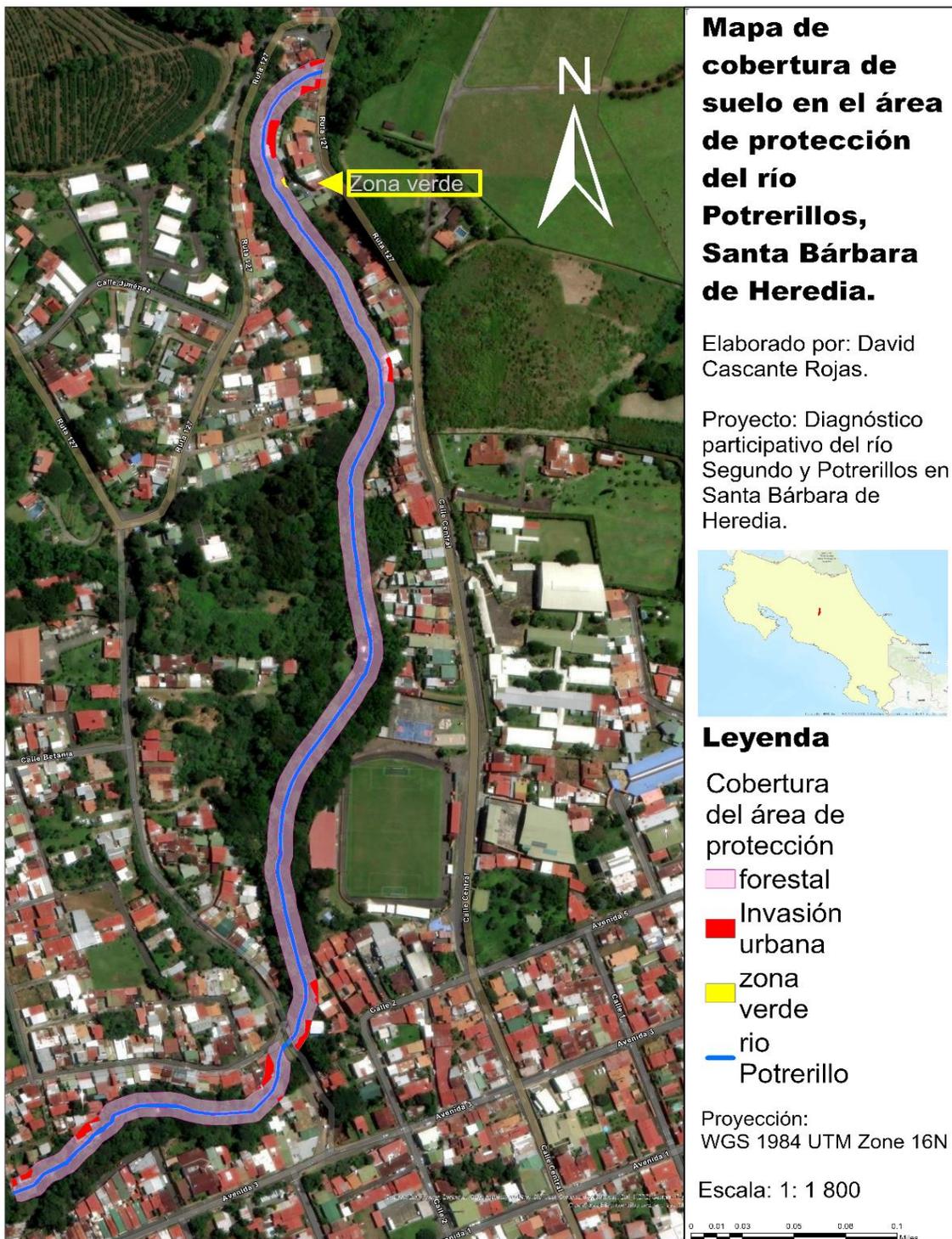


5.2. Situación de las Áreas de Protección

A partir de las actividades de levantamiento de información en los recorridos de campo y de análisis de imágenes satelitales, se obtuvo una caracterización de las AP, con información tanto de situaciones o problemáticas presentes a lo largo de las mismas, como de la cobertura del suelo. Tal y como se muestra en la figura 3, el río Potrerillos en su mayoría la cobertura es forestal, no se identificaron zonas con potencial de reforestación. Se muestran algunos casos de invasión urbana en las zonas con mayor concentración de desarrollo urbanístico, como lo es el centro del cantón de Santa Bárbara. De forma aislada se identificó un lote de la superficie destinado a zona verde. En algunos casos, por ejemplo, en el sector sur del trayecto, la imagen satelital muestra invasión de las AP, sin embargo, al realizar la visita al lugar se identifican modificaciones naturales del cauce del río que disminuyeron la distancia entre las AP y los hogares que en la actualidad se encuentran invadiéndolas.

Figura 7.

Mapa de cobertura de suelo en el Áreas de Protección del río Potrerillos

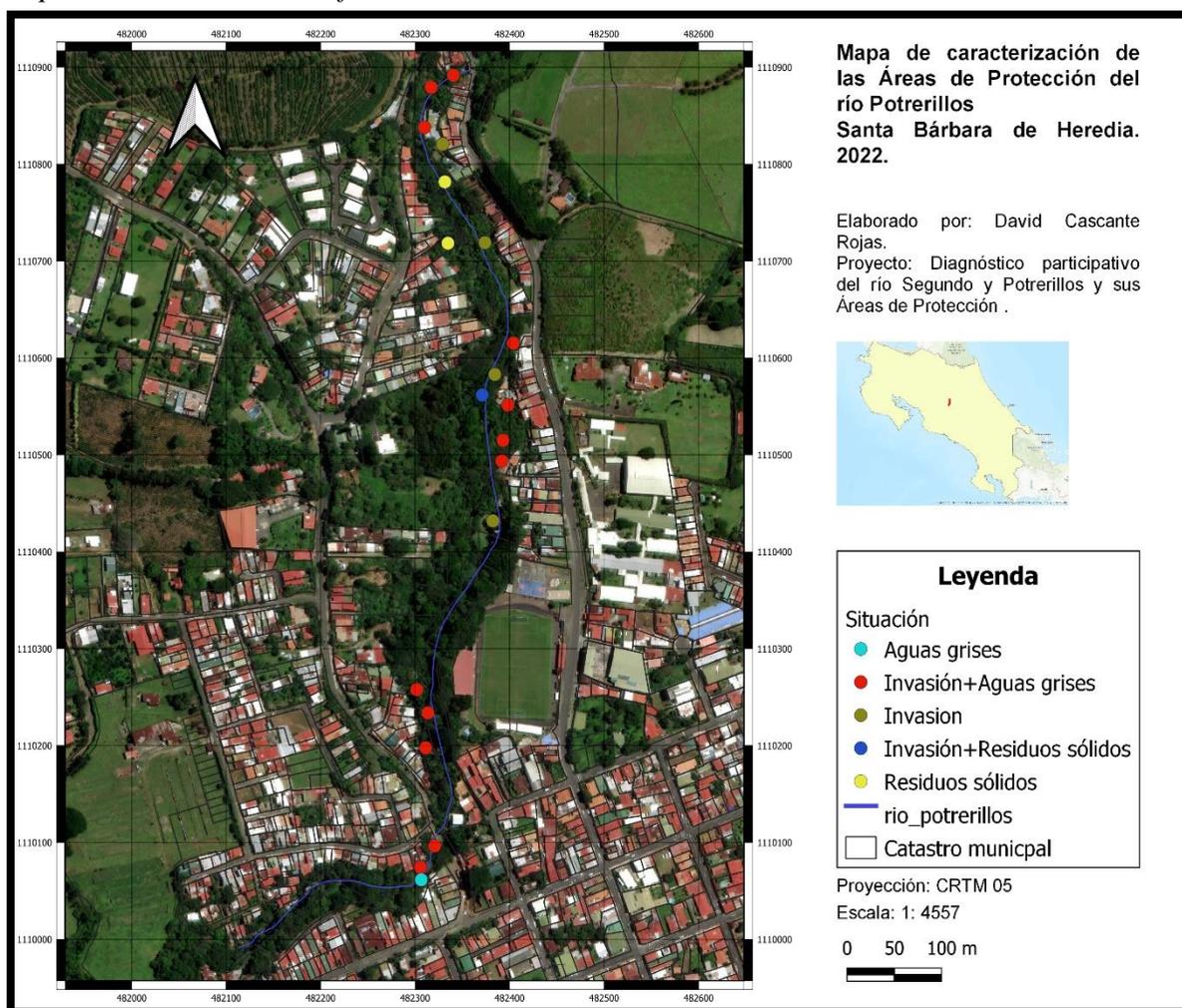


Nota: Elaboración propia.

Dentro de las situaciones que se identificaron en el recorrido de campo (ver figura 4), se encuentran en mayor medida los casos de invasión a las AP y los vertimientos de aguas residuales, en total se registraron un total de 12 puntos con ambas situaciones a la vez, en su totalidad los desfogues observados son únicamente de aguas grises. Por otra parte, las acumulaciones de residuos sólidos se identificaron en algunos puntos de forma menos frecuente.

Figura 8.

Mapa de situaciones identificadas en las Áreas de Protección del río Potrerillos



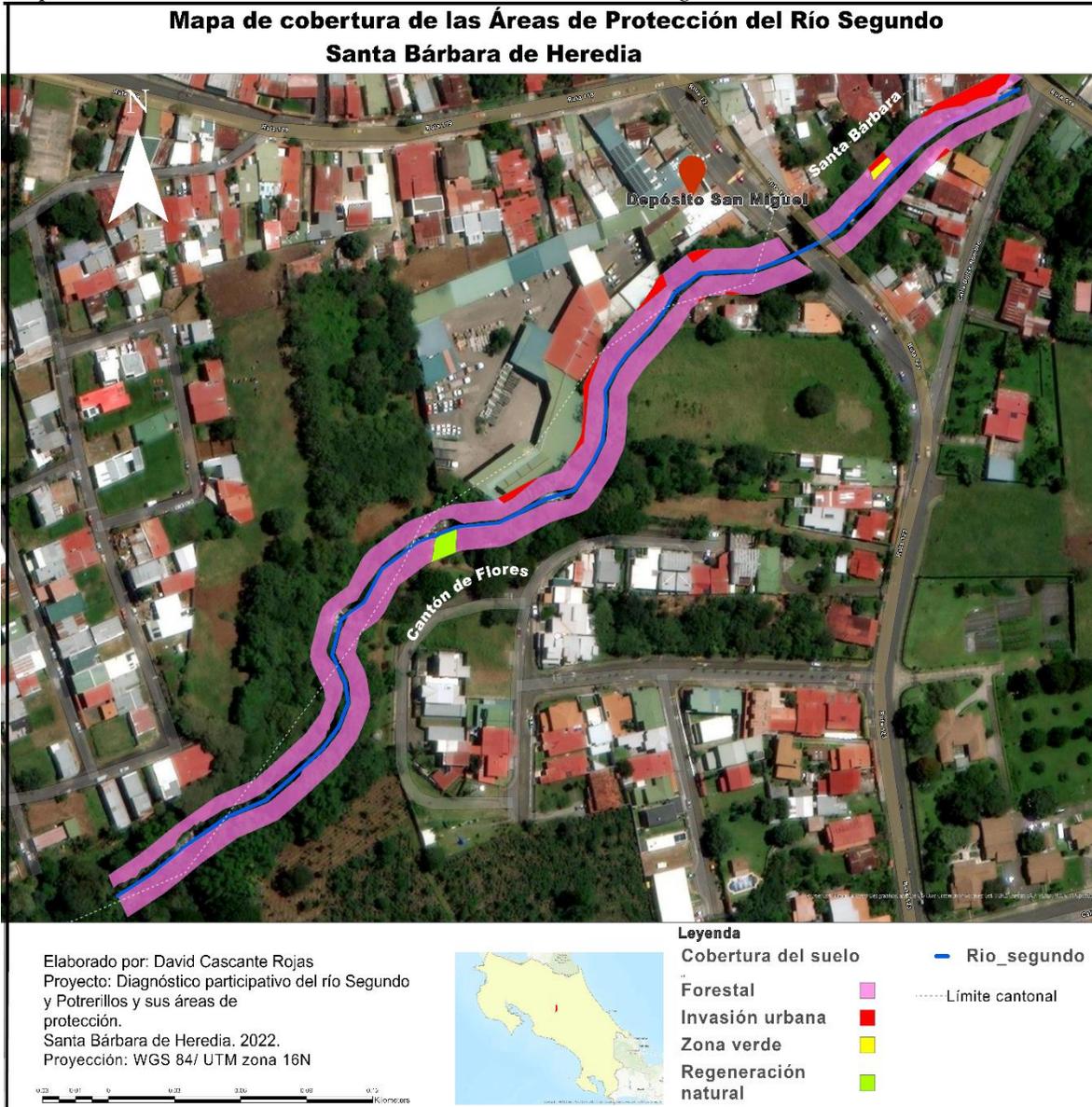
Nota: Elaboración propia

En el caso del río Segundo, en su mayoría la cobertura del AP es forestal (ver figura 5), se identificaron varios casos de invasiones de casas de habitación y de establecimientos comerciales. De igual forma, en una propiedad se dispone de un área verde que se encuentra

dentro del AP. Se identificó un área con potencial para reforestación, sin embargo, esta se encuentra dentro del territorio que políticamente corresponde al cantón de Flores.

Figura 9.

Mapa de cobertura de las Áreas de Protección del río Segundo

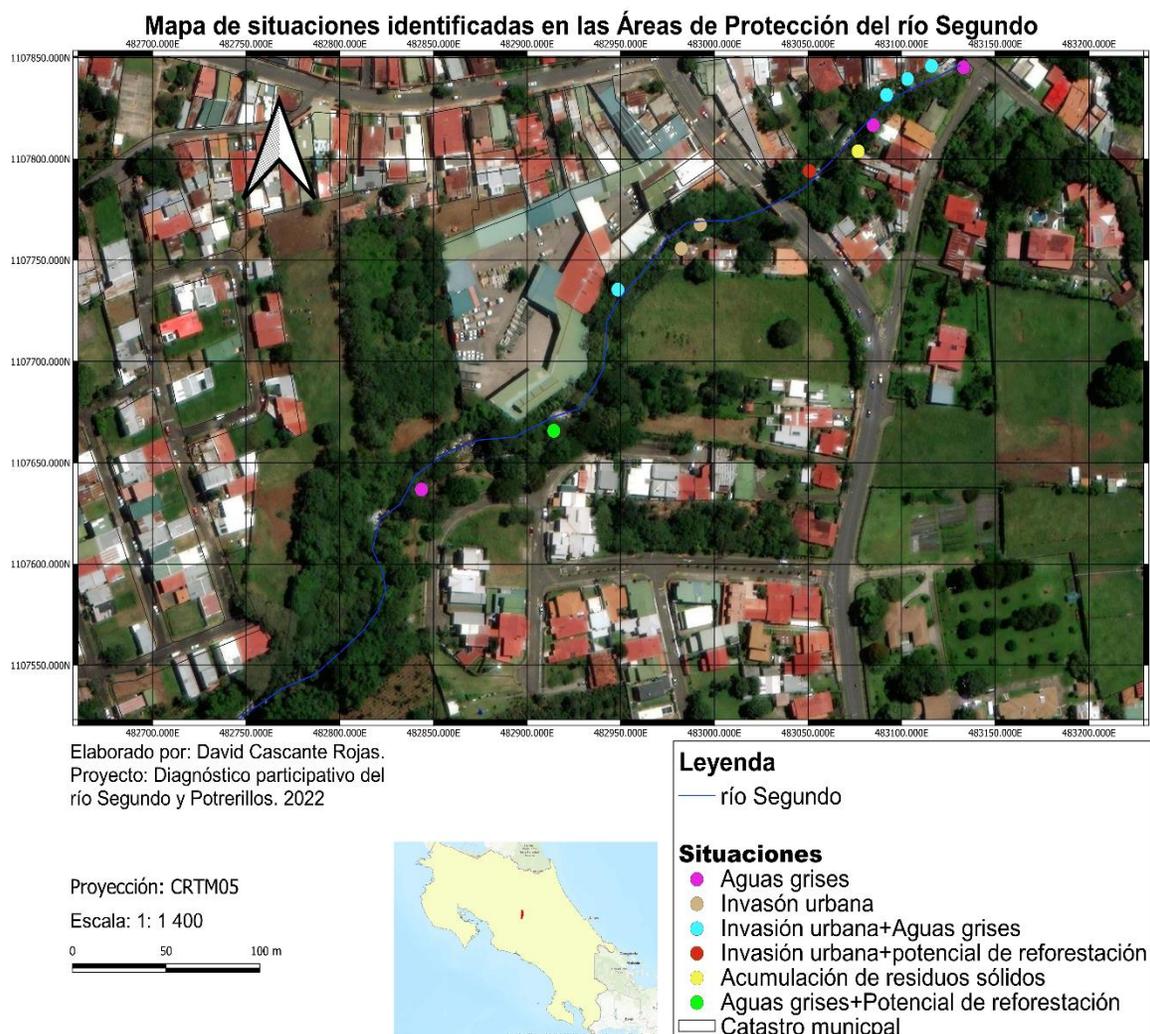


Nota: Elaboración propia

Las invasiones, de forma simultánea con la deposición de aguas residuales son las situaciones más presentes en esta AP. Los desfuegos encontrados son en su totalidad de aguas grises. Se identificó además con el recorrido de campo un área con potencial para reforestar y un punto con acumulación de residuos sólidos.

Figura 10.

Mapa de situaciones identificadas en las Áreas de Protección del río Segundo



Nota: Elaboración propia

5.3. Resultados de muestreo de calidad de agua

A partir de las muestras de agua analizadas se pueden destacar algunos resultados respecto a los parámetros físicos, químicos y biológicos medidos. En el caso del río Potrerillos los niveles de nitratos fueron mayores en el punto A1, principalmente en los meses de agosto y noviembre, dado que se trataron de los meses con mayor cantidad de lluvias. En el punto A2, el nivel se mantuvo en 5 ppm, que corresponde al promedio mínimo que muestra el kit, esta variación en el nivel de nitratos entre ambos puntos se puede relacionar un depósito

de aguas residuales contiguo al punto A1, además de las plantaciones de café que se desarrollan aguas arriba del río.

La demanda bioquímica de oxígeno se mantuvo en 0 ppm en ambos puntos, de igual forma el oxígeno disuelto se mantuvo en 4 ppm, al respecto cabe señalar que esta sección del río monitoreada mantiene una temperatura se mantuvo constante en 18°C y el caudal es abundante, lo que le optimiza la oxigenación. Por otra parte, la prueba de coliformes mostró resultados positivos en todos los puntos de muestreo, esto se debe principalmente a que las zonas urbanizadas cercanas al río utilizan tanques sépticos para el tratamiento de las aguas negras, lo cual puede generar filtraciones de coliformes fecales a los ríos, de igual forma según indican las personas que participaron en el muestreo, en algunas casas de habitación no cuentan con tanques sépticos y en determinadas épocas del año vierten directamente las aguas negras en el río.

Tabla 11.

Promedio de resultados obtenidos en los puntos de muestreo del río Potrerillos

| Punto | Tempe ratura C° | Turbidez JTU | Fosfatos ppm | Nitratos Ppm | Oxígeno Disuelto ppm | OD % | DBO | PH | Coliformes |
|--------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------|-----------|-------------------|
| A | 18 | 32 | 1.5 | 11 | 4 | 42 | 0 | 7 | Positivo |
| B | 18 | 32 | 1.8 | 5 | 4 | 42 | 0 | 7,2 | Positivo |

Nota: Elaboración propia

Sobre lo observado en el río Segundo se puede destacar una variación en la temperatura de dos grados entre el mes de agosto y los meses de octubre y diciembre. La disminución del caudal y este aumento de la temperatura, propia del inicio de la época seca pudo influir tanto el oxígeno disuelto, como la demanda bioquímica de oxígeno que mostraron un aumento en el mes de diciembre, en un mayor grado en el punto A. La turbidez mostró el nivel más alto en el mes de agosto. Los niveles de nitratos y fosfatos se mantuvieron constantes, con un nivel bajo en todos los meses. De igual forma todas las pruebas de coliformes realizadas resultaron positivas. Lo cual indica que, pese a que no se identificaron vertimientos directos de aguas negras en el recorrido de campo, por filtración o tuberías ocultas, estas aguas están llegando hasta el río.

Tabla 12.

Promedio de resultados obtenidos en los puntos de muestreo del río Segundo

| Punto | Temperatura C° | Turbidez JTU | Fosfatos Ppm | Nitratos Ppm | Oxígeno Disuelto Ppm | OD % | DBO | PH | Coliformes |
|-------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------|-----|-----|------------|
| A | 18,6 | 46,6 | 2 | 5 | 5,3 | 42 | 1,3 | 8 | Positivo |
| B | 20 | 20 | 2 | 5 | 4 | 42 | 0 | 7,5 | Positivo |

Nota: Elaboración propia

Analizando los datos recolectados a partir de la clasificación oficial definida en el “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales” de Costa Rica (ver tabla 6), cabe señalar que el valor promedio encontrado en los parámetros valorados, en el caso de la Turbiedad se encuentra en la clase 2, en esta misma clase se ubica el Potencial de Hidrógeno, es decir ambos entran la categoría de utilizable. Por otra parte, los niveles promedio de Nitratos, en el caso del río Segundo se ubica en la clase 1 y el río Potrerillos en el punto de muestreo A1, se encuentra en la clase 3, por lo tanto, en ese último caso resulta como no utilizable para el uso elegido en este proyecto denominado “fuente para la protección de las comunidades acuáticas” (ver tabla 7).

5.4. Priorización de las problemáticas que afectan las AP y la calidad del agua del río Segundo y Potrerillos

A partir de la presentación de los resultados obtenidos en los muestreos de calidad del agua y la caracterización de las AP, en uno de los encuentros con los grupos locales se enlistaron las situaciones problemáticas que consideran requieren mayor y menor prioridad para su atención. Para realizar esta priorización se tomaron en cuenta, además de los datos recopilados, los conocimientos de las personas sobre las situaciones identificadas. Además del grado de complejidad que implicaría trabajar cada una de estas situaciones. A continuación, se muestra la clasificación de prioridad que dieron a cada una de ellas.

Tabla 13.

Priorización de situaciones problemáticas en la microcuenca del río Segundo y Potrerillos

| <i>Situación</i> | <i>Gravedad</i> | <i>Urgencia</i> | <i>Tendencia</i> | <i>Prioridad (GxUxT)</i> |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| <i>Hogares con descarga directa de aguas negras hacia el río.</i> | 5 | 3 | 3 | 45 |
| <i>Hogares con descarga directa e indirecta de aguas grises hacia el río.</i> | 5 | 3 | 3 | 45 |
| <i>Contaminación por agroquímicos</i> | 4 | 3 | 2 | 24 |
| <i>Invasión urbana a las AP.</i> | 3 | 1 | 2 | 6 |
| <i>Acumulación de residuos sólidos en las AP.</i> | 2 | 1 | 2 | 4 |

Nota: Elaboración propia a partir de Camargo (2018)

Tanto la Asociación de Vecinos de Barrio Betania, como el Equipo Verde Nueva Esperanza, concluyeron que las aguas residuales depositadas en los ríos son la principal problemática que afecta a la microcuenca. Tal y como se observó en los recorridos de campo realizados, se identificaron varios vertimientos directos desde las casas hacia los ríos, además de vertimientos comunes que se vierten al río a través del alcantarillado de aguas pluviales. Las personas de la comunidad señalan que muchas casas de habitación se construyeron antes de la ley que define la delimitación de las áreas de protección, por este motivo se encuentran a la orilla de los ríos, además el poco espacio que disponen no les permite contar con un drenaje o tanque séptico para el tratamiento de las aguas negras.

El problema que se definió en segundo grado de prioridad es el de contaminación por agroquímicos, dado que en la parte alta de la microcuenca del río Potrerillos existen grandes áreas destinadas al cultivo del café que pueden estar generando peso en los grados de concentración de nutrientes como fosfatos y nitratos.

La invasión a las AP se enumeró como la siguiente situación a priorizar, dado que se relaciona en gran medida con el vertimiento de aguas residuales y disminución en la cobertura forestal. Se le dio esta clasificación ya que al estar vigente la Ley Forestal 7575, se puede controlar la construcción de infraestructura u otro tipo de invasión a las AP mediante acciones de seguimiento y control del gobierno local, por lo tanto, es una situación que se espera no se va a intensificar en el futuro.

Por último, se enlistó la presencia de residuos sólidos valorizables que se observan en el cauce principal del río, de igual forma los residuos sólidos no valorizables como escombros acumulados en las AP, como un problema de menor gravedad que puede ser revertido a corto plazo. Ante esta situación surgió la propuesta de trabajar con las familias que habitan a las orillas del río temas sobre manejo de aguas residuales, residuos sólidos, brindarles información sobre los diferentes tipos de recolección de residuos sólidos que realiza la municipalidad.

Respecto a la calidad del agua, se planteó la necesidad de continuar realizando muestreos durante la época seca con condiciones climáticas distintas, por ejemplo, menor caudal del río, aumento de la temperatura. Para ampliar la información recolectada se propuso ampliar los puntos de muestreo aguas más arriba cerca de las plantaciones de café para comparar los niveles de los parámetros y poder tener mayor claridad sobre el impacto de esta actividad.

6. Análisis de la experiencia

Este tipo de metodologías participativas desde el enfoque de ciencia ciudadana demostró ser en este caso una posibilidad para integrar de forma activa a diferentes actores locales, de ampliar las capacidades de recolección de información y de seguimiento en un contexto de limitaciones a nivel institucional. En este sentido, no es posible para el gobierno local, desarrollar este tipo de caracterizaciones o muestreos mensualmente, por lo que debe pagar a un ente privado, lo cual, en términos de costos, no es viable.

Por otra parte, un alcance muy importante de la experiencia es que permitió el acercamiento de actores locales con la municipalidad y la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica y plantear acuerdos para proyectos y actividades futuras en las que no se

habrían involucrado de forma individual, fortaleció a los grupos en tanto saben que disponen del apoyo y herramientas facilitadas por otros actores, esto les permite además proyectarse a futuro y garantizar sostenibilidad posterior a la finalización del proyecto.

La posibilidad de que estos grupos dispongan de este tipo de herramientas para recopilar información les permitió, por un lado, ampliar sus conocimientos en el tema de calidad de agua, acercarse a observar directamente el estado de los ríos implicó una experiencia sensorial sobre las diferentes situaciones, esto les otorga autonomía para apropiarse con mayor criterio y validez de lo que sucede en sus comunidades. Existen en la actualidad un gran número de este tipo de herramientas que se pueden facilitar a estos grupos que son fáciles de utilizar y permite articular trabajo en red a la hora de recopilar y visualizar la información, sin embargo, en este caso el tiempo del proyecto fue una limitante para explorar otras herramientas. En el caso de toma de puntos GPS se implementó la versión gratuita de una aplicación móvil, esto limitó la precisión de los puntos, mostrando errores de hasta 6 metros en algunas ocasiones, que posteriormente fueron corregidos, sin embargo, al grupo que la implementó le resultó de fácil manejo y les facilitará realizar los recorridos de campo en el futuro.

Respecto al monitoreo de calidad de agua, si bien el kit de muestreo utilizado fue manejado con facilidad por los grupos locales y su costo es relativamente bajo con relación a otros métodos, existe la limitante de que dentro de los parámetros que incluye, no se encuentra el de Nitrógeno Amoniacal, el cual es necesario para hacer la clasificación dentro de la normativa oficial a partir del índice de calidad holandés. Esto limitó al momento de interpretar los resultados, sin embargo, existe la alternativa de comprar los reactivos por aparte, lo cual significaría un gasto extra.

Por último, es muy interesante observar, que cuando los grupos locales entienden los posibles factores que inciden en la presencia o variación de los parámetros que se miden, establecen hipótesis a partir del conocimiento que tienen de la microcuenca y por lo tanto se les facilita identificar el origen de algunas de las problemáticas o factores de amenaza que podrían resultar agravantes.

7. Conclusiones

A partir de la valoración de los resultados obtenidos y la experiencia del proyecto en general, se pueden realizar algunas consideraciones finales, así como una serie de recomendaciones.

Es de suma importancia que los procesos de transferencia de tecnología se acompañen de un proceso de información, en este caso, el proceso de socializar con los grupos locales algunos aspectos relacionados a la gestión integrada del recurso hídrico, permitió que las personas participantes se familiarizaran con los conceptos, lograran identificar el contexto en que se enmarcaba el trabajo realizado, generaran sentido respecto a las actividades a realizar y se apropiaran de las herramientas utilizadas, de tal forma que los conocimientos adquiridos les posibilita problematizar otras situaciones de su entorno.

Se puede concluir que este tipo de metodologías participativas tienen un gran potencial respecto a lo que los grupos locales pueden aportar para la gestión o cogestión de microcuencas en el país. Sin embargo, para lograr la participación y la adecuada implementación de las herramientas, es importante invertir esfuerzos en el proceso de fortalecimiento y desarrollo de capacidades. Resulta muy importante que los alcances que se planteen en este tipo de proyectos de ciencia ciudadana consideren las motivaciones e intereses de los grupos locales, de tal forma que no se trate únicamente de una recopilación de información para ser analizada y archivada por actores externos, sino que el conocimiento adquirido sirva de insumo para su participación en la toma de decisiones, así como para otros proyectos u actividades que les resulten de interés según la naturaleza de la organización, esta puede resultar además, una forma para esperar mejores condiciones para la sostenibilidad en el tiempo de los grupos locales y su desempeño.

Es importante señalar que el hecho de que los grupos locales tuvieron la oportunidad de contar con herramientas que pudieron manejar con facilidad y ser conscientes de sus alcances, así como el apoyo de otros actores resultaron ser además factores de motivación para los grupos locales, en tanto les permitió mayor claridad para identificar posibles rutas de acción a futuro.

Otro aspecto importante de resaltar es que, fortalecer las capacidades de las organizaciones comunitarias en el uso de estas herramientas de monitoreo para evaluar el

estado de las AP y la calidad de agua, puede resultar un apoyo importante para las instituciones competentes por temas de tiempo y recursos. Por otra parte, permite disponer de una mayor cantidad de datos para evaluar históricamente los problemas identificados, así como el impacto de las intervenciones realizadas.

Por último, se pudo observar que el hecho de disponer diferentes datos facilitó a los grupos locales vincular las problemáticas observadas con otras situaciones que ya conocían de las microcuencas y por ende, tener mayor claridad a la hora de plantear estrategias para abordarlas. Por ejemplo, las personas de la Asociación de Vecinos de Barrio Betania conocen la situación de mayor acumulación de residuos líquidos y sólidos en la época seca, cuando el caudal del río disminuye, por lo tanto, propusieron realizar muestreos durante esta época del año. De igual forma el Equipo Verde de Nueva Esperanza al ser los residuos sólidos valorizables uno de los principales problemas en la cuenca, plantearon acopiar material reciclable en el distrito de San Juan, además de brindar charlas de manejo de residuos sólidos en otras instituciones y a la comunidad.

8. Recomendaciones

Como recomendaciones, se sugiere a la Municipalidad de Santa Bárbara dar seguimiento a la conformación del Observatorio Ciudadano del Agua del río Potrerillos, ya que la Asociación de Vecinos de Barrio Betania no considera posible formar este observatorio de forma individual, sino que, por la complejidad de las problemáticas y el compromiso del proceso, necesitan que otros actores locales se sumen para conformar este observatorio con el apoyo de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica. De igual forma se recomienda a la municipalidad retomar con ambos grupos la priorización de situaciones problemáticas identificadas para desarrollar acciones conjuntas en el futuro.

Se recomienda además al gobierno local de Santa Bárbara realizar monitoreos de calidad de agua en el río Potrerillos aguas arriba del punto de muestreo A1, ya que este punto mostro mayores niveles de nitratos que el punto A2, lo cual indica que la causa de esta situación puede localizarse en la parte más alta de esta microcuenca, donde existen cultivos de café. Sería importante para esta tarea, coordinar con la Municipalidad del cantón de San Rafael, ya que esta parte del río es parte de su territorio. De igual forma se recomienda

realizar la observación a la Municipalidad del cantón de Flores sobre los vertimientos de aguas grises identificados en su territorio y sobre las zonas de las AP con potencial para reforestar.

Se recomienda a ambos grupos locales y a la municipalidad de Santa Bárbara que, para continuar y ampliar la recopilación de información de forma participativa en los ríos del cantón, implementar la aplicación móvil Crowdwater². Esta es una herramienta creada por la Universidad de Zurich para el monitoreo de cuerpos de agua superficial desde el enfoque de ciencia ciudadana. Permite dar seguimiento a varios aspectos como nivel del agua, acumulación de residuos, color, algas, fauna, etc. Para el trabajo con los grupos locales puede ser de gran utilidad ya que es gratuita, fácil de utilizar y permite el acceso a las personas usuarias a los datos recopilados en todos los puntos de muestreo. Esta aplicación ya ha sido implementada y evaluada en otros proyectos de ciencia ciudadana (Etter et al, 2020), donde se muestran las ventajas de la herramienta para la recopilación de datos hidrológicos en red. Por la limitante del tiempo disponible, en este proyecto no se utilizó esta aplicación.

Por último, resulta importante que los grupos locales adquieran adicionalmente una prueba para el Nitrógeno Amoniacal, ya que es un parámetro no incluido en el kit de muestreo de bajo costo y que resulta importante para realizar la clasificación a partir del índice de calidad de agua que define la legislación de Costa Rica.

² <https://crowdwater.ch/es/bienvenido/>

Referencias

Barrantes, O. Sandoval. Luis. Mora. J. (2015). Procesos de crecimiento y renovación urbana para la propuesta de ampliación de los cuadrantes urbanos en Santa Bárbara de Heredia, Costa Rica, 2014. Revista Geográfica de América Central. N° 55, pp. 69-93.

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/7471>

Blanco, S. (2020). Ciencia ciudadana para la generación de información sobre la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos. Zona Norte, Costa Rica. Trabajo Final de Graduación en modalidad de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Geografía. Escuela de Geografía. Universidad de Costa Rica.

https://oacg.fcs.ucr.ac.cr/images/TFGs/2020/TFG__Sara_Blanco_Ramrez_B41021.pdf

Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. y Wiberg, D. 2016. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Documento de trabajo. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).

pure.iiasa.ac.at/13008/1/WP-16-006.pdf

Castells, M. (2009). Comunicación y poder. Alianza editorial. <https://www.felsemiotica.com/descargas/Castells-Manuel-Comunicaci%C3%B3n-y-poder.pdf>

Castro, M., Jiménez, J., Ross, E., Arias, G., Quesada, A., Arroyo, K., Fonseca, F. (2021). Atlas Marino-Costero del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Fundación MarViva, San José.

<https://marviva.net/wp-content/uploads/2022/05/Atlas-Golfo-Nicoya-web.pdf>

Camargo, R. (2018). Como hacer la matriz GUT para la resolución de problemas. Treasy.

<https://www.treasy.com.br/blog/matriz-gut/>

Contreras, R. (2002). La investigación-acción participativa, IAP: revisando sus metodologías y sus potencialidades. En Durston. J. Miranda. F. Experiencias y metodología de la investigación participativa - LC/L.1715-P - 2002 - p. 9-18. CEPAL.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6024/S023191_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EarthForce. (2021). Low Cost Water Monitoring Kit. Code 3-5886. <https://studylib.net/doc/25641559/3-5886-low-cost-water-monitoring-kit>

Etter, S., Strobl, B., Van Meerveld, I., Seibert, J. (2020). Quality and timing of crowd-based water level class observations. *Hydrological processes*. Vol 34(22). <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10991085/2020/34/22>

FAO. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Indicador 6.4.2 - Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles.

<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/es/>

FAO. (2021). Uso del agua. AQUASTAT: Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua y la agricultura

<https://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>

Harlen, W. (2017). Fundamentos e implementación de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación. En *La enseñanza de la ciencia en la educación básica Antología sobre indagación. Teorías y fundamentos de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación*. Comersia impresiones S.A.

http://innovec.org.mx/home/images/7-antologia_v2_digital-min.pdf

Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2016). Informe de Caracterización Básica Territorio Barva-Santa Bárbara-San Isidro-San Rafael-Santo Domingo-Vara blanca. Costa Rica.

<https://www.inder.go.cr/heredia-rural/Caracterizacion-Barva-Santa-Barbara-San-Isidro-San-Rafael-Santo-Domingo-Vara-blanca.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2011). Indicadores cantonales, Heredia. Costa Rica. <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/estadisticas/resultados/repoblacioncenso2011-04.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). Manual de Clasificación Geográfica con Fines Estadísticos de Costa Rica. San José. <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/meinstitucionalmcgfecr.pdf>

Kullenberg, C., Kasperowski, D. (2016). ¿Qué es la ciencia ciudadana? – Un meta-análisis cuantitativo. *PLOS ONE* 11(1): e0147152.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>

Martínez, Y., Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-72.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005&lng=es&tlng=es.

Ministerio de Educación Pública. MEP. (2017). Programa de Estudios de Ciencias. Tercer Ciclo de Educación General Básica. San José. Costa Rica.

<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/ciencias3ciclo.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Presidencia de la República. Ministerio de Salud. (2007). Decretos N° 33903-MINAE-S : Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Diario La Gaceta. Costa Rica. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20evaluaci%C3%B3n%20y%20clasificaci%C3%B3n%20de%20calidad%20de%20cuerpos%20de%20agua%20superficiales.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2020). Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040. San José, Costa Rica. https://da.go.cr/wp-content/uploads/2020/09/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion_2020-40.pdf

Montenegro, M. (2014). La investigación acción participativa. *Introducción a la psicología comunitaria*. FUOC. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/78705/1/Psicolog%C3%ADa%20comunitaria%20y%20bienestar%20social_M%C3%B3dulo%205_La%20investigaci%C3%B3n%20acci%C3%B3n%20participativa.pdf

Mora, S. (2014). Hogares en asentamientos informales en Costa Rica: quiénes son y cómo viven. Notas de Población N° 99 • diciembre de 2014 • págs. 107-132 107. CEPAL.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37635/1/NP99_04.pdf

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Ministerio de Salud (MS). Dirección de Aguas. Municipalidad de Heredia. Municipalidad de Santa Bárbara. Municipalidad de San Isidro. Municipalidad de Barva. Municipalidad de San Rafael. Municipalidad de Belén. Municipalidad San Pablo. (2019). Programa de levantamiento de Áreas de protección Heredia, Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael, San Isidro, Belén, Flores y San Pablo de la provincia de Heredia, bajo los criterios de Política nacional para recuperación de la cobertura arbórea y resguardo de las áreas de protección de los ríos. Costa Rica.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). (2000). Manejo integrado de recursos hídricos. Papers N° 4: Comité de Consejo Técnico (TAC) de la Asociación Mundial para el Agua (Suecia).

<https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-spanish.pdf>(con acceso el 01/02/2018).

UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos.

Paris. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

ONU. (2014). Calidad del agua. Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida”.

<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

Páez, K. (2020). Levantamiento del Área de Protección en el sector suroeste del Río Ciruelas, Santa Bárbara de Heredia. Práctica profesional supervisada como el cumplimiento de los Requisitos para el bachillerato en Ciencias Geográficas con Énfasis en Ordenamiento del Territorio. Universidad Nacional de Costa Rica.

Pérez, G. et al (2021) Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico. Cuadernos de Investigación UNED, vol. 13, núm. 1, 3148, 2021. Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica.

<https://doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022). ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?

<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Prado, J. Arroyo. M. Aragonés. P. (2019). Una aproximación a la ciencia ciudadana en la dirección de proyectos. 23rd International Congress on Project Management and Engineering Málaga.

http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2388/AT01-034_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2021). Atlas de Desarrollo Humano Cantonal.

<https://pnud-conocimiento.cr/proyecto/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal/#:~:text=El%20Atlas%20de%20Desarrollo%20Humano%20Cantonal%20es%20un%20proyecto%20conjunto,disposici%C3%B3n%20del%20pa%C3%ADs%20en%202007>

Ramírez, C. Arrieta. C. (2019). Vulnerabilidades emergentes en procesos de relocalización forzada de personas. Revista Wimblu. Vol.14. No.1. Universidad de Costa Rica.

<file:///C:/Users/david/Downloads/Dialnet-VulnerabilidadesEmergentesEnProcesosDeRelocalizaci-7017606.pdf>

Rock, C. Rivera. B. (2014). La calidad del agua, E coli y su salud. College of Agriculture And Life Sciences. University of Arizona. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Rojas, N. (2011). Cuenca río Grande de Tárcoles. Estudio de Cuencas Hidrográficas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.

Salas, O. (2010). Contaminación amenaza recurso hídrico de Costa Rica. Noticias Universidad de Costa Rica.

<https://www.ucr.ac.cr/noticias/2010/06/11/contaminacion-amenaza-recurso-hidrico-de-costa-rica.html>

Siles, J. Gutiérrez. I. (2010). Fortalecimiento de los grupos locales para la gobernanza ambiental: un análisis a partir de los capitales de la comunidad. Revista recursos naturales y ambiente no. 59-60. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6335>

Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCJI). (2013) Crea Comisión de Gestión Integral de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles. N° 38071-MINAE.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=76574&nValor3=95656&strTipM=TC#:~:text=Art%C3%ADculo%20%2BA%2DEl%20objetivo%20fundamental,manejo%20integral%20de%20la%20cuenca.

Vargas, D. (2020). Levantamiento de Áreas de protección para el sector sureste de la microcuenca del río Parasito en el cantón de San Isidro de Heredia.

Vásquez, J. (2019). Monitoreo de la calidad de aguas en Costa Rica. Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Salud Pública, para optar al grado y título de Maestría Profesional en Salud Pública con Énfasis en Gerencia. Universidad de Costa Rica.

Wohl, F. (2022). Rescatando la Cuenca Grande de Tárcoles/ Entrevistada por Roberto De La Ossa. Para que nuestros ríos lleguen sanos al mar. <https://www.riosy cuencas.com/radio/rescatando-la-cuenca-grande-de-trocoles>

Anexos

Anexo 1. Módulos para diálogos sobre gestión integrada del recurso hídrico

MÓDULO I

HABLEMOS SOBRE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Matriz de planeamiento didáctico

Nombre del facilitador:

Fecha:

Localidad:

Tema a tratar: ¿Qué es una cuenca?

Duración estimada: 40 minutos

| Criterios de evaluación | Situaciones de aprendizaje | Indicadores |
|---|---|--|
| <p>Identificar la interrelación de los diferentes aspectos que integran una cuenca hidrográfica y las consecuencias de las actividades humanas en el ciclo hidrológico y los servicios ecosistémicos.</p> | <p>Focalización</p> <p>Para introducir el tema, se va a plantear a las personas participantes las siguientes interrogantes ¿qué es una cuenca? ¿qué elementos la componen? ¿de qué formas tenemos agua dentro de la cuenca? Luego se va a anotar en un papelógrafo las respuestas brindadas</p> <p>Exploración</p> <p>Se va a mostrar la maqueta de una cuenca, explicando a las y los participantes que se trata de un modelo de la cuenca donde habitan, de forma conjunta se van a identificar los sistemas que la integran, así como las interrelaciones que se generan en la parte alta, media y baja de la cuenca. Las personas van a mencionar donde se ubica cada uno de los elementos biofísicos en la cuenca.</p> <p>Reflexión y contrastación</p> | <p>Se logra dar respuesta a las interrogantes planteadas.</p> <p>Se identifican los diferentes sistemas que integran una cuenca, así como las dinámicas sociales y naturales que se dan en sus partes altas, medias y bajas.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Se explicará de forma más detallada los componentes biofísicos de la cuenca y su relación con el ciclo del agua, así como la forma en que las actividades humanas afectan al ciclo hidrológico tanto a las microcuencas del Río Segundo y Potrerillos, como a la cuenca del Río Grande de Tárcoles y las consecuencias de estas situaciones.</p> <p>Aplicación</p> <p>Se van a proponer un conjunto de posibles medidas y estrategias a mediano y largo plazo para con las diferentes partes de la microcuenca, que se consideren necesarias para mejorar la calidad ambiental de esta. Se van a enlistar para posteriormente compartir a la organización y al gobierno local.</p> | <p>Se reconocen los aspectos económicos y sociales que se generan dentro de la microcuenca, así como sus consecuencias con los procesos hidrológicos y en los servicios ecosistémicos.</p> <p>Se logra enumerar las acciones para implementar a mediano y largo plazo en la microcuenca</p> |
|--|--|---|

MÓDULO II
COGESTIÓN

Matriz de planeamiento didáctico

Nombre del facilitador:

Fecha:

Localidad:

Tema a tratar: Cogestión en cuencas hidrográficas

Duración estimada: 40 minutos

| Criterios de evaluación | Situaciones de aprendizaje | Indicadores |
|---|--|---|
| <p>Identificar las limitaciones y posibilidades de la ciudadanía en la cogestión de las microcuencas.</p> | <p>Focalización</p> <p>Para introducir el tema se va a realizar un resumen de todos los aspectos que el grupo de participantes ha enumerado como importantes a intervenir para mejorar la calidad ambiental de la microcuenca. Además de otras que la persona facilitadora va a aportar, con el objetivo de reconocer la multiplicidad de aspectos que involucra la gestión de cuencas hidrográficas.</p> <p>Exploración</p> <p>Se va a realizar al grupo las siguientes interrogantes ¿De la lista elaborada, en cuales de los aspectos mencionados participan o realizan actividades las personas de la comunidad?</p> | <p>Se realiza de forma conjunta un listado de las acciones que involucra la gestión de la microcuenca, para posteriormente compartirla con los participantes.</p> <p>Se logran identificar las formas en que las organizaciones locales pueden articular con otras organizaciones o</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>¿Las acciones necesarias para procurar la calidad ambiental de la microcuenca son desarrolladas por las instituciones correspondientes?</p> <p>¿Cómo podrían las organizaciones locales apoyar a lograr avanzar en estos temas?</p> <p>¿cuáles son las limitantes que encuentran?</p> <p>Reflexión y contrastación</p> <p>Se va a realizar una explicación sobre el contexto legal e institucional que rodea la cuenca del Río Grande de Tárcoles, la importancia de muchos esfuerzos desarrollados desde la sociedad civil, además de algunas de las limitaciones que existen a nivel institucional para intervenir en esta cuenca. Considerando este contexto la participación ciudadana para el seguimiento y sostenibilidad de las acciones en beneficio de la microcuenca resulta necesaria.</p> <p>Aplicación</p> <p>A partir de las acciones enumeradas, las posibilidades y limitaciones identificadas para aportar como grupo en estas acciones. Se va a realizar una ruta estratégica para articular esfuerzos con las instituciones u organizaciones pertinentes para formar parte de la gestión de la microcuenca como un observatorio ciudadano.</p> | <p>instituciones para mejorar la calidad ambiental de la microcuenca, además de sus principales limitantes.</p> <p>Las y los participantes expresan sus apreciaciones a partir de su experiencia y lo que han observado en su cantón.</p> <p>Se logran identificar algunas de las instituciones y organizaciones con las que se pueden generar alianzas además de las posibles acciones conjuntas.</p> |
|--|--|--|

MÓDULO III

CALIDAD DEL AGUA

Matriz de planeamiento didáctico

Nombre del facilitador:

Fecha:

Localidad:

Tema a tratar: Calidad del agua

Duración estimada: 40 minutos

| Criterios de evaluación | Situaciones de aprendizaje | Indicadores |
|---|---|---|
| Comprender aspectos básicos sobre calidad del agua, la transformación de sus características y sus implicaciones. | <p>Focalización</p> <p>Se va a iniciar preguntando al grupo sobre ¿Cuáles características debe tener un agua de buena calidad?</p> <p>Exploración</p> <p>De forma grupal se va a hacer un recuento sobre los diferentes usos que se le dan al agua en la microcuenca, con el objetivo de se logren identificar las diferentes fuentes de agua para las diferentes actividades humanas. Posteriormente se va a enlistar los posibles contaminantes que se generan en las diferentes actividades mencionadas y la forma de como llegan hasta los cuerpos de agua.</p> <p>Reflexión y contrastación</p> | <p>Las y los participantes responden a la interrogante.</p> <p>Se logran enlistar los diferentes usos del agua en la microcuenca y los posibles contaminantes con relación a las actividades humanas.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>Se va a realizar la explicación de que la calidad del agua se refiere a las características físicas y químicas requeridas para diferentes usos. Por lo tanto, el agua como tal posee diferentes características físicas como la temperatura, color, olor y turbiedad. Así como químicas como DBO5, DQO, PH, Nitratos, Fosfatos, sulfatos, metales.</p> <p>Posteriormente se va a utilizar el ejemplo de una pecera y los diferentes cambios que observamos de acuerdo con la variación de algunos factores que alteran las características fisicoquímicas del agua. Por ejemplo, la función del oxígeno disuelto para metabolizar la materia orgánica y mantener vivos a los peces. La importancia de la temperatura del agua para la presencia de oxígeno. Las implicaciones en las variaciones del PH. El efecto del exceso de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo en la disminución del oxígeno disuelto y la eutrofización.</p> <p>Aplicación</p> <p>Se van a presentar diferentes imágenes de cuerpos de agua, en otras fichas se van a colocar diferentes datos de características fisicoquímicas del agua, las y los participantes deberán distinguir cuáles imágenes corresponden a las descripciones de las fichas.</p> | <p>Identifican las relaciones entre la variación de características del agua y la calidad.</p> <p>Se logran distinguir visualmente algunas características fisicoquímicas de diferentes cuerpos de agua.</p> |
|--|--|--|

MÓDULO IV

ÁREAS DE PROTECCIÓN

Matriz de planeamiento didáctico

Nombre del facilitador:

Fecha:

Localidad:

Tema a tratar: Importancia de las Áreas de Protección

Duración estimada: 40 minutos

| Criterios de evaluación | Situaciones de aprendizaje | Indicadores |
|---|---|--|
| Comprender la importancia de las Áreas de Protección, así como su delimitación en la legislación de Costa Rica. | <p>Focalización</p> <p>Se va a iniciar con la interrogante</p> <p>¿Qué son las Áreas de Protección?</p> <p>¿Cuál es la importancia de las Áreas de Protección?</p> <p>Exploración</p> <p>En esta parte se explicará la definición de las Áreas de Protección en la legislación de Costa Rica. Además, se va a explicar qué son los servicios ecosistémicos. Posteriormente las personas van a describir ejemplos de los servicios ecosistémicos brindados por las Áreas de Protección que identifiquen.</p> <p>Reflexión y contrastación</p> | <p>Se responde a las interrogantes.</p> <p>Se realiza una descripción de los ejemplos.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>En esta parte las y los participantes van a enumerar las posibles consecuencias de carecer o no manejar de forma adecuada las Áreas de Protección.</p> <p>Aplicación</p> <p>Para finalizar se realizará la siguiente interrogante, según su experiencia y lo que han observado en el cantón ¿cuáles son las Áreas de Protección más afectadas o comprometidas del río en cuestión?</p> | <p>Logran identificar las consecuencias.</p> <p>Se mencionan cuáles son las Áreas de Protección más afectadas o vulneradas</p> |
|--|--|--|

Anexo 2. Ficha de campo para muestreo de calidad de agua

Hoja de registro de datos de calidad del agua

Proyecto: Diagnóstico participativo de las Áreas de Protección y calidad del agua del río Segundo y Potrerillos

Instrucciones: Llene la siguiente tabla de acuerdo con los resultados que se vayan observando a partir de la implementación del kit de monitoreo de agua earth force. Se recomienda medir los parámetros en el orden que indica de la tabla.

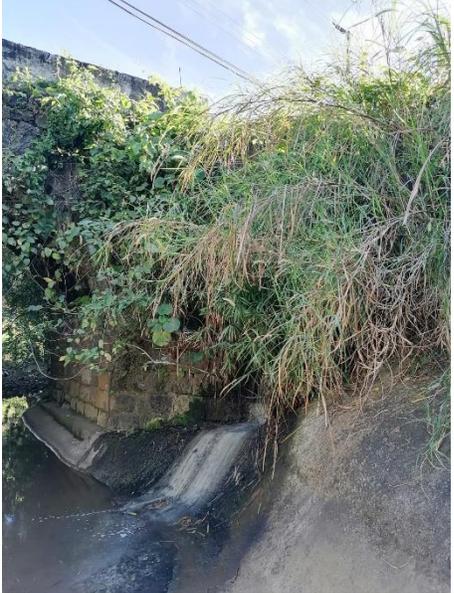
| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Nombre de las o los participantes | |
| Nombre del río | |
| Nombre del punto de muestreo | |
| Fecha | |
| Hora | |
| Temperatura | C° |
| Turbidez | JTU |
| Fosfatos | ppm |
| Nitratos | ppm |
| Oxígeno disuelto | ppm |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | ppm |
| Potencial de hidrógeno (ph) | |
| Coliformes | Positivo () Negativo () |
| Observaciones: | |

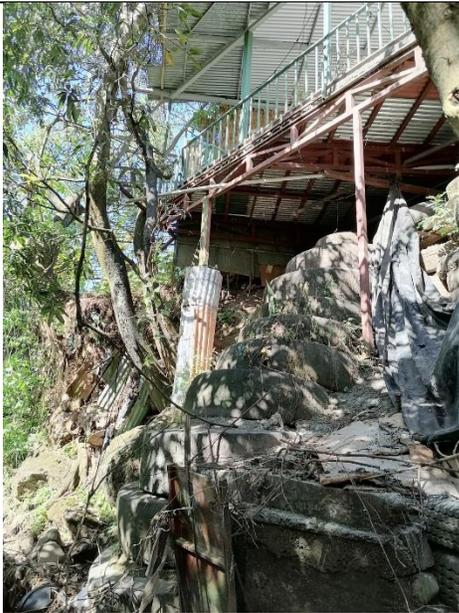
Anexo 3. Tabla de registro histórico y valoración de resultados del muestreo de calidad de agua.

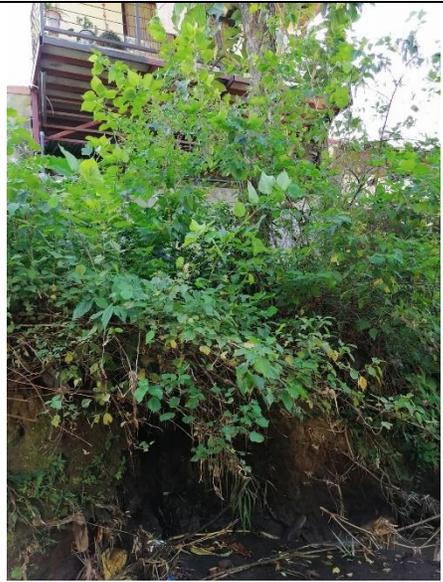
| Parámetro | Resultado | Clasificación | Parámetro | Resultado | Clasificación |
|------------------|------------------------|---------------|-----------------------|-------------|---------------|
| Oxígeno disuelto | 91-110 % de saturación | 4 Excelente | Cambio de temperatura | 0-2 °C | 4 Excelente |
| | 71-90 % de saturación | 3 Bien | | 3-5 °C | 3 Bien |
| | 51-70 % de saturación | 2 Justo | | 6-10 °C | 2 Justo |
| | <50 % de saturación | 1 Pobre | | >10 °C | 1 Pobre |
| DBO | 0 PPM | 4 Excelente | Nitrito | 5 PPM | 3 Regular |
| | 4 PPM | 3 Bien | | 20 PPM | 2 Bajo |
| | 8 PPM | 2 Justo | | 40 PPM | 1 Pobre |
| Coliformes | Negativo | 3 Bien | Fosfato | 1 PPM | 4 Excelente |
| | Positivo | 1 Pobre | | 2 PPM | 3 Bien |
| PH | | | | 4 PPM | 2 Justo |
| | 4 | 1 Pobre | Turbidez | 0 UTJ | 4 Excelente |
| | 5 | 1 Pobre | | >0-40 UTJ | 3 Bien |
| | 6 | 3 Bien | | >40-100 UTJ | 2 Justo |
| | 7 | 4 Excelente | | >100 UTJ | 1 Pobre |
| | 8 | 3 Bien | | | |
| 9 | 1 Pobre | | | | |
| 10 | 1 Pobre | | | | |

Nota: Esta tabla se proporcionará a los grupos en formato digital Excel para realizar el registro histórico. Elaborado a partir de EarthForce (2021).

Anexo 4. Matriz para la caracterización participativa de las Áreas de Protección**Río:** Segundo.**Cantón:** Santa Bárbara de Heredia.**Participantes:** David Cascante Rojas**Fecha:** 15/12/2022**Nota:** El lado anotado en esta tabla es a partir de la vista del mapa del río Segundo y sus Áreas de Protección (figura 10).

| # de punto y lado | Situación | Coordenadas geográficas (crtm05) | Foto |
|-------------------|---|---|---|
| #1 Derecha | Invasión de AP () Vertimiento de aguas residuales Grisas (x) Negras () Potencial de reforestación () Acumulación de residuos sólidos () Otras () | Lat: 483140.113m Lon: 1107849.523m |  |
| #2 Izquierda | Invasión de AP (x) Vertimiento de aguas residuales Grisas (x) Negras () Potencial de reforestación () Acumulación de residuos sólidos () Otras () | Lat: 483115.965 Lon: 1107845.917 |  |

| # de punto y lado | Característica | Coordenadas geográficas (crtm05) | Foto |
|-------------------|--|--|--|
| #3 Izquierda | Invasión de AP (x) Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras () Potencial de reforestación () Acumulación de residuos sólidos () Otras () | Lat: 483107.2166m Lon: 1107827.419m |  |
| #4 Izquierda | Invasión de AP (x) Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras () Potencial de reforestación () Acumulación de residuos sólidos () Otras () | Lat: 483085.292m Lon: 1107827.429m |  |
| # de punto y lado | Característica | Coordenadas geográficas (crtm05) | Foto |

| | | | |
|---------------------------------|---|---|--|
| <p>#5 Derecha</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 483085.287m Lon: 1107816.370m</p> |  |
| <p>#6 Derecha</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos (x)</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 483074.314m Lon: 1107794.255m</p> |  |
| <p># de punto y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtm05)</p> | <p>Foto</p> |

| | | | |
|--------------------------------|---|--|--|
| <p>#7 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación (x)</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat. 483052.389 m</p> <p>Lon. 1107794.266 m</p> |  |
| <p>#8 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482986.605m</p> <p>Lon: 1107772.177m</p> |  |
| <p>#9 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales</p> | <p>Lat: 482975.633m</p> <p>Lon: 1107750.063m</p> |  |

| | <p>Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | | |
|------------------------|---|---|--|
| Segmento y lado | Característica | Coordenadas geográficas (crtmo05) | Foto |
| #10 Izquierda | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482948.488m Lon:1107735.465m</p> |  |

| | | | |
|-------------------------------|--|--|---|
| <p>#11 Derecha</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación (x)</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482911.900m</p> <p>Lon: 1107665.755m</p> |  |
| <p>Segmento y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtm05)</p> | <p>Foto</p> |

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| <p>#12 Derecha</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grisas (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482843.603m</p> <p>Lon: 1107636.768</p> |  |
|--------------------------------------|---|---|---|

Nota: Elaborado a partir de MINAE (2020), Páez (2020).

Matriz para la caracterización participativa de las Áreas de Protección

Río: Potrerillos

Cantón: Santa Bárbara, Heredia

Participantes:

Alexander Picado Céspedes, Miguel Hernández Picado, David Cascante Rojas

Fecha: 19/11/2022

Nota: El lado anotado en esta tabla es a partir de la vista del mapa del río Potrerillos y sus Áreas de Protección (figura 8).

| # de punto y lado | Característica | Coordenadas geográficas (crtm05) | Foto |
|-------------------|---|--|---|
| 1 Derecha | Invasión de AP (x) Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras () Potencial de reforestación () Acumulación de residuos sólidos () Otras () | Lat: 482444.418m Lon: 1110937.180m |  |

| <p>2 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482319.431m</p> <p>Lon: 1110880.283m</p> |  |
|------------------------------------|---|--|---|
| <p>Segmento y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtme05)</p> | <p>Foto</p> |
| <p>3 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482308.448m</p> <p>Lon: 1110836.050m</p> |  |

| | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| <p>4 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482330.366m Lon:1110824.979</p> |  |
| <p>Segmento y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtm05)</p> | <p>Foto</p> |
| <p>5 Derecha</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos (x)</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482330.344m Lon:1110780.740 m</p> |  |

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <p>6 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (<input type="checkbox"/>) Negras (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Potencial de reforestación (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Acumulación de residuos sólidos (<input checked="" type="checkbox"/>)</p> <p>Otras (<input type="checkbox"/>)</p> | <p>Lat: 482330.311m</p> <p>Lon: 1110714.382m</p> |
| <p>7 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (<input checked="" type="checkbox"/>)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (<input type="checkbox"/>) Negras (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Potencial de reforestación (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Acumulación de residuos sólidos (<input type="checkbox"/>)</p> <p>Otras (<input type="checkbox"/>)</p> | <p>Lat:482374.157m</p> <p>Lon:1110714.360 m</p> |

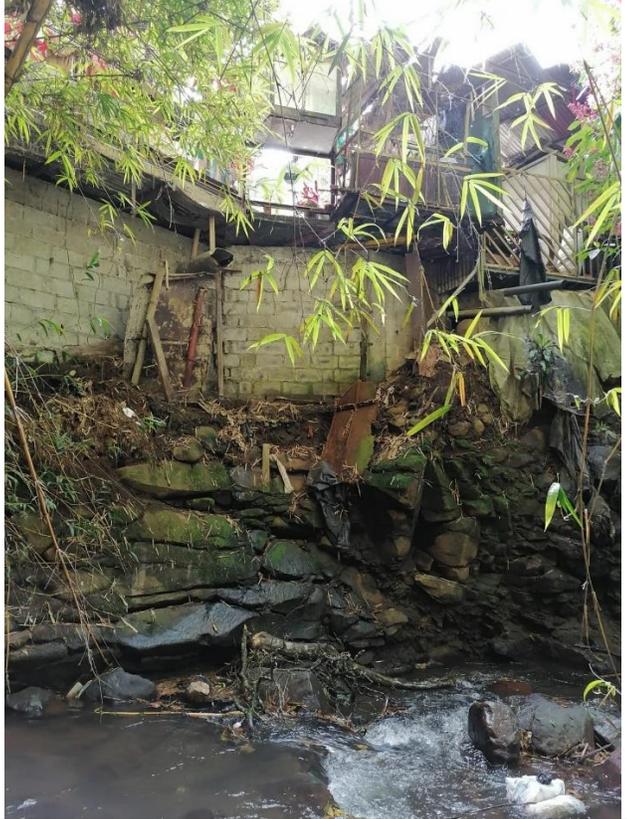


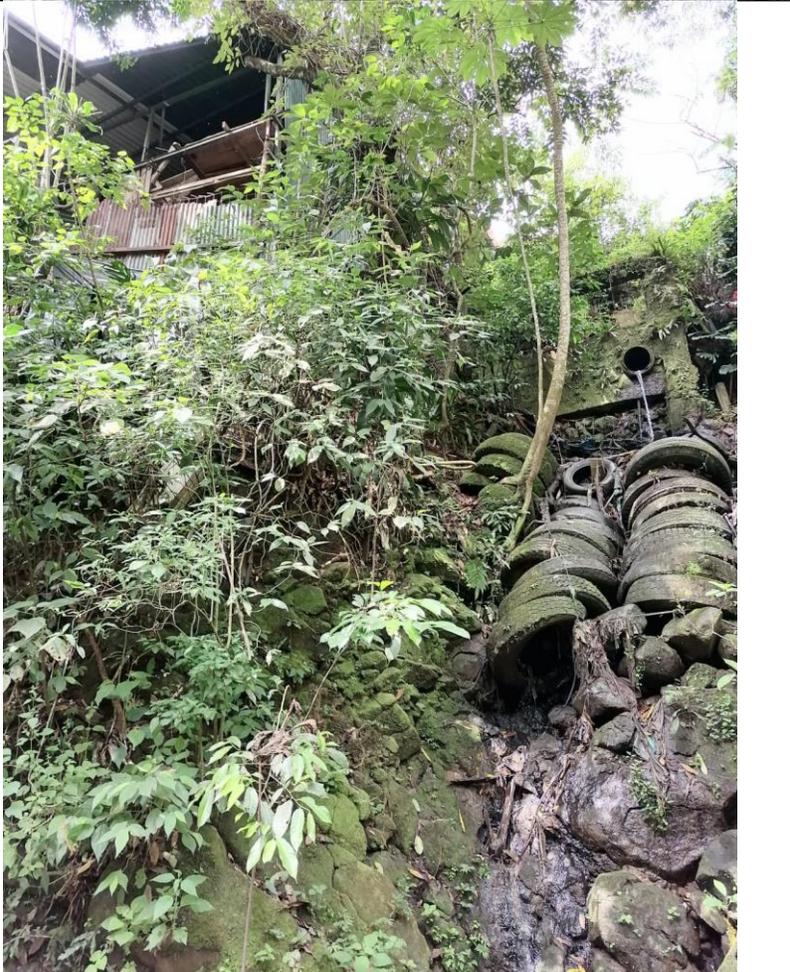
| | | | |
|-------------------------------|--|---|---|
| <p>8 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482406.922m</p> <p>Lon:1110614.807</p> |  |
| <p>Segmento y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas</p> | <p>Foto</p> |

| | | |
|-------------------------|---|---|
| <p>9 Derecha</p> | <p>Invasión de AP <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises <input type="checkbox"/> Negras <input type="checkbox"/></p> <p>Potencial de reforestación <input type="checkbox"/></p> <p>Acumulación de residuos sólidos <input type="checkbox"/></p> <p>Otras <input type="checkbox"/></p> | <p>Lat:482384.485m</p> <p>Lon:1110582.963 m</p> |
|-------------------------|---|---|



| | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|
| <p>10 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises () Negra ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482374.081m</p> <p>Lon:1110559.524</p> |  |
| <p>Segmento y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtm05)</p> | <p>Foto</p> |
| <p>11 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482395.998m</p> <p>Lon:1110548.454 m</p> |  |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|
| <p>12 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482395.982m</p> <p>Lon:1110515.274 m</p> |  |
| <p># de punto y lado</p> | <p>Característica</p> | <p>Coordenadas geográficas (crtm05)</p> | <p>Foto</p> |
| <p>13 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482374.049m</p> <p>Lon:1110493.166 m</p> |  |

| # de punto y lado | Característica | Coordenadas geográficas (crtm05) | Foto |
|---------------------------------------|---|--|---|
| <p>14 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grisas () Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482352.115m</p> <p>Lon:1110471.057m</p> |  |
| <p>15 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grisas (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482297.215m</p> <p>Lon:1110283.068</p> |  |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| <p>16 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482319.116m</p> <p>Lon:1110238.819m</p> |  |
| <p>17 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482297.172m</p> <p>Lon:1110194.590m</p> |  |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| <p>18 Derecha</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482319.046m</p> <p>Lon:1110095.042m</p> |  |
| <p>19 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP (x)</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat:482308.073m</p> <p>Lon:1110072.928m</p> |  |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|--|
| <p>20 Izquierda</p> | <p>Invasión de AP ()</p> <p>Vertimiento de aguas residuales Grises (x) Negras ()</p> <p>Potencial de reforestación ()</p> <p>Acumulación de residuos sólidos ()</p> <p>Otras ()</p> | <p>Lat: 482308.068m</p> <p>Lon: 1110061.868m</p> |  | |
|---------------------------------------|---|--|---|--|

