

Universidad Nacional, Costa Rica

Sede Regional Chorotega

Campus Liberia

Proyecto Final De Graduación

Fortalecimiento de capacidades de Gestión Participativa del Agua en las ASADAS de Artola, Artolita y Nuevo Colón ubicadas en Sardinal de Carrillo, mediante el análisis de las condiciones hidrológicas locales para la resiliencia de los acueductos comunales

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Sustentante:

Milena Álvarez Angulo

504370187

Liberia, Guanacaste

2024

Acta del tribunal

TRIBUNAL DEFENSA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN SEDE
REGIONAL CHOROTEGA
CAMPUS LIBERIA

PhD. Ronald Sánchez Brenes

Representante de Decanatura, Sede Regional Chorotega

PhD. Rolando Madriz Vargas

Representante Dirección Académica, Campus Liberia

PhD. Christian Golcher Benavides

Tutor

PhD. Andrea Suárez Serrano

Lector

MSc. William Gómez Solís

Lector

Agradecimientos

A mi pareja, mi familia y mis amigos, dado que me apoyaron en este proceso, quienes con paciencia me motivaron a seguir adelante al brindarme su ayuda para culminar este proyecto.

Un agradecimiento al Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC) por la oportunidad poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi formación universitaria.

De igual manera, agradezco a las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colón por ser partícipe de este proyecto y por la amabilidad con la cual siempre me recibieron.

Agradezco al tutor y a los lectores por la orientación brindada durante la ejecución del proyecto.

Dedicatoria

A Dios, por darme las fuerzas para seguir adelante.

A mi pareja, familia y mis amigos por el apoyo.

A mi abuelita y padrino, quienes estarían muy orgullosos.

Índice de contenidos

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.Introducción	1
1.2.Planteamiento del problema.....	2
1.3.Justificación	3
1.4.Objetivos	4
1.4.1.Objetivo general	4
1.4.2.Objetivos específicos	4
1.5.Alcance y limitaciones	5
1.5.1.Alcances	5
1.5.2.Limitaciones	5
1.6.Resumen del Reporte.....	5
Capítulo 2. ANTECEDENTES	6
2.1.Descripción de la zona de estudio	6
2.1.1.Aspectos demográficos.....	7
2.1.2.Actividades socioeconómicas.....	8
2.1.3.Condiciones hidrológicas del acuífero de Sardinal	8
2.2.Antecedentes de las Asadas en estudio	9
2.2.1.Asada Artola.....	9
2.2.2.Asada Nuevo Colón	10
2.2.3.Asada Artolita	10
2.3.Conflicto social sobre el acuífero de Sardinal	10
2.4.Revisión de literatura relevante para este estudio.....	12
2.5.Antecedentes de Hidrocec en el marco del proyecto	13
Capítulo 3. MARCO TEÓRICO	14
3.1.Teorías claves sobre aspectos hidrológicos	14
3.1.1.Conceptos claves.....	14
3.1.2.Sobre la sostenibilidad del agua.....	15
3.2.Consideraciones sobre cuencas hidrográficas	16
3.2.1.Sobre la gestión integrada de cuencas.....	16
3.2.2.Importancia de la gestión participativa del agua de actores claves	17
3.3.Sobre la gestión de acueductos	17
3.3.1.Modelos de gestión de acueductos	17
3.3.2.El caso de las Asadas en Costa Rica.....	18

3.4.Generalidades del desarrollo de capacidades	18
Capítulo 4. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD	20
4.1.Estudio legal	20
4.2.Estudio social	22
4.3.Estudio ambiental	22
4.4.Estudio técnico.....	23
4.5.Estudio financiero	24
Capítulo 5. METODOLOGÍA.....	26
5.1.Descripción de la metodología	26
5.2.Población y muestra del estudio	27
5.3.Proceso metodológico	27
Fase 1: Generar información de los sistemas de abastecimiento	28
Fase 2: Síntesis hidrológica.....	28
5.4.Métodos y herramientas seleccionados.....	32
5.5.Cronograma y ruta crítica	33
Capítulo 6. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	34
6.1.Análisis de resultados.....	34
6.1.1.Fase 1: Generar información de los sistemas de abastecimiento	34
6.1.1.Fase 2: síntesis hidrológica	38
6.1.2.Fase 3: Identificación de áreas de protección.....	39
6.2.Discusión.....	48
6.2.1.Principales hallazgos	48
6.3.2.Respecto de los objetivos	50
6.3.3.Respecto de la metodología	51
Capítulo 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
7.1.Conclusiones	53
7.1.1.Generales.....	53
7.1.2.Por actores claves.....	53
7.2.Recomendaciones	55
7.2.1.Generales.....	55
7.2.2.Por actores claves.....	55
Bibliografía	57
Anexos	59

Índice de figuras

Figura 2.1. Ubicación geográfica de las Asadas Artola, Nuevo Colón y Artolita, de Sardinal de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica.	7
Figura 2.2. Ubicación geográfica de la cuenca del río Sardinal.	8
Figura 2.3. Plan de Acueducto entre el Acuífero de Sardinal, Playas del Coco y Ocotol..	11
Figura 2.4. Marcha contra la construcción del acueducto Coco-Ocotol, 2008.	12
Figura 4.1. Equipos, herramientas y suministros necesarios para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.....	23
Figura 5.1. Fases de la metodología para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.	27
Figura 5.2. Mapa de ubicación del tramo a delimitar del río Sardinal.	30
Figura 5.3. Pasos por seguir para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos.	31
Figura 5.4. Plan de diseño de estrategia para fortalecimiento de capacidades.	32
Figura 6.1. Áreas de protección de un tramo del río Sardinal.	41
Figura 6.2. Áreas de protección para el pozo de la Asada de Nuevo Colón.	43
Figura 6.3. Áreas de protección para el pozo de la Asada de Artola.	44
Figura 6.4. Paso 1 del plan de diseño de estrategia FC-GPA.....	45
Figura 6.5. Implementación de la estrategia de capacitación en el campus Liberia con participantes de las Asadas.	47
Figura 6.6. Implementación de la estrategia de capacitación en la Asada de Nuevo Colón, Sardinal Guanacaste.	47

Índice de cuadros

Cuadro 4.1. Marco regulatorio en Costa Rica referente al proyecto.	20
Cuadro 4.2. Presupuesto global del proyecto.	24
Cuadro 6.1. Proyecciones de demanda y producción cada 5 años de las ASADAS de Nuevo Colón y Artola.	35
Cuadro 6.2. Proyecciones de volúmenes en m ³ de almacenamiento de agua para la ASADA de Nuevo Colón.	36
Cuadro 6.3. Proyecciones de volúmenes en m ³ de almacenamiento de agua para la Asada de Artola.	36
Cuadro 6.4. Proyecciones de demanda de la Asada de Artolita.	37
Cuadro 6.5. Proyecciones de volúmenes en m ³ de almacenamiento de agua para la Asada de Artolita.	37
Cuadro 6.6. Síntesis del estudio hidrogeológico de Sardinal de 2011.	38
Cuadro 6.7. Áreas de protección y de invasión de un tramo del río Sardinal.	39
Cuadro 6.8. Porcentaje de pendiente de las líneas trazadas en el margen derecho.	39
Cuadro 6.9. Porcentaje de pendiente de las líneas trazadas en el margen izquierdo.	40
Cuadro 6.10. Áreas de protección según el retiro establecido por la metodología.	41
Cuadro 6.11. Áreas de protección de pozos.	42

Resumen ejecutivo

En Costa Rica, la gestión del agua es crucial debido a la vulnerabilidad del recurso por cambios en el uso del suelo y la contaminación. Aunado a esto, nacen distintos conceptos para beneficio ambiental y de las personas, como es la "Gestión Integral del Recurso Hídrico" (GIRH), la cual busca coordinar el desarrollo y la administración para beneficio económico y social equitativo sin comprometer la sostenibilidad del recurso hídrico; parte de este concepto es la "Gestión Participativa del Agua" (GPA), donde se involucra a la ciudadanía en la gestión del agua. Las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS) abarcan estos conceptos mencionados anteriormente, por lo que es importante brindar apoyo en sus procesos para el cumplimiento de estos: es por ello que el objetivo principal de este proyecto es fortalecer las capacidades de Gestión Participativa del Agua en las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colón ubicadas en Sardinal de Carrillo. La metodología de este proyecto es mixta, dado que se integran datos cualitativos y cuantitativos y consta de cuatro fases: la recolección de información de calidad de agua que fue sustituida por la realización de balances hídricos, la síntesis hidrológica, la identificación de áreas de protección y el diseño de una estrategia de fortalecimiento de capacidades para la Gestión Participativa del Agua. Se realizó la identificación de áreas de protección, con la que se determina un área de aparente invasión de 0,002147 km² de un total de área de protección de 0,244 km² para el tramo de influencia de las Asadas del cauce principal del río Sardinal. También, se determinó un radio fijo de protección para los pozos de Nuevo Colón y Artola, se obtuvo resultados de 29,10 m y 48,30 m, respectivamente. Para los balances hídricos, se determinó que la Asada de Artola cuenta con capacidad hídrica para brindar nuevos servicios y, en el caso de la Asada de Nuevo Colón, esta necesita con urgencia buscar nuevas fuentes de abastecimiento. La Asada de Artolita no cuenta con el dato de producción del pozo, por lo que no se realizó el radio fijo de protección y el balance hídrico; sin embargo, se determinó la demanda de agua. En conclusión, este proyecto brindó información para optimizar la toma de decisiones, el cual evidencia urgencia en aspectos hidrológicos y de poco conocimiento de los miembros de las Asadas, por lo que se recomienda a los actores claves como el Senara, la Universidad Nacional y al AyA dar seguimiento a estos acueductos.

Summary

In Costa Rica, water management is crucial due to the vulnerability of the resource and changes in land use and pollution. In addition to this, different concepts are born for environmental and people benefit, such as "Integral Management of Water Resources " (IMWR), which seeks to coordinate development and administration for equitable economic and social benefit without compromising the sustainability of the water resource; part of this concept is "Participatory Water Management" (PWM), where citizens are involved in water management. The Aqueduct and Sewer Management Associations (ASADAS) cover these concepts mentioned above, so it is important to provide support in their processes for compliance with these, thus the main purpose of this project is born, which is to strengthen the capabilities of the Participatory Water Management in the ASADAS of Artola, Artolita and Nuevo Colón located in Sardinal de Carrillo. The methodology of this project is mixed, since qualitative and quantitative data are integrated, which consists of four phases: the collection of water quality information that was replaced by the realization of water balances, the hydrological synthesis, the identification of protection areas and the design of a capacity-building strategy for Participatory Water Management. Based on the above, with respect to the identification of protection areas, an apparent invasion area of 0.002147 km² was determined out of a total protection area of 0.244 km² for the section of influence of the ASADAS of the main channel of the Sardinal River. Also, a fixed protection radius was determined for the Nuevo Colón and Artola wells, obtaining results of 29.10 m and 48.30 m, respectively. For the water balances, it was determined that the ASADA of Artola has the water capacity to provide new services and, in the case of the ASADA of Nuevo Colón, it urgently needs to look for new sources of supply. In the case of the ASADA of Artolita, it does not have the production data of the well, therefore, the fixed protection radius and the water balance were not carried out; however, the water demand was determined. In conclusion, this project provided information to optimize decision-making, since there is evidence of urgency in hydrological aspects and little knowledge of the members of the ASADAS, so it is recommended that key actors such as SENARA, the National University and AyA follow up on these aqueducts.

Glosario y abreviaturas

Sistema Nacional de Información Territorial	SNIT
Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos	INVU
Secretaría Técnica Nacional Ambiental	SETENA
Servicios Públicos de Heredia	ESPH
Comité Técnico Institucional	CTI
Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo	PNUD
Instituto Geográfico Nacional	IGN
Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe	HIDROCEC
Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento	SENARA
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	AyA
Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillados	ASADA
Gestión Participativa del Agua	GPA
Gestión Integral del Recurso Hídrico	GIRH

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe una breve introducción, se plantea la problemática, justificación, los objetivos del proyecto, así mismo, los alcances y las limitaciones de dicho proyecto y, finalmente, un resumen de reporte.

1.1. Introducción

La importancia de la gestión del agua en Costa Rica está aumentando constantemente, dado que se trata de un recurso altamente vulnerable debido a la disminución de su disponibilidad causada por cambios en el uso del suelo, así como a la afectación de su calidad producto de la contaminación. Como resultado, cada vez más comunidades y el gremio de los acueductos comunales expresan su preocupación por la escasez o la afectación de este recurso (Astorga, 2013). Aunado a esto, cabe destacar la importancia de la sostenibilidad del recurso hídrico. Castro (2007) menciona que el uso que el ser humano haga del recurso hídrico debe ser sostenible y debe garantizar su existencia, tanto en el tiempo como en el espacio, puesto que el agua, a diferencia de lo que antes se creía, es un recurso finito y debe ser compartido por todos los seres humanos (de manera equitativa) y por todos los componentes del ecosistema (de manera sostenible).

Por su parte, diversos procesos de gestión del agua han desarrollado distintos métodos o conceptos que permiten ordenar, hacer uso eficiente y racional del agua, como lo es la “Gestión Integral del Recurso Hídrico” (GIRH), encargada de promover el desarrollo y la administración coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados para llevar al máximo el resultante económico y la asistencia social de manera equitativa sin afectar la sostenibilidad de ecosistemas esenciales, así mismo, la GIRH busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos (Valdés, 2018). Aunado a esto, la Gestión Participativa del Agua (GPA) es parte importante de la gestión del recurso hídrico, la participación ciudadana fue promovida internacionalmente como componente del modelo de gestión integrada de recursos hídricos, debido a que los gobiernos confrontaban una sociedad civil más insatisfecha (Guzmán, 2013).

La figura de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (Asadas) abarca lo que es la gestión local y participativa del recurso hídrico institucionalizada. Dentro de las labores que realizan las Asadas, está la generación de condiciones adecuadas para la existencia del recurso en calidad y en cantidad; es decir que quienes están a cargo del manejo de estos acueductos, se han dado cuenta de que es

imposible cumplir con su función, si no se incorpora la variable ambiental en su gestión. Por ejemplo, muchas Asadas han destinado fondos a la compra de tierras en las que se encuentran las nacientes y los mantos acuíferos de los cuales toman el agua, así como a su reforestación (Castro, 2007).

Este estudio pretende fortalecer las capacidades de Gestión Participativa del Agua, mediante la implementación de una estrategia para generar conocimiento a tres Asadas en estudio sobre las condiciones hidrológicas del acuífero de Sardinal, áreas de protección y sus aparentes invasiones e información sobre de calidad del agua. A su vez, se intenta afrontar conflictos sociales que se han presentado desde hace más de 10 años en el distrito de Sardinal sobre la disputa del acuífero de este sitio y, así, generar resiliencia de los acueductos locales en estudio.

1.2.Planteamiento del problema

Las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales (Asadas) de Artola, Artolita y Nuevo Colón son delegadas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para abastecer agua en dichas comunidades. Esas Asadas se encuentran en la cuenca del río Sardinal, ubicada en el cantón de Carrillo de Guanacaste. De acuerdo con la Municipalidad de Carrillo (2020), el cantón posee un desarrollo económico en torno a las actividades del turismo, la agricultura y el comercio en general. Aunado a esto, en el año 2008, por la alta demanda del sector turístico, en Sardinal se detonó un conflicto cuando la comunidad se enteró de que se iba a realizar la construcción de un acueducto que extraería agua del acuífero de Sardinal hacia playas del Coco y Ocotal para abastecer servicios relacionados con el sector turístico, lo que generó protestas, manifestaciones y demandas judiciales. La Sala Constitucional falló a favor de la comunidad, dado que era necesaria la participación ciudadana, si se quería proceder con el acueducto; además, argumentó que la construcción violaba el derecho a un ambiente saludable y equilibrado debido a la falta de certeza técnica sobre la capacidad de recarga del acuífero (Navas y Cuvi, 2015).

Aunado a lo anterior, es fundamental conocer las condiciones hidrológicas locales para tener una gestión adecuada y sostenible del recurso hídrico. Para el caso del acuífero de Sardinal, existe información técnica elaborada por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara), que describen las condiciones hidrogeológicas del acuífero; sin embargo, es información compleja que las Asadas no manejan bien, debido a su complejidad, lo que puede poner en desventaja los procesos de

planificación y gestión participativa del agua, dado que no se cuenta con información sintetizada y de relevancia para la toma de decisiones. Además, conviene dotar a los miembros de las Asadas de conocimientos técnicos como áreas de protección y capacidad hídrica, debido a que se ha consultado al respecto, pero son escasos o nulos los conocimientos.

Por su parte, las Asadas en estudio presentan carencias dentro del marco de la Gestión Participativa del Agua, donde se identifica la falta de comunicación entre la comunidad y los operadores de los acueductos, la poca participación de la comunidad en las asambleas y en formación de las nuevas juntas directivas, así como tensiones entre las comunidades con instituciones encargadas del recurso hídrico y con el sector turismo.

1.3. Justificación

La Gestión Participativa del Agua (GPA) forma parte importante de la gestión del recurso hídrico, funciona como mecanismo de toma de decisiones para movilizar el recurso para alcanzar objetivos comunes. De acuerdo con Guzmán (2013), es conveniente que las comunidades se involucren y participen en la administración de los sistemas de agua, así mismo, la participación ciudadana es un componente de modelo de gestión integrada de recursos hídricos. Sin embargo, este mecanismo presenta desafíos, dado que, en ocasiones, es difícil promover los procesos de participación social para asegurar la calidad y cantidad del recurso hídrico, por lo que es necesario impulsar los procesos de participación.

En el año 2008, en la zona de estudio, se generaron conflictos sociales entre los usuarios del agua, puesto que gran cantidad de los casos se relaciona con problemas ligados a actividades turísticas e inmobiliarias. Entre esos conflictos se presentó la disputa sobre el acuífero de Sardinal, que actualmente todavía mantiene tensiones entre comunidades, el AYA y los desarrolladores de proyectos inmobiliarios (Navas y Cuvi, 2015). Por lo tanto, ante esta situación de conflicto, es oportuno generar conocimiento sobre las condiciones hidrológicas para una lograr gestión hídrica más efectiva y promover los procesos de Gestión Participativa del Agua (GPA).

En la zona de estudio existe literatura técnica y científica sobre la realidad del acuífero de Sardinal que ha sido impulsada y desarrollada por la CTI, en conjunto con el Senara, por lo que existe información de la recarga y del rendimiento sostenible del acuífero. Sin embargo, esta información sensible para la gestión del agua es inaccesible e

incomprensible por la comunidad y los mismos operadores, por lo que es conveniente analizarla de manera integrada y sintetizarla, para transmitirla a las Asadas y su respectiva comunidad, con el fin de mejorar sus decisiones y formación en cuanto al uso del recurso hídrico. Así mismo, conviene generar conocimiento a los acueductos sobre las áreas de protección de los pozos y de los ríos en las áreas de influencia de las comunidades en estudio para aportar en la conservación del recurso hídrico. Además, es necesario que las Asadas cuenten con el conocimiento sobre la capacidad hídrica de sus acueductos para optimizar la toma decisiones al brindar nuevos servicios.

Este estudio contribuye al proyecto de extensión *Fortalecimiento de los procesos de planificación, formación y gestión participativa del agua en dos grupos de comunidades del distrito de Sardinal en coordinación con ASADAS, Comités de Agua y actores clave de la gestión del agua*, el cual se lleva a cabo en la Universidad Nacional. Se evidencia que la GPA es importante dentro del marco de la gestión del recurso hídrico, dado que favorece la sostenibilidad del recurso hídrico, el funcionamiento ecológico de los ecosistemas que sostienen a las comunidades y, a la vez, que las personas formen parte importante de los procesos del agua.

En conclusión, se ha presentado que la Gestión Participativa del Agua asegura la sostenibilidad del recurso hídrico, por lo tanto, se pretende generar y compartir información hidrológica que sea sencilla de comprender para los operadores y la comunidad de los acueductos, con el fin de aportar a los procesos de GPA de las tres Asadas en estudio y, también, se espera generar espacios conjuntos entre las tres Asadas, de manera que se mermen tensiones sociales.

1.4.Objetivos

1.4.1.Objetivo general

Fortalecer las capacidades de Gestión Participativa del Agua en las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colón ubicadas en Sardinal de Carrillo, mediante el análisis de las condiciones hidrológicas locales para la resiliencia de los acueductos comunales.

1.4.2.Objetivos específicos

- Analizar las condiciones hidrológicas de Sardinal mediante una síntesis hidrológica del acuífero, la identificación de áreas de protección de ríos y pozos e información de cantidad del agua, para el diseño de una estrategia de sensibilización hidrológica.

- Diseñar una estrategia de fortalecimiento de capacidades de sensibilización hidrológica en las Asadas para la Gestión Participativa del Agua.
- Evaluar el fortalecimiento de capacidades mediante la implementación de una estrategia de sensibilización en las Asadas sobre las condiciones hidrológicas del área de estudio para la Gestión Participativa del Agua.

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcances

- Estimar la capacidad hídrica de las Asadas para optimizar la toma de decisiones de los acueductos.
- El estudio pretende recopilar información sobre el acuífero de Sardinal para generar una síntesis hidrológica.
- Identificar las áreas de protección de pozos y ríos en el área de influencia de las Asadas en estudio, mediante metodologías de proyección avaladas en la normativa vigente.
- Generar sensibilización hidrológica en los acueductos rurales en estudio para la resiliencia de los acueductos.

1.5.2. Limitaciones

- Falta de insumos o información para el análisis de las condiciones hidrológicas.
- Disponibilidad de transporte para desplazarse a las comunidades de los acueductos en estudio.
- Disponibilidad de tiempo por parte las personas que forman parte de la muestra de estudio para implementar la estrategia de fortalecimiento de capacidades.

1.6. Resumen del Reporte

En el capítulo primero se presenta el contexto del proyecto por realizar. Incluye las secciones de introducción, que trata acerca del marco normativo en cuanto al recurso hídrico; el planteamiento del problema, que describe la problemática que existe en cuanto al recurso hídrico y a las carencias de Gestión Participativa del Agua; y la justificación, con los fundamentos que respalda el proyecto. Así mismo, este capítulo incluye tanto el objetivo general como sus tres objetivos específicos, los alcances esperados, las limitaciones y, finalmente, el resumen del reporte del proyecto.

Capítulo 2. ANTECEDENTES

En este capítulo se describen las características generales de la zona de estudio y su mapa de ubicación, la especificación de aspectos demográficos, actividades socioeconómicas, condiciones hidrológicas y los antecedentes de cada Asada del estudio. Se realiza un contexto social de los conflictos pasados entorno al acuífero de Sardinal, revisión de literatura que es relevante para llevar a cabo el estudio y finalmente los antecedentes del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (Hidrocec) en el marco del proyecto.

2.1. Descripción de la zona de estudio

Las Asadas involucradas en este estudio pertenecen a la parte alta de la cuenca del río Sardinal, del Cantón de Carrillo, en Guanacaste. Abarca un área de 89,6 km², que ocupa parte de las hojas topográficas Carrillo Norte, Punta Gorda, Belén y Matapalo, editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). El río Sardinal drena de oeste a noreste y desemboca en la margen derecha del río Tempisque y dentro de su cuenca se ubican los pueblos Sardinal, Artola, Nuevo Colón y Pilas (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas de Riego y Avenamiento (Senara, 2019). En la siguiente figura (2.1), se muestra la ubicación de las Asadas involucradas en este estudio.

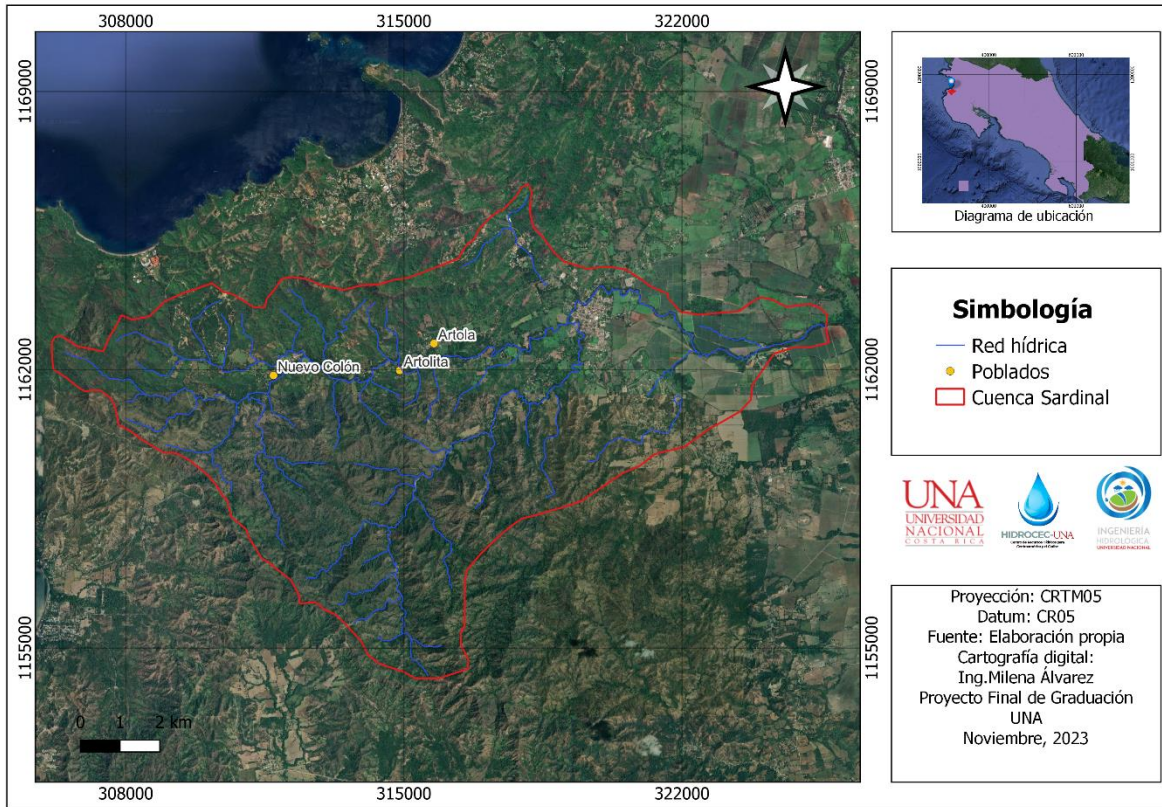


Figura 2.1. Ubicación geográfica de las Asadas Artola, Nuevo Colón y Artolita, de Sardinal de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica.

Fuente: elaboración propia, 2023.

2.1.1. Aspectos demográficos

El distrito de Sardinal, perteneciente al cantón de Carrillo (figura 2.2), posee una extensión de 240.45 Km², con una población de 11.167 habitantes. Es el distrito más grande en población del cantón, los poblados que lo conforman son: Artola, Cacique, Coco, Guacamaya, Huaquitas, Libertad, Matapalo, Nancital, Nuevo Colón, Obandito, Ocotol, Pilas, Playa Hermosa, Playones, San Blas, Santa Rita y Zapotal (Municipalidad de Carrillo, 2022).

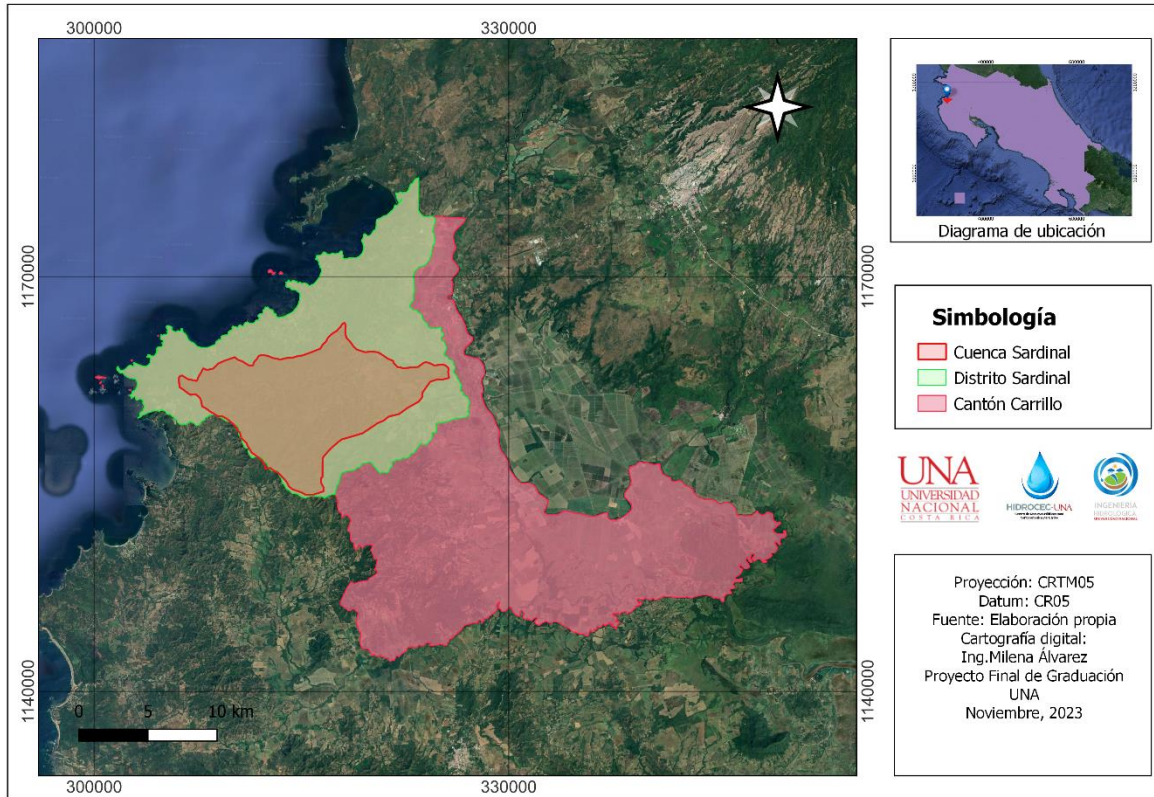


Figura 2.2. Ubicación geográfica de la cuenca del río Sardinal.

Fuente: elaboración propia, 2023.

2.1.2. Actividades socioeconómicas

El distrito de Sardinal se encuentra dividido en la zona costera y la zona central; en esta última es donde se ubica la población de Sardinal. Las principales actividades económicas de esta zona son la agricultura, ganadería y pesca; sin embargo, con el éxito del mercado turístico han ocurrido cambios en el sector de servicios y venta de tierras, así como en la demanda de agua (Navas y Cuvi, 2015).

2.1.3. Condiciones hidrológicas del acuífero de Sardinal

De acuerdo con el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas de Riego y Avenamiento [Senara] (2019), el acuífero de Sardinal presenta los siguientes resultados:

- La recarga potencial anual por precipitación al acuífero de la cuenca alta del río Sardinal es de 394,4 milímetros; esto equivale a un caudal instantáneo de 1.120 L/s

(corresponde al 23 % de la precipitación anual). Esto se obtuvo mediante la metodología de balance hídrico de suelos.

- Al acuífero Sardinal se le podría extraer un caudal de 440 litros por segundo, que equivale a un 10,52% de la precipitación.
- El agua de los pozos cumple con los valores recomendados y admitidos según el *Reglamento de calidad de agua potable*. Se indica una excepción para el parámetro microbiológico de coliformes fecales, en siete pozos que requieren de un tratamiento de desinfección previo a su consumo.

2.2. Antecedentes de las Asadas en estudio

Las Asadas involucradas en este estudio pertenecientes al distrito de Sardinal de Carrillo se encuentran acompañadas por la ORAC en cuanto a su fortalecimiento, así mismo, las Asadas de Artola y Nuevo Colón cuentan con convenio de delegación (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [AYA], 2017).

La siguiente información de las Asadas que se presenta se obtuvo a partir de una gira de reconocimiento realizada por el proyecto de extensión “Fortalecimiento de los procesos de planificación, formación y gestión participativa del agua en dos grupos de comunidades del distrito de Sardinal en coordinación con Asadas, Comités de Agua y actores clave de la gestión del agua”, el cual se lleva a cabo en la Universidad Nacional.

2.2.1. Asada Artola

- La Asada de Artola se encuentra en funcionamiento desde 1992 y posee 367 usuarios; todos con medidores instalados.
- Esta Asada cuenta con pozo, bomba y tubería de impulsión, dos tanques, cloración, red primaria, un fontanero y una oficina.
- La administradora, quien ha llevado y lleva actualmente cursos especializados para Asadas del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), indica que la participación comunitaria no es muy fuerte; sin embargo, pone como ejemplo que en la última Asamblea contaron con la participación de 60 usuarios de 100 que fueron convocados; como canales de comunicación utilizan *WhatsApp*, mensajes de texto y visitas en hogares específicos a personas de la tercera edad.
- Esta Asada cuenta con la fortaleza de que su administradora ha llevado cursos del INA vinculados a la administración de Asadas y el fortalecimiento organizacional.

2.2.2.Asada Nuevo Colón

- La Asada de Nuevo Colón tiene entre 115 y 120 abonados. Indican que no tienen problemas a nivel de organización ni a nivel comunitario y que la Asada trabaja bien; incluso, cuentan con paneles solares para el bombeo, así como recursos suficientes para la operación.
- El acueducto cuenta con pozo, bombeo y tubería de impulsión, tanque de distribución, cloración y red primaria. Como canal de comunicación, se identifica *WhatsApp* y mensajes de texto por medio de la aplicación mencionada.

2.2.3.Asada Artolita

- La Asada de Artolita tiene aproximadamente 29 años de fundación, es una Asada pequeña, la cual se conforma por 60 abonados, la participación de la comunidad es mínima y pocas personas asisten a las asambleas.
- El acueducto presenta pozo, bombeo y tubería de impulsión, tanque de distribución y red primaria. La potabilización se da por cloración.
- Para los procesos de comunicación con la comunidad utilizan un grupo de *WhatsApp* y para aquellas personas que no cuentan con esta plataforma, se realizan visitas individualizadas en los hogares o bien, llamadas a los teléfonos fijos que tienen en sus hogares.
- En temas de proyección y organización, no tienen planes de trabajo, pero cuentan con una herramienta aplicada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que muestra puntos por atender a nivel organizativo.

2.3.Conflicto social sobre el acuífero de Sardinal

En 2008 surgió una controversia socioambiental en Sardinal relacionada con el acuífero, pues surgieron desacuerdos debido a la construcción o ampliación de acueductos destinados a abastecer a zonas costeras donde predominan los desarrollos turísticos y comerciales, lo que dio como resultado la extracción de grandes volúmenes de agua de estos nuevos sistemas en el pueblo de Sardinal. Esto generó protestas significativas por parte de líderes comunitarios, grupos ambientalistas locales, acueductos comunales y la población en general (Navas y Cuvi, 2015).

Aunado a lo anterior, Navas y Cuvi (2015) mencionan que el conflicto se originó debido a que el acuerdo entre AYA y Coco Water (de la construcción del nuevo acueducto)

se llevó a cabo sin consultar previamente a la comunidad de Sardinal ni realizar estudios sobre la capacidad de recarga del acuífero, lo cual podía poner en peligro la sostenibilidad del acuífero y del suministro de agua a corto, mediano y largo plazo para los 15 mil residentes de Sardinal. En 2010, la Sala Constitucional falló a favor del Comité Prodefensa del Agua, al enfatizar que las obras debían paralizarse hasta determinar la capacidad hídrica del acuífero y hasta que ocurriera el proceso participativo estipulado en la Constitución Política; todo esto se dio gracias a que la comunidad se organizó y se movilizó en defensa (figura 2.4). Sin embargo, esta fue solo una solución temporal, dado que las causas subyacentes del problema, que van más allá de la falta de consulta previa y la capacidad de recarga, aún no se han abordado de manera satisfactoria (Navas y Cuvi, 2015). En la siguiente figura se muestra la propuesta de acueducto que se pensaba construir con la cantidad de agua que se proyectaba extraer (figura 2.3).



Figura 2.3. Plan de Acueducto entre el Acuífero de Sardinal, Playas del Coco y Ocotal.

Fuente: Navas y Cuvi, 2015.



Figura 2.4. Marcha contra la construcción del acueducto Coco-Ocotol, 2008.

Fuente: Navas y Cuvi, 2015.

2.4.Revisión de literatura relevante para este estudio

De acuerdo con la información relevante para este trabajo, existen tres estudios que aportan a este proyecto y son los siguientes:

- *Estudio determinación de la recarga y rendimiento sostenible del acuífero Sardinal, Carrillo, Guanacaste-Senara*, el cual se encuentra dentro del informe Técnico para la Gestión de la Seguridad Hídrica del Acuífero de Sardinal, desarrollado por el Comité Técnico Institucional (CTI).
- *Formulación del plan de acción para el manejo y protección del acuífero de Sardinal, Guanacaste, Costa Rica*, elaborado por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento.
- *Gobernanza del agua: una mirada a la gestión comunitaria para el acceso y uso en la ruralidad. Caso acueducto rural de San José del Gacal, municipio de Ventaquemada, Boyacá*. Desarrollado dentro de una maestría en gestión ambiental, en Bogotá Colombia.

La identificación de estos estudios es de importancia para este proyecto, dado que, a partir de esta información se puede realizar la síntesis de balance hídrico, así mismo, se observa el contexto de gestión comunitaria del agua en el caso de un acueducto rural.

2.5. Antecedentes de Hidrocec en el marco del proyecto

El proyecto de extensión *Fortalecimiento de los procesos de planificación, formación y gestión participativa del agua en dos grupos de comunidades del distrito de Sardinal en coordinación con Asadas, Comités de Agua y actores clave de la gestión del agua*, el cual se lleva a cabo en la Universidad Nacional, inició en el año 2021 y finalizó en el año 2023. Ha trabajado arduamente en la identificación de información sobre las comunidades de los acueductos en estudio, con el fin de mejorar los procesos que entornan al agua. El proyecto hasta ahora ha realizado distintos talleres de análisis de GPA, capacitaciones para formación de GPA, muestreos de calidad de agua potable, actividades con las Asadas en conjunto con las escuelas de las comunidades, sondeo en la comunidad de Artola, Artolita y Nuevo Colón, Sardinal, cuyo interés responde al tercer objetivo específico, que busca “fortalecer las capacidades de líderes y lideresas comunales para el mejoramiento de la gestión participativa del agua”, entre otras actividades que han sido de suma importancia para fortalecer los procesos de GPA de los acueductos.

En conclusión, este capítulo presenta los aspectos de ubicación geográfica, socioeconómicos, condiciones hidrológicas, contexto social, revisión de literatura relevante para el estudio y antecedentes de las Asadas y de Hidrocec dentro del marco del proyecto.

Capítulo 3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo inicia con aspectos hidrológicos, contiene conceptos claves y paradigmas sobre la sostenibilidad del agua, seguido de consideraciones sobre cuencas hidrográficas. Luego, continua con un tema más específico sobre gestión de acueductos que se dan en Costa Rica y finaliza con teorías sobre el desarrollo de capacidades.

3.1. Teorías claves sobre aspectos hidrológicos

3.1.1. Conceptos claves

En esta sección se presentan conceptos claves importantes que se deben comprender para la síntesis hidrológica que se desea realizar, así mismo, contiene algunos puntos sobre la sostenibilidad del recurso hídrico.

➤ **Acuífero**

Es una formación geológica subterránea que está constituida por una o más capas de rocas, la cual almacena agua y es capaz de transmitirla de manera que puede ser aprovechada como recurso (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento [Senara], 2019).

➤ **Infiltración**

Es un movimiento lento filtrante (se da por gravedad) del agua que procede de la lluvia, también por cursos superficiales o recarga artificial que se da a través de un suelo o roca (Senara, 2019).

➤ **Capacidad de campo**

Se refiere a la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente, al evitar la evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice (López, 2016).

➤ **Punto de marchitez**

Es una constante hídrica del suelo que tiene un significado fisiológico, es el valor común de la succión matricial que se considera limitante para la sobrevivencia de las plantas; es decir que esto equivale al nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente (López, 2016).

➤ **Caudal**

El caudal es definido como el volumen de agua que pasa por una delimitada sección de corriente o río en un determinado tiempo, sus unidades pueden ser litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por día (m³/día), pues estas son de las más utilizadas (Senara, 2019).

➤ **Flujo base**

El flujo base es un componente importante del flujo total en un sistema hidrológico y se refiere a un flujo subterráneo que pasa por un río o corriente que se mantiene constante durante períodos prolongados, en ausencia de precipitación significativa (Senara, 2019).

➤ **Hidrogramas**

Es una representación gráfica detallada y visualmente comprensible de la evolución temporal del caudal que circula por una sección transversal específica de un río (Senara, 2019). Estos gráficos permiten analizar y comprender el comportamiento de los ríos en respuesta a las precipitaciones y a otros factores hidrológicos relevantes.

3.1.2.Sobre la sostenibilidad del agua

En temas de sostenibilidad del agua se encuentra el objetivo 6 (agua limpia y saneamiento) de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, el cual tiene distintas metas, de acuerdo con los *Sustainable Development Goals* [Objetivos de Desarrollo Sostenible] (2023), entre ellas se encuentran las siguientes:

- Lograr el acceso universal y equitativo del agua potable segura y asequible para todos.
- Lograr el acceso a un saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y de las personas en situación vulnerable.
- Mejorar la calidad del agua al reducir la contaminación, eliminar el vertido y minimizar la liberación de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad la proporción de aguas residuales no tratadas y aumentando sustancialmente el reciclaje y la reutilización segura en el ámbito mundial.
- Aumentar sustancialmente la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores, garantizar extracciones y suministros sostenibles de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren escasez de agua.

- Aplicar la ordenación integrada de los recursos hídricos en todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.
- Proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua, incluidas las montañas, los bosques, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.
- Ampliar la cooperación internacional y el apoyo a la creación de capacidad para los países en desarrollo en actividades y programas relacionados con el agua y el saneamiento, incluidas las tecnologías de captación de agua, desalinización, eficiencia hídrica, tratamiento de aguas residuales, reciclado y reutilización.
- Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

Aunado a lo anterior, Costa Rica se convirtió en el primer país en firmar un Pacto Nacional por los ODS en 2016. El Sistema de las Naciones Unidas SNU respalda este avance y tiene el desafío de apoyar y presenciar el progreso de Costa Rica, un país reconocido por su compromiso con la paz, los derechos humanos y la protección del medioambiente (Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica, 2023).

Como parte de la sostenibilidad del agua, dentro de los acueductos es necesario realizar los balances hídricos que van a definir la situación de capacidad hídrica de dicho sistema de acueducto. Según Galindo (2014), un balance hídrico “tiene como objetivo rastrear y contabilizar cada componente de agua que se añade y se deduce de un sistema de abastecimiento de agua dentro de un periodo definido”.

3.2.Consideraciones sobre cuencas hidrográficas

3.2.1.Sobre la gestión integrada de cuencas

Según Jiménez (2005), la gestión integrada de cuencas hidrográficas se refiere a un enfoque que busca administrar, aprovechar y preservar los recursos en estas áreas, al tener en cuenta las necesidades humanas y buscar un equilibrio entre la sostenibilidad ecológica, social y económica, cuyo objetivo es fomentar un verdadero proceso de desarrollo sostenible. Además, este enfoque promueve la oportunidad de encontrar un equilibrio entre los diferentes usos de los recursos naturales y los impactos futuros, lo cual implica la interacción entre las comunidades establecidas en las cuencas hidrográficas y los recursos naturales existentes, por lo tanto, se requiere la aplicación de conocimientos tanto de las ciencias sociales como de las ciencias naturales.

3.2.2.Importancia de la gestión participativa del agua de actores claves

Para una correcta gestión integrada de los recursos hídricos, se fundamenta distintos principios. Entre ellos se encuentra el de participación y equidad, el cual consiste en que la gestión del agua se orientará bajo un enfoque participativo y multisectorial, incluyendo entidades públicas, sectores productivos y demás usuarios del recurso y se desarrollará de forma transparente y gradual al proponer la equidad social (Martínez, 2018).

Ante una sociedad civil cada vez más insatisfecha y las movilizaciones populares, aparecieron políticas participativas que recanalizaron, así, la presión social hacia formas incluyentes; por ello, la participación ciudadana como componente del modelo de gestión integrada de recursos hídricos fue promovida internacionalmente (Guzmán, 2013).

Los desafíos relacionados con la participación social en la gestión del agua subterránea se deben a varios factores; entre ellos se incluye la concepción de la política, la falta de espacios para la interacción social, la imposición de soluciones tecnológicas y la ausencia de un proceso participativo que involucre la transferencia de poder, por lo tanto, es relevante proponer la necesidad de avanzar hacia una reformulación conceptual que fomente la construcción de consensos a través de procesos verdaderamente participativos (Marañón y López, 2008).

3.3.Sobre la gestión de acueductos

3.3.1.Modelos de gestión de acueductos

En Costa Rica, existen distintos modelos de gestión de acueductos; entre ellos se encuentra el modelo privado, municipal, comunitario y estatal o público. Como modelo privado se puede identificar, por ejemplo, algún tipo de inversionista o empresa privada que realice algún proyecto y tenga su propio acueducto. En el caso del modelo comunitario, se tiene a las Asadas, el cual se detalla en la siguiente sección.

Como modelo municipal existe, por ejemplo, el caso de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), el cual, de acuerdo con la ESPH (2023), se fundó en 1976, pues existía una lista de problemas con el agua potable y la municipalidad se tuvo que hacer cargo. Esta empresa es la encargada de la administración, operación y del mantenimiento de los servicios de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica. Opera en los cantones de Heredia, San Rafael, San Isidro, Barva y Flores.

Con respecto al modelo estatal, existe el AYA, que fue creado por medio de la Ley N.º 2726 aprobada por la Asamblea Legislativa el 14 de abril de 1961, el cual, de acuerdo con Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [AYA] (2023), tiene como misión asegurar el acceso universal al agua potable y al saneamiento de forma comprometida con la salud, la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo económico y social del país.

3.3.2.El caso de las Asadas en Costa Rica

Según Monge y Ovares (2013), las Asadas son órganos locales constituidas como asociaciones que, mediante la autorización del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), tienen la responsabilidad de administrar, operar, mantener y mejorar los sistemas de suministro de agua potable y alcantarillado en comunidades donde ni el AyA ni la respectiva municipalidad brindan estos servicios. Estas asociaciones están formadas por residentes de las comunidades beneficiadas por los servicios que ofrecen y se rigen por la Ley de Asociaciones N.º 218 del 8 de agosto de 1939 y su reglamento. Mediante la delegación legal, el AyA confía a las Asadas la prestación de un servicio público esencial para garantizar un derecho humano fundamental: el acceso al agua potable, donde existe una estrecha relación entre este derecho y los derechos constitucionales a la salud y a la vida. Se menciona que, por la importante labor que realizan estas asociaciones, se han convertido en imprescindibles para la gestión integrada del recurso hídrico y para la gobernanza del agua en Costa Rica.

3.4.Generalidades del desarrollo de capacidades

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2009) ante las crisis económicas, climáticas y alimentarias que se enfrentan en la actualidad, el desarrollo de capacidades en los estados y las sociedades para el diseño y la implementación de estrategias que minimicen el impacto que generan estas crisis será un elemento crucial para sustentar los avances hacia la consecución de los objetivos del desarrollo. El PNUD ha identificado tres puntos en los que crece y se nutre la capacidad: un entorno favorable (es el amplio sistema social en el que operan las personas y las organizaciones), las organizaciones (estructura, políticas y procedimientos internos que determinan la efectividad de una organización) y las personas (aptitudes, experiencias y conocimientos de cada persona que permiten su desempeño). Estos tres niveles se influyen recíprocamente de manera fluida: la fortaleza de cada uno depende de la fortaleza de los

demás y también la determina. Así mismo, identifica cinco pasos importantes para el desarrollo de capacidades y son las siguientes:

- Involucrar a los actores en el desarrollo de capacidades: el objetivo es lograr que se inicie un diálogo entre todas las personas que se beneficiarían en caso de que se mejorara una capacidad.
- Diagnosticar los activos y las necesidades en materia de capacidades: su meta última es avanzar desde el análisis hacia la acción, con indicadores claros que midan los avances.
- Formular un programa de desarrollo de capacidades: una buena respuesta en materia de desarrollo de capacidades se basa en los activos ya existentes en materia de capacidad para llenar las brechas identificadas en el diagnóstico.
- Implementar una respuesta para el desarrollo de capacidades: es la etapa en la que todas las ideas, los planes, diagnósticos, análisis y diseños se ponen a prueba en el mundo real.
- Evaluar el desarrollo de capacidades: los avances y resultados se reflejan en cambios en el desempeño, que pueden ser medidos en términos de mayor eficiencia y efectividad.

En conclusión, este capítulo abordó el marco teórico en el contexto de los conceptos claves y las generalidades fundamentales para el desarrollo del proyecto. Las teorías claves sobre aspectos hidrológicos facilitan abordar las características del acuífero de Sardinal. Con respecto a las características de cuencas hidrográficas, se abordaron temas de gestión y aspectos sobre el caso de las Asadas en Costa Rica, lo cual es el eje central de este proyecto. Finalmente, se llevó a cabo el tema de desarrollo de capacidades, dado que es lo que se busca fortalecer en las Asadas en estudio.

Capítulo 4. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

Este capítulo es correspondiente a los estudios de prefactibilidad, los cuales son importantes para determinar la viabilidad del proyecto. Para ello, se toma como referencia el libro *Preparación y Evaluación de Proyectos*, de Sapag *et al.* (2024), el cual implica nueve perspectivas y son las siguientes: comercial, técnica, legal, organizacional, ambiental, financiera o económica, vial, ética y social. Para el caso de este proyecto, se realizan los estudios de viabilidad legal, social, ambiental, técnico y financiero.

4.1. Estudio legal

Las relaciones internas (actores sociales) y externas (actores organizacionales) se deben realizar bajo factores legales y reglamentarios (Sapag *et al.*, 2014). Para determinar la viabilidad legal del proyecto, se realizó una revisión sobre el marco regulatorio en el Sistema Costarricense de Información Jurídica referente al desarrollo del proyecto (tabla 4.1).

Cuadro 4.1. Marco regulatorio en Costa Rica referente al proyecto.

Marco legal	Relación con el proyecto	Descripción breve
Constitución política de la república de Costa Rica.	Derecho humano de acceso al agua.	Artículo 50. Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un bien de la nación, indispensable para proteger tal derecho humano. Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones.
Ley de aguas N.º 276.	Abastecimiento de las Asadas.	Artículo 1, Inciso IX. Son aguas del dominio público las subterráneas cuyo alumbramiento no se haga por medio de pozos. Artículo 2º. Las aguas enumeradas en el artículo N°1 son de propiedad nacional y el dominio sobre ellas no se pierde ni se ha perdido cuando por ejecución de obras artificiales o de aprovechamientos anteriores se alteren o hayan alterado las características naturales.

Ley orgánica del ambiente N.° 7554.	Carencia de sostenibilidad y conservación en el área de estudio.	Artículo 50. El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social. Artículo 3. El AyA como ente rector técnico en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y/o saneamiento de las aguas residuales, ejercerá todas las actividades propias del control, vigilancia, fiscalización, evaluación, normalización, planificación sectorial de los servicios de agua potable y saneamiento de aguas residuales y dirección de la gestión que realizan las ASADAS, ya que la gestión del sistema corresponde a la ASADA por delegación del AyA.
Reglamento de las Asadas N.° 42584-Minae.	Regulación del funcionamiento de Asadas.	Artículo 7. Las ASADAS tienen como únicos y específicos fines la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento de aguas residuales, contribuir en la gestión integrada del recurso hídrico y brindar el servicio de hidrantes por ley especial.
Política de Organización y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de los servicios de Agua Potable y Saneamiento del AyA.	Fortalecimiento de la gestión del agua.	Establece como ejes estratégicos: una nueva cultura del agua, el fortalecimiento institucional, el fortalecimiento de la gestión de los servicios públicos de agua potable y saneamiento de aguas residuales, las sinergias y alianzas estratégicas y el ordenamiento de la gestión comunitaria.

Fuente: elaboración propia con insumos del Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2023.

Con respecto a la tabla anterior, que corresponde al marco regulatorio en relación con el proyecto, este no presenta ningún impedimento para su realización; en su lugar, de acuerdo con la *Política de organización y fortalecimiento de la gestión comunitaria de los servicios de agua potable y saneamiento del AyA*, la gestión comunitaria en servicios de agua potable es gran importancia, por lo que lo anterior es el principal enfoque del proyecto, por lo tanto, se determina que es legalmente viable.

4.2. Estudio social

En un estudio social se toma en cuenta la percepción de la comunidad y de actores claves en el área de estudio sobre el proyecto por realizar. Los actores claves que se identifican en este proyecto son miembros de las juntas directivas de las tres Asadas en estudio, las administradoras de las Asadas y el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (Hidrocec).

Se han realizado distintas reuniones con las Asadas, donde se ha mencionado sobre el proyecto que se desea realizar. Los miembros se muestran interesados, dado que, desde 2021 el proyecto de extensión (en el cual se encuentra involucrado este proyecto) ha trabajado con estas Asadas, las ha apoyado y les ha dado un seguimiento, con lo cual estos acueductos se han visto beneficiados.

En las reuniones que se han realizado con los miembros de estas Asadas se han identificado retos que existen con respecto al servicio de agua, como actividades que afectan la oferta del recurso hídrico y conflictos históricos con respecto al acuífero de Sardinal. Por lo que se ha buscado información hidrológica del acuífero de sardinal útil para la gestión de los acueductos; sin embargo, se identifica que es información muy técnica que puede complicar la comprensión de los miembros de las Asadas, por ello se desea realizar una síntesis de esta información y que sea más fácil de comprender, a modo de beneficio para optimizar capacidades en la gestión del agua.

Con respecto a las comunidades, se ha identificado que, al presentar los argumentos anteriores y considerando que el proyecto tiene enfoque en la gestión del agua, se genera beneficio para las comunidades de cada Asada en estudio, por lo que se determina que el proyecto posee viabilidad social.

4.3. Estudio ambiental

En el acuerdo de la Comisión Plenaria para la modificación del artículo 7 de la resolución N.º 2373-2016-Setena, denominada *Proyectos de muy bajo impacto*, se establece que una actividad de muy bajo impacto potencial corresponde a actividades humanas que por su naturaleza no provocan alteración negativa del ambiente y que no representan una desmejora de la calidad ambiental del entorno en general o de alguno de sus componentes.

En el caso de este proyecto, no se abarca la construcción de infraestructura y tampoco se causa alguna alteración en aspectos ambientales. Por lo tanto, el proyecto es factible en términos ambientales y no se requiere la solicitud de viabilidad-licencia ambiental, la cual exige la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (Setena), dado que se considera que el proyecto es de bajo impacto.

4.4. Estudio técnico

De acuerdo con Sapag *et al.* (2014), conviene realizar un estudio de viabilidad técnica en la ejecución de un proyecto, dado que proveer información como los recursos materiales permite cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes. Seguidamente, se presentan las herramientas, los equipos y suministros necesarios para la realización de este proyecto, de acuerdo con los objetivos que se desean cumplir, los cuales se presentan en la figura 4.1.

Objetivo	Herramientas	Equipos y suministros
Análisis de condiciones hidrológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Software QGIS • Microsoft Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Internet • Información geográfica • Información calidad de agua
Diseño de estrategia de fortalecimiento de capacidades de sensibilización hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Office • Herramienta de Diseño (Canva) 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • internet
Análisis de implementación de estrategia de sensibilización	<ul style="list-style-type: none"> • Giras de campo • Software de encuestas de google forms 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Internet • Proyector • Material didáctico

Figura 4.1. Equipos, herramientas y suministros necesarios para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Fuente: elaboración propia, 2023.

De acuerdo con la información presentada anteriormente, es posible adquirir el equipo y las herramientas necesarias para llevar a cabo el proyecto, por lo que se determina que el proyecto es viable en aspectos técnicos.

4.5. Estudio financiero

Los objetivos de la etapa de análisis de viabilidad financiera son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores para determinar la rentabilidad del proyecto. Además, se menciona que los costos directos son calculados con los insumos para el proyecto y los indirectos tienen que ver con los servicios públicos necesarios para el proyecto (Sapag *et al.*, 2014). A continuación, se presenta una tabla donde se desglosan estos costos directos e indirectos, con base en los insumos y servicios necesarios para la ejecución del proyecto, tal como se observa en la tabla 4.2.

Cuadro 4.2. Presupuesto global del proyecto.

Tipo de costo	Rubro	Cantidad	Precio unitario	Total	Observaciones
Directos	Equipo tecnológico personal.	2	€750.000,00	€750.000,00	Computadora para procesamiento de datos y celular para evidencia y contacto.
	Software QGIS	1	€0	€0	Software libre.
	Paquete Office.	1	€0	€0	Licencia universitaria de la UNA.
	Giras de campo.	5	€7.000,00	€35.000,00	Incluye kilometraje para desplazamiento a la zona de estudio.
	Herramienta de diseño gráfico (Canva)	1	€0	€0	Herramienta gratuita.
	Proyector.	1	€345.000,00	€345.000,00	Video Beam para cursos o talleres.
Indirectos	Material didáctico.	1	€80.000,00	€80.000,00	Incluye todos los materiales para talleres y cursos de las tres Asadas,
	Honorarios profesionales.	12 meses	€120.000,00	€2.237,950	según decreto N.º 43849-MTSS, publicado en la Gaceta N.º 245, del 23 de diciembre de 2022. Rige el 1 de enero de 2023.

	Servicio telefónico.	1	25.000,00	₡25.000,00	Servicio por compañía telefónica.
	Servicio Internet.	1	20.000,00	₡20.000,00	Servicio por compañía de telecomunicaciones.
	Alimentación.	5	5.000,00	₡25.000,00	Precio de almuerzo según la Contraloría General de la República.
Subtotal				₡3.517,950	-
		Imprevistos (5%)		₡175.898,00	En caso de contratiempos o de giras extras.
Otros		Gastos administrativos (2%)		₡70.359,00	-
		IVA (13%)		₡457.334,00	-
		Total		₡4.221,540	-

Fuente: elaboración propia, 2023.

Con respecto a los honorarios profesionales, estos se cubren *ad honorem*, por lo que la autora realiza este proyecto sin obtener beneficios económicos.

En conclusión, de acuerdo con los estudios realizados, el proyecto posee viabilidad legal, dado que no se encontró ninguna restricción en el marco legal. En lo que corresponde a la viabilidad social, las Asadas involucradas muestran aceptación del proyecto y se encuentran dispuestas a participar. En cuanto a la viabilidad ambiental, se determinó que el proyecto no genera impacto negativo alguno en el ambiente. Con respecto a la viabilidad técnica y financiera, el proyecto no presenta inconvenientes, puesto que se tiene acceso a los recursos necesarios.

Capítulo 5. METODOLOGÍA

En el quinto capítulo se desarrolla la metodología, la cual se lleva a cabo en este proyecto para obtener los resultados de los objetivos propuestos, donde se expone el tipo de investigación por realizar, la población y muestra del estudio, así como el proceso metodológico del estudio.

5.1. Descripción de la metodología

Esta investigación se realizó mediante una metodología mixta, la cual consiste en la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos en un solo estudio con un propósito de obtener una visión completa del fenómeno por estudiar (Chaves, 2018). Los aspectos cuantitativos de este estudio consisten en el análisis de datos cuantitativos sobre el estudio hidrogeológico del acuífero de Sardinal y la identificación de áreas de protección de ríos, nacientes, pozos y manantiales. Los aspectos cualitativos son el diseño y la implementación de una estrategia para el fortalecimiento de capacidades en el marco de la Gestión Participativa del Agua.

El proceso metodológico para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto consiste en cuatro fases, las cuales se presentan en la figura 5.1 y se describen los pasos de cada una en el punto 5.3.

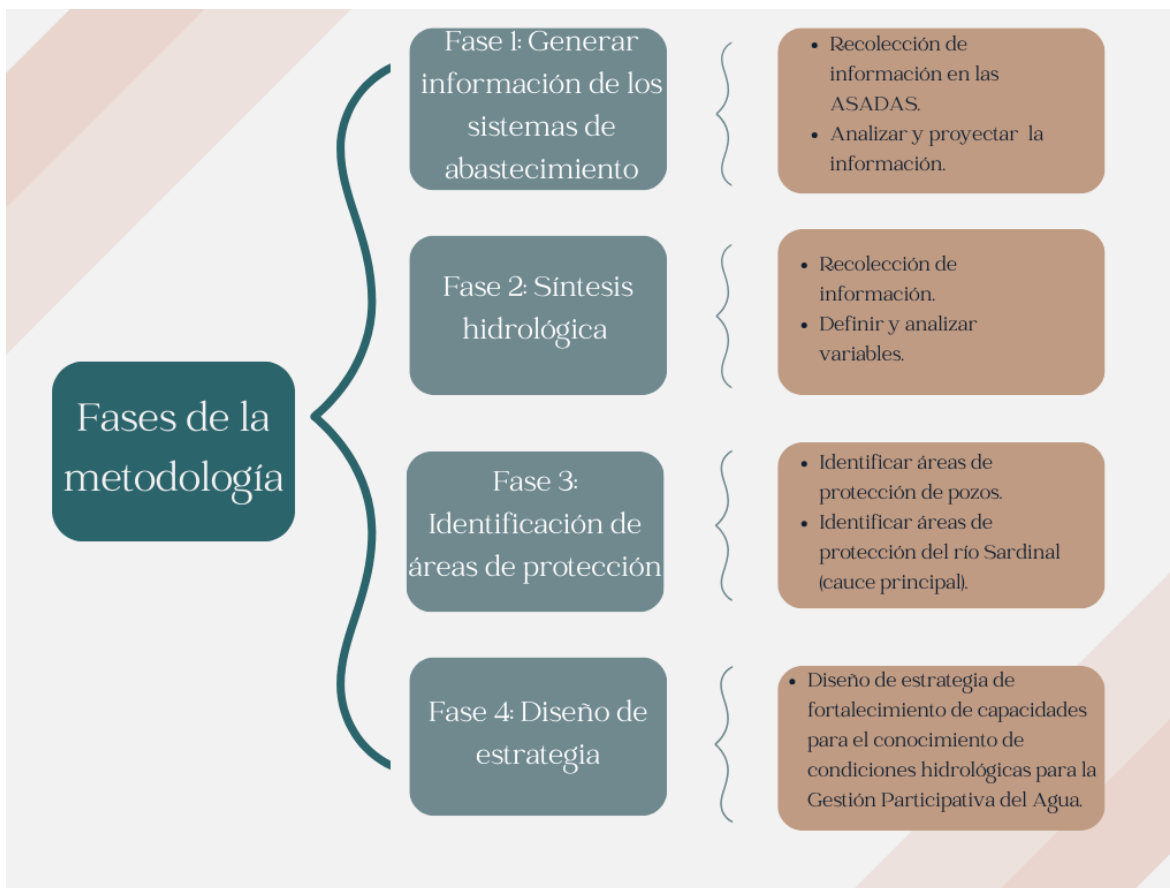


Figura 5.1. Fases de la metodología para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Fuente: elaboración propia, 2023.

5.2. Población y muestra del estudio

El estudio se llevó a cabo en Asadas de la Región Chorotega, pero por efectos de conflictos sociales que se mencionan en el capítulo 2 y por motivos de que este proyecto se realiza en el marco de un proyecto de extensión universitario, que se está llevando a cabo en estas ASADAS, se realiza un muestreo intencionado, donde se trabajó con las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colón.

5.3. Proceso metodológico

El proceso metodológico para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se describe en las siguientes fases, con el paso a paso de cada una.

Fase 1: Generar información de los sistemas de abastecimiento

Para el cumplimiento del primer objetivo primeramente se pretende recolectar información del estado en cantidad del agua de las tres Asadas en estudio mediante una recolecta de datos de cada uno de los sistemas con en el proyecto de extensión “Fortalecimiento de los procesos de planificación, formación y gestión participativa del agua en dos grupos de comunidades del distrito de Sardinal en coordinación con Asadas, Comités de Agua y actores clave de la gestión del agua”. Este trabajo se encuentra dentro de dicho proyecto de la Universidad Nacional. A partir de los datos reunidos, se realizaron balances hídricos para determinar la capacidad hídrica de los acueductos, mediante la calculadora de balance hídrico para Asadas del AyA y PNUD.

Fase 2: Síntesis hidrológica

Esta síntesis hidrológica se realizó mediante la recolecta informativa en la “Formulación del Plan de Acción para el Manejo y Protección del Acuífero de Sardinal, Guanacaste, Costa Rica”, elaborado por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara) en el año 2019 y del documento número 22 “Informe Técnico para la Gestión de la Seguridad Hídrica del Acuífero de Sardinal”, elaborado por el Comité Técnico Institucional de Sardinal en el año 2011, los cuales fueron realizados a partir del estudio hidrogeológico que realizó el Senara. En él se determinó la recarga y el rendimiento sostenible del acuífero de Sardinal de Carrillo. En esta síntesis, se definieron y analizaron las variables hidrológicas para identificar los mensajes claves para el estudio.

Fase 3: Identificación de áreas de protección

- **Áreas de protección de pozos:** en este caso se delimitó el área de protección de los pozos de cada Asada (Artola, Artolita y Nuevo Colón). Según Ramírez (2022), para determinar el radio de retiro de protección de un pozo, hay que tomar en cuenta que para el caso de pozos, una vez que se inicia el bombeo, se genera un gradiente inducido, que no es el mismo que el nivel original, por lo que el tiempo de tránsito se calcula (estado de equilibrio) con la siguiente ecuación (relación de continuidad):

$$Qt = \pi r^2 bn$$

$$r = \sqrt{\frac{Qt}{\pi bn}}$$

Donde;

$$\pi = 3.1415$$

r = radio m

Q = caudal m³/día

n = porosidad del acuífero

b = espesor del acuífero (m)

t= tiempo (días de bombeo, 70 o 100 días)

- **Áreas de protección de un tramo del cauce principal (río Sardinal):** la delimitación de las áreas de protección del cauce principal influente en las tres Asadas en estudio (ver figura 5.2) se realizó mediante la metodología para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos establecida por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos (INVU), el cual se realiza con el programa QGIS. Los insumos que se necesitan para la aplicación de esta metodología son curvas de nivel, red hídrica, ortofotos y modelos digitales de terrenos. En la figura 5.3 se muestran los pasos por seguir de la metodología del INVU.

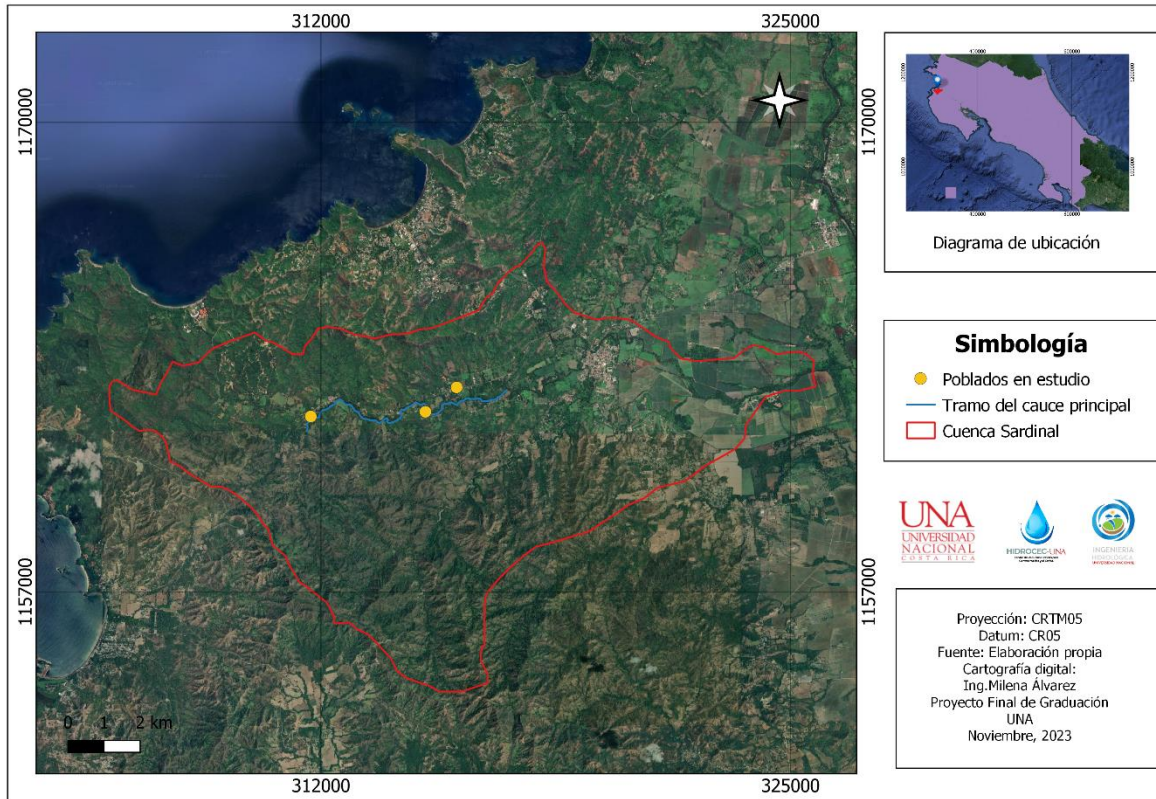


Figura 5.2. Mapa de ubicación del tramo a delimitar del río Sardinial.

Fuente: elaboración propia, 2023.

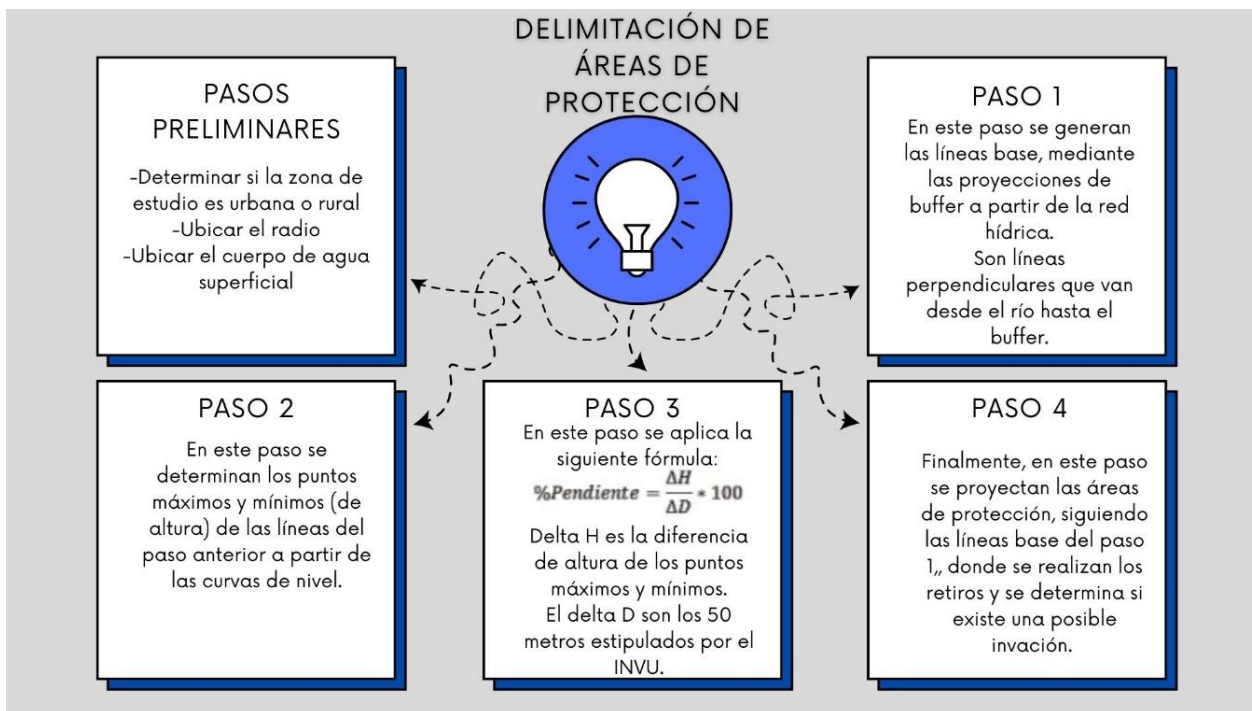


Figura 5.3. Pasos por seguir para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos.

Fuente: elaboración propia, 2023.

En el paso 1 conviene mencionar que las líneas base se generan de manera perpendicular al buffer y se ubican en lugares estratégicos en donde se logren observar cambios de pendiente.

En el paso 3, al aplicar la fórmula, si el resultado es superior al 40%, el terreno se define como quebrado y se declara área de protección una franja de 50 metros horizontales.

Fase 4: diseño de estrategia de fortalecimiento de capacidades para el conocimiento de condiciones hidrológicas para la Gestión Participativa del Agua

Para el diseño de la estrategia de fortalecimiento de capacidades de sensibilización hidrológica para la Gestión Participativa del Agua se realizaron los siguientes pasos (figura 5.4):

PLAN DE DISEÑO DE ESTRATEGIA

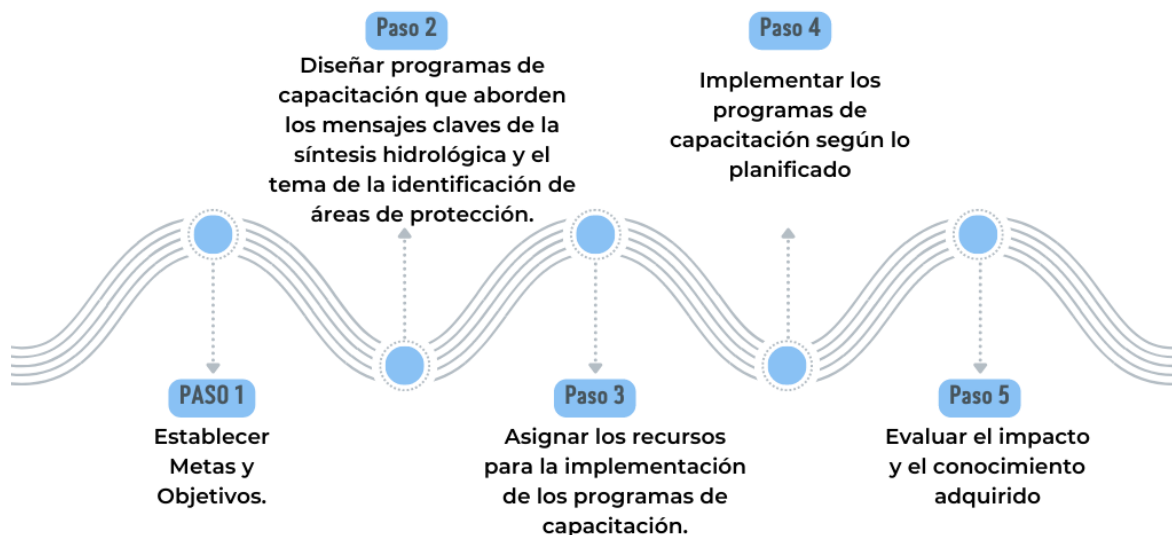


Figura 5.4. Plan de diseño de estrategia para fortalecimiento de capacidades.

Fuente: elaboración propia, 2023.

Para establecer las metas, los objetivos y diseñar los programas de capacitación, se tomó en cuenta la información obtenida del estudio hidrogeológico y para la evaluación de impacto y conocimiento, se realizó por medio de encuestas y pruebas adaptadas de aprendizaje.

Dentro de la estrategia de fortalecimiento de capacidades de Gestión Participativa del Agua, se elaboró material como infografías y videos educativos, con base en la información de la síntesis hidrológica y de las áreas de protección.

5.4.Métodos y herramientas seleccionados

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el capítulo 1, se recopiló información sobre el acuífero de Sardinal, así mismo, para realizar la identificación de áreas de protección, se obtuvieron insumos del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)

y se realizó con el *software* QGIS, mediante la metodología para la delimitación de áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos establecida por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos (INVU) y la metodología que utiliza el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. El diseño de la estrategia es mediante los resultados obtenidos de la síntesis hidrológica y de la información obtenida en la identificación de las áreas de protección.

Finalmente, para implementar y analizar la estrategia diseñada, se programaron giras de campo a las tres Asadas en estudio, donde se realizaron llamadas o mensajes de texto para la programación de estas giras, así como formularios adaptados para determinar el aprendizaje o las lecciones aprendidas dentro de la implementación de la estrategia.

5.5. Cronograma y ruta crítica

Se creó un cronograma que contempla el proceso del proyecto; desde su redacción hasta las actividades por realizar (figura 5.4).



Figura 5.5. Cronograma de actividades del proyecto.

Fuente: elaboración propia, 2023.

En el quinto capítulo se expuso la metodología por utilizar para el cumplimiento de los objetivos planteados en el capítulo 1 y se presentó el cronograma de actividades del proyecto, con lo cual se debió cumplir con las actividades propuestas para el alcance de los objetivos.

Capítulo 6. RESULTADOS y DISCUSIÓN

En el sexto capítulo se muestran los resultados obtenidos, según lo establecido en la metodología y se presenta la discusión de los principales hallazgos del estudio, los objetivos y la metodología propuesta.

6.1. Análisis de resultados

Se presentan los resultados de acuerdo con la metodología propuesta en el apartado 5.1 del proyecto.

6.1.1. Fase 1: Generar información de los sistemas de abastecimiento

A partir de la recolección de datos necesarios para la realización de los balances hídricos, se estimó la capacidad hídrica de los acueductos de Artola y Nuevo Colón, mediante la calculadora de balance hídrico para Asadas, la cual es una herramienta generada a través de un esfuerzo en conjunto de la UEN de Gestión de Asadas del AyA y el PNUD, dentro del marco del Proyecto de *Fortalecimiento de acueductos comunales*, con insumos de datos brindados por las mismas Asadas en estudio.

Las dos Asadas cuentan con mediciones mensuales del consumo de cada casa (micromediciones). De la misma forma, la Asada de Artola cuenta con las mediciones mensuales de consumo (macro mediciones), mientras que la Asada de Nuevo Colón no cuenta con macro mediciones. El caudal de abastecimiento de las Asadas de Artola y Nuevo Colón es de 9,09 l/s y 3,30 l/s, respectivamente.

Para el caso de la Asada de Artola, para el cálculo del agua no contabilizada se necesitan las micromediciones, por lo que se realizó con el valor que propone la calculadora, dado que la Asada no proporcionó los datos, por razones desconocidas.

La información que se muestra en el cuadro 6.1 corresponde a intervalos de cinco años durante 20 años, donde se proyecta el aumento de los servicios y, con ello, la demanda también aumenta. Lo que el balance hídrico muestra en su interpretación es la situación de cada Asada. En los anexos 5 y 6 se muestran las proyecciones de demanda y producción en un gráfico, donde se observan las diferencias que existen entre ambas.

En Nuevo Colón, en 20 años habrá un incremento de servicios correspondiente a 86 servicios nuevos y la Asada de Artola tendrá un incremento de 218 servicios en 20 años

proyectados. En los anexos 3 y 4 se observa el crecimiento poblacional de cada Asada en forma de gráfico.

Cuadro 6.1. Proyecciones de demanda y producción cada 5 años de las ASADAS de Nuevo Colón y Artola.

ASADA	Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/S)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación
Nuevo Colón	2023	163	2,83	3,30	0,47	Buscar nuevas fuentes
	2028	182	3,15	3,30	0,15	Buscar nuevas fuentes
	2033	201	3,49	3,30	-0,19	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
	2038	224	3,88	3,30	-0,58	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
	2043	249	4,31	3,30	-1,01	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
Artola	2023	419	4,00	9,09	5,09	ASADA cuenta con capacidad para nuevos servicios
	2028	466	4,44	9,09	4,65	ASADA cuenta con capacidad para nuevos servicios
	2033	517	4,93	9,09	4,16	ASADA cuenta con capacidad para nuevos servicios
	2038	574	5,48	9,09	3,62	ASADA cuenta con capacidad para nuevos servicios
	2043	637	6,08	9,09	3,01	ASADA cuenta con capacidad para nuevos servicios

Fuente: AYA y PNUD, 2019.

Con respecto al cuadro anterior, en la Asada de Nuevo Colón se denota la urgencia de buscar nuevas fuentes de abastecimiento desde el año presente hasta el 2028. Para el 2033 se prevé que la situación sea más urgente, dado que se presentaría un desabastecimiento, por lo que se tendría que racionar el agua en búsqueda de sustentar a la comunidad. Y respecto de la Asada de Artola, se evidencia que con la producción que cuentan es suficiente para abastecer a la población y tiene la capacidad para nuevos servicios.

Un componente importante en las Asadas son los tanques de almacenamiento, dado que son los que regulan y almacenan el agua del acueducto; este volumen de agua total que se determina se compone de volumen de regulación, de incendios y de interrupciones.

En el cuadro 6.2 se muestra la proyección de almacenamiento para el acueducto de Nuevo Colón, donde se determina el volumen que se ajusta más, según la proyección de demanda.

Cuadro 6.2. Proyecciones de volúmenes en m³ de almacenamiento de agua para la ASADA de Nuevo Colón.

Año	2023	2028	2033	2038	2043
Volumen Regulación	29	32	35	39	43
Volumen de Incendio*	22	22	22	22	22
Volumen Interrupciones	34	38	42	47	52
VOLUMEN TOTAL	85	92	99	108	117

Fuente: AYA y PNUD, 2019.

Actualmente, la Asada de Nuevo Colón cuenta con dos tanques de almacenamiento; uno de 25m³ y otro de 35m³, por lo que requerirá realizar un aumento en el volumen de almacenamiento, como se observa en el cuadro 6.2, ante la necesidad de invertir en otro tanque de almacenamiento, de acuerdo con la proyección.

En el cuadro 6.3 se muestra la proyección de almacenamiento para el acueducto de Artola, donde se determina el volumen que se ajusta más, según la proyección de demanda.

Cuadro 6.3. Proyecciones de volúmenes en m³ de almacenamiento de agua para la Asada de Artola.

Año	2023	2028	2033	2038	2043
Volumen Regulación	40	45	50	55	61
Volumen de Incendio*	22	22	22	22	22
Volumen Interrupciones	48	53	59	66	73
VOLUMEN TOTAL	110	120	131	143	156

Fuente: AyA y PNUD, 2019.

Actualmente, la Asada de Artola cuenta con dos tanques de almacenamiento; uno de 100m³ y otro de 42m³, por lo que se observa en el cuadro 6.3 que la Asada cuenta con la capacidad de almacenamiento; sin embargo, es necesario que se vaya pensando en aumentar el almacenaje por la proyección que se estima para el año 2038.

Para el caso de la Asada de Artolita, no se determinó el balance hídrico, dado que esta no cuenta con la prueba de bombeo, por lo que no se sabe la producción con la que cuenta el pozo de dicha Asada. Para este caso, solo se proyectaron los volúmenes de almacenamiento según la proyección de la demanda, la cual sí se determinó con las micromediciones brindadas por la Asada. Las proyecciones de demanda se muestran en el cuadro 6.4 y la de almacenaje en el cuadro 6.5. Así mismo, en los anexos 7 y 8 se muestran los gráficos de crecimiento poblacional y de demanda.

Cuadro 6.4. Proyecciones de demanda de la Asada de Artolita.

Año	Servicios	Demanda l/s
2023	98	0,76
2028	109	0,84
2033	121	0,93
2038	135	1,03
2043	150	1,15

Fuente: AyA y PNUD, 2019.

Cuadro 6.5. Proyecciones de volúmenes en m³ de almacenamiento de agua para la Asada de Artolita.

Año	2023	2028	2033	2038	2043
Volumen Regulación	8	8	9	10	12
Volumen de Incendio*	22	22	22	22	22
Volumen Interrupciones	9	10	11	12	14
VOLUMEN TOTAL	39	41	43	45	47

Fuente: AyA y PNUD, 2019.

Actualmente, la Asada de Artolita cuenta con un tanque de almacenamiento de 60 m³, por lo que no se requiere de un aumento en almacenaje de agua, dado que en las proyecciones que se muestran en el cuadro 6.5, el volumen más alto para almacenamiento es de 47 m³.

6.1.1.Fase 2: síntesis hidrológica

La síntesis hidrológica con base en el *Estudio determinación de la recarga y rendimiento sostenible del acuífero Sardinal, Carrillo, Guanacaste-Senara* de noviembre de 2011, se realizó con el fin de mostrar a las Asadas las condiciones del acuífero de Sardinal y, así, fortalecer las capacidades de Gestión Participativa del Agua (GPA) de los miembros de las Asadas en estudio.

Cuadro 6.6. Síntesis del estudio hidrogeológico de Sardinal de 2011.

Método de balance	Resumen de metodología	Caudal instantáneo (l/s)	% de la precipitación	Rendimiento sostenible
Balance hídrico de suelos.	Datos meteorológicos (datos tomados del “Estudio hidrogeológico, balance hídrico y modelo conceptual, Acuífero Sardinal” (Schosinsky, 2008) y de suelos (pruebas de infiltración por la CTI y a partir de estudios anteriores). Este método se realiza a partir de la lluvia infiltrada para, así, determinar la lluvia que recarga el acuífero.	1120	23	A partir de los resultados obtenidos en el estudio hidrogeológico, se determinó que al acuífero se le podría extraer un caudal de 440 l/s, lo que equivale al 10,52% de la precipitación.
Hidrograma de ríos.	Datos hidrológicos (con limnógrafos instalados, aforos) y de lluvia (estación pluviométrica). Este método se realiza mediante un seguimiento y registro del caudal de un río en respuesta de la lluvia para obtener el comportamiento de la escorrentía.	1182	18	Para la actualidad (2011) del estudio, se determinó un caudal de extracción de 231 L/s y 70 L/s adicionales.
Hidrograma de pozos.	Datos: niveles de agua (nivel más bajo y más alto) subterránea en 36 pozos (monitoreo desde 2009). Este método se realiza utilizando las variaciones de nivel mínimo y máximo obtenido en los hidrogramas para obtener la lámina de recarga.	1100	26	Por lo tanto, se concluye que el acuífero se encuentra dentro de las condiciones necesarias.

Fuente: elaboración propia con insumos del estudio hidrogeológico (2011), 2023.

Para la socialización de este tema hacia los miembros de las Asadas en estudio, se realizaron dos infografías como material didáctico, para la implementación de los talleres (ver anexo 1).

6.1.2.Fase 3: Identificación de áreas de protección

En este apartado se muestran los resultados de las delimitaciones de áreas de protección de un tramo del río Sardinal (área de influencia de las Asadas) y de los pozos de las Asadas en estudio.

- **Área de protección de un tramo del río Sardinal**

En el cuadro 6.7 se observan los resultados de las áreas de protección y de aparente invasión que fueron obtenidas para un tramo del río Sardinal, mediante el programa QGIS con la aplicación de la metodología para la delimitación digital de las áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos del INVU y el PNUD.

Cuadro 6.7. Áreas de protección y de invasión de un tramo del río Sardinal.

Área en	Área en km2
Protección	0,244
Aparente invasión	0,002
% de área de invasión	0,870

Fuente: elaboración propia, 2023.

En los cuadros 6.8 y 6.9 se muestran los resultados de las pendientes de las líneas perpendiculares al río, según la delimitación de las áreas de protección, como se establece en la metodología y, al realizar el cálculo de pendiente de estas, se obtuvieron resultados de pendientes menores al 40%, lo que corresponde a un retiro de 10 m y 15 m, según sea zona rural o zona urbana respectivamente, a excepción de la línea número 30 en el margen derecho y la línea 58 en el margen izquierdo.

Cuadro 6.8. Porcentaje de pendiente de las líneas trazadas en el margen derecho.

Líneas de margen derecho	Altura máxima	Altura mínima	% de pendiente
1	90	80	20
2	90	80	20
3	90	80	20
4	90	80	20
5	86	80	12
6	86	80	12
7	90	80	20
8	84	80	8
9	90	80	20
10	88	80	16
11	84	80	8
12	84	80	8
13	78	74	8
14	74	70	8

15	76	70	12
16	76	70	12
17	74	70	8
18	80	70	20
19	76	70	12
20	74	70	8
21	70	66	8
22	66	60	12
23	70	60	20
24	70	60	20
25	68	60	16
26	66	60	12
27	64	60	8
28	66	60	12
29	74	64	20
30	86	62	48
31	76	60	32
32	68	60	16
33	64	60	8
34	70	60	20
35	70	60	20
36	68	60	16
37	76	60	32
38	68	60	16
39	64	60	8

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Cuadro 6.9. Porcentaje de pendiente de las líneas trazadas en el margen izquierdo.

Líneas margen izquierdo	Altura máxima	Altura mínima	% pendiente
40	82	80	4
41	80	76	8
42	78	72	12
43	82	70	24
44	90	74	32
45	88	74	28
46	84	70	28
47	84	70	28
48	80	70	20
49	76	70	12
50	88	70	36
51	84	70	28
52	86	70	32
53	84	72	24
54	88	72	32
55	84	72	24
56	78	70	16
57	80	70	20
58	92	70	44
59	78	70	16
60	84	70	28
61	78	70	16
62	70	64	12
63	82	64	36
64	94	64	60
65	82	64	36
66	72	62	20
67	70	62	16

Fuente: elaboración propia, 2023.

Al encontrarse el terreno con pendientes bajas, los resultados de las áreas de protección corresponden a un 77% con un retiro de 15 m del área total de áreas de protección.

Cuadro 6.10. Áreas de protección según el retiro establecido por la metodología.

Retiro de protección	Área en km2	% de área
50m	0,0050	2,047
10m	0,0508	20,79
15m	0,1885	77,16

Fuente: elaboración propia, 2023.

Cabe resaltar, como se menciona en la metodología para la delimitación digital de las áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos, que es importante apoyarse de otras herramientas complementarias para determinar con certeza el porcentaje de área de protección invadida, de acuerdo con los términos de los artículos 33, 34 y 58 de la Ley Forestal N.º 7575.

En la figura 6.1 se muestran los retiros de protección de un tramo del río Sardinal, así como sus aparentes invasiones.

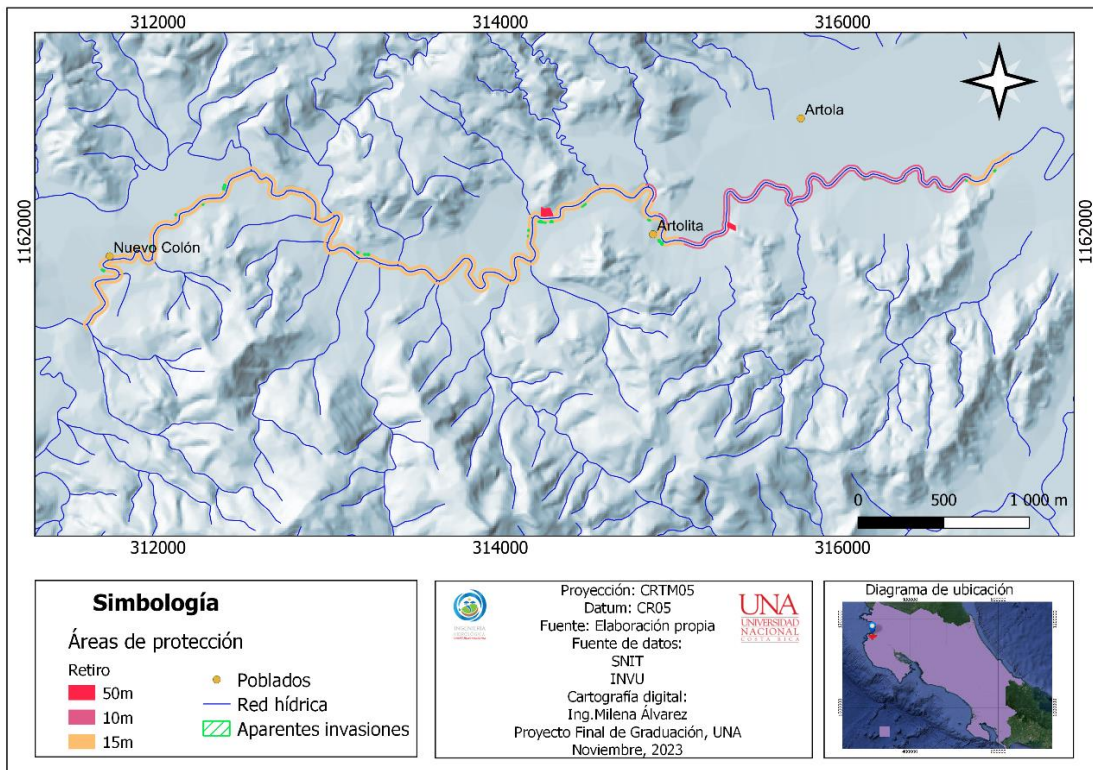


Figura 6.1. Áreas de protección de un tramo del río Sardinal.

Fuente: elaboración propia, 2023.

- **Área de protección de pozos**

En el cuadro 6.11 se observan los resultados al aplicar la fórmula de radio fijo, expuesta en la fase 3 de la sección 5.3. En las figuras 6.2 y 6.3 se muestran los radios fijos de protección para los pozos de Nuevo Colón y Artola, con el radio de protección que se establece en la Ley de Aguas y el radio de protección absoluta.

Cuadro 6.11. Áreas de protección de pozos.

ASADA	Radio fijo de protección
Artola	48,30m
Nuevo Colón	29,10m

Fuente: elaboración propia, 2023.

En el cuadro anterior se logra observar que, en el caso del pozo de Nuevo Colón, el radio de protección es menor que el radio de protección del pozo de Artola; esto se da porque el caudal de el pozo de Artola es mayor, pues corresponde a 9,09l/s y el caso del pozo de Nuevo Colón es de 3,3 l/s.

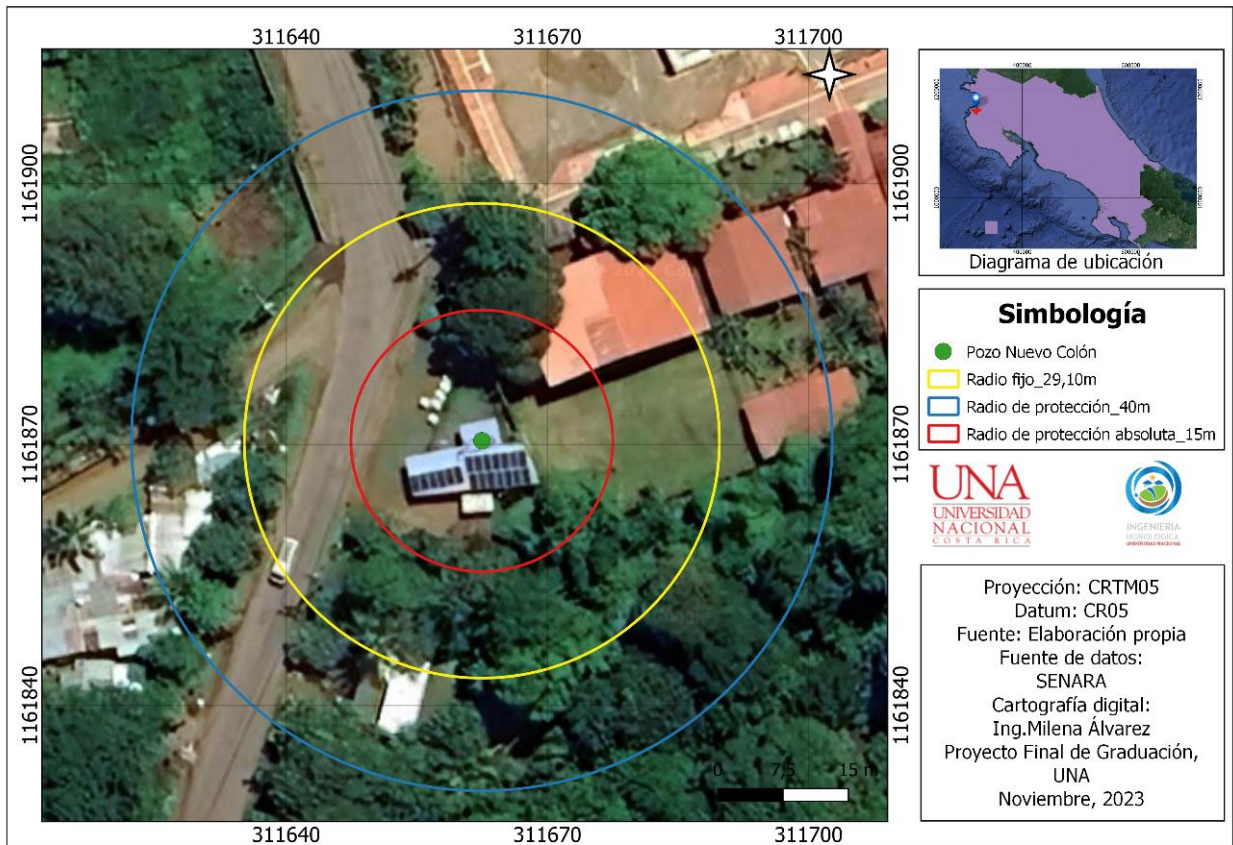


Figura 6.2. Áreas de protección para el pozo de la Asada de Nuevo Colón.

Fuente: elaboración propia, 2023.

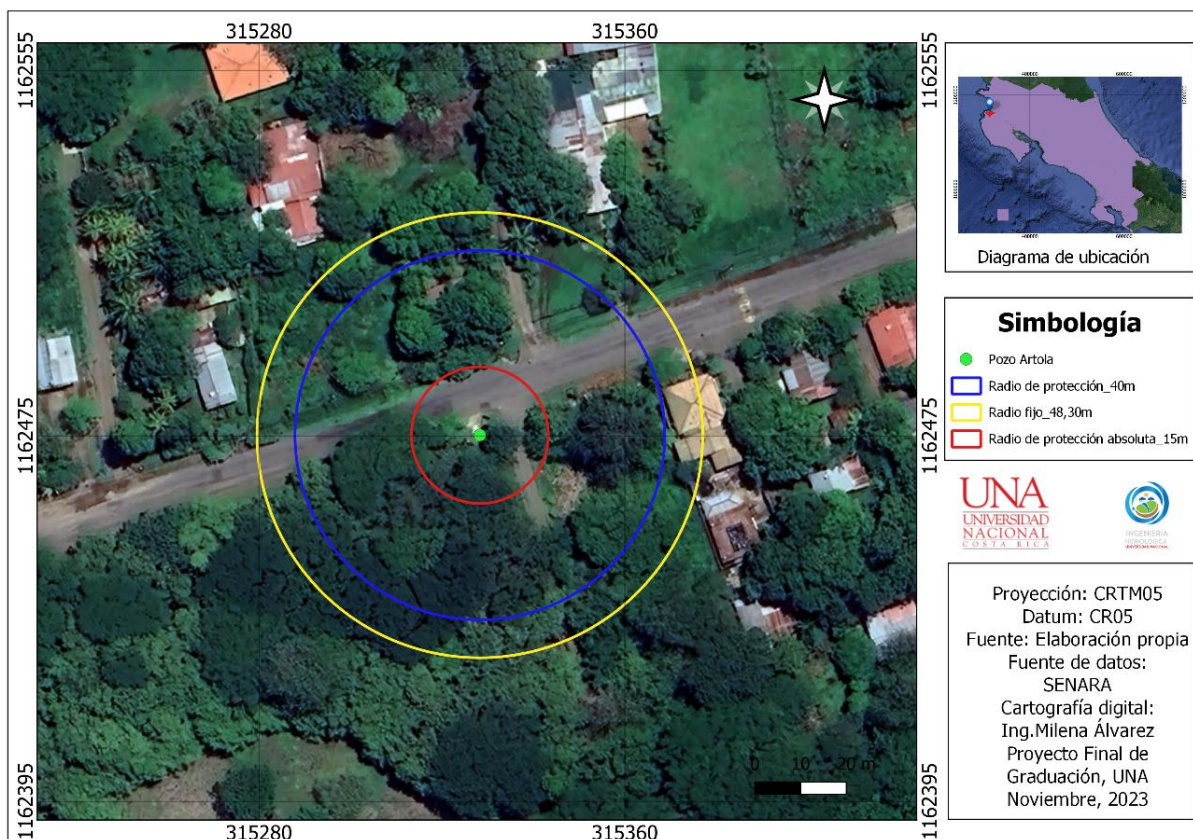


Figura 6.3. Áreas de protección para el pozo de la Asada de Artola.

Fuente: elaboración propia, 2023.

Para el caso de la Asada de Artolita, no se logró realizar el cálculo de radio fijo, dado que esta no cuenta con la respectiva prueba de bombeo y, a falta de esta información, no es posible realizar el análisis respectivo de área de protección de pozos, por lo que se destaca la importancia de contar con datos como estos.

6.1.3. Fase 4: diseño de estrategia de fortalecimiento de capacidades para la gestión participativa del agua

A continuación, se muestra la estrategia realizada conforme fue planteada en la figura 5.4, correspondiente al plan de diseño de la estrategia. El nombre que lleva la estrategia corresponde a FC-GPA, lo que concierne al *Fortalecimiento de capacidades para la Gestión Participativa del Agua*.

En la figura 6.4 se muestra la visión, la misión, los objetivos, las metas de la estrategia y los indicadores KPIs, lo cual corresponde al paso 1 del plan de diseño de estrategia.

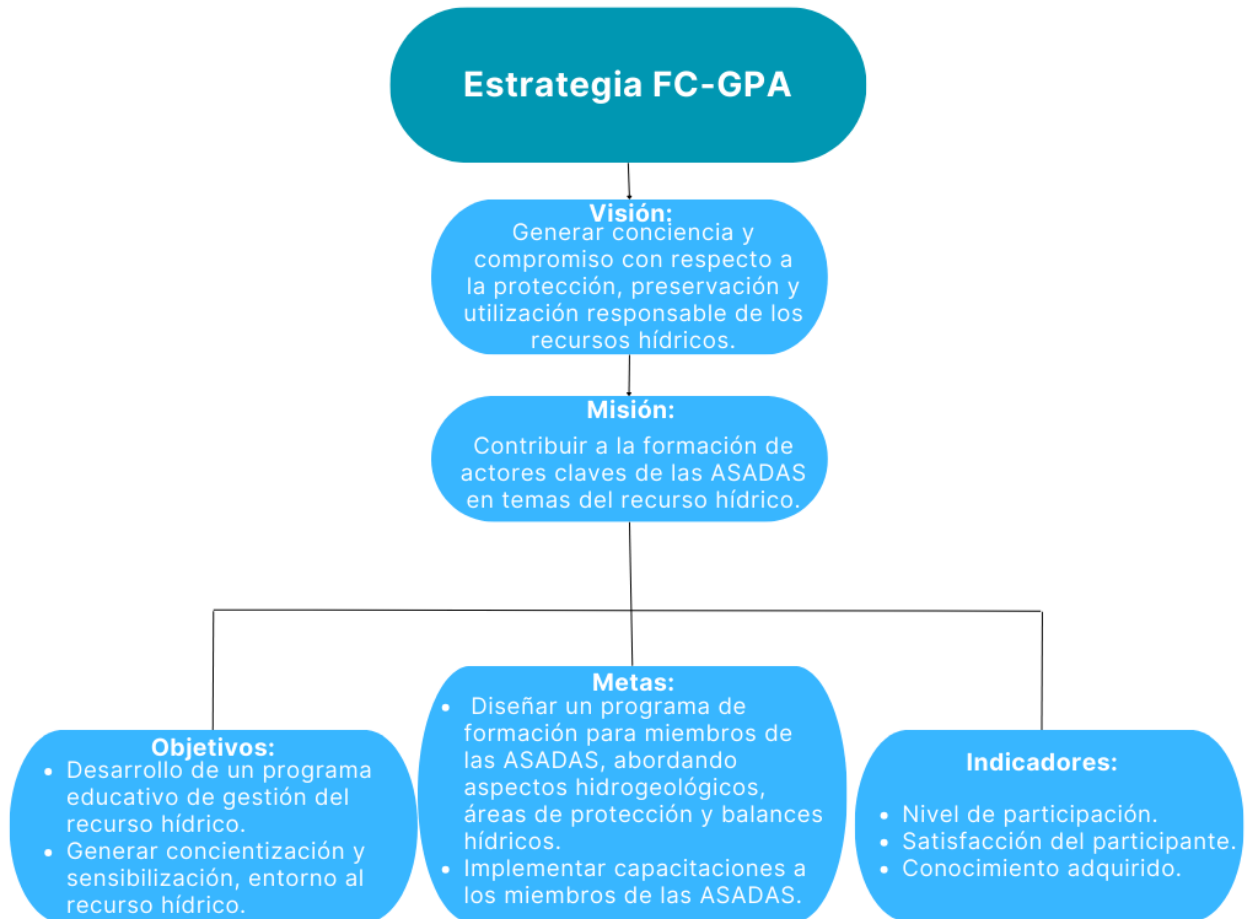


Figura 6.4. Paso 1 del plan de diseño de estrategia FC-GPA.

Fuente: elaboración propia, 2023.

Con respecto a los pasos 2 y 3 del plan de diseño de estrategia, se realizó un diseño metodológico para el desarrollo de las capacitaciones por implementar en las Asadas de estudio, el cual se presenta en el anexo 2.

De acuerdo con los pasos 4 y 5 del plan de diseño de estrategia, las capacitaciones del estudio hidrogeológico y las áreas de protección, se realizaron por aparte de los balances hídricos. En las figuras 6.5 y 6.6 se presentan fotos tomadas en la implementación de estos talleres. Para la evaluación de impacto de conocimiento de las capacitaciones, se aplicaron encuestas, con preguntas cerradas, las cuales se muestran a continuación.

Las siguientes preguntas se realizaron para miembros que asistieron a la capacitación de áreas de protección y del estudio hidrogeológico de Sardinal.

1. ¿Reconoce usted la importancia de los estudios hidrogeológicos?

2. ¿Considera usted que es necesario que las Asadas deban tener conocimiento sobre las condiciones hidrogeológicas del acuífero de Sardinal?
3. ¿Reconoce usted la importancia de las áreas de protección de ríos y pozos?
4. ¿Considera usted que es necesario que las Asadas deban tener conocimiento sobre las áreas de protección?

Los participantes de la capacitación del estudio hidrogeológico y de áreas de protección fueron miembros de la Asada de Nuevo Colón y de Artola, para un total de seis personas, quienes respondieron a un “sí” en su totalidad a las preguntas.

Para el caso de la capacitación del balance hídrico, en el taller aplicado a la Asada de Nuevo Colón, se aplicaron las siguientes preguntas como evaluación de impacto de conocimiento.

1. ¿Reconoce usted la importancia de los balances hídricos para Asadas?
2. ¿Considera usted que es necesario que las Asadas conozcan la capacidad hídrica del acueducto?

Los participantes de esta capacitación fueron miembros de la Asada de Nuevo Colón, para un total de tres personas, quienes respondieron a un “sí” en su totalidad a las preguntas.

En las capacitaciones, de manera personal se realizaron preguntas abiertas para determinar si los temas habían sido comprendidos y las respuestas fueron positivas, según lo que se esperaba.



Figura 6.5. Implementación de la estrategia de capacitación en el campus Liberia con participantes de las Asadas.



Figura 6.6. Implementación de la estrategia de capacitación en la Asada de Nuevo Colón, Sardinal Guanacaste.

Las capacitaciones de balance hídrico de las Asadas de Artola y Artolita no se lograron realizar, debido a la falta de disposición y tiempo de los miembros. Sin embargo, la información se hizo llegar a las Asadas, teniendo en cuenta que si estos cuentan con alguna duda, se pueden contactar con la persona sustentante del proyecto.

6.2.Discusión

En los siguientes apartados se muestra la discusión con respecto a los principales hallazgos, objetivos y a la metodología propuesta en el capítulo 5.

6.2.1.Principales hallazgos

- **Sobre la investigación de campo**

Al realizar las visitas a las Asadas, de manera generalizada, en las tres comunidades se muestra un desconocimiento por el estudio hidrogeológico debido a que son temas muy técnicos y difíciles de interpretar; así mismo, cuentan con poco conocimiento sobre el tema de áreas de protección. Por ende, se decidió realizar una serie de capacitaciones sobre estos temas para el fortalecimiento de capacidades en el marco de la Gestión Participativa del Agua.

Las tres Asadas, de manera general, según los operarios y miembros de la junta, no cuentan con conocimiento sobre cómo realizar balances hídricos para Asadas ni cuentan con ello. Por ende, se decidió realizar la recolección de datos y, así, generar los balances hídricos de las Asadas mediante la calculadora de balance hídrico para Asadas del AYA y del PNUD. Se determinó que, para dentro de 20 años, la Asada de Nuevo Colón necesita buscar nuevas fuentes, dado que el balance hídrico es de -1,01 l/s y para el caso de la Asada de Artola es de 3,01 l/s y, para el caso de la Asada de Artolita, no se realiza el balance alguno, debido a no se cuenta con el dato de la producción del pozo.

- **Sobre los balances hídricos**

En el caso de la Asada de Nuevo Colón, el resultado del balance hídrico (cuadro 6.1) refleja que para el año actual (2023) y para los próximos 20 años hay una situación urgente, debido a que se proyecta una demanda creciente que amenaza con superar la capacidad hídrica de producción (3,30 l/s) con la que cuenta el acueducto, dado que para el 2023, el balance hídrico es de 0,47 l/s, por lo que se deberá ir buscando nuevas fuentes de abastecimiento, como la perforación de un nuevo pozo, así como la inversión en un tanque de almacenamiento que permita almacenar el volumen que se proyecta para ese acueducto.

Para el caso de la Asada de Artola, el resultado del balance hídrico (cuadro 6.1) refleja que para los próximos 20 años el acueducto no superará la capacidad hídrica de producción (9,09 l/s) para brindar nuevos servicios, dado que para el año 2043 el balance

hídrico es de 3,01 l/s, por lo que no existe urgencia en buscar nuevas fuentes de abastecimiento.

En cuanto a volumen de almacenamiento, es necesario que se considere aumentarlo, puesto que las proyecciones reflejan para el año 2038 un aumento necesario con respecto al almacenaje actual.

La Asada de Artolita no cuenta con el dato de producción del pozo, por lo que no se logró realizar el balance hídrico; sin embargo, se realizó el cálculo de demanda (cuadro 6.4), de modo que para el año 2043 una proyección de demanda de 1,5 l/s y las proyecciones del volumen de almacenamiento (cuadro 6.5) reflejan una proyección de 47 m³; en este caso, el acueducto no necesita aumentar el volumen de almacenamiento.

En comparación, las tres Asadas se encuentran en situaciones muy distintas en cuanto a la capacidad hídrica y volumen de almacenamiento; sin embargo, en todas se evidencia que existe una faltante de datos necesarios para poder realizar estimaciones que se aproximen mejor a la realidad, como lo son datos de macromedición, micromedición y, en un caso, el de la producción del pozo.

- **Sobre la identificación de áreas de protección**

Respecto de las áreas de protección del tramo del río Sardinal en el área de influencia de las tres Asadas, se determina un área de aparente invasión de 0,002147 km² de un total de área de protección de 0,244 km². Esto se debe a las bajas pendientes que existen en el área de estudio, entonces, un alto porcentaje del área de los retiros corresponde a 15 m y a 10 m, además de que son comunidades que no se encuentran muy urbanizadas. Conviene mencionar que los ríos son sistemas que están sujetos a procesos de cambios en su cauce.

En el caso del río Sardinal, existen pendientes muy bajas, por lo que el río es propenso a alteraciones, ya sea por eventos naturales o por actividades antropogénicas, por lo que las aparentes invasiones detectadas podrían encontrarse en riesgo o bien, ser descartadas en estudios de territorios más ajustados a las condiciones reales del momento.

Al realizar el cálculo de radio fijo de protección para los pozos de Nuevo Colón y Artola, se obtienen resultados de 29,10 m y 48,30 m, respectivamente. Este radio es un área de protección bacteriológica del pozo, el cual se debe respetar para que no existan

contaminaciones en el agua que se extrae; sin embargo, no está siendo respetada como se logra observar en las figuras 6.2 y 6.3.

En el caso de Artola, se observa que es un radio mayor al que se establece en la ley de aguas del radio de protección de 40 m y, en el caso del pozo de Nuevo Colón, es menor a ese radio establecido. Para ambos casos, conviene tener en cuenta el radio de protección absoluta, que corresponde a 15 m, la cual evidencia que para el caso del pozo de Nuevo Colón, no está siendo respetada y para el caso de Artola, sí se respeta, como se observa en las figuras 6.2 y 6.3.

- **Sobre la estrategia de fortalecimiento de capacidades para la Gestión Participativa del agua**

Respecto de la implementación de los talleres, los resultados fueron positivos y, aunque hubo participación, la cantidad de personas que asistieron fue poca. Sin duda, fue provechoso para los que asistieron, quienes asistieron se mostraron interesados en los temas de las capacitaciones y, además, hubo bastantes intervenciones por parte de los miembros de las Asadas, lo que refleja el interés de mejorar la gestión integral del recurso hídrico.

Cabe decir que, al realizar una de las capacitaciones con la Asada de Nuevo Colón y presentar los resultados sobre el balance hídrico, los miembros participantes, entre ellos la administradora, el presidente y el vicepresidente, manifestaron que desde hace un tiempo tienen el interés de perforar un nuevo pozo o ampliar el que se encuentra en funcionamiento.

6.3.2. Respecto de los objetivos

Los resultados obtenidos hasta el momento han dado respuesta a los objetivos planteados de manera parcial, lo cual se detalla a continuación:

- Objetivo 1: a través de la recopilación de bibliografía y la aplicación de metodologías, se obtienen los resultados de la síntesis hidrológica y la identificación de áreas de protección, los cuales se reflejan en las figuras 6.1, 6.2, 6.3 y en el cuadro 6.6. En el caso de los balances hídricos, estos se evidencian en el cuadro 6.1. Este objetivo se logra de manera parcial, dado que, en el caso de la Asada de Artolita, no cuenta con prueba de bombeo, por lo que no se realizó el balance hídrico y no se determinó el radio fijo de protección del pozo; sin embargo, se realizó el cálculo de la demanda

de agua y las proyecciones de almacenamiento, lo que se evidencia en los cuadros 6.4 y 6.5.

- Objetivo 2: se logró diseñar la estrategia de fortalecimiento de capacidades para la Gestión Participativa del Agua, llevando el nombre de *Estrategia FC-GPA*, la cual se evidencia en la figura 6.4.
- Objetivo 3: mediante la implementación de las capacitaciones, se logra el objetivo de manera parcial, dado que no todas las capacitaciones se lograron implementar por falta de disponibilidad de los miembros de las Asadas y la evidencia de las capacitaciones se encuentra en las figuras 6.5 y 6.6.

6.3.3. Respetto de la metodología

Los resultados obtenidos en función del diseño metodológico del proyecto han sido conforme a lo planeado, en su mayoría. La síntesis hidrológica y su comunicación con las Asadas se logró de acuerdo con lo planeado, puesto que consistía en recopilar información.

La identificación de áreas de protección de un tramo del río Sardinal se logró completar mediante la metodología del INVU; sin embargo, esta metodología se puede apoyar en otras herramientas complementarias. Con respecto al método empleado para determinar el radio fijo de protección de los pozos, cabe decir que se logró aplicar de manera correcta, porque se contaba con los insumos necesarios para ello; sin embargo, algunos fueron tomados de manera teórica.

La realización de los balances hídricos no estaba contemplada dentro de la metodología de este proyecto, pero conviene mencionar que con la calculadora del AyA y del PNUD se logró determinar la capacidad hídrica de la Asada de Nuevo Colón y se aplicó de manera correcta con insumos de las Asadas. Esta calculadora es útil porque permite determinar si la Asada requiere buscar nuevas fuentes de abastecimiento que puedan sumarse al acueducto, además de permitirle al acueducto conocer la capacidad de abastecimiento, si puede incorporar nuevos servicios.

Con respecto al diseño e implementación de una estrategia de fortalecimiento de capacidades, la manera en la que fue planteada la metodología fue acertada, pues hasta el momento se logró de forma parcial la implementación de capacitaciones para la sensibilización y concientización con respecto al recurso hídrico, con resultados satisfactorios para los miembros de las Asadas. Sin embargo, se podría lograr que más

personas se vean involucradas, al aplicar nuevas dinámicas que fomenten la gestión participativa del agua.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta la última sección del reporte del proyecto que se realizó, la cual corresponde a las conclusiones y recomendaciones.

7.1.Conclusiones

En este apartado se presentan las conclusiones generales y por actores claves del proyecto.

7.1.1.Generales

Al realizar las visitas de campo para conocer la situación de las Asadas, queda claro que existe desconocimiento en cuanto a criterios técnicos relacionados con tópicos hidrogeológicos, áreas de protección y la elaboración de los balances hídricos. La decisión de implementar capacitaciones para fortalecer las capacidades en estos aspectos es un paso fundamental hacia una gestión más informada y participativa del recurso hídrico en las comunidades.

Se da por entendido que el bajo porcentaje de aparente invasión identificado en los retiros determinados para el tramo en estudio del río Sardinal está relacionado con una baja densidad poblacional en las comunidades y, a su vez, con los criterios establecidos por la Ley Forestal N.º 7575, en su artículo 33, que señala que, para casos de baja pendiente en las riberas de ríos o quebradas, se deben contemplar franjas que varían entre los 10 metros y 15 metros, dependiendo de si se trata de una zona urbana o rural.

7.1.2.Por actores claves

- **Asadas**

Con respecto a la Asada de Nuevo Colón, al realizar el balance hídrico, se determinó que requieren buscar nuevas fuentes de abastecimiento que puedan ser interconectadas en la red, puesto que para el año 2023 se obtuvo un balance hídrico de 0,47 l/s y para los 20 años a futuro un balance hídrico de -1,01 l/s. También es necesaria la ampliación de sus tanques para un mayor almacenamiento del agua de acuerdo con la proyección, dado que actualmente cuentan con 60 m³ y se determinó que requieren un volumen de almacenaje de 85 m³.

Para el caso de la Asada de Artola, al realizar el balance hídrico, se determinó que cuenta con la capacidad hídrica para brindar nuevos servicios, en vista de que se proyecta a 20 años un balance hídrico de 3,01 l/s. En el caso del volumen de almacenamiento que se proyecta, para el año 2038 la Asada necesita ampliar su volumen de almacenaje, el cual es de 142 m³.

Se evidenció que en los radios fijos determinados de las Asadas de Nuevo Colón (29,10 m) y Artola (48,30 m) no se está cumpliendo con los establecimientos para la protección de los pozos, por lo que se requiere dar un seguimiento a esto en la búsqueda de prevenir problemas de contaminación. Así mismo, se deja en evidencia que la Asada de Artolita no cuenta con la prueba de bombeo, por lo que no se logró determinar el radio fijo para ese pozo, por ende, se considera que se debe respetar el radio de protección de 40 m, según la Ley de aguas.

- **Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)**

El AyA brinda herramientas importantes para la gestión de los acueductos comunales, entre ellas la calculadora de balance hídrico para las Asadas. Gracias a ella, se logró estimar la capacidad hídrica con sus proyecciones a 20 años cada cinco años para la Asada de Nuevo Colón (-1,01 l/s a 20 años) y de Artola (3,01 l/s a 20 años). Esta herramienta es desconocida por las Asadas en estudio y que puede ser muy provechosa para generar información relevante para la gestión del recurso hídrico.

- **Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (Hidrocec)**

El Hidrocec ha sido un acompañante importante para las Asadas de este estudio, en cuanto a aspectos técnicos y sociales, los cuales han sido fundamentales, dado que han brindado muestreos de calidad de agua, charlas y talleres a niños y adultos sobre aspectos hidrogeológicos e hidrológicos, lo que brinda un fortalecimiento de capacidades de los acueductos y de sus comunidades.

De la misma forma, personas externas a las comunidades se llegan a ver involucradas en el fortalecimiento de la gestión participativa del agua en estas zonas; como es el caso de este proyecto, que es apoyado por el Hidrocec. Sin duda, permite que estudiantes y profesionales contribuyan y sean actores de gran importancia en la búsqueda de la gestión integral del recurso hídrico en estas comunidades.

- **Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara)**

El Senara es un ente importante para las Asadas en estudio, dado que brinda información sobre aspectos técnicos, metodologías y guías para el manejo del recurso hídrico. Para el caso de este estudio, se utilizó la metodología para la determinación del radio fijo para protección de pozos, lo que da a conocer la situación de los pozos de las Asadas de Nuevo Colón y Artola. Además, el Senara tuvo un papel importante en este proyecto, al apoyar en las capacitaciones relacionadas con la hidrogeología, como lo fue la relativa a conceptos básicos sobre acuíferos y la situación actual del acuífero de Sardinal, la cual es una capacitación con mucha importancia en la Asada de Sardinal, debido a las situaciones de conflictos que han ocurrido en torno a este acuífero.

7.2.Recomendaciones

En este apartado se presentan las recomendaciones generales y las recomendaciones por actores claves del proyecto.

7.2.1.Generales

Se recomienda dotar a las Asadas con el conocimiento necesario sobre temas relacionados con el recurso hídrico. La Asada de Artolita posee un nivel de conocimiento más bajo que las Asadas de Artola y Nuevo Colón, por lo que es conveniente promover la toma de decisiones más informadas y la aplicación de estrategias más efectivas para la administración del agua en las comunidades. Así mismo, se recomienda algunas acciones claves para abordar la necesidad de estas comunidades sobre el conocimiento de temas hidrológicos que son importantes en la gestión del agua, para beneficio de las mismas personas usuarias; estas acciones se detallan en las recomendaciones por actores claves.

Para la determinación de las áreas de protección e invasión del tramo del río Sardinal, conviene que en la evaluación de riesgos y en la toma de decisiones se consideren las condiciones reales y dinámicas del entorno fluvial, por lo que es necesario monitorear y corroborarlas periódicamente, para garantizar la conservación del recurso hídrico mediante el cumplimiento de las medidas recomendadas, con la finalidad de prevenir la afectación de cuerpos de agua.

7.2.2.Por actores claves

- **Asadas**

Se sugiere a las Asadas involucradas buscar asesoramiento técnico acerca de los balances hídricos y la protección de sus fuentes de agua, tomando en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, como lo fue del de la urgencia de buscar nuevas fuentes de abastecimiento en el caso de la Asada de Nuevo Colón y la ampliación de almacenaje para la Asada de Artola y Nuevo Colón, así como las áreas invadidas en el radio fijo de protección de sus pozos, con el fin de prevenir el racionamiento de agua en futuro y la contaminación de sus fuentes de abastecimiento. Para el caso de la Asada de Artolita, se recomienda el asesoramiento técnico, por la evidencia de falta de información como la producción de su pozo.

- **Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA)**

Tomando en cuenta que los miembros de las Asadas dejan en evidencia la falta de conocimiento en aspectos técnicos importantes para la gestión de los acueductos, como lo fue el desconocimiento sobre los balances hídricos y la calculadora de Excel, se recomienda al AyA facilitar más el acceso a herramientas y recursos técnicos especializados a las Asadas en estudio, a partir de capacitaciones más completas que sustenten esa falta de información.

- **Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (Hidrocec)**

Al Hidrocec se le recomienda dar un seguimiento a estas Asadas, debido a que pueden mejorar aún más en cuanto al conocimiento de temas hidrológicos para la gestión integral del recurso hídrico. Lo anterior puede ser beneficioso para las Asadas y para la realización de nuevos proyectos de investigación, mediante un enfoque de programas a largo plazo para la sostenibilidad del conocimiento adquirido.

- **Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara)**

Se recomienda al Senara darle un seguimiento a las Asadas en estudio, por lo que se ha dejado en evidencia en cuanto a protección de los pozos pertenecientes a las Asadas de Nuevo Colón y Artola, así mismo, brindar a estas asociaciones más fundamentos que sean relevantes en la toma de decisiones para la optimización de la gestión del recurso hídrico.

Bibliografía

- Astorga, Y. (2013). "Gestión del recurso hídrico". En *Decimonoveno del informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible*.
<https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/423/369.%20Gesti%C3%B3n%20del%20Recurso%20H%C3%ADrico.pdf?sequence=1>
- Castro, R., Monge, E., Rocha, C., Rodríguez, H. (2007). "La gestión del recurso hídrico. Biocenosis", *Biocenosis*, vol. 20, no.1-2, pp.36-45.
- Chaves, A. (2018). *La utilización de una metodología mixta en investigación social*.
<https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/15178>
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia [ESPH]. (2023). *Historia de la empresa*.
<https://www.esph-sa.com/sobre-la-esph/historia>
- Guzmán, M. (2013). "La gestión participativa del agua en México (2002-2012): el caso de San Agustín Amatlipac (Morelos)". *Agua y Territorio/Water and Landscape*, no.2, pp. 93-106.
- Galindo Salazar, D. C. (2014). *Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del balance hídrico en el sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá* (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia).
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo [INVU]. (s.f.). *Metodología para la delimitación digital de la áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos*.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [AYA]. (2023). *Nuestra historia*.
<https://www.aya.go.cr/conozcanos/SitePages/Nuestra%20Historia.aspx>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [AYA]. (2017). *Informe general sobre la situación de las ASADAS en el Distrito de Sardinal de Carrillo*.
- Jiménez, F. (2005). "Gestión integral de cuencas hidrográficas: enfoques y estrategias actuales". *Recursos, ciencia y decisión*.
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8351>
- López Pérez, M. A. (2016). *Determinación de la confiabilidad de los métodos de ollas isobáricas y centrífugas para la determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente*. (Tesis de bachillerato, Quito: UCE).
- Municipalidad de Carrillo. (2020). *Plan de desarrollo local del cantón de carrillo 2021-2030*, consultado el 8 de mayo de 2023. <https://www.municarrillo.go.cr/>
- Martínez, Y., Villalejo, V. M. (2018). "La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos". *Ingeniería hidráulica y ambiental*, vol.39, no. 1, pp.58-72.
- Municipalidad de Carrillo (2023). *Entorno y demografía*.
<https://www.municarrillo.go.cr/index.php/nuestro-canton/entorno-y-demografia>

- Monge, E., Paz, L., Ovares, C. (2013). *Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (Asadas) de Costa Rica. Costa Rica.*
<https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionASADAS/Manual%20para%20las%20ASADAS%20-%20Cedarena%20-%20Transparencia%20y%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas.pdf>
- Marañón, B., López, D. (2008). “La gestión participativa del agua subterránea en México: Hacia un cambio de paradigma”. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 4 (2). <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/140>
- Navas, G., Cuvi, N. (2015). “Análisis de un conflicto socioambiental por agua y turismo en Sardinal, Costa Rica”. *Revista de ciencias sociales*, 150.
<https://revistacienciassociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS150/08Navas.pdf>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica. (2023). Agenda 2030. *El Sistema de Naciones Unidas y los ODS en Costa Rica.* <https://ods.cr/ods-en-costa-rica/el-sistema-de-naciones-unidas-y-los-ods-en-costa-rica>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2009). *Desarrollo de capacidades: Texto Básico del PNUD.* <https://www.undp.org/publications/capacity-development-undp-primer>
- Ramírez, R. (2022). *Curso corto: áreas de protección de pozos y manantiales.*
- Sustainable Development Goals.* (2023). *Objetivo 6: Garantizar el acceso al agua y al saneamiento para todos.* <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>
- Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento [Senara]. (2019). *Formulación del Plan de Acción para el Manejo y Protección del Acuífero Sardinal, Guanacaste, Costa Rica.*
- Sapag, N., Sapag, R., Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos.* (Sexta edición). McGrawHill.
- SCIJ. (2023). *Sistema Costarricense de Información Jurídica.*
- Viasus Quintero, G. R (2022). *Gobernanza del agua: una mirada a la gestión comunitaria para el acceso y uso en la ruralidad. Caso acueducto rural de San José del Gacal, municipio de Ventaquemada, Boyacá.* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59679>

Anexos

METODOLOGÍA UTILIZADA PARA COMPRENDER EL ESTUDIO HIDROGELÓGICO

CASO DE SARDINAL-2011

Balance hídrico de suelos

Datos: meteorológicos (datos tomados del “Estudio hidrogeológico, balance hídrico y modelo conceptual, Acuífero Sardinal” (Schosinsky, 2008)) y de suelos (pruebas de infiltración por la CTI y a partir de estudios anteriores).
Este método se realiza a partir de la lluvia infiltrada y así determinar la lluvia que recarga el acuífero.



Hidrogramas de ríos

Datos: hidrológicos (con limnigrafos instalados, aforos) y de lluvia (estación pluviométrica).
Este método se realiza mediante un seguimiento y registro del caudal de un río en respuesta de la lluvia para obtener el comportamiento de la escorrentía.



Hidrogramas de pozos

Datos: Niveles de agua (nivel más bajo y más alto) subterránea en 36 pozos (monitoreo desde 2009).
Este método se realiza utilizando las variaciones de nivel mínimo y máximo obtenido en los hidrogramas para obtener la lámina de recarga.



Rendimiento sostenible

El rendimiento sostenible (Ramírez, 2010, comunicación verbal) se puede considerar como un balance hídrico donde se contempla el agua recargada, descargada, el flujo subterráneo, el agua extraída, retornos y la descarga que alimenta a los ecosistemas naturales.



¿QUÉ SABEMOS DE NUESTRA AGUA SUBTERRÁNEA?

CASO DE SARDINAL-2011

Balance hídrico de suelos

-Caudal instantáneo 1120 l/s.
-23% de la precipitación.



Hidrograma de ríos

-Caudal instantáneo 1182 l/s.
-18% de la precipitación.



Hidrograma de pozos

-Caudal instantáneo 110 l/s.
-26% de la precipitación.



Rendimiento sostenible

-Se le puede extraer un caudal de 231 l/s y 70 l/s adicionales.
-Se le podría extraer un caudal de 440 l/s, equivalente a un 10,52% de la precipitación.










Anexo 1. Infografías de síntesis hidrológica.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 2. Diseño metodológico para el desarrollo de las capacitaciones.

Tema	Objetivo	Metodología	Técnica	Materiales
Estudio Hidrogeológico de Sardinal	Conocer las condiciones hidrogeológicas del	Introducción al tema, presentar metodología y resultados del estudio hidrogeológico.	Presentación con infografías.	Computador, video beam, infografías impresas.

	acuífero de Sardinal			
Áreas de protección de ríos y pozos	Identificar las áreas de protección de los pozos de las ASADAS y de un tramo del río Sardinal en el área de influencia de las ASADAS.	Introducción del tema, luego presentar los resultados y sesión de preguntas.	1.Exposición de power point. 2.Presentación en QGIS.	Computadora, Video beam.
Balances Hídricos	Conocer la capacidad hídrica con la que cuentan las ASADAS.	Introducción del tema, luego realizar un balance hídrico y presentar resultados de los balances. Al final la evaluación de conocimiento.	1.Exposición de power point. 2.Uso de calculadora en Excel. 3.Evaluación en (Google Forms)	Computadora, Video beam.

Fuente: Elaboración propia, 2023.



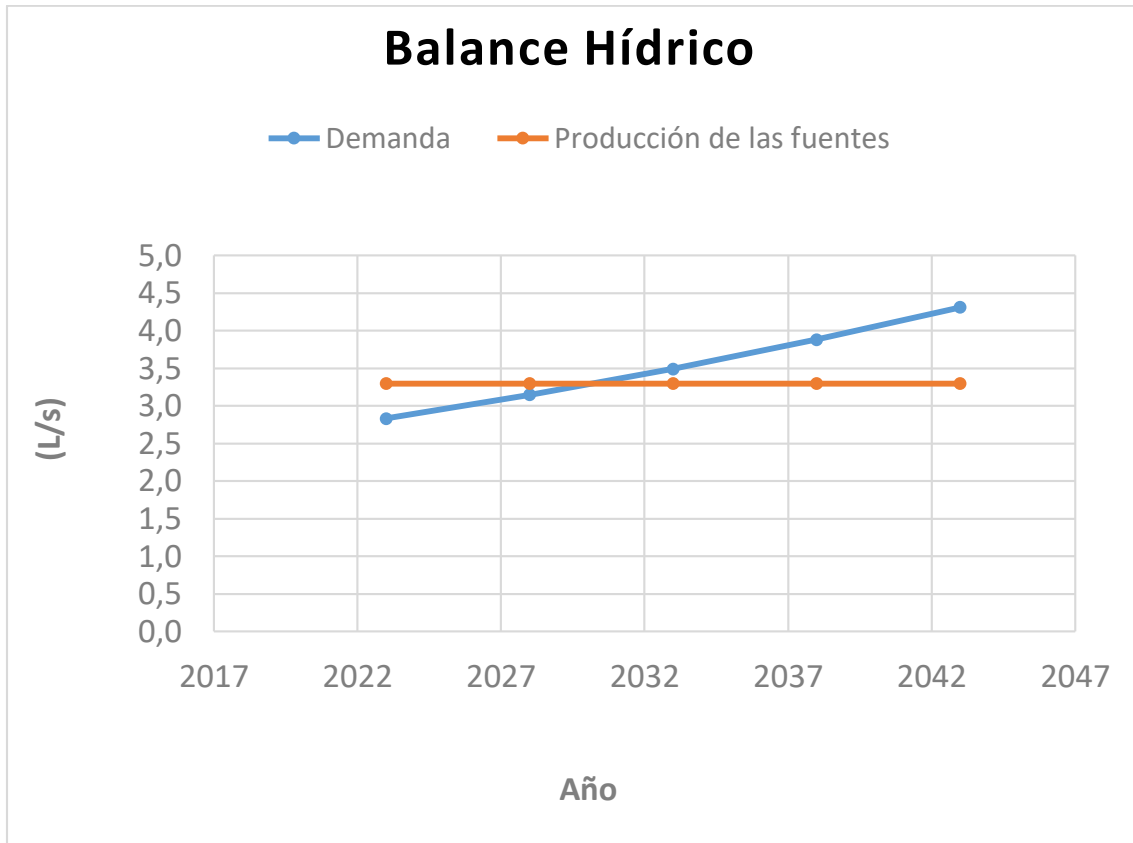
Anexo 3. Proyecciones de la población de Nuevo Colón.

Fuente: AyA y PNUD, 2019.



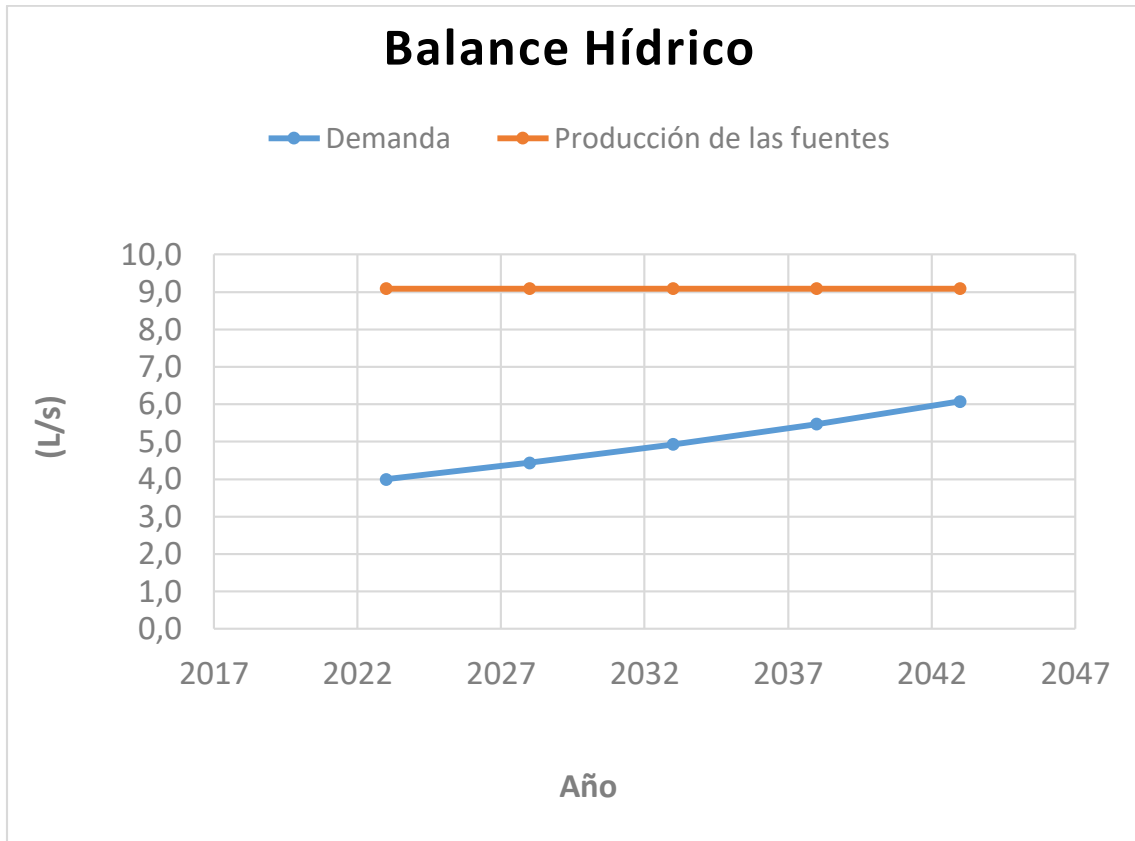
Anexo 4. Proyecciones de la población de Artola.

Fuente: AyA y PNUD, 2019.



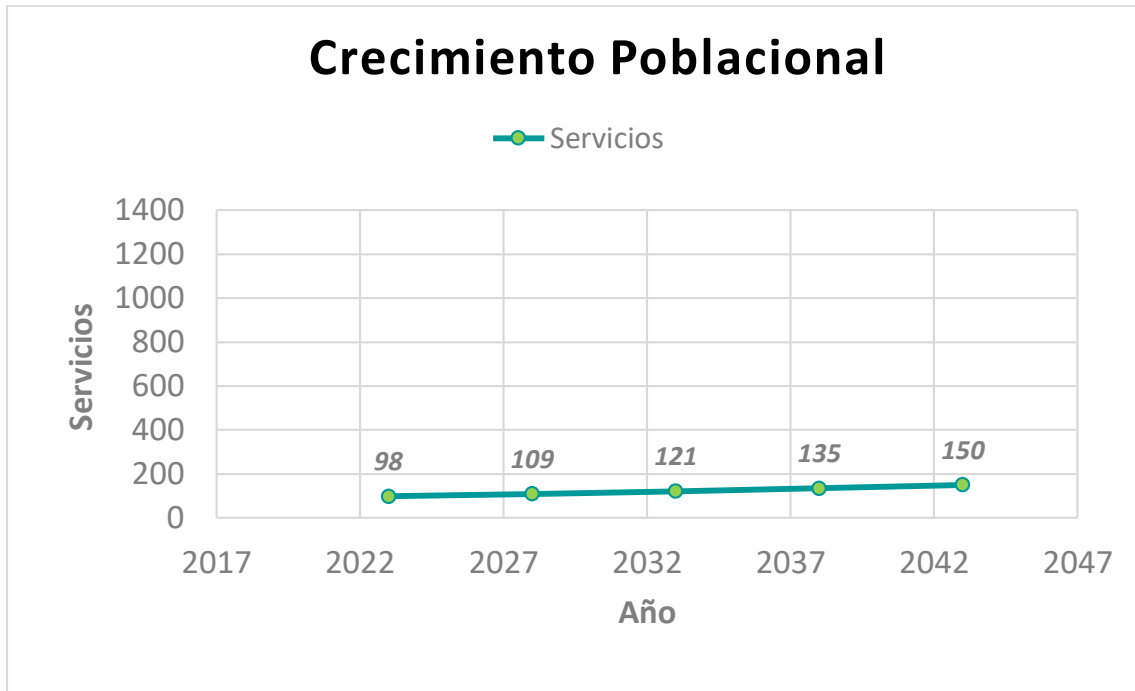
Anexo 5. Proyecciones de demanda y producción de la ASADA de Nuevo Colón.

Fuente: AyA y PNUD, 2019.



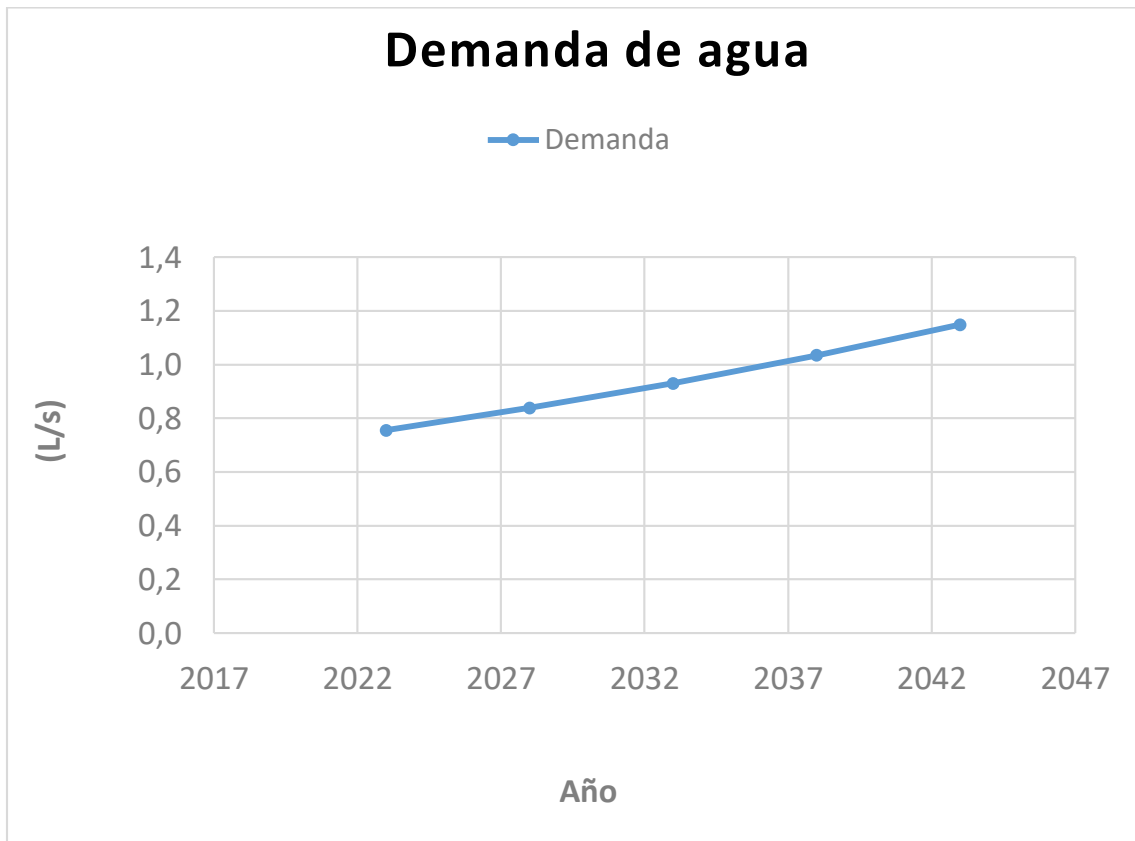
Anexo 6. Proyecciones de demanda y producción de la ASADA de Artola.

Fuente: AyA y PNUD, 2023.



Anexo 7. Proyecciones de la población de Artolita.

Fuente: AyA y PNUD, 2019.

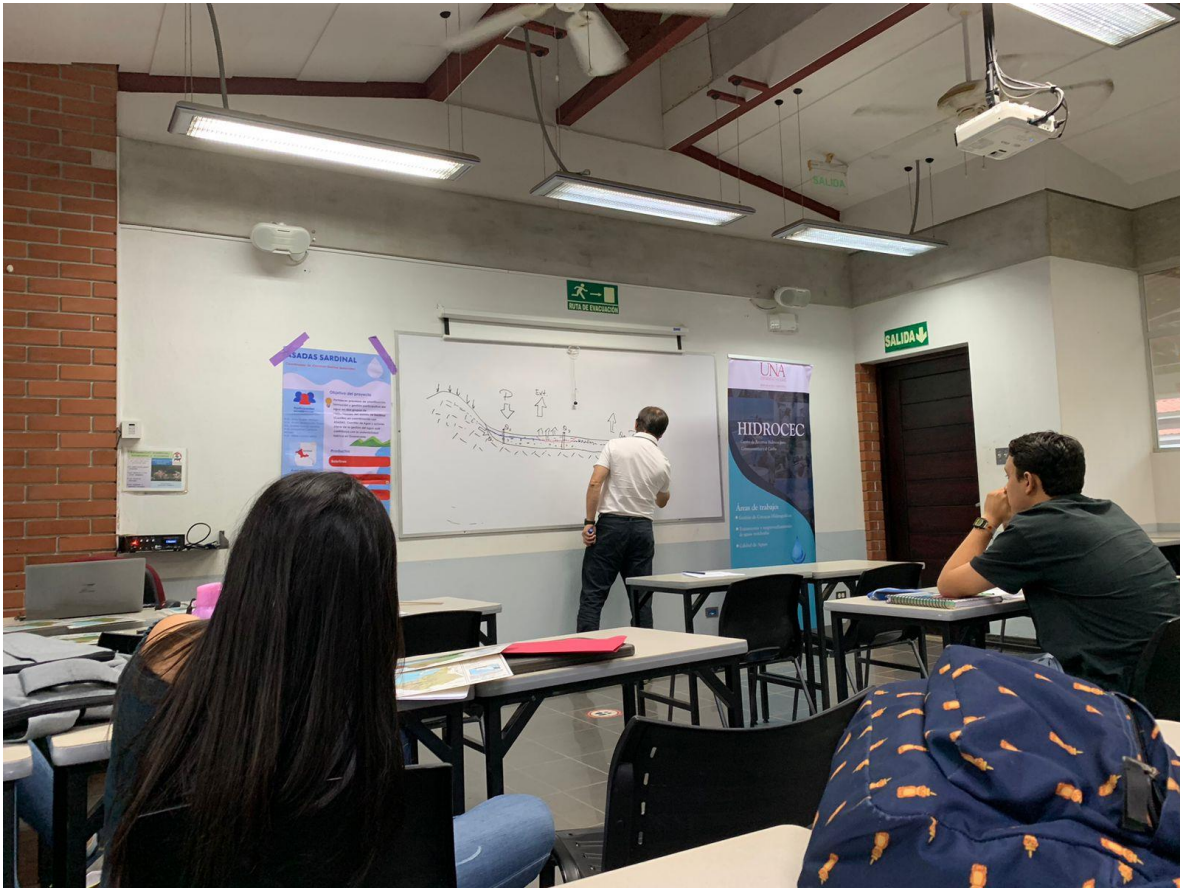


Anexo 8. Proyecciones de la demanda de agua de la ASADA de Artolita.

Fuente: AyA y PNUD, 2019.



Anexo 9. Implementación de la capacitación en el campus Liberia.



Anexo 10. Implementación del taller en el campus Liberia, en conjunto con el SENARA.



Anexo 11. Implementación de la capacitación en la ASADA de Nuevo Colón.



Anexo 12. Implementación de la capacitación en la ASADA de Nuevo Colón.